

**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia Universidade
Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias**

Mestrado em Tecnologias em Agricultura de Precisão

Dissertação

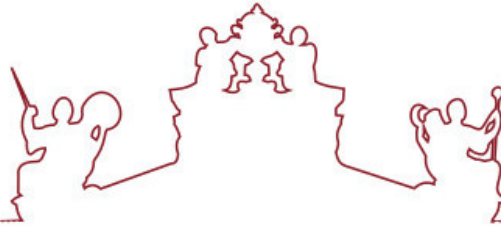
**Otimização da gestão de uma parcela de olival em sebe
partindo de imagens de deteção remota - um caso prático**

Duarte de Alvim Melo Lobo da Silveira

Orientador(es) | José Rafael Silva

Henrique Manuel Bolas Chia

Évora 2022



**Universidade de Évora - Escola de Ciências e Tecnologia Universidade
Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologias**

Mestrado em Tecnologias em Agricultura de Precisão

Dissertação

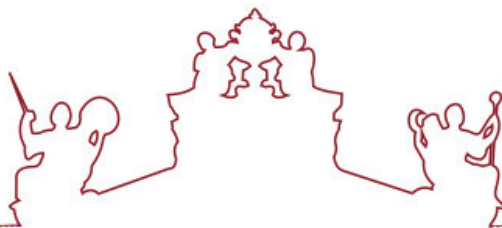
**Otimização da gestão de uma parcela de olival em sebe
partindo de imagens de deteção remota - um caso prático**

Duarte de Alvim Melo Lobo da Silveira

Orientador(es) | José Rafael Silva

Henrique Manuel Bolas Chia

Évora 2022



A dissertação foi objeto de apreciação e discussão pública pelo seguinte júri nomeado pelo Diretor da Escola de Ciências e Tecnologia:

Presidente | Vasco Fitas da Cruz (Universidade de Évora)

Vogais | Adélia Sousa (Universidade de Évora) (Arguente)
José Rafael Silva (Universidade de Évora) (Orientador)

Agradecimentos

Ao Professor Doutor José António Tenedório, do Departamento de Geografia e Planeamento Regional, da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, da Universidade Nova de Lisboa, por me ter apresentado e fascinado pela Deteção Remota e pelas suas potencialidades.

Aos professores do Mestrado em Tecnologias em Agricultura de Precisão, de forma muito especial, ao Coordenador, o Professor Doutor José Rafael Marques da Silva, parceiro do Programa de Sustentabilidade do Azeite do Alentejo (PSAA), por me ter orientado neste trabalho, pelo acompanhamento e por todos os conselhos.

Ao Rodrigo Falcão, que me levou até à Herdade das Romeiras e tornou este trabalho possível.

Ao Engenheiro Henrique Chia, Administrador da Sociedade Agrícola do Ameixial, por me ter recebido tão bem na Herdade das Romeiras, por me ter dado espaço e tempo para pensar, estudar e investigar; pelo exemplo e por tudo o que me ensinou.

A toda a equipa da Sociedade Agrícola do Ameixial, de forma muito especial ao Davide Laranjo e à Dina Murcho, por toda a ajuda, pelo acompanhamento e preocupação, por todas as conversas, explicações e recomendações.

À Agroinsider e ao Francisco Marques, por todo o apoio, pela simpatia e disponibilidade.

A tantos outros que se preocuparam comigo, que me aconselharam e motivaram durante a elaboração deste trabalho.

Muito obrigado a todos!

Otimização da gestão de uma parcela de olival em sebe partindo de imagens de deteção remota – um caso prático

Resumo

Alimentar um mundo em crescimento é o papel da atividade agrícola. Sustentabilidade é uma condição para a manutenção da atividade agrícola e do próprio mundo que sustenta. Eficiência no uso de fatores de produção é a orientação para a sustentabilidade. Da generalização das características de alguns dos pontos de amostragem analisados no decorrer do presente estudo, resultam, por exemplo, hectares que produzem cerca de 22.000 Kg de azeitonas ou, apenas, cerca de 7.000 Kg; hectares cujas azeitonas têm em média cerca de 22% de rendimento em gordura ou, apenas, cerca de 16%. Fará sentido utilizar uma mesma fórmula para tratar esta variabilidade? Neste trabalho, responde-se que não. Procura-se diferenciar zonas produtivas, através do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), de algum trabalho de campo e análise estatística. Procura-se compreender as causas por detrás da variabilidade e propõe-se a gestão da variabilidade tendo em vista o aumento da produtividade.

Palavras-chave: Olival em sebe; NDVI; Diferenciação; Olivicultura de Precisão; Sustentabilidade

Optimization of the management of an olive grove in hedge using remote sensing images - a practical case

Abstract

Feeding a growing world is the role of agriculture. Sustainability is a condition for maintaining agricultural activity and the world it sustains. Efficiency in the use of production factors is the guideline for sustainability. As an example, the generalization of the characteristics of sampling points analyzed in the course of this study, results in hectares that produce about 22.000 kg of olives, and, in contrast, others that produce about 7.000 kg; as well as hectares whose olives have an average fat yield of around 22% or just around 16%. Does it make sense to use the same formula to treat this variability? In this study the answer is no. It seeks to differentiate productive zones, through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), field work and statistical analysis. It seeks to understand the causes behind this variability and proposes its management with a view to increasing productivity.

Key words: Olive grove in hedge; NDVI; Differentiation; Precision Olive Growing; Sustainability

Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Índice de Tabelas	vi
Índice de Figuras.....	vii
Lista de Abreviaturas.....	x
1 Introdução.....	1
2 Enquadramento Teórico	2
2.1 A Oliveira.....	2
2.2 Sistema de Condução do Olival em Sebe.....	7
2.3 Sistemas de Poda do Olival em Sebe	8
2.4 Nutrição das Oliveiras e Fertilização do Olival	11
2.4.1 Acidez do Solo.....	11
2.4.2 Funções dos Nutrientes na Oliveira	13
2.5 Retrato do Setor Olivícola: Dinâmicas de Mudança, o Presente e o Futuro.....	17
2.6 Pegada de Carbono.....	20
2.7 Deteção Remota	21
2.8 Trabalhos Recentes em Olivicultura de Precisão	25
3 Materiais e Métodos	27
3.1 Localização da Parcela em Estudo	27
3.2 Caracterização da Parcela em Estudo.....	28
3.3 Cálculo do NDVI e Definição dos Pontos de Amostragem	35
3.4 Método de Colheita das Azeitonas e de Análise do seu Rendimento Gordura	38
3.5 Método de Avaliação da Eficiência de Colheita	40
3.6 Método da Medição das Características Biométricas das Oliveiras.....	42

3.7	Métodos de Recolha de Amostras de Solo para Análise Laboratorial.....	43
3.8	Método de Recolha de Amostras de Folhas para Análise Laboratorial.....	44
3.9	Métodos de Tratamento Estatístico dos Dados	45
4	Resultados e Discussão	47
4.1	Avaliação da Estratégia de Gestão em Vigor – Gestão Uniforme da Parcela	47
4.1.1	Pegada de Carbono, no Campo, Associada à Produção de Azeites com Azeitonas da Parcela em Estudo	47
4.1.2	Custos Financeiros, no Campo, Associados à Produção de Azeites com Azeitonas da Parcela em Estudo	48
4.2	Fatores que Influenciam Diretamente o Rendimento Bruto Proporcionado pela Parcela de Olival	48
4.2.1	Relação Quantidade x Gordura das Azeitonas	48
4.2.2	Eficiência de Colheita	52
4.3	Influência do Volume de Copa no Rendimento Bruto Proporcionado pela Parcela ...	53
4.3.1	Volume de Copa da Oliveira × Produção de Azeitonas	53
4.3.2	Volume de Copa da Oliveira × Eficiência de Colheita	54
4.4	Relação Entre o Volume de Copa e o NDVI.....	56
4.5	Estimativa da Distribuição Espacial da Produção e Colheita de Azeitonas.....	57
4.6	Otimização da Produção Através da Otimização do Volume da Copa	60
4.6.1	Zona de Maior Vigor Vegetativo	61
4.6.2	Zona de Menor Vigor Vegetativo.....	64
5	Conclusão.....	67
6	Referências Bibliográficas	69
7	Anexos	73

Índice de Tabelas

Tabela 1. Pegada de carbono <i>per capita</i> de Portugal	21
Tabela 2. Características das bandas do satélite <i>Sentinel-2</i>	23
Tabela 3. Adubações efetuadas durante o ciclo vegetativo.....	31
Tabela 4. Tratamentos fitossanitários efetuados durante o ciclo vegetativo	32
Tabela 5. Outras operações culturais efetuadas durante o ciclo da cultura	32
Tabela 6. Totais de custos da parcela (€/ha) na campanha de 2020/21	48
Tabela 7. Avaliação da eficiência de colheita do conjunto máquina cavalgante + operador	52

Índice de Figuras

Figura 1. Sistema radicular característico de oliveiras orientadas em sebe e irrigadas.....	3
Figura 2. Troncos com ramos a desenvolverem-se na sua parte inferior	3
Figura 3. Azeitonas da cultivar Arbequina.....	5
Figura 4. Oliveiras da cultivar Arbequina	6
Figura 5. Olival conduzido em sebe	7
Figura 6. Operação de poda no olival – Poda lateral manual com tesouras pneumáticas	9
Figura 7. Operação de poda no olival – <i>Topping</i>	10
Figura 8. Operação de poda no olival – Corte de baixos.....	10
Figura 9. Disponibilidade de nutrientes para as plantas vs pH do solo	12
Figura 10. Gráficos comparativos de dois sistemas de condução do olival	18
Figura 11. Evolução do consumo de azeites em importantes mercados de exportação dos azeites portugueses (Brasil + França + EUA + Polónia)	19
Figura 12. Curva espectral da vegetação, da água e do solo	22
Figura 13. Bandas espectrais do satélite <i>Sentinel-2</i>	23
Figura 14. Mapa de enquadramento da parcela em estudo	27
Figura 15. Imagem do olival em estudo e área envolvente	28
Figura 16. Vista lateral de uma das linhas do olival em estudo.....	29
Figura 17. Tubo de rega do olival em estudo	29
Figura 18. Válvulas de cada um dos setores de rega	29
Figura 19. Delimitação dos setores de rega da parcela em estudo	30
Figura 20. Sonda de humidade do solo e equipamento associado	30
Figura 21. Fotografias do enrelvamento espontâneo do olival em estudo	31
Figura 22. Gráfico termopluviométrico relativo à Normal Climatológica 1971 – 2000, Évora ...	32
Figura 23. Carta de Solos da parcela em estudo	34
Figura 24. Olival em estudo (setembro de 2022)	35
Figura 25. Carta do NDVI do olival em estudo, com indicação dos pontos de amostragem	36
Figura 26. Marcação de um dos pontos de amostragem.....	37
Figura 27. Diagrama explicativo do modo com foram selecionadas as oliveiras em cada um dos nove pontos de amostragem.....	37
Figura 28. Método de colheita e pesagem das azeitonas produzidas por cada uma das oliveiras sob análise.....	38

Figura 29. Diagrama explicativo do modo como foi efetuada a recolha de amostras de azeitonas em cada oliveira	39
Figura 30. Diagrama explicativo do modo como foi efetuada a recolha de amostras de azeitonas em cada quadrante da oliveira	39
Figura 31. Máquinas de moer e analisar a pasta das azeitonas, respetivamente	40
Figura 32. Carta do NDVI do olival em estudo, com indicação dos pontos de amostragem para avaliação da eficiência de colheita da máquina cavalgante.....	40
Figura 33. Diagrama explicativo do modo com foram selecionadas as oliveiras, em cada um dos oito pontos de amostragem, para a avaliação da eficiência de colheita	41
Figura 34. Caixa com azeitonas que não foram colhidas pela máquina de colheita	41
Figura 35. Fotografias demonstrativas das medições efetuadas, respetivamente: medição da largura da copa; medição da altura da copa; medição do comprimento da copa	42
Figura 36. Diagrama explicativo do modo com foram selecionados, em cada um dos nove pontos de amostragem, os pontos de subamostragem, para recolha de subamostras de solo.	43
Figura 37. Método de recolha de amostras de solo	43
Figura 38. Diagrama explicativo do modo como se selecionaram as oliveiras para recolha de subamostras de folhas, em cada um dos nove pontos de amostragem.....	44
Figura 39. Diagrama explicativo do modo como foi efetuada a recolha de amostras de folhas em cada oliveira.....	44
Figura 40. Diagrama explicativo do modo como foram efetuadas as recolhas de amostras de folhas em cada quadrante da oliveira.....	45
Figura 41. Emissões de GEE, na parcela em estudo, na campanha olivícola 2020/21	47
Figura 42. Cálculo dos custos financeiros associados à produção das azeitonas que deram origem aos 41.615 Kg de Azeite Virgem Extra.....	48
Figura 43. Generalização dos resultados dos nove pontos de amostragem para um hectare (variáveis: quantidade de azeitonas produzidas; rendimento em gordura das azeitonas; rendimento bruto fictício)	49
Figura 44. “Confronto” de hectares com características extremas nas variáveis em análise.....	51
Figura 45. Cálculo da percentagem de azeitonas que a máquina de colheita deixa na parcela .	52
Figura 46. Relação entre o volume de copa da oliveira e a produção de azeitonas.....	53
Figura 47. Máquina cavalgante durante o processo de colheita.....	54
Figura 48. Ramo de oliveira após a passagem da máquina de colheita.....	55
Figura 49. Cavidade da máquina cavalgante por onde passa a sebe.....	55
Figura 50. Azeitonas deixadas no solo, depois da passagem da máquina de colheita	55

Figura 51. Relação entre o valor de NDVI do pixel e o volume de copa médio das oliveiras representadas por esse pixel.....	56
Figura 52. Carta com uma estimativa da distribuição espacial do volume de copa médio das oliveiras no dia 16/09/2021	57
Figura 53. Relação entre o valor de NDVI do pixel e a produção média de azeitonas (Kg) das oliveiras representadas por esse pixel.....	58
Figura 54. Carta com uma estimativa da distribuição espacial da produção média de azeitonas (Kg) em 100 m ² , em 2021.....	58
Figura 55. Carta com uma estimativa da distribuição espacial da colheita média de azeitonas (Kg) em 100 m ² , em 2021.....	59
Figura 56. Relação entre o volume de copa e a produção de azeitonas, com ajustamento de uma função à nuvem de pontos e de linhas para determinar valores no eixo das abcissas a partir de valores do eixo das ordenadas.....	60
Figura 57. Carta com uma estimativa da distribuição espacial do volume de copa médio das oliveiras no dia 16/09/2021 (com três classes de volume).....	61
Figura 58. Carta com estimativa do volume de copa das oliveiras – delimitação das zonas com maior volume.....	62
Figura 59. Carta com uma estimativa da distribuição espacial do volume de copa médio das oliveiras no dia 16/09/2021; com indicação do pH do solo nos pontos de amostragem e delimitação dos setores de rega.....	63
Figura 60. Fotografia da zona menos vigorosa da parcela.....	64
Figura 61. Máquina VRT de aplicar líquidos junto da linha de plantação	66
Figura 62. Carta com estimativa do volume de copa das oliveiras – delimitação das zonas com menor volume	66

Lista de Abreviaturas

CE	Comunidade Europeia
DGADR	Direção – Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural
DR	Deteção Remota
ESA	<i>European Space Agency</i>
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GMES	<i>Global Monitoring for Environment and Security</i>
GNSS	<i>Global Navigation Satellite System</i>
INIAV	Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária
IOC	<i>International Olive Council</i>
IPCCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
KML	<i>Keyhole Markup Language</i>
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NDWI	<i>Normalized Difference Water Index</i>
NUTS	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos
OP	Olivicultura de Precisão
PSAA	Programa de Sustentabilidade do Azeite do Alentejo
REM	Radiação Eletromagnética
SROA	Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário
VRT	<i>Variable Rate Technology</i>

1 Introdução

Em entrevista ao *Podcast Ciência Com Impacto* (2021), o respeitado Professor Mário de Carvalho, da Universidade de Évora, afirmou que: “(...) o problema da degradação do ambiente por parte da atividade agrícola resulta sempre da utilização de fatores [de produção] com baixa eficiência que vão [...] provocar contaminação.”. E referiu, partindo da anterior convicção, que durante a sua vida profissional sempre procurou formas de aumentar a eficiência do uso de fatores de produção, porque aumentar a eficiência do uso desses fatores é conciliar economia e ambiente. É, na minha opinião, a orientação para a sustentabilidade económica e ambiental da agricultura. Os caminhos são variadíssimos, e todos eles importantes, desde o melhoramento genético das plantas até ao aumento da eficiência das máquinas de colheita. A Olivicultura de Precisão (OP) é um desses caminhos e é esse que se apresenta neste trabalho.

Olivicultura de Precisão, é a olivicultura que, de modo geral, usa as tecnologias de informação para a tomada de decisões ambientais e económicas, com tendência para o tratamento diferenciado, tendo em conta a variabilidade das características da generalidade das parcelas de olival. A gestão diferenciada permite um uso mais eficiente dos fatores de produção, um aumento da produtividade e da qualidade das produções, uma diminuição da pegada ambiental e um aumento do rendimento financeiro.

Decidi propor a aplicação deste sistema de gestão do olival, que é a OP, ao olival conduzido em sebe, porque essa maneira de conduzir o olival me parece uma ideia com futuro, uma tentativa, bem-sucedida, de maximizar a eficiência do uso de fatores de produção.

Com a presente dissertação pretende-se alcançar quatro objetivos principais:

- ✓ Calcular a pegada de carbono e os custos financeiros, no campo, associada(os) à produção de azeites com azeitonas da parcela em estudo, com o modelo de gestão em vigor – gestão uniforme da parcela;
- ✓ Apresentar a variabilidade espacial da produção existente na parcela em estudo;
- ✓ Propor a gestão da variabilidade, tendo em vista o aumento da produtividade;
- ✓ Que a metodologia apresentada, pela sua simplicidade, reduzido custo e resultados expectáveis, possa inspirar empresas olivícolas a seguirem estratégias de OP. Se assim acontecer, fará cada vez mais sentido a designação “Olival Supereficiente” para denominar os modernos olivais em sebe.

2 Enquadramento Teórico

2.1 A Oliveira

Em termos de classificação botânica, a oliveira, *Olea europea*, pertence à família Oleaceae. A família Oleaceae contém espécies de plantas distribuídas pelas regiões tropicais e temperadas do planeta (Navero *et al.*, 2017); são na maior parte árvores e arbustos, a oliveira é a única espécie com fruto comestível. O seu fruto tem como principal destino a produção de azeites e azeitonas de mesa (Bacelar *et al.*, 2009).

➤ Preferências Edafoclimáticas

A oliveira é uma planta tipicamente mediterrânica e bastante rústica. Consegue suportar temperaturas elevadas no verão e muito baixas no inverno, sobreviver a prolongados períodos de seca e pode desenvolver-se em solos pobres (Navero *et al.*, 2017). Os níveis produtivos serão tanto maiores quanto melhores folhem as condições ambientais.

Sendo uma planta própria dos climas mediterrânicos, invernos frios, mas não demasiado, e chuvosos e verões quentes e secos, sem calor excessivo, são indicados para o seu desenvolvimento (Cordeiro, 2014). A oliveira necessita de frio invernal para frutificar, nos invernos suaves e pouco chuvosos, diminui a floração e a frutificação. O intervalo de temperaturas considerado ótimo para o desenvolvimento vegetativo da oliveira é entre os 10°C e 30°C. É muito resistente à secura, podendo ser cultivada em zonas com pluviosidade na ordem dos 200 - 250 mm, embora com produções reduzidas (ADP, 2022; Seabra, 2021).

Segundo Cordeiro (2014), do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV), a oliveira adapta-se a todos os tipos de solo, desde que tenham uma profundidade útil superior a 80 cm. Solos com texturas médias, com uma boa capacidade de retenção de água e ao mesmo tempo um bom arejamento (para evitar a asfixia radicular), serão os mais indicados para o seu desenvolvimento (ADP, 2022; Seabra, 2018).

➤ Sistema Radicular

O sistema radicular da oliveira depende da origem da árvore e das condições do solo. Se a origem for por enraizamento de estacas (como acontece com a maioria das árvores comerciais), e se as condições de solo permitirem, formam-se na zona basal múltiplas raízes adventícias, que se comportam como múltiplas raízes principais (Reis, 2014). A profundidade, extensão lateral e grau de ramificação do sistema, depende do tipo e profundidade do solo, do seu arejamento e da capacidade de retenção de água. Em terrenos mais arenosos, o sistema

radicular desenvolve-se mais em profundidade do que em solos argilosos. Quando a disponibilidade hídrica é baixa, as raízes aprofundam mais, procurando a humidade nas camadas mais profundas do solo; por outro lado, quando a humidade é alta, as raízes aprofundam menos, sendo maior a densidade relativa de raízes na zona mais superficial (Navero *et al.*, 2017). Geralmente, nos olivais em sebe de regadio, o sistema radicular estende-se dos 15 - 20 cm até aos 80 cm de profundidade (Figura 1).



Figura 1. Sistema radicular característico de oliveiras orientadas em sebe e irrigadas

(Fonte: La revolución del olivar, 2017)

➤ O Tronco

Com o passar dos anos, o tronco da oliveira, perde a secção circular e certas partes desenvolvem-se mais que outras, formando relevos longitudinais, designados “cordões”, separados por “depressões”. Na parte inferior do tronco costumam desenvolver-se ramos (Figura 2) que, não sendo cortados, prejudicam o desenvolvimento da planta (Navero *et al.*, 2017).



Figura 2. Troncos com ramos a desenvolverem-se na sua parte inferior

➤ Os Ramos

Os **ramos principais** da oliveira são destinados a formar a estrutura principal da planta. A **ramificação secundária**, desenvolve-se sobre a principal e forma a copa ou sebe. Os **ramos frutíferos**, são os que se desenvolveram entre a primavera e o outono do ano precedente, o seu comprimento varia segundo a cultivar e as condições ambientais, mas podem medir algumas dezenas de centímetros (são delimitados na base por um entrenó que marca a paragem invernal do crescimento) (Navero *et al.*, 2017). A copa ou sebe, se não for podada, tende a tornar-se demasiado densa.

➤ As Folhas

As folhas da oliveira são persistentes e têm uma duração na árvore até três anos, sendo o mais comum dois anos. A forma e dimensão depende da cultivar, mas geralmente são alongadas e fusiformes, com pecíolo curto e margens lisas; têm, em média, 5 – 6 cm de comprimento e 1 – 1,5 cm de largura na parte média. A página superior ou adaxial é verde-escura e extremamente brilhante (devido a uma espessa cutícula) e a página inferior ou abaxial apresenta um tom cinzento prateado (tom baço) (Parreira, 2016).

As folhas da oliveira estão especializadas em controlar as perdas de água. As escamas peltadas que surgem, sobretudo na página inferior, mas também na página superior, refletem a luz solar e reduzem a transpiração. Os estomas são pequenos e densos e apenas aparecem na página inferior, tudo isso evita a perda excessiva de água (Parreira, 2016).

➤ As Flores

As flores da oliveira são agrupadas em inflorescências de forma paniculada, que se desenvolvem nas axilas foliares, nos ramos do ano anterior. As flores são compostas por quatro sépalas verdes e quatro pétalas brancas. Cada flor tem dois estames e o ovário tem dois carpelos, com dois óvulos cada. O pólen é disseminado pelo vento (Seabra, 2021).

➤ O Fruto

O fruto da oliveira, a azeitona, é uma drupa, constituída por um caroço bastante duro, envolvido por uma polpa mole. A polpa (mesocarpo) representa 70 - 85% do peso do fruto e é onde se dá a acumulação dos azeites (Seabra, 2021) (Figura 3).



Figura 3. Azeitonas da cultivar Arbequina

➤ **Ciclo Vegetativo**

A oliveira produz frutos na zona do ramo que cresceu no ano anterior, ou seja, tem um ciclo bianual. O ciclo começa no verão com a indução floral, o processo de mudanças fisiológicas nos gomos que os transforma em gomos florais, ou seja, em gomos que dão origem a inflorescências. Essas transformações prolongam-se pelo outono, quando ocorre a diferenciação floral. Durante o inverno os gomos estão em dormência, as temperaturas baixas interrompem o crescimento. E no início da primavera começam a desenvolver-se as inflorescências, sendo que a plena floração e polinização, nas condições geográficas do nosso país, ocorre por volta do mês de maio, seguindo-se o vigamento dos frutos (Anexo I – Estados Fenológicos da Oliveira).

O crescimento do fruto passa por três fases: numa primeira fase, o fruto aumenta muito de tamanho devido à expansão e divisão celular; numa segunda fase, ocorre o endurecimento do caroço (7 - 9 semanas após a floração), a velocidade de crescimento reduz-se; após essa fase, a taxa de crescimento volta a aumentar até há maturação, que acontece no outono/inverno (Reis, 2014) (Anexo I – Estados Fenológicos da Oliveira).

➤ **Cultivares de Oliveira**

Acredita-se que existem no mundo mais de 3.000 cultivares de oliveira (Cordeiro, 2014). A eleição da cultivar é determinante para o êxito de uma plantação de olival em sebe. Geralmente, procuram-se árvores precoces, com produtividade regular e elevada, alto rendimento em azeite, porte compacto, baixo vigor e ramos flexíveis (Connor *et al.*, 2014; Rius & Lacarte, 2015).

- **Cultivar Arbequina**

Cultivar destinada à produção de azeites, a Arbequina, também designada *Arbequi* ou *Arbequín* (Figura 4), é a cultivar mais difundida pelo mundo nos últimos anos (Ventura, 2018). Trata-se de uma planta rústica, de porte médio e ereto, bastante produtiva, com uma rápida entrada em frutificação e escassa alternância (Tous *et al.*, 1998). A resistência dos frutos ao desprendimento é média (Barros, 2011). Todas estas características fazem da cultivar Arbequina uma cultivar idónea para ser utilizada em plantações em sebe (Navero *et al.*, 2017).



Figura 4. Oliveiras da cultivar Arbequina

(Fonte: Olis Roc, 2022)

Navero *et al.* (2017) referem a cultivar Arbequina como resistente ao frio, tolerante à salinidade e suscetível de clorose férrica em terrenos muito calcários. Por sua vez, Cordeiro *et al.* (2018) referem que a cultivar Arbequina apresenta alta suscetibilidade à mosca (*Bactrocera oleae*) e ao verticílio (*Verticillium dahliae*), média ao olho de pavão (*Spiloacea oleaginae*) e baixa à gafa (*Gloeosporium olivarum*).

As azeitonas da cultivar Arbequina dão lugar a um azeite muito equilibrado, aromático e frutado (Vieira, 2016). Esse azeite, é especialmente interessante do ponto de vista comercial, porque é capaz de satisfazer a maioria dos mercados. Habitados a temperar os alimentos com outros óleos de sementes, os novos países consumidores encontram no azeite da cultivar Arbequina um óleo vegetal muito mais agradável ao hábito de seu paladar (Rius & Lacarte, 2015).

2.2 Sistema de Condução do Olival em Sebe

Em Botânica, de acordo com Carbonneau (1989), o sistema de condução permite ao Homem regular os fluxos de fatores do meio e as respostas fisiológicas da planta, de forma a obter o produto pretendido. O sistema de condução é definido pelos seguintes parâmetros: geometria da plantação (densidade), orientação das linhas e poda.

Na última década do século passado, devido à escassa rentabilidade dos olivais e graças à evolução do conhecimento científico, ao progresso tecnológico e à ousadia de certas personalidades, iniciou-se um novo sistema de condução do olival – condução em sebe. Decorria o ano de 1994, quando a empresa de viveiros Agromillora e o Sr. Ferrer, proprietário da Quinta Valonga (em Binéfar, Espanha), apresentaram ao mundo os primeiros seis hectares da nova tecnologia de cultivo (Rius & Lacarte, 2015) (Figura 5). A possibilidade de utilizar eficientes sistemas de rega e fertilização, em conjunto com a possibilidade de mecanizar quase todas as operações culturais e a colheita, concorrem de modo determinante para o sucesso do sistema.



Figura 5. Olival conduzido em sebe

(Fonte: Cordópolis, 2020)

Os espetaculares resultados desse regime de plantação, em quantidade de qualidade, deram origem a enormes investimentos e milhares de hectares plantados, fizeram com que a cultura da oliveira, típica da bacia mediterrânica, se expandisse para outras regiões do globo. Em 2020, o olival tornou-se “(...) na maior cultura permanente do planeta, ocupando uma área de mais de onze milhões de hectares.” (Herdade Maria da Guarda, 2021).

2.3 Sistemas de Poda do Olival em Sebe

Adaptando uma definição de Marques (2020), pode-se dizer que a poda é uma operação cultural que consiste na remoção de qualquer órgão vivo da planta, influenciando o seu comportamento fisiológico. A remoção de madeira morta, ainda que necessária, não é considerada poda, pois não afeta a fisiologia da planta. Existem numerosos sistemas de poda e o melhor é aquele que mais se adequa às condições do olival (Winkler *et al.*, 1974).

Nos primeiros anos da cultura, o objetivo principal da poda não é a produção, mas sim a formação da estrutura produtiva da planta, a construção do esqueleto que servirá de suporte aos órgãos vegetativos durante a vida reprodutiva da oliveira – **poda de formação** (Cobo & Guillén, 1996). Com a **poda de produção**, que se pratica nos anos seguintes, procura-se:

- ✓ Maximizar a interceção da radiação solar;
- ✓ Maximizar a ventilação, de modo a aumentar a resistência a doenças;
- ✓ Gerar um volume de copa que facilite os trabalhos de gestão do solo e de controlo de doenças e pragas e a passagem da máquina cavalgante de colheita;
- ✓ Conseguir um balanço equilibrado entre o desenvolvimento vegetativo da oliveira e a capacidade produtiva (Rius & Lacarte, 2015).

Em relação à época do ano em que é feita, a poda, subdivide-se em **poda de inverno**, efetuada durante o período de repouso vegetativo, e **poda em verde**, quando realizada na fase ativa do ciclo vegetativo (Marques, 2020).

A intensidade da **poda de formação e de produção** depende:

- ✓ Do comportamento agronómico da cultivar;
- ✓ Das condições edafoclimáticas (se, por exemplo, o olival se localizar num terreno mais fértil ou com mais insolação, o potencial de crescimento será maior e a intensidade de poda também deverá ser maior);
- ✓ Das práticas culturais que afetam o vigor, como por exemplo, a irrigação ou a fertilização.

➤ Poda Lateral Manual

Nos olivais em sebe, costumam surgir ramos grossos (diâmetro > 3 - 4 cm) dirigidos ao centro da rua. Esses ramos, constituem-se como um obstáculo à passagem das máquinas agrícolas, que efetuam as necessárias operações culturais, e à passagem da máquina cavalgante de colheita, fazem-na perder eficiência na vibração das azeitonas e até podem fazer com que a máquina acabe por arrancar a oliveira. Assim, deve-se regular a largura desse plano de

vegetação até uma distância não superior a 50 - 60 cm para cada um dos lados do tronco da oliveira (na direção da rua) (Rius & Lacarte, 2015).

Por norma, a poda lateral manual realiza-se anualmente, no inverno, e não é necessário mais do que um ou dois cortes por oliveira (Figura 6). Dessa maneira, procura-se assegurar a inexistência de ramos grossos orientados para o centro da rua e consegue-se ir renovando, a pouco e pouco, toda a estrutura produtiva da planta e criar uma sebe porosa, melhorando-se, assim, as condições de iluminação e arejamento (Rius & Lacarte, 2015).

Os cortes devem deixar cerca de dois centímetros de ramo, que servirá de base para que apareçam novos brotes produtivos. Não se devem podar os ramos de pequeno diâmetro dirigidos ao centro da rua, porque são potencialmente produtivos e flexíveis à passagem das máquinas (Rius & Lacarte, 2015).



Figura 6. Operação de poda no olival – Poda lateral manual com tesouras pneumáticas

(Fonte: ID – David, 2022)

➤ **Topping**

Com os compassos de plantação vulgarmente utilizados nos olivais em sebe (3 – 4 m x 1 - 1,5 m) e com as máquinas cavalgantes de colheita existentes no mercado, a altura da sebe deve limitar-se a 2,5 – 2,9 m. Essa altura, costuma ser alcançada entre o segundo e o terceiro ano de desenvolvimento da oliveira. Nesse momento, poderá realizar-se o primeiro corte em altura, que fomentará o crescimento lateral e acelerará a formação da sebe. O corte em altura realiza-se de forma mecânica, com uma barra de discos cortantes e rotativos (Figura 7) e deve considerar-se uma operação a realizar a cada ano, no verão (Rius & Lacarte, 2015).



Figura 7. Operação de poda no olival – *Topping*
(Fonte: ID – David, 2022)

➤ Corte de Baixos

Nos olivais em sebe, os galhos pendurados a menos de 60 cm de altura do solo são um problema:

- ✓ Constituem-se como uma barreira à aplicação de herbicidas na linha de plantação;
- ✓ Exercem uma competição “inútil” pelos fotoassimilados com o resto da planta, já que a sua produção não será colhida pela máquina de colheita (as varas vibratórias estão numa posição mais elevada);
- ✓ Podem impedir o fecho dos godês retráteis da máquina de colheita, o que faz com que parte das azeitonas vibradas caiam para o solo.

A eliminação desses galhos, geralmente, é feita mecanicamente, com máquinas aparadoras, com um sistema de corte duplo de serra hidráulica acoplado à parte dianteira do trator (Rius & Lacarte, 2015) (Figura 8).



Figura 8. Operação de poda no olival – Corte de baixos
(Fonte: ID – David, 2022)

2.4 Nutrição das Oliveiras e Fertilização do Olival

O solo é a camada superficial da crosta terrestre, formado por partículas minerais e orgânicas, água, ar e organismos vivos (Ferreira, 2014).

Como todas as plantas, as oliveiras são organismos autotróficos, ou seja, organismos que produzem o seu próprio alimento. O seu desenvolvimento depende, além de outros fatores, como luz, água e dióxido de carbono, de um fluxo contínuo de sais minerais a partir da solução do solo, retirados ou absorvidos pela raiz (Barros, 2020).

A **nutrição da planta** é o mecanismo que lhe permite absorver, transportar e metabolizar os nutrientes que necessita para o seu bom estado vegetativo, fisiológico e sanitário (Guerra & Leite, 2018). A **fertilização**, é a prática cultural que consiste em melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo e fornecer à planta os nutrientes que ela necessita para o seu normal desenvolvimento e produção (Guerra & Leite, 2018). Assim, pode-se dizer que uma boa fertilidade do solo conduzirá a uma boa nutrição das plantas (Barros, 2020).

A **fertilização mineral** dos olivais deverá fornecer os nutrientes que as oliveiras exigem num determinado momento, deve basear-se em análises de solo e em análises foliares e numa leitura dos valores de referência para o tipo de olival em análise, na época do ano em análise. Não existem fórmulas generalizadas de fertilização para olivais, nem para nenhuma outra cultura, o plano de fertilização será diferente consoante a época do ano e as características do olival e do solo que o sustenta. A utilização indiscriminada de fertilizantes, além de ser uma prática com elevados custos, pode provocar desequilíbrios nutritivos e contribuir para a contaminação do ambiente e das águas (Guerra & Leite, 2018).

Idealmente, as estratégias de fertilização deverão ter em conta a variabilidade espacial existente dentro da parcela – Agricultura de Precisão. Deverá medir-se e interpretar a variabilidade existente e, depois, usar a informação adquirida para gerir a variabilidade. O objetivo é melhorar a eficiência do uso de recursos, aumentar a produtividade e a qualidade do produto final, maximizar o rendimento financeiro da atividade e a competitividade do setor (Gaudêncio, 2021).

2.4.1 Acidez do Solo

Partindo do livro *Fundamentos da Química do solo* (2002), Ferreira (2014) refere que “(...) [o] equilíbrio ácido-base está presente em quase todos os processos que ocorrem nos solos, reage diretamente nas propriedades físicas e químicas com influências e consequências fortes sobre os aspetos biológicos do ambiente.” (p.15). De facto, a acidez do solo tem uma grande

importância em Agronomia, é uma das principais propriedades químicas associadas ao desenvolvimento das plantas. Existem dois tipos de acidez no solo: **acidez ativa** e **acidez potencial** (Ferreira, 2014).

A **acidez ativa** é representada pelo valor do potencial hidrogeniônico (pH), o qual expressa a atividade dos íons hidrogênio (H^+) na solução do solo (solos ácidos têm pH abaixo de 7,0). Essa atividade, relaciona-se com disponibilidade de quase todos os nutrientes no solo e com a existência de elementos tóxicos (Ferreira, 2014) (Figura 9).

A **acidez potencial** é constituída pelo somatório de todas as fontes de H^+ existentes nos componentes sólidos do solo, é proporcional aos teores de alumínio, de argila e de matéria orgânica (Ferreira, 2014).

Em solos muito ácidos é frequente as plantas apresentarem sintomas de carência ou de toxicidade em certos elementos nutritivos (Ferreira, 2014) (Figura 9). A toxicidade por alumínio (Al) é, geralmente, considerada como um dos maiores constrangimentos da produção agrícola em solos ácidos (Foy, 1988), porque a presença de Al inibe o crescimento radicular e interfere no processo de absorção nutritiva das plantas (Santos, 1991).

Os solos podem ser naturalmente ácidos, devido à pobreza em bases do material de origem ou a processos naturais de formação que favorecem a remoção de elementos básicos. Mas a elevada acidez de um solo, também pode ser provocada por cultivos e adubações que conduzem a tal processo (Ferreira, 2014).

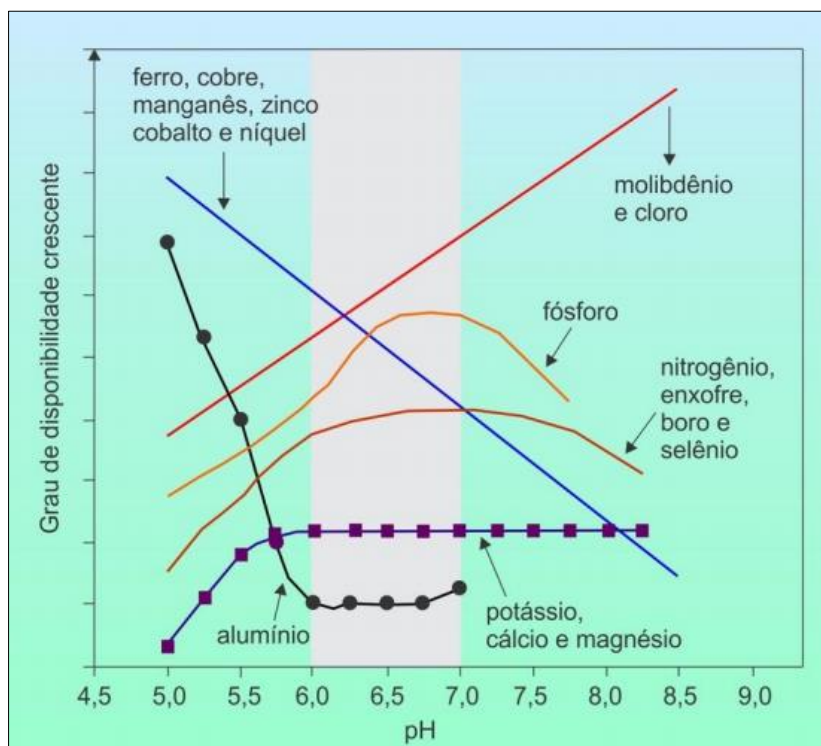


Figura 9. Disponibilidade de nutrientes para as plantas vs pH do solo (Fonte: Casarin, 2016)

Partindo das informações anteriormente enunciadas, torna-se claro que o “(...) pH do solo é um dos principais indicadores de fertilidade, isto é, (...) [da] capacidade [de um solo] (...) nutrir as plantas que nele crescem (...)” (Ferreira, 2014, p.15).

Para aumentar o pH do solo, devem-se aplicar substâncias alcalinizantes, como o calcário (CaCO_3) (Ferreira, 2014).

2.4.2 Funções dos Nutrientes na Oliveira

2.4.2.1 Funções dos Macronutrientes Principais

➤ Azoto (N)

O azoto (N) é um elemento muito móvel dentro da planta. É o promotor da reprodução celular, pelo que a sua presença é importante em todas as fases de desenvolvimento da oliveira, em especial desde a brotação até ao endurecimento do caroço. Induz uma rápida reação da árvore, acelerando a atividade vegetativa e o desenvolvimento da planta. O que se traduz num maior número de frutos por oliveira (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

A deficiência em N tende a provocar uma diminuição do número de flores férteis por inflorescência, uma redução do número de frutos, um reduzido tamanho das azeitonas, uma maturação excessivamente precoce e a queda prematura de frutos. Por outro lado, o excesso de N, pode provocar uma diminuição da produção, uma maior sensibilidade a doenças e um atraso na maturação dos frutos (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

Com o sistema de cultivo de olival vulgarmente utilizado no passado, que tinha como resultado baixas produtividades, as necessidades de N das oliveiras poderiam estar cobertas pela mineralização da matéria orgânica do solo e pelas contribuições da água da chuva. Nos modernos olivais em sebe, regados pelo Homem e com altas produções, o N proveniente da mineralização da matéria orgânica e da água de rega não costuma ser suficiente para suprir as necessidades das oliveiras - a fertilização azotada considera-se imprescindível. Moya e Muñoz-Cobo (2005), aconselham a aplicação de uma dose de N de manutenção nesses olivais, independentemente do resultado das análises foliares, de forma a evitar eventuais deficiências.

A planta absorve o N nas formas nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+). Algumas investigações, demonstram que quando o olival é nutrido, simultaneamente, com ambas formas (nutrição azotada mista), conseguem-se maiores crescimentos e produções (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

Os fertilizantes fornecem o N nas formas ureica, amoniacal e nítrica. Quando se aplica ao solo fertilizantes com formas ureicas e amoniacais, acontece uma rápida transformação para

formas nítricas, pela ação de determinadas bactérias (nitrificação). Na forma nítrica, o N tem uma elevada solubilidade e mobilidade no solo, pelo que em condições de alta pluviometria ou rega, o N pode ser lixiviado para camadas profundas do solo (podendo acumular-se em águas subterrâneas) e ficar fora do alcance das raízes. Derivado da situação anteriormente enunciada, Moya e Muñoz-Cobo (2005) recomendam o fracionamento da dose anual de N a ser aplicado na parcela, aplicando durante a totalidade do tempo de rega. Recomendam também, a redução da dose total de N a aplicar em solos argilosos, onde as perdas por lixiviação costumam ser reduzidas.

➤ **Fósforo (P)**

O fósforo (P) é um elemento bastante móvel na planta, mas menos que o N e que o K (Moya & Muñoz-Cobo, 2005). É um nutriente imprescindível na vida dos vegetais, intervém na divisão celular e no desenvolvimento dos tecidos meristemáticos. Além disso, está implicado no transporte da energia captada no processo de fotossíntese. Uma correta nutrição em fósforo, facilita a floração, aumenta a frutificação e antecipa a maturação, intensifica a resistência a doenças, contribui para o crescimento do sistema radicular (Falcão, 2019).

A planta absorve o P do solo na forma iónica do ácido ortofosfórico. A deficiência em P é pouco frequente em olivais, porém, particularmente em solos ácidos, podem observar-se deficiências. Níveis baixos de P, provocam desfoliações intensas que, geralmente, começam por se manifestar nos ramos mais velhos. A correção a curto prazo de estados de deficiência de P, pode realizar-se mediante aplicações foliares de fosfato monoamónico ou fosfato monopotássico (não se deve misturar com o cobre, pois leva à formação de precipitados). Em terrenos calcários, as aplicações convencionais de fósforo ao solo, costumam ser pouco eficazes, só a longo prazo é que se obtêm resultados apreciáveis (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

Moya e Muñoz-Cobo (2005), recomendam o fracionamento da dose anual de P, aplicando a dose anual recomendada ao longo de todo o tempo de rega. O ácido fosfórico, quando aplicado de forma continuada, até doses muito baixas, permite baixar o pH da água de rega, o que ajuda a manter os sistemas de rega livres de precipitados químicos.

➤ Potássio (K)

O potássio (K) é um elemento muito móvel dentro da planta, tanto como o N e mais do que o P (Moya & Muñoz-Cobo, 2005). É um elemento com grande importância na nutrição do olival, é o elemento que a oliveira extrai em maior quantidade do solo, na ordem dos 4,5 gramas por quilo de azeitonas (Falcão, 2019). Atua como ativador enzimático em processos de sínteses de hidratos de carbono e gorduras e no processo de fotossíntese. Está implicado na regulação da abertura e fecho estomático, pelo que oliveiras com níveis baixos deste elemento podem ser mais sensíveis ao frio, à seca e ao ataque de fungos (Moya & Muñoz-Cobo, 2005). Falcão (2019), refere que o K favorece o crescimento do sistema radicular, é indispensável para a formação e amadurecimento dos frutos, aumenta a rigidez dos tecidos e a resistência a pragas e doenças. Está demonstrado, por projetos de investigação, que uma correta nutrição em potássio, melhora o rendimento em gordura das azeitonas (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

Nos olivais plantados em solos argilosos e calcários, este elemento costuma gerar problemas, porque nesses solos, geralmente, o complexo de troca está saturado de cálcio e uma grande proporção de K do solo pode estar adsorvido pelas argilas e, portanto, retido (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

A extração de potássio pelos frutos é muito elevada, sendo máxima no final do outono, especialmente quando se atrasa a data de colheita, o que ocasiona alarmantes deficiências temporais de K em anos de grande produção. Essa situação agrava-se nos outonos frios, porque o sistema radicular da oliveira não é capaz de fornecer K ao ritmo necessário, isso deve-se ao arrefecimento da zona do solo explorada pelas raízes e à consequente redução do transporte de água até à copa. Pelas razões enunciadas, é aconselhável não atrasar demasiado a colheita das azeitonas.

Uma vez que a recuperação de estados de deficiência costuma ser lenta, é importante estar atento aos anos de grande colheita, nos quais se produzem altas extrações. Nesses anos, é recomendável realizar uma fertilização potássica que reduza o risco de eventuais deficiências. As aplicações foliares podem ajudar a corrigir as carências de potássio. Essas aplicações costumam realizar-se na primavera, verão e outono, com nitrato de potássio, cloreto de potássio ou sulfato de potássio. Pode-se aproveitar os “necessários” tratamentos fitossanitários, para realizar essa aplicação em conjunto (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

Baseando-se em experiências de campo, Moya e Muñoz-Cobo (2005) referem que se obtêm melhores produções, quando se emprega uma fórmula de fertilização N + K. E recomendam o fracionamento da dose anual de K durante todo o tempo de rega, aplicando doses muito maiores no final do ciclo.

2.4.2.2 Funções dos Macronutrientes Secundários

➤ Boro (B)

A oliveira é uma planta com altas necessidades de boro (B). A sua deficiência ocorre especialmente em solos arenosos. A fertilização com boro deve ser feita antes da floração e, em solos calcários, a aplicação deve ser feita às folhas (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

➤ Cálcio (Ca)

O cálcio (Ca) é um componente da parede celular vegetal, contribui para o fortalecimento de todos os órgãos da oliveira, principalmente raízes e folhas. A forma iónica absorvida pelas plantas é Ca^{2+} (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

➤ Magnésio (Mg)

O magnésio (Mg) é parte integrante da molécula da clorofila e, por isso, está diretamente ligado ao metabolismo energético. A forma iónica absorvida pelas plantas é Mg^{2+} . A absorção desse ião pode ser afetada negativamente pela presença de outros catiões (tais como: K^+ , NH_4^+ e Ca^{2+}). A aplicação deste nutriente ao olival pode ser feita ao solo, ou então por via foliar, na primavera, através de sulfato ou nitrato de Mg (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

➤ Enxofre (S)

O enxofre (S) é um nutriente muito pouco móvel. Participa na formação de alguns aminoácidos essenciais ao metabolismo energético, intervém na síntese de compostos orgânicos, em especial vitaminas e enzimas. A forma iónica absorvida pelas plantas é SO_4^{2-} (Moya & Muñoz-Cobo, 2005).

2.5 Retrato do Setor Olivícola: Dinâmicas de Mudança, o Presente e o Futuro

Com a globalização e a abertura das economias ao exterior, com os progressos noutros setores produtores de óleos alimentares, nomeadamente a nível de marketing, que se repercutiram na conquista de mercado, os atores do setor oleícola, para sua própria sobrevivência, viram-se obrigados a reinventar-se. O caráter sucedâneo dos óleos vegetais alimentares não lhes deixava outra alternativa.

A partir de meados dos anos cinquenta do século passado, foram várias as tentativas de encontrar métodos que permitissem aumentar a rentabilidade financeira do olival, uma das grandes preocupações era a diminuição dos elevados custos associados à colheita das azeitonas. Muitas das tentativas não vingaram, por faltarem fatores determinantes para o seu sucesso – eram ideias à frente do seu tempo. O autor de uma dessas ideias, foi o Senhor Lúcio de Sousa, que ainda na década de sessenta do século passado, plantou na Casa Cadaval, em Muje, um olival conduzido em sebe, onde a colheita era feita de forma mecânica, através de uma inovadora máquina cavalgante, pensada e contruída por essa Casa Agrícola¹.

Finalmente, a meio da última década do século passado, graças à evolução do conhecimento científico, ao progresso tecnológico e à audácia de certas personalidades, surgiu na Quinta Valonga (Espanha), o primeiro olival conduzido em sebe (Rius & Lacarte, 2015). A eficiência do processo de rega e de fertilização (através de tubos gotejadores), a possibilidade de mecanização de quase todas as operações culturais, realizadas com elevada eficiência, e da colheita, através de eficientes máquinas cavalgantes, outrora utilizadas apenas nas vindimas, foram fatores determinantes para o êxito dessa plantação.

O inovador sistema de plantação rapidamente se difundiu pelo mundo, ultrapassando as fronteiras dos países tradicionalmente produtores de azeites da bacia do Mediterrâneo e, atualmente, forma parte da paisagem olivícola de países como EUA, Chile ou Austrália (Rius & Lacarte, 2015). Para que se compreenda o significado da Revolução Tecnológica no setor do olival, na figura 30, apresentam-se um conjunto de dados, relativos à Herdade das Romeiras, Herdade com parcelas de olival tradicional² (plantadas nos anos 60 do século passado) e parcelas de olival em sebe³ (plantadas na segunda e na presente década deste século) (Figura 10).

¹ Esse projeto foi visitado pelo programa *TV Rural*, apresentado pelo Engenheiro José de Sousa Veloso, no ano de 1971. Nos arquivos online da RTP, é possível visualizar esse episódio – <https://arquivos.rtp.pt/conteudos/inverno-em-ponte-de-lima-e-o-cultivo-de-oliveiras-em-muje/>

² Com uma densidade de plantação entre 50 e 100 oliveiras/ha.

³ Com uma densidade de plantação de cerca de 1.975 oliveiras/ha.

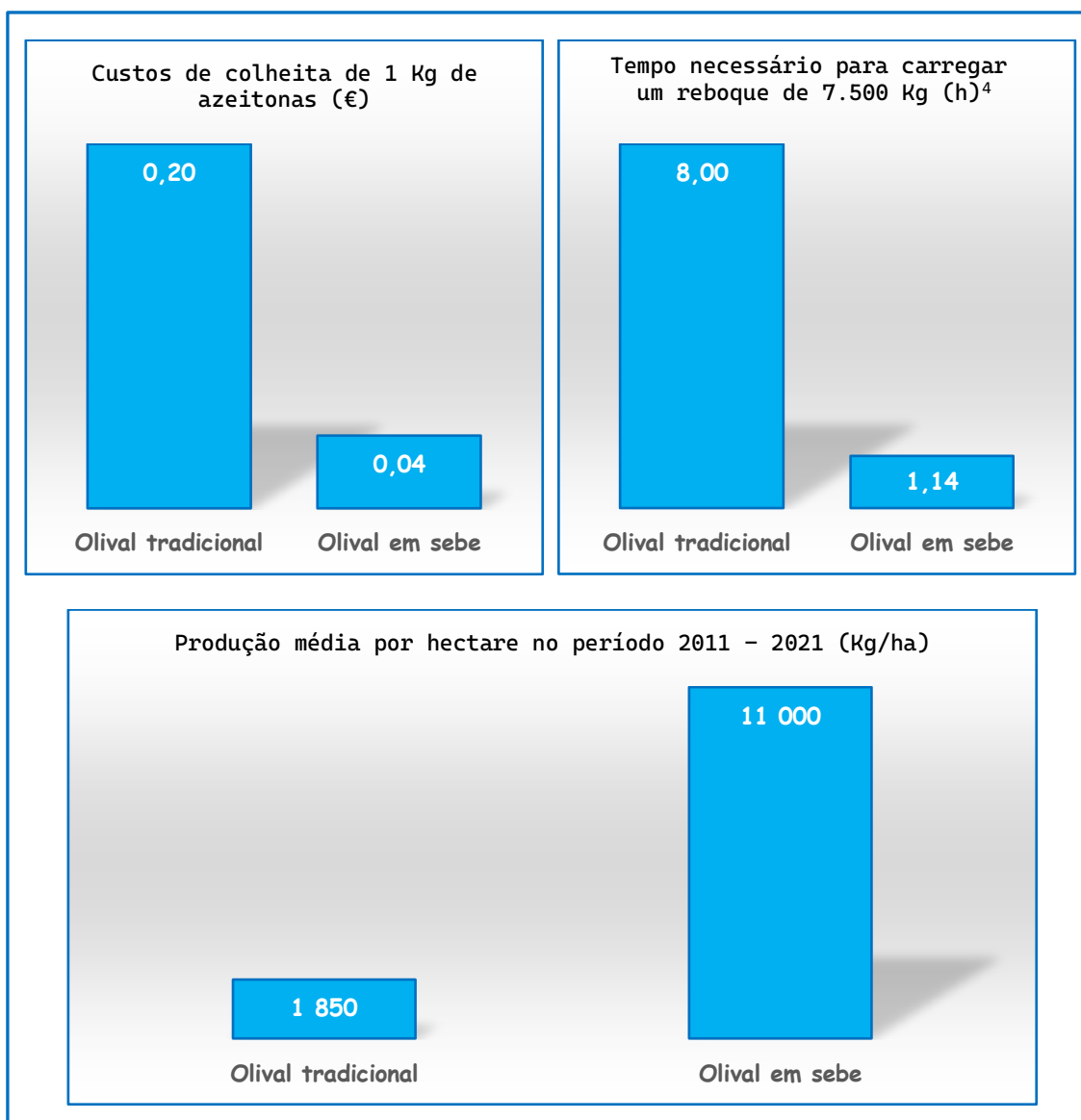


Figura 10. Gráficos comparativos de dois sistemas de condução do olival

(Fonte: Sociedade Agrícola do Ameixial, 2022)

A plantação de olivais em sebe tem vindo a substituir os olivais tradicionais. De uma produção média de cerca de 1.850 kg de azeitonas/ha, passa-se para uma produção média de cerca de 11.000 Kg de azeitonas/ha; de um custo médio de colheita (de 1 Kg de azeitonas) de cerca de 20 cêntimos, passa-se para um custo médio de cerca de quatro cêntimos; de uma enorme dependência de mão de obra passa-se para uma mecanização quase total; das oito horas necessárias (com um grupo de cerca de 20 pessoas) para carregar um reboque de 7.500 Kg, passa-se para cerca de uma hora e quinze minutos (com uma máquina cavalgante de

⁴ O tempo médio para carregar um reboque é uma variável importante, porque quanto mais depressa as azeitonas colhidas forem transformadas em azeites, melhor será a qualidade do produto final. No caso em análise, no olival tradicional a colheita é feita com um grupo de 20 pessoas e no olival em sebe a colheita é feita com uma máquina cavalgante.

colheita), ou seja, é possível as azeitonas estarem no lagar a serem moídas menos de duas horas depois de serem colhidas (Figura 10); de uma rentabilidade muito baixa e por vezes negativa, que estava a levar ao abandono e corte de oliveiras, passa-se para uma rentabilidade financeira muito interessante, que tem vindo a atrair o investimento de enormes empresas.

A nova tecnologia associada à cultura do olival, em conjunto com a nova tecnologia utilizada para transformar as azeitonas no lagar, permite produzir azeites de excelente qualidade, a um preço muito competitivo. A maioria das variedades que foram e que são utilizadas nas plantações de olival em sebe produzem azeites suaves e frutados, os designados “azeites doces”. Isso, tem sido uma arma importante para captar novos consumidores, é difícil conquistar novos mercados com “azeites fortes” (Casa do Azeite TV, 2017).

Se a estes fatores se acrescentar o resultado de inúmeros estudos nutricionais, elaborados por especialistas de diferentes nacionalidades, que referem os azeites como uma gordura saudável, percebe-se a tendência de aumento do consumo mundial – dos anos 1995/96 para 2019/20 aumentou cerca de 71% (IOC, 2021). Nos principais países destino da exportação dos azeites portugueses, essa tendência não é diferente, até é mais acentuada. A taxa de crescimento do consumo em quatro importantes mercados de exportação dos azeites portugueses (Brasil + França + EUA + Polónia⁵) (Figura 11), supera a taxa crescimento do consumo mundial em cerca de 203% (IOC, 2021).

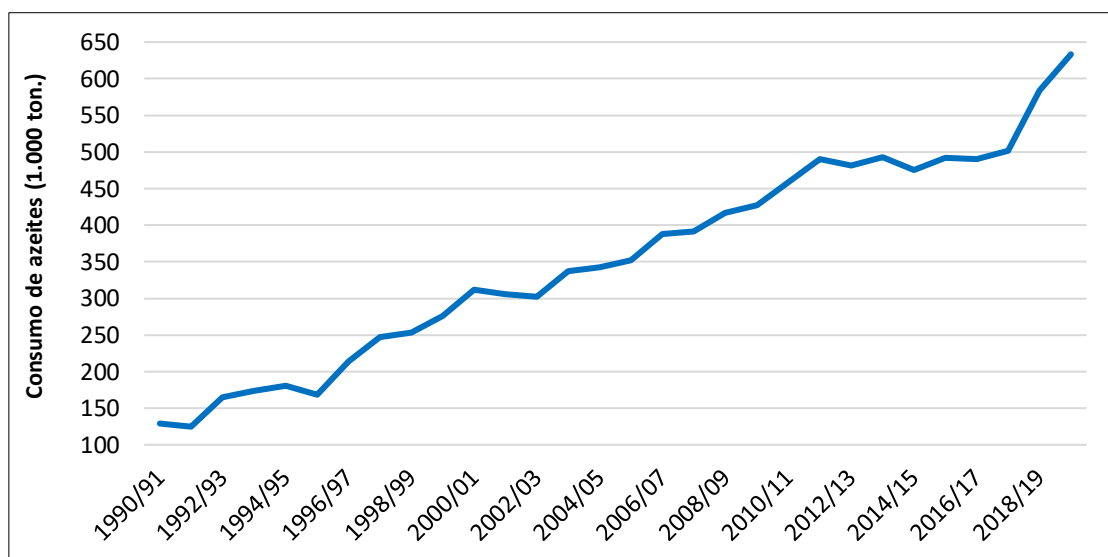


Figura 11. Evolução do consumo de azeites em importantes mercados de exportação dos azeites portugueses (Brasil + França + EUA + Polónia)

(Fonte: IOC, 2021)

⁵ Os seis principais destinos das saídas de azeites portugueses, são, pela ordem: Brasil, Espanha, Itália, França, EUA e Polónia. Na análise efetuada neste ponto do trabalho, exclui-se Espanha e Itália, porque a exportação de azeites para esses dois países, faz-se, sobretudo, a granel. A venda de azeites engarrafados, significa uma subida na cadeia de valor, é bastante mais interessante para Portugal.

Assim, se tudo o resto se mantiver contante, Portugal conseguirá escoar a sua produção e poderá continuar a investir, a aumentar a área de olival e a oferta de azeites⁶ (Agroglobal, 2018). A expectativa de que os azeites continuem a conquistar mercado, que o consumo continue a aumentar, não significa que o futuro venha a ser fácil para os empresários que desenvolvem ou que poderão vir a desenvolver a sua atividade no setor oleícola. A competitividade no setor está a aumentar, estão a surgir novos *players*; em jeito de exemplo, dos anos 2009/10 para 2019/20 a produção de azeites na Argentina cresceu cerca de 76,5%, no Chile cresceu cerca de 66,7% e nos EUA cresceu cerca de 433,3% (estes países tradicionalmente não eram produtores de azeites) (IOC, 2021).

Historicamente, os três principais produtores mundiais de azeites são Espanha, Itália e Grécia – em 2019/20 produziram cerca de 55% dos azeites produzidos no mundo. Na campanha 2019/20, Espanha, continuou, destacadamente, como o maior produtor mundial (produziu 35,1%); Itália, continuou como o segundo maior produtor (11,4%); e a Grécia, nessa campanha, surgiu na quarta posição do ranking (8,6%), depois da Tunísia, que na campanha 2019/20 foi o terceiro maior produtor do mundo (produziu 10,9% dos azeites) (IOC, 2021). Por causa da referida importância, os mercados de referência do preço mundial dos azeites são Jaén, Bari e Creta. Portugal tem uma quota da produção baixa (na campanha 2019/20 produziu cerca de 4,4% dos azeites [IOC, 2021]), por isso é tomador de preços no mercado mundial. Os preços em Portugal são muito determinados pelo mercado de Jaén, devido à proximidade geográfica (Reis, 2014).

2.6 Pegada de Carbono

A organização independente *Carbon Trust* (2007) afirma que a pegada de carbono é uma metodologia para estimar a totalidade de emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE) (de forma direta ou indireta) para a atmosfera, expressa em toneladas de carbono equivalente (ton. CO_{2e}) de uma atividade ou de um produto, ao longo do seu ciclo de vida. A avaliação da pegada de carbono permite inferir sobre a eficiência energética associada a uma atividade ou produto (Teixeira, 2011). Um pressuposto essencial no processo de cálculo da pegada de carbono é a definição dos limites ou fronteiras que se pretende analisar, de forma a relatar todas as emissões relevantes e controladas (Ramos, 2014).

⁶ Apesar da tendência ser de aumento do consumo, naturalmente, existirão pequenos períodos em que haverá excesso de azeites no mercado e, conseqüentemente, preços mais baixos. Uma análise da evolução de consumo e produção, mostra que o mercado dos azeites é um mercado *push and pull* – preços altos atraem novos produtores, o que gera algum excesso de azeites no mercado e preços mais baixos, que vão impulsionar consumo e facilitar a penetração em novos mercados e cativação de novos consumidores (Agroglobal, 2018).

Para que se possa ter noção do significado de determinada pegada de carbono, na tabela 1, apresenta-se a pegada de carbono *per capita* de Portugal no período 2005 – 2014.

Anos	Pegada de Carbono (ton CO _{2e} <i>per capita</i>)
2005	8,7
2006	8,2
2007	7,9
2008	7,6
2009	7,2
2010	6,9
2011	6,6
2012	6,5
2013	6,3
2014	6,3

(Fonte: Pires, 2017)

Para reduzir o efeito estufa e as alterações climáticas é preciso reduzir a pegada de carbono.

2.7 Detecção Remota

Pode definir-se deteção remota (DR) como o “(...) processo de recolha de informação de áreas e objetos sobre ou próximos da superfície terrestre, por um sensor de radiação eletromagnética [REM] colocado acima da superfície terrestre.” (Coelho & Silva, 2009, p.16).

Os sensores que registam imagens de DR podem ser transportados por satélites artificiais da Terra, que se podem deslocar a diferentes velocidades e com órbitas que se podem desenvolver a diferentes altitudes. As características das plataformas e as suas órbitas condicionam as imagens adquiridas pelos sensores (Fonseca & Fernandes, 2004).

➤ Interação da REM com a Vegetação

Cada espécie vegetal apresenta características espectrais específicas, que podem apresentar variações em função da zona geográfica em que a espécie se desenvolve e as estações do ano. A refletância espectral da vegetação apresenta uma grande variação em função do comprimento de onda (λ) da REM (Fonseca & Fernandes, 2004).

Na **região do visível** a pigmentação domina a resposta, sendo o teor em clorofila o fator mais condicionante. A clorofila absorve fortemente a REM visível nos comprimentos de onda de 0,45 μm e 0,65 μm (Fonseca & Fernandes, 2004) (Figura 12).

Na banda do **infravermelho próximo (NIR)** a refletância aumenta porque a vegetação absorve muito pouca radiação nessa banda (Fonseca & Fernandes, 2004) (Figura 12).

No **infravermelho médio (SWIR)** a água absorve fortemente a radiação, em três comprimentos particulares: 1,4 μm , 1,9 μm e 2,7 μm . Dado o alto teor em água da vegetação verde, a refletância diminui bastante nessas bandas (Figura 12). O teor em água influencia consideravelmente a refletância da vegetação. Quando os valores de humidade são muito baixos, a diminuição da produção de clorofila, tem como consequência o desaparecimento das bandas de absorção da clorofila, pelo facto das condições de vitalidade da vegetação se degradarem (Fonseca & Fernandes, 2004).

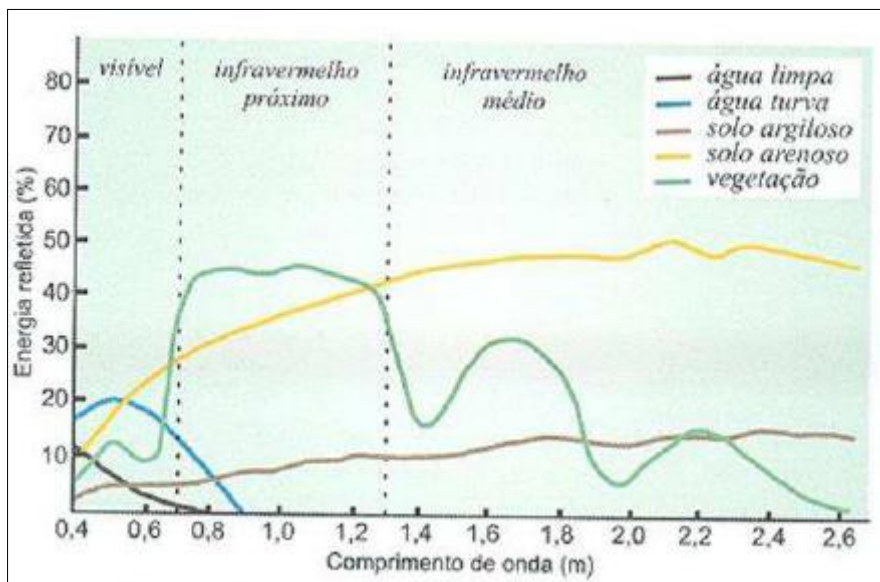


Figura 12. Curva espectral da vegetação, da água e do solo

(Fonte: Kaplan & Avdan, 2017)

➤ **Satélite Sentinel-2**

O satélite *Sentinel-2* forma uma missão de aquisição de imagens multiespectrais da Terra, do Programa *Global Monitoring for Environment and Security (GMES)*, conjuntamente administrado pela Comunidade Europeia (CE) e *European Space Agency (ESA)*.

O satélite *Sentinel-2* tem uma órbita circular, heliosíncrona, descendente, 98.5623° de inclinação, período de 98.46 minutos, altitude de 786 Km e tem uma capacidade de revisita de 5 dias. Transporta sensores passivos, ou seja, a energia por eles recebida provém de uma fonte exterior. Os dados recolhidos pelos sensores do satélite *Sentinel-2* estão disponíveis desde junho de 2015 (*European Space Agency, 2022*).

Fonseca e Fernandes (2004) definem **resolução** “(...) como a capacidade que o detetor tem de distinguir entre sinais próximos, do ponto de vista espacial, ou similares, do ponto de vista espectral.” (p. 40). Podem distinguir-se diferentes tipos de resolução de um detetor: **resolução espacial**, **resolução radiométrica** e **resolução espectral**.

De modo simplificado, pode-se definir **resolução espacial** de um detetor como a mais pequena unidade de distância que pode ser discriminada numa medição e **resolução espectral** como a amplitude dos intervalos de λ nos quais a REM é registada (Fonseca & Fernandes, 2004).

Na figura 13, apresenta-se a **resolução espectral** do satélite *Sentinel-2* e na tabela 2, apresenta-se a **resolução espectral** e a **resolução espacial** do mesmo satélite.

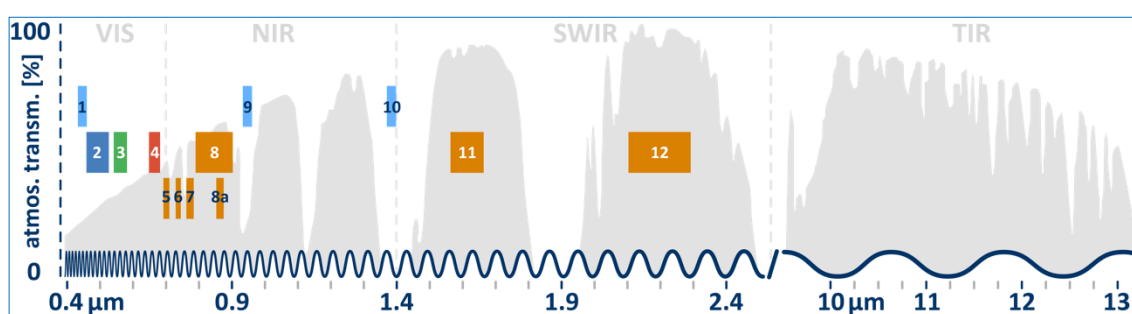


Figura 13. Bandas espectrais do satélite *Sentinel-2*

(Fonte: Freie Universität Berlin, 2022)

Tabela 2. Características das bandas do satélite *Sentinel-2*

Sentinel-2 bands	Central wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1 – Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 – Blue	0.490	10
Band 3 – Green	0.560	10
Band 4 – Red	0.665	10
Band 5 – Vegetation red edge	0.705	20
Band 6 – Vegetation red edge	0.740	20
Band 7 – Vegetation red edge	0.783	20
Band 8 – NIR	0.842	10
Band 8A – Vegetation red edge	0.865	20
Band 9 – Water vapour	0.945	60
Band 10 – SWIR – Cirrus	1.375	60
Band 11 – SWIR	1.610	20
Band 12 – SWIR	2.190	20

(Fonte: Kaplan & Avdan, 2017)

Por fim, a **resolução radiométrica** (ou **sensibilidade radiométrica**), exprime a capacidade de um sensor detetar variações na radiância espectral recebida (Fonseca & Fernandes, 2004). O satélite em análise tem uma **resolução radiométrica** de 2^{16} (65.536 níveis de cinzento por pixel) (European Space Agency, 2022).

➤ Processamento e Análise de Imagens

O processamento de imagens de detecção remota tem como objetivo a extração de informação qualitativa e/ou quantitativa, necessária, para determinadas aplicações, tais como, a elaboração ou atualização de cartografia, monitorização de fenómenos naturais (cheias, degelo, etc.) ou artificiais (ocupação de solo urbano, evolução de culturas agrícolas, etc.), entre outros (Fonseca & Fernandes, 2004).

O cálculo de razões entre bandas de uma mesma imagem – **índices de vegetação** – tem como objetivo principal realçar aspetos que permitem discriminar entre diferentes tipos e estados de vegetação (Fonseca & Fernandes, 2004).

Os **índices de vegetação**, entre os quais está o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), baseiam-se no facto da vegetação vigorosa, com função clorofilina ativa, apresentar refletâncias altas na banda do infravermelho e baixas na banda vermelha, do visível. Assim, as diferenças radiométricas, entre vegetação vigorosa e senescente acentuam-se com a diferença entre as bandas, permitindo uma melhor diferenciação desses dois tipos de coberto (Fonseca & Fernandes, 2004).

Fórmula de Cálculo do NDVI
$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{Red})}{(\text{NIR} + \text{Red})}$
<p><u>Onde:</u></p> <ul style="list-style-type: none">• NIR - refletância na banda do infravermelho próximo• Red - refletância na banda do vermelho

Da aplicação da fórmula vão resultar valores entre -1 e +1, a que estão associados diferentes estados de vegetação:

- Valores próximos de +1 – Vegetação verde densa, presença de clorofila
- Valores próximos de 0 – Solo e vegetação não verde
- Valores próximos de -1 – Solos húmidos / água

2.8 Trabalhos Recentes em Olivicultura de Precisão

Dentro dos trabalhos recentes que abordam a Olivicultura de Precisão seleciono dois que abordam este tema numa perspetiva semelhante à minha.

No trabalho “Utilização de imagens de satélite para a otimização produtiva do olival superintensivo (cv. Arbosana)”, Falcão (2019) procurou estudar as potencialidades do NDVI e *Normalized Difference Water Index* (NDWI) para caracterizar a variabilidade espacial de uma parcela de olival em sebe, a nível de volume de sebe, vigamento, produtividade e rendimento em azeite das azeitonas.

Para atingir o objetivo, Falcão (2019), começou por construir um modelo com três zonas distintas. Os índices vegetativos explicaram a variabilidade existente no volume de copa das oliveiras – as zonas do mapa com maior índice representavam zonas com oliveiras com maior volume de copa e as zonas do mapa com menor índice representavam zonas com oliveiras com menor volume de copa. Nos restantes estudos, o modelo não explicou a variabilidade existente.

Tendo em conta as fragilidades do anterior modelo, já enunciadas, testou-se um outro com duas zonas distintas – uma com volumes de copa $> 6,2 \text{ m}^3$ e outra com volumes de copa $< 6,2 \text{ m}^3$. Com esse modelo, as zonas da carta com maior índice vegetativo correspondiam no terreno a zonas com oliveiras com maior volume de copa e, também, a zonas com maior número de vingamentos, maior percentagem de inflorescências com pelo menos um fruto vingado e, a zonas, com maior número médio de frutos/inflorescências. Concluiu-se que oliveiras com maior volume de copa eram também aquelas que apresentavam maior produção e menor rendimento em azeite das azeitonas. O cálculo do rendimento bruto proporcionado por cada hectare demonstrou que as diferenças entre as duas zonas poderiam ser superiores a 1000 €/ha.

Para além das conclusões principais, já mencionadas, Falcão (2019) chegou a outras conclusões interessantes:

- ✓ As zonas com oliveiras com maior volume de copa corresponderam na parcela a zonas com melhores concentrações de nutrientes no solo e nas folhas. Concluiu-se que a riqueza em nutrientes no solo e nas folhas pode justificar a variabilidade de volume de copa das oliveiras.
- ✓ As zonas do mapa com maior índice vegetativo, representam no terreno zonas com níveis mais altos de N. Esse resultado era expectável, porque o N tem grande influência no processo de síntese da clorofila.
- ✓ Os resultados das análises de solo demonstraram que, na parcela em estudo, o solo da linha de plantação apresenta níveis de nutrientes superiores em relação

ao solo da entrelinha. Concluiu-se que essa situação, já esperada, se devia à prática da fertirrega.

Como conclusão, Falcão (2019) referiu que os índices vegetativos podem ser muito úteis para identificar as zonas de uma parcela com deficiente desenvolvimento vegetativo. E que essa identificação é muito importante, porque essas zonas podem precisar de uma aplicação diferenciada de recursos para melhorar o seu estado. Sugeriu que se repensasse a gestão da parcela, no sentido de intervir de forma diferenciada, na gestão da rega e nutrição, de modo a maximizar o lucro.

No trabalho “Condução da rega num olival superintensivo – cultivar Arbosana”, Carvalho (2021) procurou avaliar o efeito da condução da rega na produtividade de três parcelas de olival conduzido em sebe, com o auxílio do NDVI e NDWI para explicar a variabilidade ao nível do volume de copa das oliveiras e da produtividade.

Carvalho (2021), verificou que as zonas do olival com maior volume de sebe foram também aquelas que apresentaram valores de índice vegetativo mais elevados. Verificou, também, a existência de grande variabilidade espacial nos talhões estudados, a nível de biometria das oliveiras. E partindo dessas constatações, concluiu que o NDVI e o NDWI podem ter uma importância significativa na amostragem inteligente do solo e das plantas.

No caso em estudo, as zonas mais vigorosas, foram também as zonas mais produtivas, Carvalho (2021) associou esse facto à existência de um maior volume de copa. Partindo dessa relação, e da relação entre os índices vegetativos e o volume de sebe, propôs a utilização dos índices vegetativos, gerados a partir de imagens de satélite, para ajudar a delimitar os volumes de copa mais adequados às melhores produtividades. E propôs que se repensasse o regime hídrico das zonas menos vigorosas, por forma a aumentar o volume de copa e, conseqüentemente, o índice vegetativo correspondente e a produtividade unitária.

Carvalho (2021) constatou que as zonas com plantas mais vigorosas consomem menos água por volume de copa do que as zonas com plantas menos vigorosas. E explicou essa realidade pelo facto da água aplicada nas zonas menos vigorosas não estar tão disponível para as plantas, por causa do tipo de solo.

Uma das principais conclusões destes estudos (Falcão [2019]; Carvalho [2021]) foi que a utilização dos índices vegetativos, gerados a partir de imagens de deteção remota, pode ser muito útil no estudo da otimização produtiva dos olivais conduzidos em sebe.

3 Materiais e Métodos

3.1 Localização da Parcela em Estudo

A parcela em estudo é parte da Herdade das Romeiras, está sob a gestão da Sociedade Agrícola do Ameixial, localiza-se na sub-região Alentejo, distrito de Portalegre, concelho de Estremoz e freguesia de Santa Vitória do Ameixial. O centro da parcela tem como coordenadas geográficas: 39°00'06,07"N; 7°06'42,54"O (Figura 14).

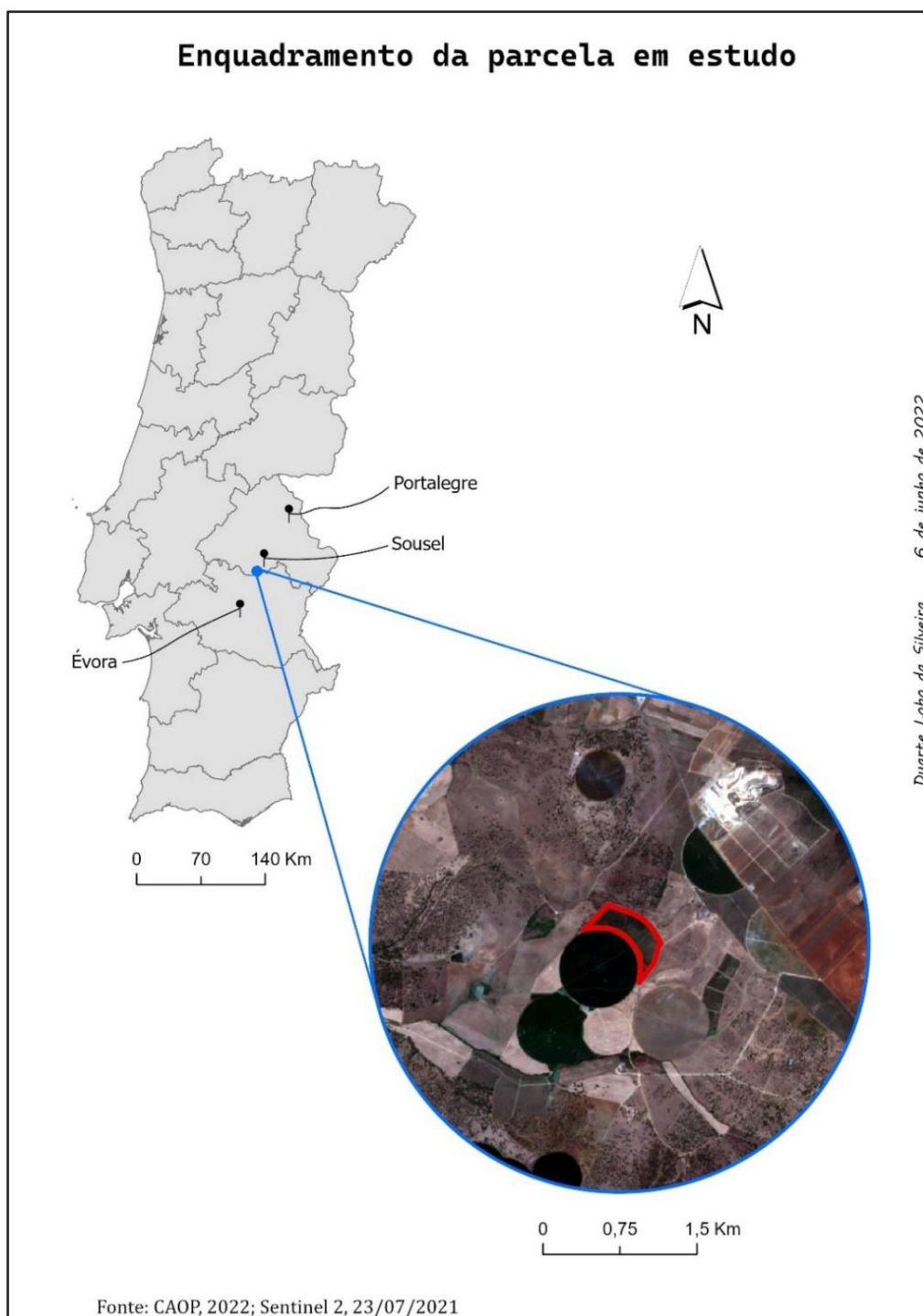


Figura 14. Mapa de enquadramento da parcela em estudo

3.2 Caracterização da Parcela em Estudo

A parcela em estudo tem 22 ha, declives moderados e é atravessada por uma linha de água, com cerca de um metro de largura, que a separa no sentido Nordeste – Sudoeste (as águas correm por essa vala de drenagem, apenas, em períodos com episódios de precipitação). É limitada a Norte e a Oeste por uma área de pastagem, a Sul por um pivot onde se cultivam cereais de inverno e/ou de verão e a Este por um outro olival conduzido em sebe (plantado em outubro de 2022) (Figura 15).



Figura 15. Imagem do olival em estudo e área envolvente

(Fonte: Google Earth, 2021)

A parcela, que durante muitos anos foi uma área de pastagem de gado bovino, é ocupada deste outubro de 2018 por um olival, da cultivar Arbequina, conduzido em sebe. As oliveiras foram plantadas segundo um compasso de 1,75 m x 3,75 m, em camalhões com 30 cm de altura, que seguem a direção Sudoeste – Nordeste. Em cada uma das cerca de 43.457 oliveiras plantadas (1.975 oliveiras/ha) foi colocado um tubo protetor e, próximo dela, um tutor de bambu com 60 cm de altura, que foi atado aos dois arames esticados a cerca de 0,60 e 1,10 m do topo do camalhão que, por sua vez, foram presos aos postes de madeira colocados nas cabeceiras e aos postes metálicos colocados no topo dos camalhões de 22 em 22 metros. À medida que as árvores se foram desenvolvendo, foram-se prendendo, com fio macarrão, alguns dos seus ramos a estes arames para se conseguir um ótimo desenvolvimento da oliveira (Figura 16).



Figura 16. Vista lateral de uma das linhas do olival em estudo

A rega e a fertirrega são feitas por tubos, com 20 mm de diâmetro e gotejadores de 0,75 em 0,75 metros, que foram desenrolados no topo do camalhão, junto da linha de plantação (Figura 16; 17). A parcela está dividida em cinco setores de rega, com uma área de cerca de 4,40 ha cada um – setores 4, 5, 6, 7 e 8, designações vulgarmente utilizadas na Herdade (Figura 18; 19). A água para regar, é oriunda de um furo com cerca de 30 m de profundidade; antes de ser aplicada, é acumulada numa charca localizada a 440 m a Nordeste do olival.



Figura 17. Tubo de rega do olival em estudo



Figura 18. Válvulas de cada um dos setores de rega

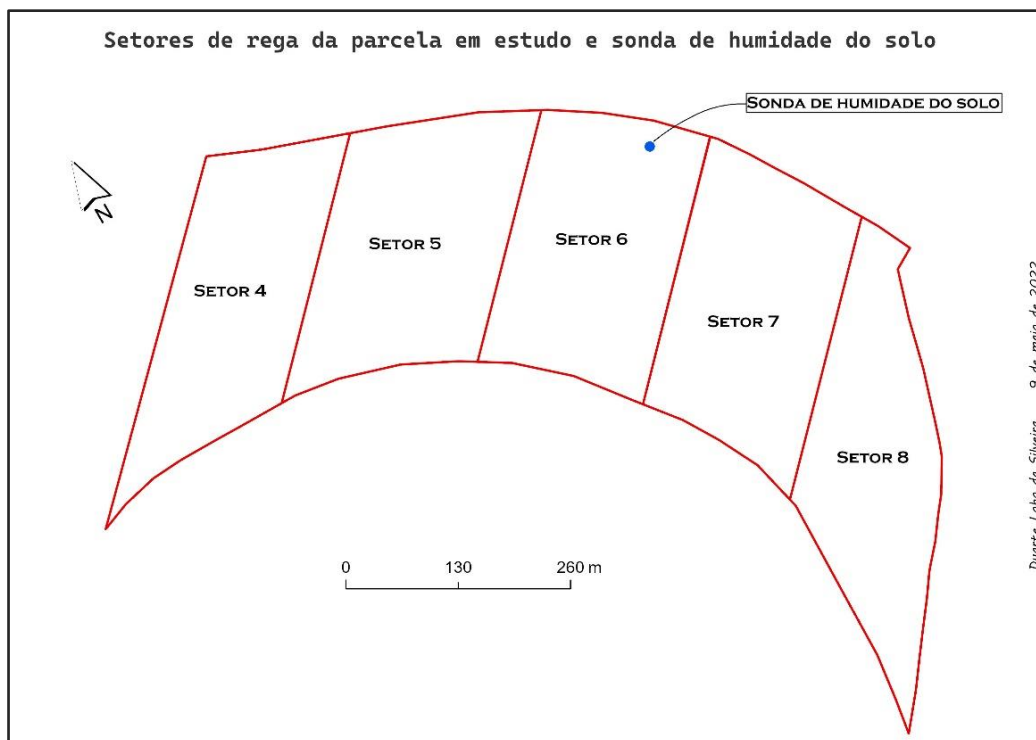


Figura 19. Delimitação dos setores de rega da parcela em estudo

A gestão da rega é feita com base na informação disponibilizada por uma sonda de humidade (Figura 20) instalada no topo de um camalhão (Figura 19) (faz leituras a 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 e 80 cm de profundidade).



Figura 20. Sonda de humidade do solo e equipamento associado

Nesta parcela não se mobiliza o solo, as entrelinhas são ocupadas por enrelvamento espontâneo (Figura 21), que é cortado por um destroçador no final da primavera. Nos camalhões são frequentemente aplicados herbicidas.



Figura 21. Fotografias do enrelvamento espontâneo do olival em estudo

A fertilização, os tratamentos fitossanitários e outras operações culturais (poda e corte/destroçamento das infestantes) são recorrentes na parcela em estudo. Nas tabelas que se apresentam de seguida (Tabelas 3; 4; 5), pode ler-se o itinerário cultural do olival, na campanha 2020/21:

Tabela 3. Adubações efetuadas durante o ciclo vegetativo			
Nutrientes aplicados	Fertirrega (Kg/ha)	Adubação foliar (Kg/ha)	TOTAL (Kg/ha)
Azoto (N)	137,57	0,16	137,73
Fósforo (P)	42,99	0	42,99
Potássio (K)	78,53	1,27	79,8
Cálcio (Ca)	29,67	0,80	30,47
Magnésio (Mg)	19,54	0,06	19,6
Boro (B)	0,01	5,13	5,14
Enxofre (S)	0	1,15	1,15
Zinco (Zn)	0,28	0,15	0,43
Silício (Si)	0	0,39	0,39
Cobre (Cu)	0	0,34	0,34
Ferro (Fe)	0,16	0,08	0,24
Manganês (Mn)	0,12	0,05	0,17
TOTAL (Kg/ha)	308,87	9,58	318,45

Tabela 4. Tratamentos fitossanitários efetuados durante o ciclo vegetativo

Data	Tipo de produto
31/03/2021	Fertilizante foliar; Fungicida; Inseticida
12/04/2021	Fertilizante foliar; Fungicida; Inseticida
01 e 03/06/2021	Herbicida
05/06/2021	Fertilização foliar; Inseticida
04/08/2021	Herbicida
24/09/2021	Fertilização foliar; Inseticida
21/10/2021	Fertilizante foliar; Fungicida; Inseticida
01/12/2021	Fertilizante foliar; Fungicida

Tabela 5. Outras operações culturais efetuadas durante o ciclo da cultura

Data	Tipo de operação cultural
02/05/2021	Corte/destroçamento das infestantes
07/10/2021	Poda mecânica - Topping
19/11/2021	Colheita

➤ Características Climáticas da Região

A Sub-região do Alentejo Central (NUTS III), é parte integrante da Região Alentejo (NUTS II), delimitada a Norte pela Lezíria do Tejo e Alto Alentejo, a Nascente por Espanha, a Sul pelo Baixo Alentejo e Alentejo Litoral e a Oeste pela Área Metropolitana de Lisboa.

Os dados para a caracterização climática da região em estudo foram recolhidos na estação meteorológica de Évora (Lat.: 38° 34' N; Lon.: 07° 54' W; Alt.: 309 m (35 Km a Sudoeste da parcela) (Figura 22).

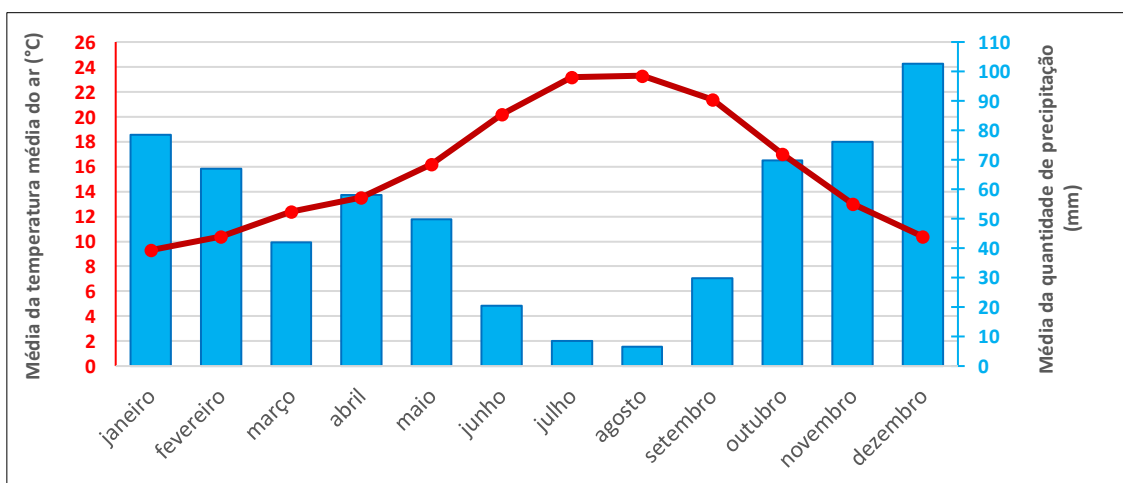


Figura 22. Gráfico termopluviométrico relativo à Normal Climatológica 1971 – 2000, Évora (Fonte: IPMA, 2000)

A região em estudo é caracterizada por invernos moderados e verões quentes, a temperatura média do ar é 15,9 °C, oscilando entre 9,3 °C (em janeiro) e 23,3 °C (em agosto) – amplitude média anual: 14 °C. A média das temperaturas mínimas mensais atinge o valor mínimo em janeiro (5,8 °C) e a média das temperaturas máximas mensais atinge o valor máximo em julho e agosto (30,2 °C). Registam-se em média 108 dias por ano com temperaturas máximas iguais ou superiores a 25 °C (IPMA, 2000) (Figura 22).

A precipitação média anual atinge os 609,4 mm. Existe uma forte assimetria sazonal da precipitação, a qual ocorre essencialmente no inverno; dezembro é o mês mais húmido (102,7 mm) e agosto o mês mais seco (6,6 mm) (IPMA, 2000) (Figura 22). Essa assimetria, provoca um escoamento irregular nas linhas de água, os caudais de verão são muito reduzidos ou mesmo nulos.

A estação seca (de junho até setembro) coincide com temperaturas máximas muito elevadas, “(...) a pouca precipitação que possa ocorrer não satisfaz as necessidades em água para que as plantas tenham desenvolvimento vegetativo.” (Marques, 2020, p.56). Por outro lado, os períodos mais chuvosos coincidem com aqueles em que as temperaturas estão mais baixas, “(...) o que aumenta o risco de períodos com solos saturados de água, provocando asfixia radicular nas plantas e aumentando o risco de erosão dos solos.” (Marques, 2020, p.56). Mesmo durante a estação chuvosa, o clima na região em análise, tipicamente mediterrâneo, é caracterizado por períodos longos sem precipitação, “(...) levando a que as plantas (...) muitas vezes entrem em stress hídrico.” (Marques, 2020, p.56).

O tempo em que o Sol está descoberto é da ordem das 2.715 horas/ano (Insolação). O vento, na região de Évora, é um fenómeno com pouca importância, a velocidade média ronda os 13 Km/h e sopra predominantemente de oeste para este (meteoblue, 2020).

O ano anterior à colheita de 2021 foi marcante na generalidade do território nacional, por se terem verificado condições climáticas muito favoráveis do ponto de vista agronómico. Na zona onde se localiza a parcela em estudo, não se verificou nenhum fenómeno climático que mereça realce por ter afetado negativamente a safra de 2021.

➤ **Características do Solo**

Para fazer a caracterização edáfica da parcela em estudo, recorreu-se à Carta de Solos de Portugal, segundo a classificação das unidades taxonómicas do Serviço de Reconhecimento e Ordenamento Agrário (SROA).

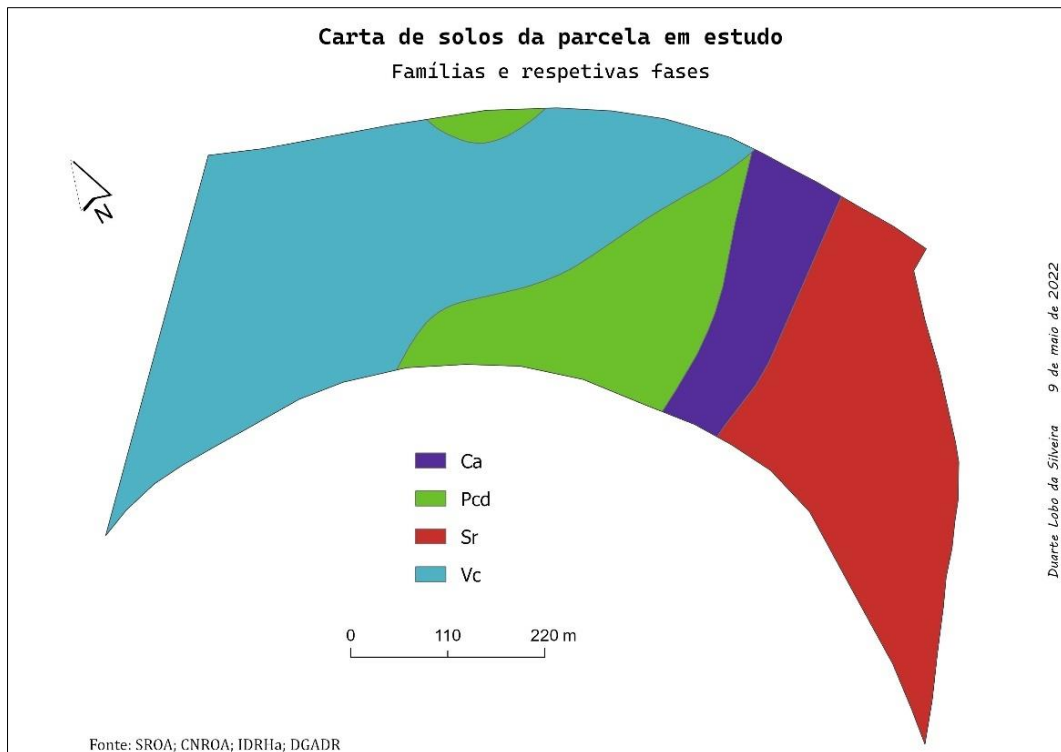


Figura 23. Carta de Solos da parcela em estudo

A carta apresentada (Figura 23), indica que os solos da parcela se distribuem por quatro categorias taxonómicas. Segundo a DGADR (2022), temos:

- ✓ **Ca** – Pertence à Ordem dos Solos Hidromórficos⁷, Subordem dos Solos Hidromórficos Sem Horizonte Eluvial⁸, *Família dos Solos Hidromórficos Sem Horizonte Eluvial Para-Aluviossolos (ou Para-Coluviossolos)*: são solos desenvolvidos em formações aluvionais ou coluviais de textura mediana.
- ✓ **Pcd** – Pertence à Ordem dos Solos Calcários⁹, Subordem dos Solos Calcários Pardos¹⁰, *Família dos Solos Calcários Pardos dos Climas de Regime Xérico, Normais*: de calcários compactos.
- ✓ **Vc** – Pertence à Ordem dos Solos Calcários, Subordem dos Solos Calcários Vermelhos¹¹, *Família dos Solos Calcários Vermelhos dos Climas de Regime Xérico*: de calcários.

⁷ **Ordem dos Solos Hidromórficos** – São solos sujeitos a encharcamento temporário ou permanente que provoca intensos fenómenos de redução em todo ou em parte do seu perfil.

⁸ **Subordem dos Solos Hidromórficos Sem Horizonte Eluvial** – São Solos Hidromórficos em que se não observa um evidente horizonte E.

⁹ **Ordem Solos Calcários** – São solos pouco evoluídos, de perfil AC, por vezes ABC com horizonte B câmbico, formados a partir de rochas calcárias, com percentagem variável de carbonatos ao longo de todo o perfil e sem as características próprias dos Barros.

¹⁰ **Subordem dos Solos Calcários Pardos** – São os Solos Calcários de cor pardacenta.

¹¹ **Subordem dos Solos Calcários Vermelhos** – São os Solos Calcários de cores avermelhadas.

- ✓ **Sr** – Pertence à Ordem dos Solos Argiluvitados Pouco Insaturados¹², Subordem dos Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos¹³, *Família dos Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de Materiais Não Calcários*¹⁴: de “rañas” ou depósitos afins.

3.3 Cálculo do NDVI e Definição dos Pontos de Amostragem

Para cumprir os objetivos do presente trabalho, começou-se por visitar o site *Copernicus Open Access Hub* e procurar imagens captadas pelos sensores do satélite *Sentinel-2*, respeitantes à área em estudo, sem ruído e captadas entre meados de agosto e meados de meio de setembro de 2021. A escolha da data de captação da imagem não é indiferente, é fundamental que a imagem seja produzida num momento em que não exista enrelvamento na entrelinha (Figura 24), caso contrário essas ervas vão mascarar a resposta espectral do olival, que é o que se pretende obter.



Figura 24. Olival em estudo (setembro de 2022)

As imagens produzidas no dia 16/09/2021 cumprem todos os princípios enunciados. Assim sendo, escolheu-se essa data. Descarregaram-se as imagens das bandas 4 (vermelho) e 5 (infravermelho próximo [NIR]) dos sensores do satélite *Sentinel-2*, referentes à região em estudo. De seguida, recorrendo ao software *ArcGIS Pro*^R, e à ferramenta *Extract by Mask*,

¹² **Ordem dos Solos Argiluvitados Pouco Insaturados** – São solos evoluídos de perfil ABC com horizonte B árgico, em que o grau de saturação com bases do horizonte B é superior a 35 % e que aumenta, ou pelo menos não diminui, com a profundidade e nos horizontes subjacentes.

¹³ **Subordem dos Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos** – São os Solos Argiluvitados Pouco Insaturados de cores avermelhadas ou amareladas nos horizontes A ou B, ou em ambos, que se desenvolvem em climas com características mediterrâneas (regime xérico).

¹⁴ **Família dos Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos de Materiais Não Calcários** – São os Solos Mediterrâneos Vermelhos ou Amarelos formados a partir de rochas calcárias.

recortaram-se as imagens pelos limites definidos¹⁵. Depois, recorrendo à ferramenta *Raster Calculator*, calculou-se o NDVI do olival. Depois de gerada a carta do NDVI, em ambiente *ArcGIS Pro*^R, fez-se uma reclassificação dos 1.816 píxeis em cinco classes organizadas por quantis. De seguida, marcaram-se três pontos de amostragem na classe com menores valores de NDVI (zona vermelha), três pontos de amostragem na classe com maiores valores (zona verde) e três pontos de amostragem na classe com valores intermédios de NDVI (zona amarela) – Figura 25.

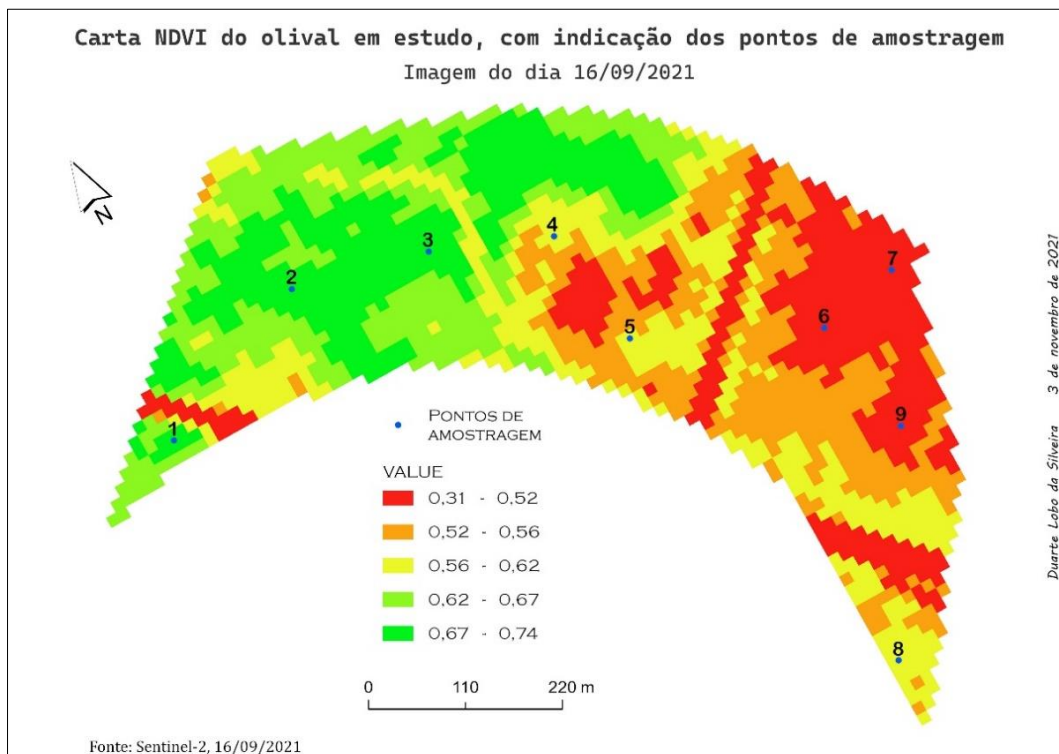


Figura 25. Carta do NDVI do olival em estudo, com indicação dos pontos de amostragem

Para que se compreenda perfeitamente a carta apresentada (Figura 25), deve referir-se que a linha vermelha que atravessa a parcela longitudinalmente corresponde a uma linha de água, que durante o verão costuma estar seca, daí os baixos valores de NDVI dos píxeis que a representam; deve referir-se também, que as duas linhas vermelhas longitudinais, que surgem nos extremos opostos da imagem, correspondem a caminhos que interrompem as linhas de plantação por motivos relacionados com a capacidade de armazenamento da máquina de colheita.

¹⁵ A parcela em estudo neste trabalho tem uma área total de 22 ha, porém, a área em estudo através de imagens de deteção remota é de apenas 18,6 ha. Definiu-se um limite mais pequeno para evitar erros nos contornos da imagem, onde a resposta espectral do olival poderia ser mascarada pela resposta espectral de outras culturas contíguas, recorde-se que a resolução espacial dos sensores (do satélite *Sentinel-2*) utilizados é de 10 m. Assim, as imagens representativas da parcela têm um total de 1.816 píxeis ($1.816 \times 100 [=10 \times 10] = 181.600 \text{ m}^2 \approx 18,16 \text{ ha}$).

Com a intenção de marcar no terreno os pontos de amostragem definidos no procedimento anterior, passaram-se os nove pontos para formato *KML*. Depois, utilizando a aplicação do *Google Earth* no telemóvel, identificou-se no terreno a localização dos nove pontos; nas nove oliveiras com as coordenadas geográficas correspondentes foi colocada uma fita listada amarela e preta (Figura 26).



Figura 26. Marcação de um dos pontos de amostragem

No dia seguinte, visitaram-se os nove pontos e, em cada um deles, marcaram-se mais oito oliveiras. Seguiu-se a lógica representada na ilustração seguinte (Figura 27):



3.4 Método de Colheita das Azeitonas e de Análise do seu Rendimento Gordura

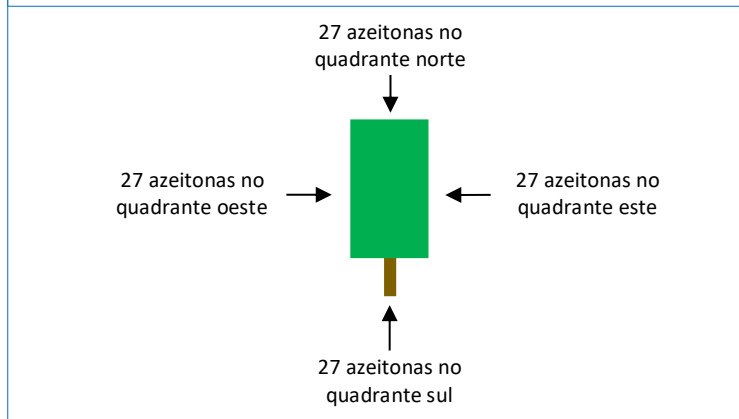
Entre os dias 15 e 19 de novembro de 2021, com o apoio de dois panos e um ancinho, colheram-se as azeitonas das oliveiras marcadas com fita listada amarela e preta. As azeitonas colhidas em cada oliveira, foram colocadas numa saca de plástico com o registo da oliveira que as produziu. No final de cada dia, procedeu-se à pesagem de cada saca carregada (Figura 28).



Figura 28. Método de colheita e pesagem das azeitonas produzidas por cada uma das oliveiras sob análise

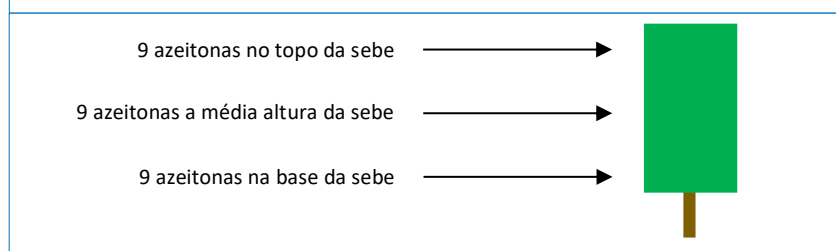
Com a intenção de se medir o *rendimento em gordura das azeitonas* de cada oliveira, momentos antes de colher as azeitonas com o apoio dos panos e do ancinho, colheram-se amostras de azeitonas de cada uma das oliveiras. Colheram-se 27 azeitonas em cada um dos quatro quadrantes da oliveira (Figura 29).

Figura 29. Diagrama explicativo do modo como foi efetuada a recolha de amostras de azeitonas em cada oliveira



Em cada quadrante, com a intenção de conseguir uma ótima representatividade da árvore, foram retiradas azeitonas de diferentes alturas da sebe, tal como se ilustra no esquema que se apresenta de seguida (Figura 30):

Figura 30. Diagrama explicativo do modo como foi efetuada a recolha de amostras de azeitonas em cada quadrante da oliveira



As azeitonas colhidas em cada oliveira (um total de 108 azeitonas [= 27 × 4]) foram colocadas num pequeno saco com o registo da oliveira que as produziu. Esse saco foi pesado em conjunto com a saca onde foram colocadas as restantes azeitonas produzidas pela oliveira.

Em cada dia de trabalho, depois de feita a pesagem das azeitonas produzidas por cada oliveira, visitou-se o laboratório da Cooperativa Agrícola dos Olivicultores de Cano, para medir o rendimento em gordura das amostras recolhidas. Depois de moer as amostras de cada oliveira, colocou-se a pasta resultante no prato do equipamento *Foss OliviaTm*, que faz a medição pela análise do infravermelho próximo (NIR), (Figura 31) e deu-se ordem à máquina para iniciar o processo de medição. O valor do *rendimento em gordura* de cada amostra de azeitonas foi registado numa tabela, para posteriores análises.



Figura 31. Máquinas de moer e analisar a pasta das azeitonas, respetivamente

3.5 Método de Avaliação da Eficiência de Colheita

Para avaliar a *eficiência de colheita do conjunto máquina cavalgante + operador* utilizado no processo de colheita, em ambiente *ArcGIS Pro^R*, marcaram-se oito pontos de amostragem numa zona da parcela onde o valor de NDVI que a representava fosse semelhante (Figura 32), ou seja, numa zona onde as oliveiras, expectavelmente, terão características semelhantes.

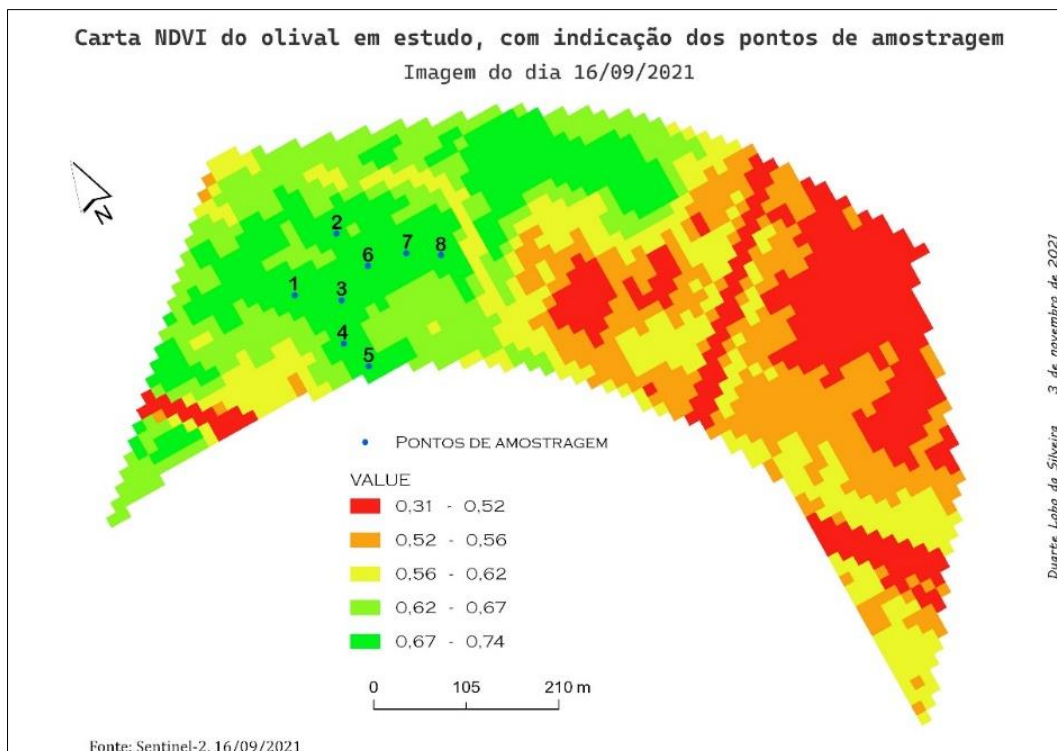
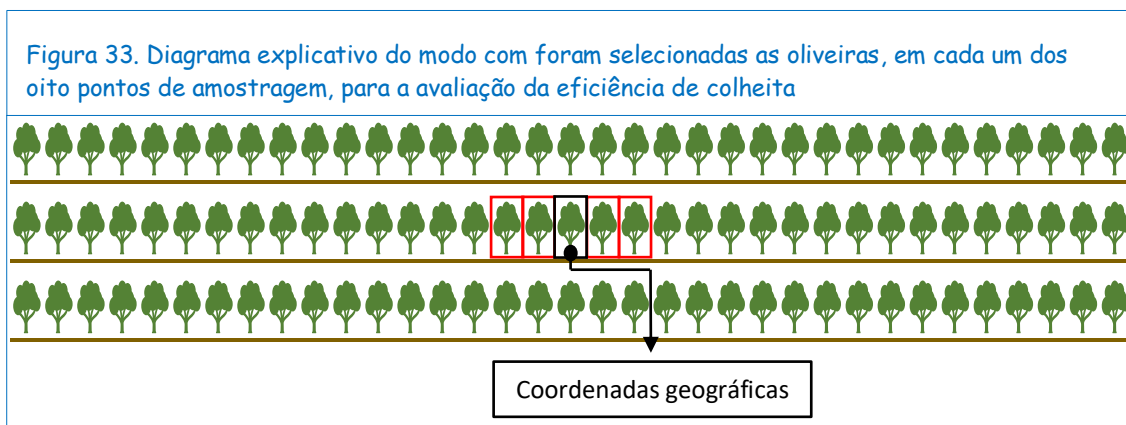


Figura 32. Carta do NDVI do olival em estudo, com indicação dos pontos de amostragem para avaliação da eficiência de colheita da máquina cavalgante

Com a intenção de marcar no terreno os pontos de amostragem definidos no procedimento anterior, passaram-se os oito pontos para formato *KML*. Depois, utilizando a aplicação do *Google Earth* no telemóvel, identificou-se no terreno a localização dos oito pontos; nas oito oliveiras com as coordenadas correspondentes foi colocada uma fita encarnada. No dia seguinte, revisistaram-se os oito pontos e, em cada um deles, marcaram-se mais quatro oliveiras. Seguiu-se a lógica representada na ilustração seguinte (Figura 33):



Poucas horas após a passagem da máquina cavalgante de colheita, nos dias 24 e 25 de novembro, visitaram-se os oito pontos de amostragem e apanharam-se todas as azeitonas deixadas nas cinco árvores assinaladas com a fita vermelha e no camalhão, por debaixo da sebe dessas mesmas árvores (Figura 34). No chão, apanharam-se apenas as azeitonas que, pelo seu aspecto, pareciam ter caído há pouco tempo, aquando a passagem da máquina. De seguida, procedeu-se à pesagem das oito caixas carregadas (cada pesagem representa cinco oliveiras).



Figura 34. Caixa com azeitonas que não foram colhidas pela máquina de colheita

3.6 Método da Medição das Características Biométricas das Oliveiras

No dia 26 de novembro de 2021, visitaram-se os nove pontos de amostragem, marcados com fita listada amarela e preta, e cada uma das 81 oliveiras sob análise (9 pontos de amostragem \times 9 oliveiras sob amostragem), com o apoio de uma régua telescópica e de uma fita métrica, mediu-se a altura, a largura e o comprimento da copa de todas as oliveiras (Figura 35).



Figura 35. Fotografias demonstrativas das medições efetuadas, respetivamente: medição da largura da copa; medição da altura da copa; medição do comprimento da copa

Os resultados das medições foram registados numa tabela e, posteriormente, utilizados para calcular o *volume de copa* de cada oliveira, utilizando o método abordado por Diéz *et al.* (2016), assumindo que a copa se constitui como paralelepípedo regular. Utilizou-se a seguinte equação:

$$\text{Volume de copa (m}^3\text{/oliveira)} = h \times l \times c$$

Onde:

h - altura da copa (não se inclui a saia [altura acima do nível do solo mantida livre de folhagem])

l - largura da copa (medida na altura do peito)

c - comprimento da copa (medido na altura do peito)

3.7 Métodos de Recolha de Amostras de Solo para Análise Laboratorial

No dia 24 de janeiro de 2022, visitaram-se os nove pontos de amostragem, marcados com fita listada amarela e preta, com a intenção de recolher amostras de solo. Para que as amostras representassem bem cada um dos nove pontos de amostragem, em cada um deles, definiram-se três pontos de subamostragem, seguindo a lógica que se representa na ilustração seguinte (Figura 36):

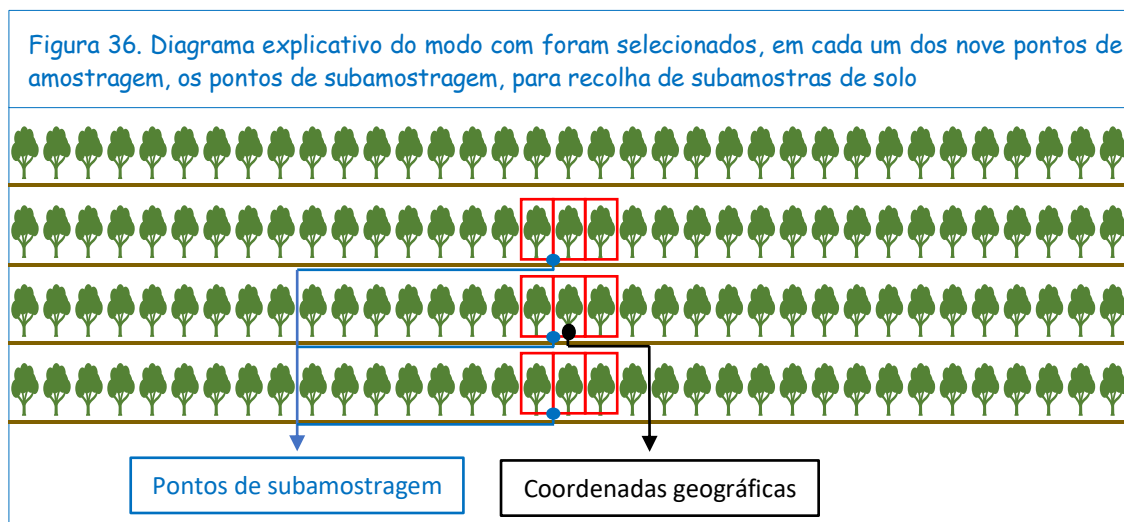


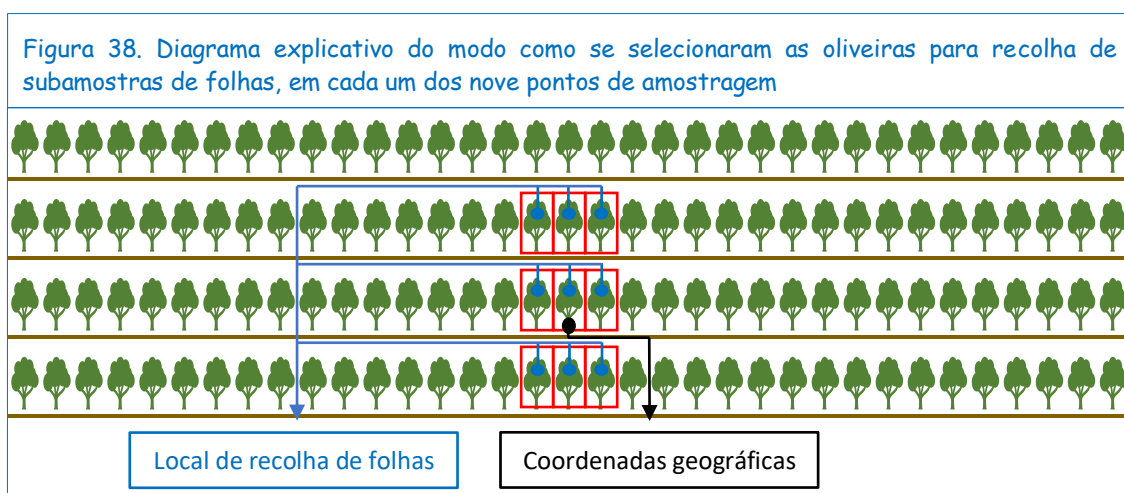
Figura 37. Método de recolha de amostras de solo

Em cada ponto de subamostragem (Figura 36), com o apoio de um pequeno machado, retirou-se da linha de plantação, a uma profundidade de cerca de 10 cm, uma pequena porção de solo (Figura 37). Depois de retirar todas as impurezas e misturar bem as três subamostras, colocou-se o material num saco com o registo da sua localização. Ao final do dia, as nove amostras foram levadas para o Laboratório de Química Agrícola, da Escola Superior Agrária de

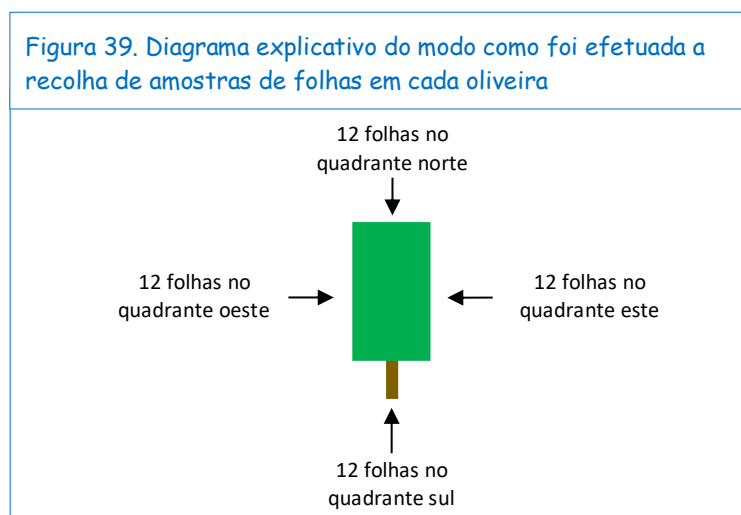
Elvas, para serem analisadas. Foi pedido que analisassem os seguintes parâmetros: *pH (H₂O)*, *Matéria Orgânica*, *Fósforo extraível*, *Potássio extraível*, *Cálcio extraível* e *Magnésio extraível*.

3.8 Método de Recolha de Amostras de Folhas para Análise Laboratorial

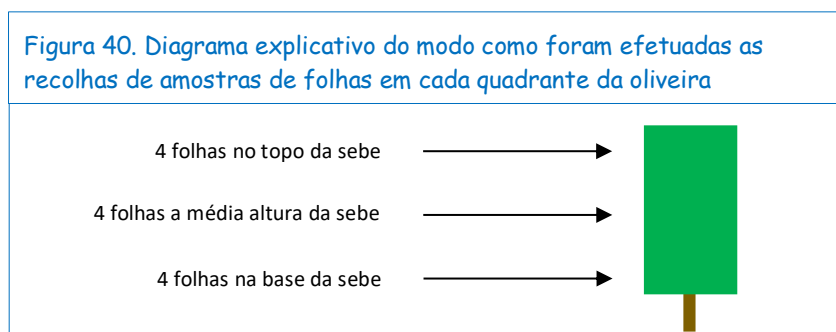
Em janeiro de 2022, as oliveiras estavam em repouso vegetativo. No dia 24 desse mês, visitaram-se os nove pontos de amostragem com a intenção de recolher amostras de folhas para análise laboratorial. Com a intenção de recolher amostras de folhas, que representassem bem cada um dos nove pontos de amostragem, em cada um deles, recolheram-se folhas das nove oliveiras marcadas com a fita listada amarela e preta, tal como se ilustra no esquema seguinte (Figura 38):



Em cada oliveira subamostrada (Figura 38), retiraram-se 12 folhas inteiras, do terço médio dos lançamentos da primavera do ano anterior, por quadrante, tal como se ilustra no esquema seguinte (Figura 39):



Em cada quadrante, com a intenção de conseguir uma ótima representatividade da árvore, foram retiradas folhas de diferentes alturas da copa, tal como se ilustra no esquema que se apresenta de seguida (Figura 40):



As folhas recolhidas, foram colocadas num saco furado, com o registo do ponto de recolha. Os sacos foram guardados num local fresco e, ao final do dia, foram levadas para o Laboratório de Química Agrícola, da Escola Superior Agrária de Elvas. Pediu-se que analisassem os seguintes parâmetros: *Azoto, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio*.

3.9 Métodos de Tratamento Estatístico dos Dados

Feito o trabalho de campo e de laboratório, registaram-se em tabelas do *software Excel* os resultados das análises desenvolvidas:

- ✓ Os resultados da pesagem das azeitonas produzidas por cada uma das 81 oliveiras (9 pontos de amostragem × 9 oliveiras sob amostragem);
- ✓ Os valores do rendimento em gordura de cada uma das oliveiras analisadas;
- ✓ Os valores sobre as medições biométricas de cada uma das 81 oliveiras analisadas;
- ✓ Os resultados das análises de solo e folhas dos nove pontos de amostragem, para cada um dos nutrientes analisados e da variável pH e Matéria Orgânica, no caso das análises de solo;
- ✓ Os valores relativos às oito pesagens realizadas, com o intuito de avaliar a eficiência de colheita.

De seguida, identificaram-se as oliveiras que se constituem como outliers moderados dentro de cada um dos nove pontos de amostragem¹⁶, essas oliveiras foram eliminadas da análise estatística.

¹⁶ Os outliers podem ser classificados em severos ou moderados consoante o seu afastamento em relação às restantes observações. Os outliers moderados encontram-se fora do intervalo $[\bar{x} - 1,5 \cdot Q; \bar{x} + 1,5 \cdot Q]$, em que \bar{x} representa a média dos dados e Q a amplitude interquartil, isto é, a diferença entre o 3º e 1º quartil (Rodrigues, 2012).

Feita a referida filtração dos dados, em ambiente *Excel*, desenvolveram-se as análises mais pertinentes para cada caso: comparações de resultados com valores de referência; análises de correlação, de regressão e de dispersão; e construção de diagramas de dispersão.

4 Resultados e Discussão

4.1 Avaliação da Estratégia de Gestão em Vigor – Gestão Uniforme da Parcela

4.1.1 Pegada de Carbono, no Campo, Associada à Produção de Azeites com Azeitonas da Parcela em Estudo

Com as azeitonas colhidas da parcela em estudo, no ano de 2021, produziram-se 41.615 Kg de Azeite Virgem Extra. Utilizando a metodologia de cálculo do *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, a pegada de carbono, no campo, associada a essa produção é apresentada na figura seguinte (Figura 41)¹⁷:

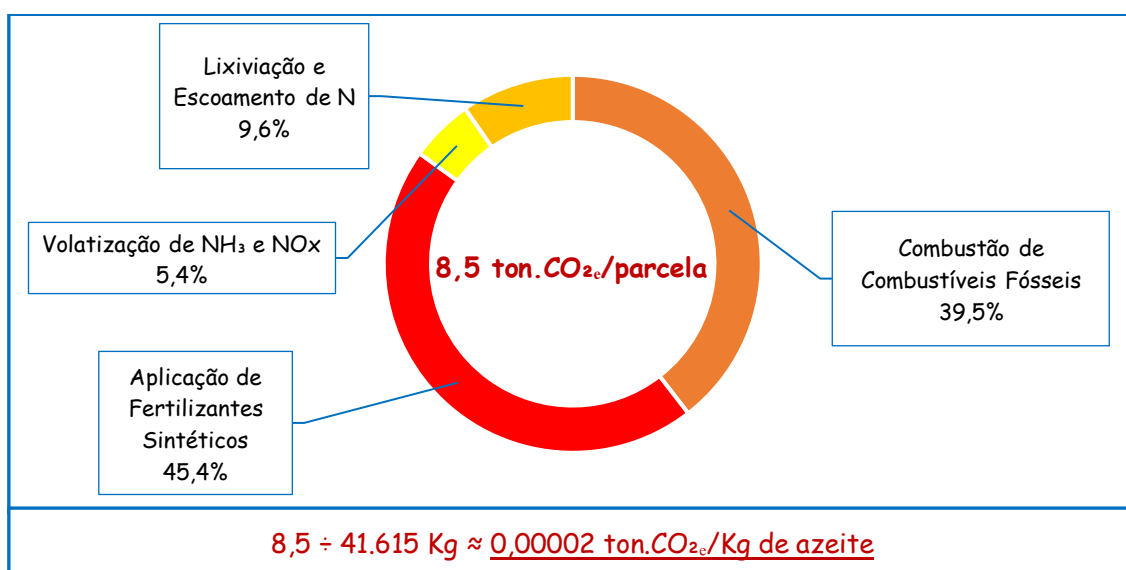


Figura 41. Emissões de GEE, na parcela em estudo, na campanha olivícola 2020/21

A figura anterior (Figura 41), informa que para produzir as azeitonas que deram origem aos 41.615 Kg de Azeite Virgem Extra, emitiram-se 8,5 toneladas equivalentes de CO₂ (ton. CO_{2e}). E que, em consequência, para produzir cada quilo de Azeite Virgem Extra emitiram-se, no campo, cerca de 0,00002 ton. CO_{2e}. Esta pegada é o resultado de uma gestão uniforme da parcela – Olivicultura Convencional.

Entre os quatro parâmetros considerados para o cálculo da pegada de carbono total, a *Aplicação de Fertilizantes Sintéticos* foi o que mais contribuiu, com uma emissão de cerca de 3,86 ton. CO_{2e} para a atmosfera (emissão direta do solo); logo seguida da *Combustão de Combustíveis Fósseis*, associada às mais diversas operações culturais e à colheita, que emitiu cerca de 3,36 ton. CO_{2e}; em terceiro lugar, surge a *Lixiviação e Escoamento de N*, para a qual se

¹⁷ O fator de emissão de N₂O considerado foi de 0,35%, ao invés de 1% (segundo o IPCC), devido ao facto de o N ser aplicado via rega. Não foi considerada a emissão por parte da eletricidade e produção dos fertilizantes.

estima uma emissão de 0,82 ton. CO_{2e} (emissão indireta do solo); e por fim, a *Volatilização de NH₃ e NO_x*, para a qual se estima uma emissão de 0,46 ton. CO_{2e} (emissão indireta do solo).

4.1.2 Custos Financeiros, no Campo, Associados à Produção de Azeites com Azeitonas da Parcela em Estudo

Com as azeitonas colhidas da parcela em estudo, no ano de 2021, produziram-se 41.615 Kg de Azeite Virgem Extra. Os custos financeiros, no campo, associados a essa produção são apresentados na tabela seguinte (Tabela 6):

Custos fixos	Amortização do investimento de plantação	530 €	683 €
	Custos associados à rega	153 €	
Custos variáveis	Operações culturais + Colheita	307 + 190 = 497 €	1.128 €
	Fatores de produção (fertilizantes, fungicidas, herbicidas, inseticidas)	631 €	
			1.811 €/ha

$$1.811 \times 22 \text{ ha} = 39.842 \text{ €/parcela}$$

$$39.842 \div 41.615 \approx \underline{0,96 \text{ €/Kg de azeite}}$$

Figura 42. Cálculo dos custos financeiros associados à produção das azeitonas que deram origem aos 41.615 Kg de Azeite Virgem Extra

A tabela 6 e a figura 42 informam que para produzir as azeitonas que deram origem aos 41.615 Kg de Azeite Virgem Extra, gastaram-se 39.842 €. Ou seja, os custos financeiros, no campo, associados, à produção de 1 Kg de Azeite Virgem Extra foram de cerca de 96 cêntimos. Estes custos são o resultado de uma gestão uniforme da parcela – Olivicultura Convencional.

4.2 Fatores que Influenciam Diretamente o Rendimento Bruto Proporcionado pela Parcela de Olival

4.2.1 Relação Quantidade x Gordura das Azeitonas

Atualmente, na maioria dos casos, para além do *preço dos azeites*, o *rendimento bruto* proporcionado por um olival está diretamente dependente da *quantidade de azeitonas colhidas*, do *rendimento em gordura* e da *qualidade dessas mesmas azeitonas*.

Uma boa nutrição do olival, uma correta execução dos necessários tratamentos fitossanitários, em conjunto com um correto e rápido transporte das azeitonas, colhidas no momento certo, para o lagar, costuma ser suficiente para garantir a qualidade das azeitonas.

Sem azeitonas não há azeites, assim, a *quantidade de azeitonas colhidas* é uma variável determinante na definição do *rendimento bruto* proporcionado por uma parcela de olival. Mas o *rendimento em gordura das azeitonas*, apesar de ser uma variável muito menos considerada e cuidada na gestão dos olivais, também o é. Com uma análise da figura 43, que é o resultado da generalização dos valores médios, das variáveis *quantidade (Kg)* e *rendimento em gordura das azeitonas (%)* e *rendimento bruto fictício¹⁸ proporcionado por cada oliveira (€)*, de cada um dos nove pontos de amostragem, para um hectare, compreendem-se bem essas relações de importância.

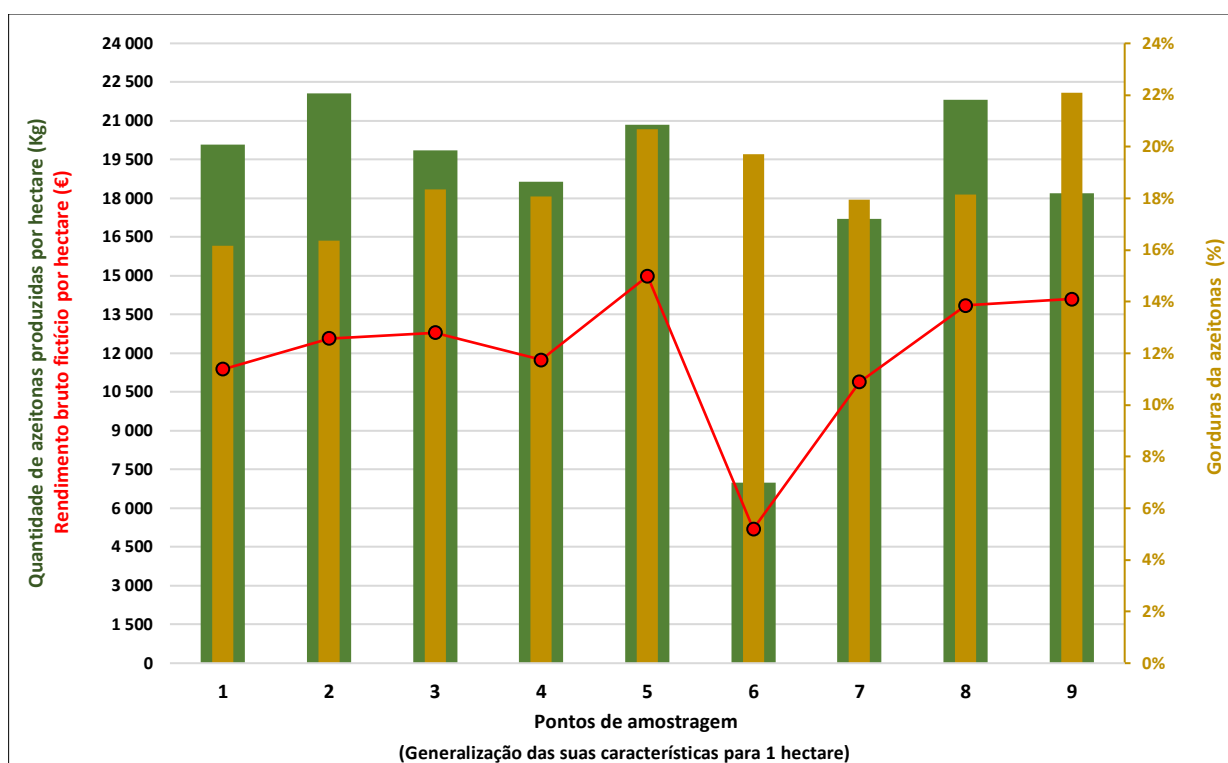


Figura 43. Generalização dos resultados dos nove pontos de amostragem para um hectare (variáveis: quantidade de azeitonas produzidas; rendimento em gordura das azeitonas; rendimento bruto fictício¹⁸)

¹⁸ O rendimento bruto por hectare que se calculou é fictício, porque se partiu dos princípios irrealistas de que a máquina cavalgante é 100% eficiente no processo de colheita, que o lagar é 100% eficiente no processo de produção de azeites e de que o azeite foi comercializado ao preço de mercado do dia 13/07/2022, na posição de negociação de Jaén/Granada, ou seja, a 3,50 €/Kg. Este pressuposto, apesar de poder não ser o ideal, não é um problema, porque se pretende, não uma análise absoluta dos valores, mas sim, uma análise comparativa das características de cada ponto.

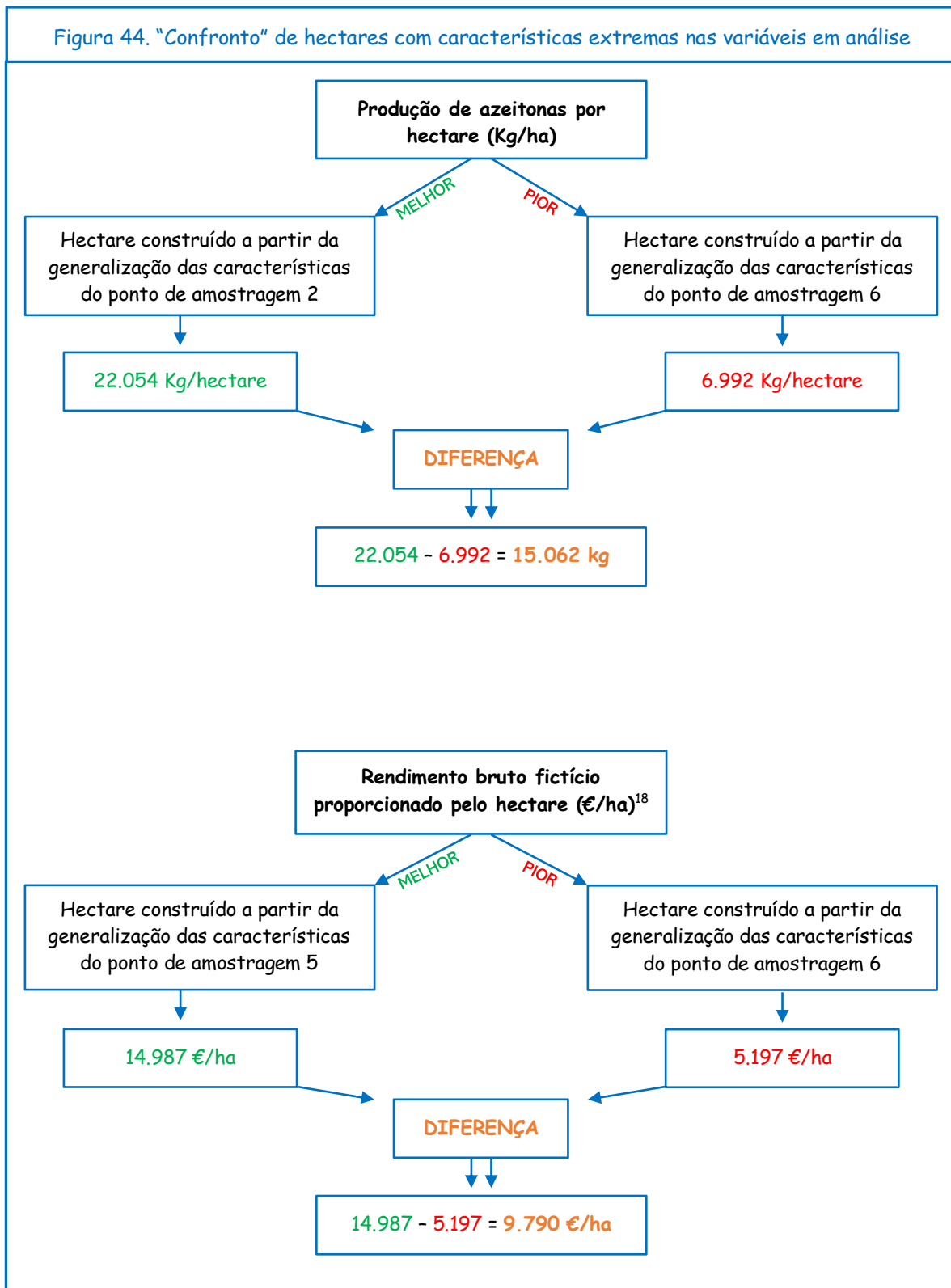
Os pontos 1 e 3, por exemplo, “produzem” cerca de 20.000 kg de azeitonas/ha (respetivamente: 20.079 e 19.860 Kg/ha), mas uma diferença de 2,16% no *rendimento em gordura das azeitonas*, determina que o *rendimento bruto fictício*¹⁸ proporcionado pelo hectare generalizado a partir do ponto de amostragem 3 seja 1.412 € superior ao proporcionado pelo hectare generalizado a partir do ponto de amostragem 1 (mesmo apesar desse ponto produzir menos 217 Kg de azeitonas que o ponto 1 [20.079 – 19.860 = 217 Kg]) (Figura 43).

Por sua vez, os pontos 4 e 7 têm um mesmo valor para a variável *rendimento em gordura das azeitonas* (cerca de 18%), mas o facto do ponto 4 ter um valor de produção 1.447 Kg superior ao do ponto 7 (18.651 – 17.204 = 1.447 Kg), determina que o *rendimento bruto fictício*¹⁸ proporcionado pelo hectare generalizado a partir do ponto de amostragem 4 seja 852 € superior ao proporcionado pelo hectare generalizado a partir do ponto de amostragem 7 (11.740 – 10.888 = 852 €) (Figura 43).

Na tentativa de perceber melhor o peso de cada um dos parâmetros da relação *peso × rendimento em gordura das azeitonas* na definição do *rendimento bruto* proporcionado pela oliveira, depois de verificar o cumprimento dos necessários pressupostos por parte dos dados, construiu-se um Modelo de Regressão Linear Múltipla com as oliveiras sob análise estatística (variável dependente: *Rendimento bruto fictício proporcionado por cada oliveira (€/oliveira)*¹⁸; variáveis independentes: *Produção de azeitonas (Kg) por oliveira* e *Rendimento em gordura das azeitonas (%)*). Como resultado obteve-se um modelo estatisticamente significativo para estimar o *rendimento bruto* proporcionado por cada oliveira ($R^2 \approx 0,99$) – se a *produção de azeitonas* aumentar 1 Kg, espera-se que o *rendimento bruto fictício* proporcionado pela oliveira aumente em média 0,64 € e se o *rendimento em gordura* aumentar 1%, espera-se que o *rendimento bruto fictício proporcionado pela oliveira* aumente em média 31 € (no Anexo II apresenta-se uma tabela com os resultados detalhados do modelo gerado).

Para além de leituras do género das já enunciadas, o gráfico, anteriormente apresentado, traduz uma enorme variabilidade na parcela em estudo; em relação à *produção de azeitonas*, ao *rendimento em gordura das azeitonas* e, conseqüentemente, em relação ao *rendimento bruto proporcionado pelas oliveiras*. Para que se compreenda a magnitude da variabilidade, no esquema que se apresenta de seguida (Figura 44), colocam-se em confronto os hectares, generalizados a partir dos valores médios de cada um dos nove pontos de amostragem, com características extremas para cada uma das variáveis em análise.

Figura 44. "Confronto" de hectares com características extremas nas variáveis em análise



Partindo do princípio de que a parcela está sujeita às mesmas condições orográficas e climáticas e a um mesmo tratamento, a variabilidade enunciada é indicativa de uma variabilidade espacial das características do solo.

4.2.2 Eficiência de Colheita

Quanto maior for a *quantidade de azeitonas colhidas* pela máquina de colheita, e transportadas para o lagar, maior será o *rendimento bruto* proporcionado pelo olival.

Assim, o modo como são conduzidas as oliveiras (que afeta a *eficiência de colheita* da máquina), em conjunto com a *qualidade da máquina de colheita e do operador*, são fatores determinantes na definição do *rendimento bruto proporcionado por uma parcela de olival em sebe*.

As eventuais estimativas de *produção* e de *rendimento bruto proporcionado por determinada parcela de olival*, feitas a partir de imagens de detecção remota, podem distanciar-se dos valores reais, definidos no lagar, porque parte da produção ficou na parcela (nas oliveiras e no solo).

Assim, para aumentar o rigor das estimativas, feitas a partir de imagens de detecção remota, é importante avaliar e conhecer a *eficiência de colheita do conjunto máquina cavalgante + operador*, para que se possam efetuar as necessárias correções nas estimativas. Esse parâmetro foi avaliado no decorrer do presente estudo e os resultados foram os seguintes (Tabela 7; Figura 45):

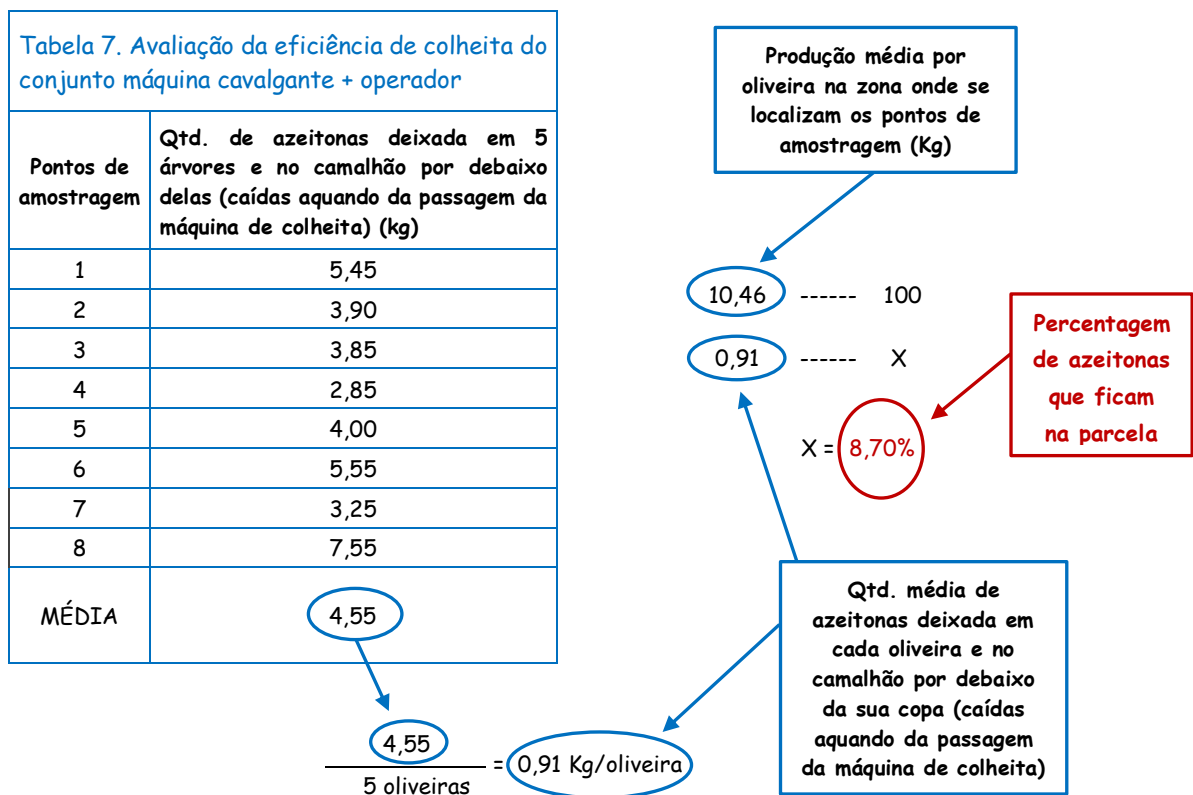


Figura 45. Cálculo da percentagem de azeitonas que a máquina de colheita deixa na parcela

4.3 Influência do Volume de Copa no Rendimento Bruto Proporcionado pela Parcela

4.3.1 Volume de Copa da Oliveira × Produção de Azeitonas

Com as diversas análises realizadas, conclui-se que o *volume de copa das oliveiras* tem grande influência na definição do *rendimento financeiro proporcionado pela parcela de olival em sebe*. De duas maneiras diferentes, o *volume de copa* afeta a *quantidade de azeitonas produzidas* e afeta a *eficiência de colheita da máquina cavalgante*. Não se encontrou uma relação estatisticamente significativa entre o *volume de copa* e o *rendimento em gordura das azeitonas* – Coefficiente de correlação de Pearson = - 0,16.

Cruzando os resultados do cálculo do *volume de copa (m³)* das 69 oliveiras sob análise estatística, com os resultados da *pesagem das azeitonas produzidas por essas mesmas oliveiras (Kg)*, verificou-se que existe uma relação estatisticamente significativa entre ambas – Coefficiente de correlação de Pearson ≈ 0,67. Até chegar a determinado limite, quanto maior for o *volume de copa* da oliveira, maior será o seu potencial produtivo – Figura 46.

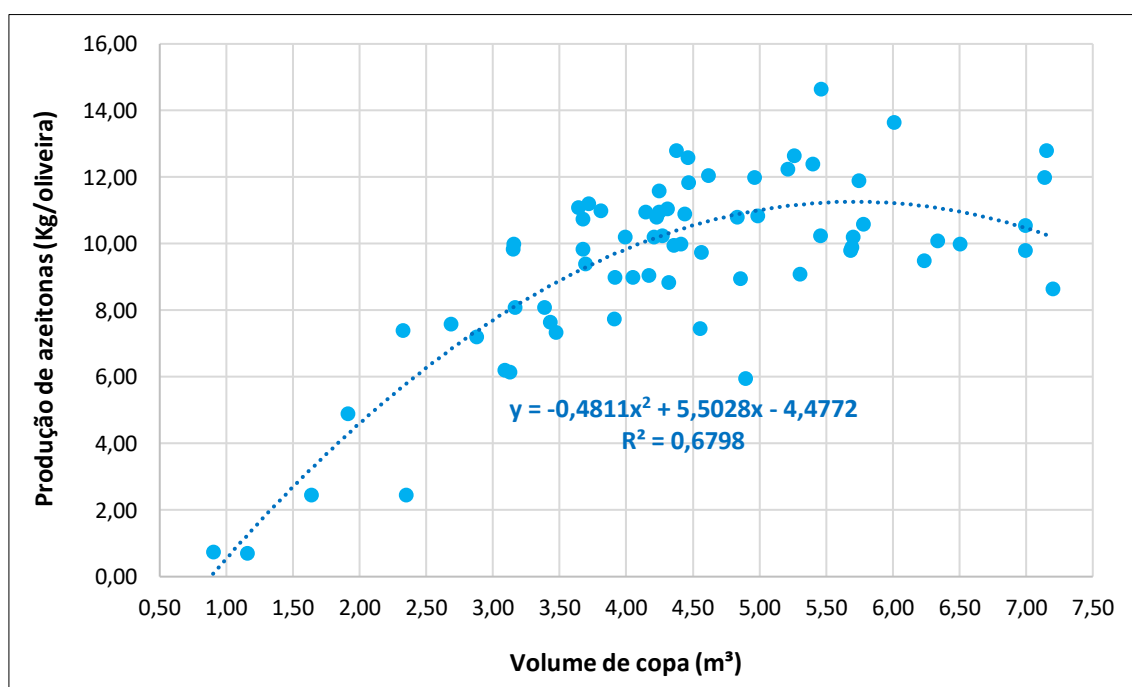


Figura 46. Relação entre o volume de copa da oliveira e a produção de azeitonas

Como se percebe mediante a análise do gráfico anterior (Figura 46), a função polinomial $Y = -0,4811x^2 + 5,5028x - 4,4772$ adapta-se bem à distribuição da nuvem de pontos – $R^2 \approx 0,68$.

A descoberta da referida relação e função, que é válida apenas para a parcela em análise, no ano em análise, é de grande importância para a gestão, porque informa sobre o *volume de*

copa que tende a assegurar que o potencial produtivo da oliveira, em azeitonas produzidas, seja máximo.

Para além de outras possíveis leituras, o gráfico de dispersão anteriormente apresentado, traduz alguma variabilidade no *volume de copa* das oliveiras em análise – Desvio Padrão = 1,38 m³, ou seja, em média, o volume de copa de cada oliveira afasta-se do volume de copa médio em 1,38 m³. Partindo do princípio, já enunciado, que as oliveiras analisadas são da mesma variedade, estão sujeitas às mesmas condições orográficas e climáticas e a um mesmo tratamento, a variabilidade do *volume de copa* é indicativa da *variabilidade espacial das características do solo*.

4.3.2 Volume de Copa da Oliveira × Eficiência de Colheita

Face ao trabalho desenvolvido, com o acompanhamento da colheita (Figura 47), percebeu-se claramente que a *eficiência de colheita da máquina cavalgante* depende, para além de outros fatores, do *volume de copa da oliveira*. Não só do valor numérico que representa o volume (normalmente expresso em m³), mas também da forma como ele se constrói.



Figura 47. Máquina cavalgante durante o processo de colheita

O *volume de copa* condiciona a *eficiência de colheita da máquina* de diferentes maneiras:

- Quando a árvore está demasiado desenvolvida, quando tem ramos grossos que se estendem para além da cavidade da máquina (Figura 49), em altura ou lateralmente,

costuma ser arrancada aquando da sua passagem e, conseqüentemente, as azeitonas não são vibradas e colhidas.

- Quando o *volume de copa* se desenvolve abaixo de determinada altura, as azeitonas que aí se produzem não são colhidas (Figura 48), porque estão abaixo da altura a que trabalha a vara vibratória mais baixa da máquina (Figura 49).



Figura 49. Cuidado da máquina cavalgante por onde passa a sebe

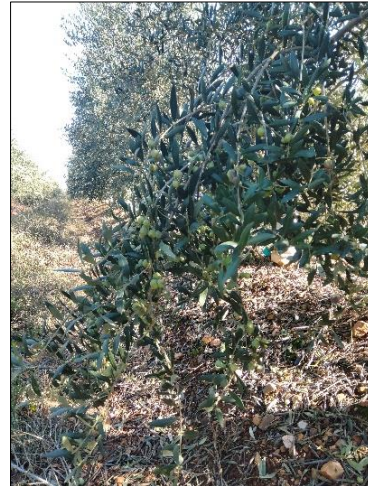


Figura 48. Ramo de oliveira após a passagem da máquina de colheita

- Quando há ramos próximos do topo do camalhão (quando a “saia da oliveira” tem pouca altura), os godês retráteis da máquina cavalgante (Figura 49) podem ficar deformados em relação à sua posição original, não fecham completamente a cavidade por onde, supostamente, vão passando, apenas, os troncos, e, conseqüentemente, parte das azeitonas vibradas podem cair, por esse espaço, para o solo (Figura 50).



Figura 50. Azeitonas deixadas no solo, depois da passagem da máquina de colheita

4.4 Relação Entre o Volume de Copa e o NDVI

No tópico anterior, foi dito que a descoberta de uma relação entre o *volume de copa* e a *produção de azeitonas por oliveira* se revestia de grande importância para a gestão de um olival. Essa importância sai reforçada se se acrescentar uma outra conclusão deste trabalho - o *valor de NDVI de cada pixel* relaciona-se com o *volume de copa médio das oliveiras* representadas por esse pixel (Figura 51) – Coefficiente de correlação de Pearson $\approx 0,73$.

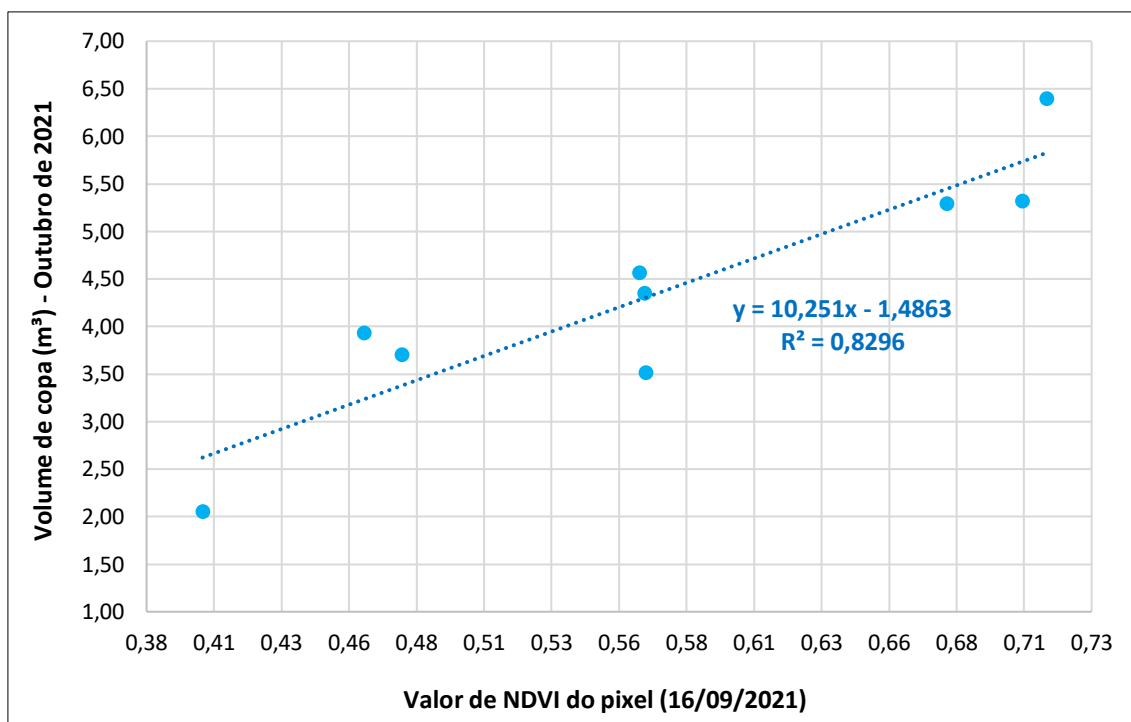


Figura 51. Relação entre o valor de NDVI do pixel e o volume de copa médio das oliveiras representadas por esse pixel

Não faria sentido propor uma estratégia de gestão diferenciada no espaço que se baseasse na medição das características biométricas de todas as oliveiras de uma parcela. Mas se é possível estimar o *volume de copa médio de um olival em sebe*, partindo de uma imagem do NDVI, de um reduzido número de medições, localizadas no espaço, das características biométricas das oliveiras (de algum trabalho de campo) e de alguma análise estatística, tudo muda. Surge uma ferramenta de valor para basear uma gestão diferenciada da parcela de olival em sebe, para basear uma estratégia de Olivicultura de Precisão.

A relação que se descobriu, que é válida apenas para o olival em análise, no ano em análise, pode ser traduzida pela função linear $Y = 10,251x - 1,4863$, pois $R^2 \approx 0,83$ (Figura 51). Utilizando a função anterior e uma imagem do NDVI de dia 16/09/2021, em ambiente *ArcGIS Pro^R*, estimou-se a distribuição espacial do *volume de copa médio das oliveiras*, da parcela em estudo, no dia 16/09/2021 – Figura 52.

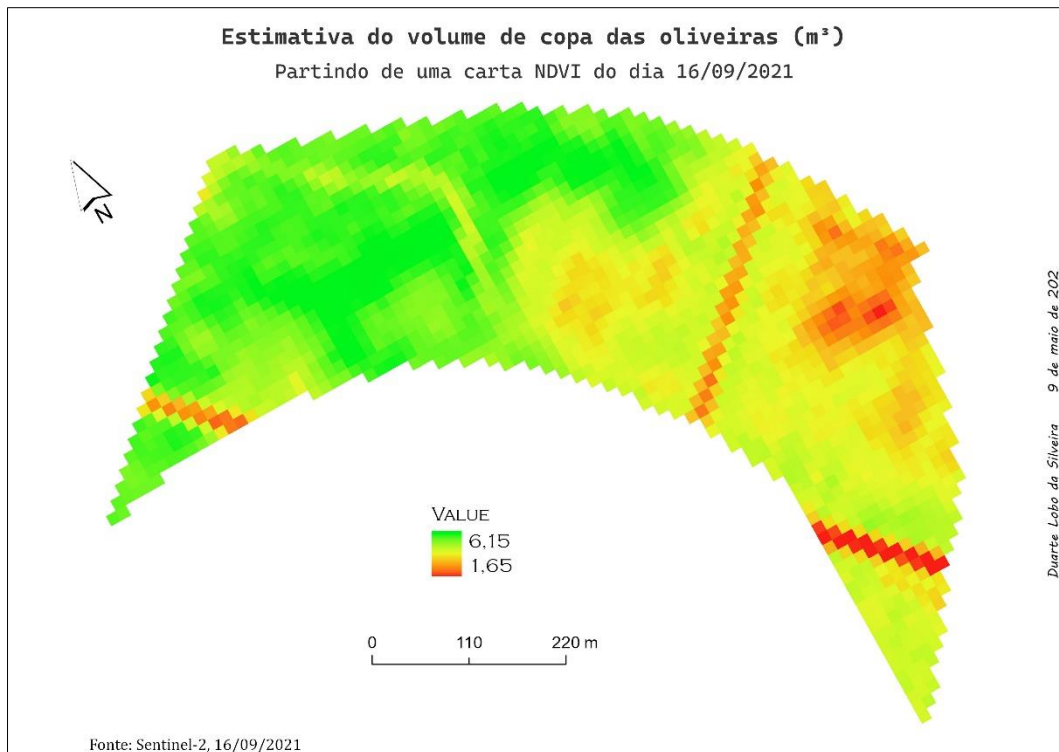


Figura 52. Carta com uma estimativa da distribuição espacial do volume de copa médio das oliveiras no dia 16/09/2021

4.5 Estimativa da Distribuição Espacial da Produção e Colheita de Azeitonas

Se a *quantidade de azeitonas produzidas* depende do *volume de copa* e o *volume de copa médio das oliveiras* se relaciona com o *valor de NDVI* que as representa, partindo de uma carta do NDVI, e de algum trabalho de campo e análise estatística, é possível estimar a distribuição espacial *da quantidade de azeitonas produzidas* por um olival em sebe. Foi isso que se fez. No campo, fez-se a colheita e pesagem das azeitonas produzidas, em determinadas localizações; com o *software Excel*, gerou-se o gráfico de dispersão das variáveis *Produção de azeitona em 100 m² (Kg/100 m²)*¹⁹ e *valor de NDVI do pixel que representa as oliveiras analisadas* determinou-se a relação entre elas – $Y = - 26389 x^2 + 32897 x - 8041,5$ (com $R^2 \approx 0,84$) – Figura 53.

¹⁹ Considerou-se 100 m², porque essa é a dimensão do pixel utilizada neste trabalho. Recorde-se que a resolução espacial dos sensores do satélite *Sentinel-2* é igual a 100 m² (10 m × 10 m = 100 m²).

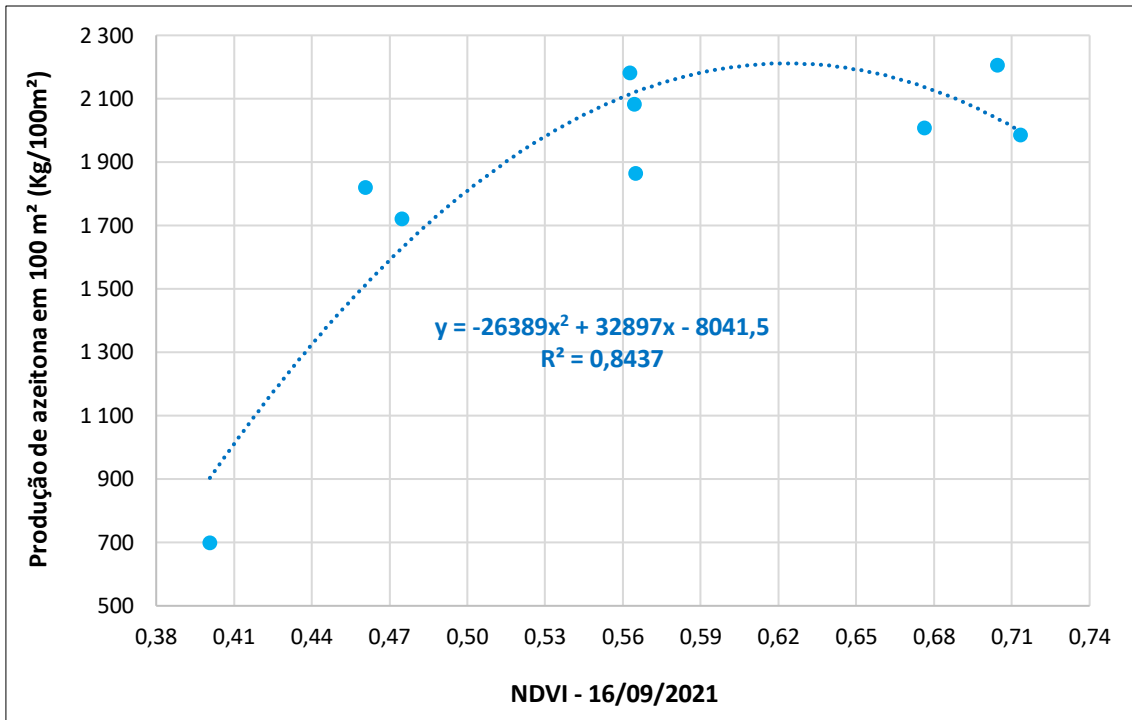


Figura 53. Relação entre o valor de NDVI do pixel e a produção média de azeitonas (Kg) das oliveiras representadas por esse pixel

Para terminar, em ambiente *ArcGIS Pro^R*, recorrendo à imagem do NDVI do dia 16/09/2021, gerou-se a carta com uma estimativa da distribuição espacial da produção de azeitonas (Kg/100m²) – Figura 54.

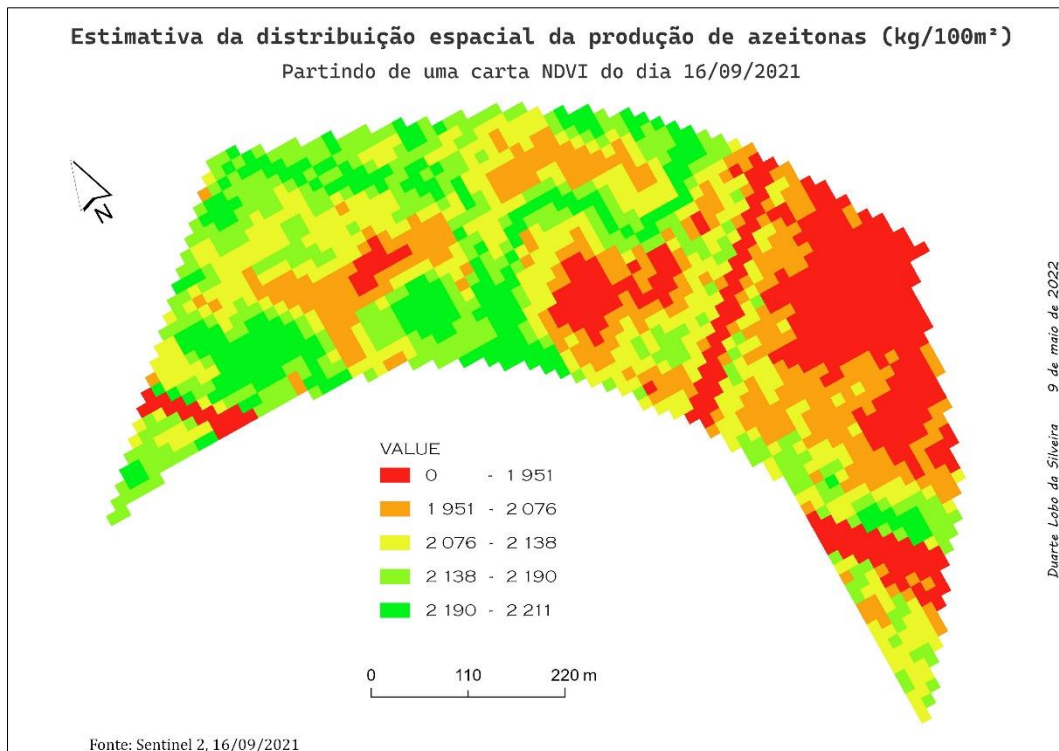


Figura 54. Carta com uma estimativa da distribuição espacial da produção média de azeitonas (Kg) em 100 m², em 2021

Se à equação que baseia a carta anterior, se acrescentar um parâmetro que represente a *eficiência de colheita do conjunto máquina cavalgante + operador*, que será utilizado no processo de colheita, é possível gerar uma carta que representa a *distribuição espacial da quantidade média de azeitonas que serão colhidas da parcela*, na colheita de 2021 – Figura 55.

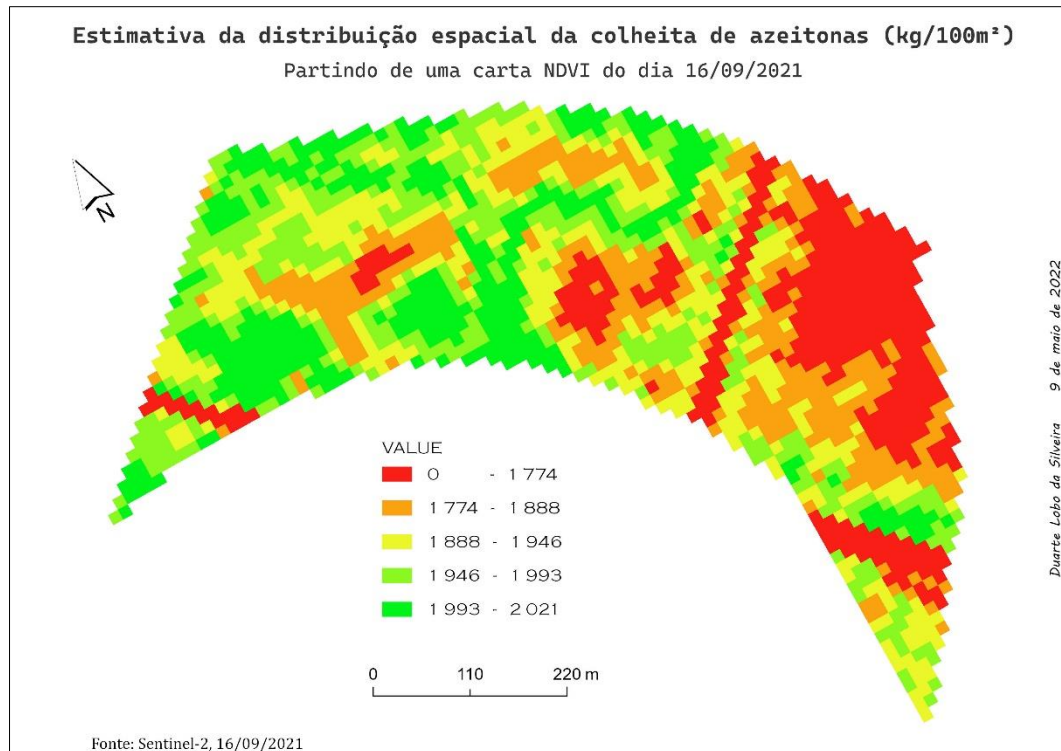


Figura 55. Carta com uma estimativa da distribuição espacial da colheita média de azeitonas (Kg) em 100 m², em 2021

A carta apresentada anteriormente poderá ter interesse, por exemplo, para programar a logística associada à operação de colheita e transformação das azeitonas, nomeadamente a programação do transporte das azeitonas e das atividades no lagar.

4.6 Otimização da Produção Através da Otimização do Volume da Copa

Se a *produção de azeitonas* se tende a relacionar com o *volume de copa*, otimizar a gestão do *volume de copa* é sinónimo de otimizar a *produção* de uma parcela de olival. É nesse sentido que surge o presente tópico do trabalho.

Começou-se por definir o limite mínimo de *produção de azeitonas por oliveira (Kg)* que se pretende alcançar – analisando o gráfico e depois de alguma reflexão, numa lógica de eficiência de utilização de recursos (não faz sentido definir um valor exagerado, que obrigue a um uso exagerado de recursos), definiu-se 9 Kg por oliveira, um valor razoável tendo em conta a média de produção do olival. De seguida, através da análise da representação gráfica da função que melhor se adapta aos dados recolhidos, identificou-se o valor de *volume de copa* a que corresponde essa *produção* – 3,56 m³. Depois, utilizando a mesma representação, identificou-se o *volume de copa* a partir do qual a *produção de azeitonas* por oliveira (Kg) atinge o valor máximo – 5,60 m³. O resultado dos procedimentos anteriores está desenhado a encarnado no gráfico que se apresenta de seguida (Figura 56).

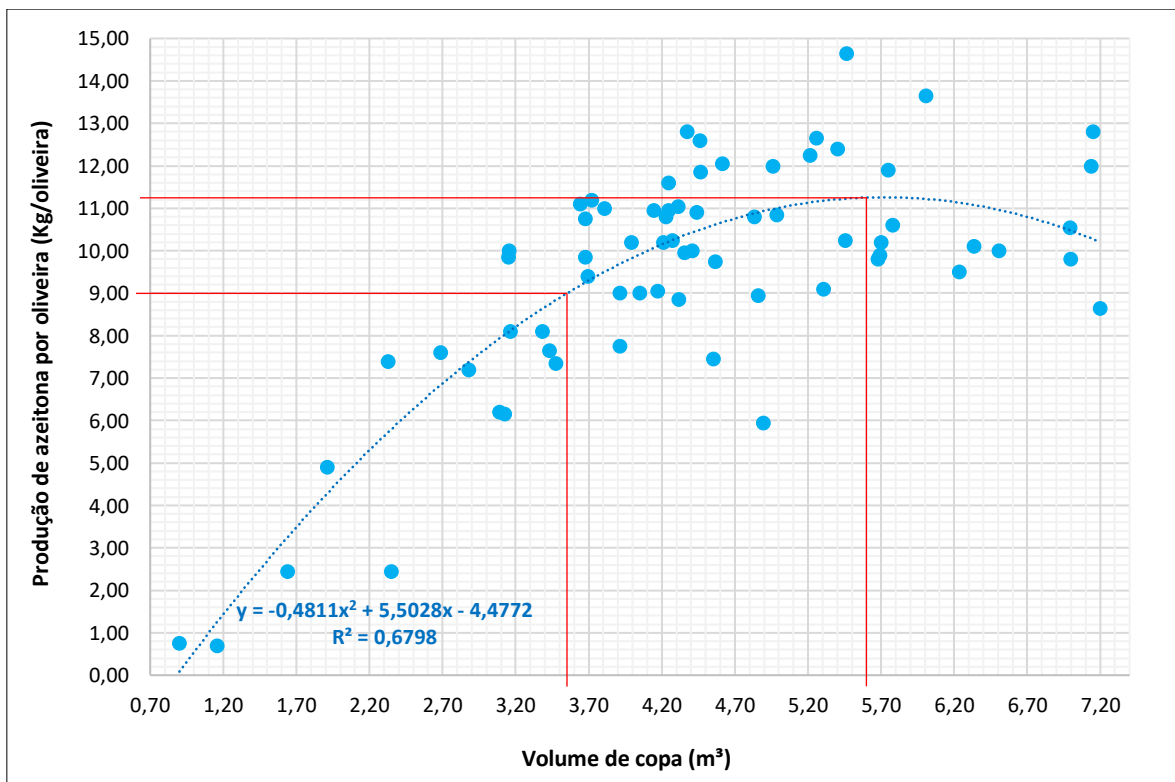


Figura 56. Relação entre o volume de copa e a produção de azeitonas, com ajustamento de uma função à nuvem de pontos e de linhas para determinar valores no eixo das abscissas a partir de valores do eixo das ordenadas

Partindo da imagem com a estimativa da distribuição espacial do volume de copa médio das oliveiras (m^3), utilizando os valores retirados do procedimento anterior como limites de intervalos de classe ($3,56 m^3$; $5,60 m^3$) (Figura 56), através de uma reclassificação, em ambiente *ArcGIS Pro*^R, utilizando a ferramenta *Reclassify*, gerou-se a carta com três classes de volume de copa – Figura 57.

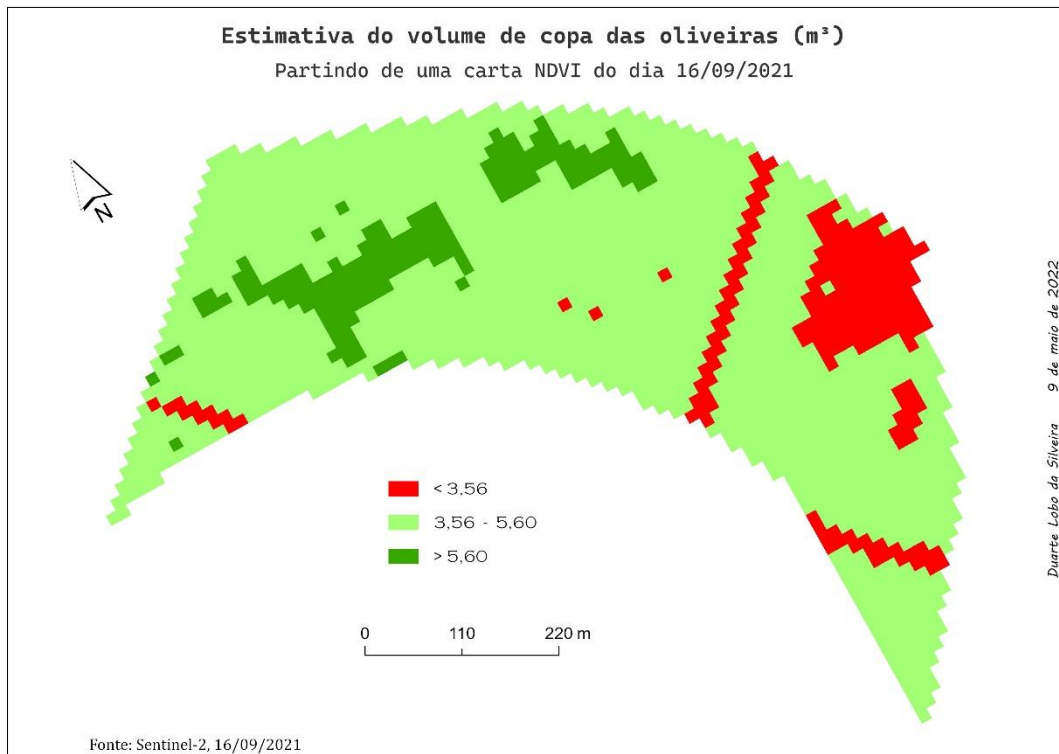


Figura 57. Carta com uma estimativa da distribuição espacial do volume de copa médio das oliveiras no dia 16/09/2021 (com três classes de volume)

4.6.1 Zona de Maior Vigor Vegetativo

A zona pintada a verde-escuro na carta anteriormente apresentada (Figura 57) corresponde a 1,6 ha ($160 \text{ píxeis} \times 100 \text{ m}^2 = 16.000 \text{ m}^2 \approx 1,6 \text{ ha}$). Partindo das relações identificadas no decorrer do presente estudo, representa no terreno uma zona onde o *volume de copa médio de cada oliveira* é superior a $5,60 m^3$ (Figura 56). Trata-se de uma zona onde a *produção média por oliveira*, expectavelmente, não será máxima, igual a cerca de 11,2 kg/oliveira, por causa do excesso de volume (Figura 56).

Presumivelmente, trata-se de uma zona de elevada fertilidade, as características biométricas das plantas dão essa indicação. Não faz sentido que esta zona seja tratada da mesma forma que uma outra onde o *volume de copa médio* é inferior a $3,56 m^3$ e a *produção média por oliveira* é inferior a 9 Kg (zona vermelha), ou seja, da mesma forma que uma zona de

menor fertilidade. A variabilidade justifica um tratamento diferenciado para que se consiga aumentar a produtividade.

Assim, propõe-se que o operador que todos os anos, no verão, percorre as ruas do olival com uma máquina de poda, acoplada na frente do trator, para realizar o corte da sebe em altura (*Topping*), utilize um trator com *Global Navigation Satellite System* (GNSS), de forma a saber a posição em que se encontra a cada momento, e introduza no monitor da cabine um mapa que lhe indique as zonas da parcela onde o corte poderá ser mais intenso, porque, previsivelmente, aí, ocorrerão maiores crescimentos. No mesmo sentido, propõe-se que os operadores que, todos os anos, no inverno, efetuam a poda lateral manual, conheçam a carta com a estimativa do volume de copa das oliveiras e sejam informados sobre a localização das zonas onde poderá ser necessário mais do que um ou dois cortes por oliveira, por causa do elevado vigor vegetativo. No ano de 2021, poderia ter sido utilizada, para ambas as operações, a carta que se apresenta na figura 58:

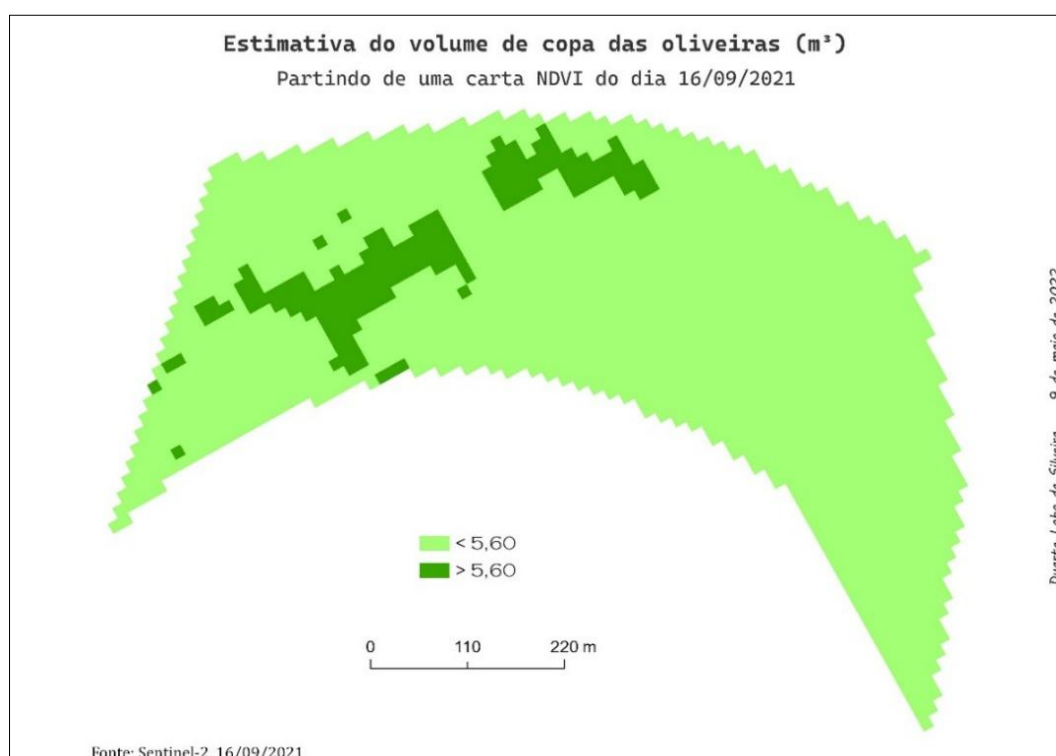


Figura 58. Carta com estimativa do volume de copa das oliveiras – delimitação das zonas com maior volume

Utilizar a mesma fórmula de rega e de fertilização para uma parcela de 22 ha e com características de solo variáveis faz pouco sentido. Por outro lado, a execução de variadas fórmulas de rega e de fertilização dentro de uma parcela de 22 ha é inviável. No meio destes dois cenários extremos, há um caminho que faz sentido – a criação de duas zonas de gestão dentro da parcela.

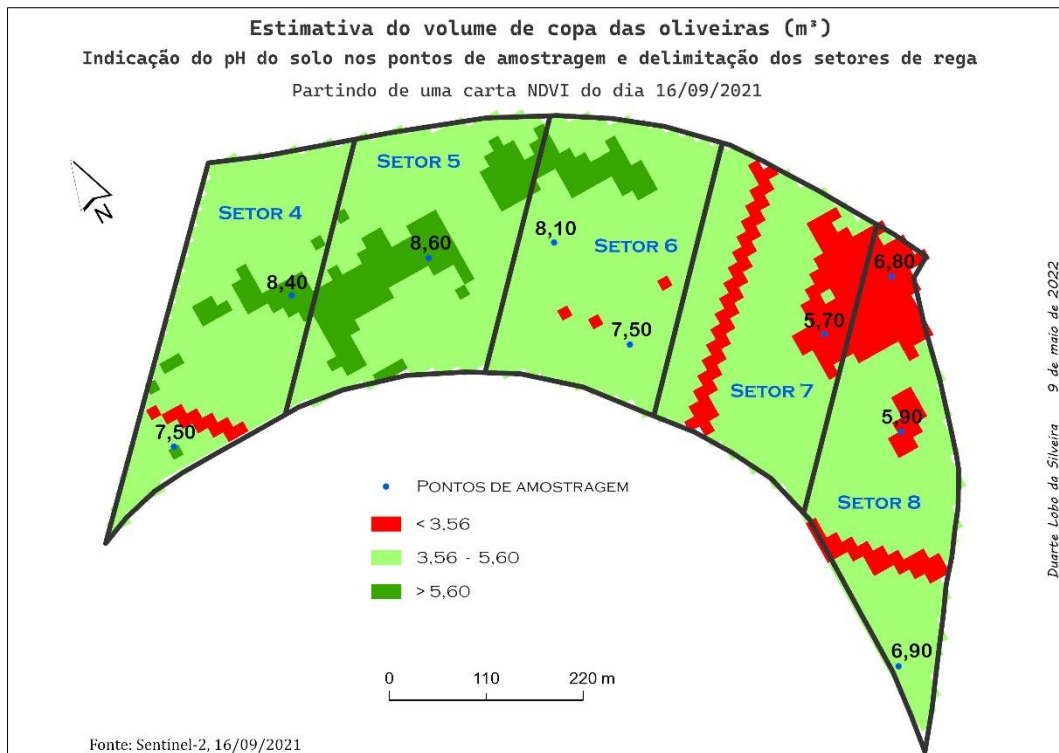


Figura 59. Carta com uma estimativa da distribuição espacial do volume de copa médio das oliveiras no dia 16/09/2021; com indicação do pH do solo nos pontos de amostragem e delimitação dos setores de rega

Face ao exposto anteriormente, propõe-se a criação de duas zonas de gestão dentro da parcela. Uma corresponderá aos setores de rega 4, 5 e 6 e outra aos setores de rega 7 e 8 (Figura 59), as características biométricas da sebe e de produção são próximas (Figura 56).

Os setores de rega 4, 5 e 6, grosso modo, correspondem a uma zona com valores de pH adequados e mais elevados do que a zona que, grosso modo, corresponde aos setores de rega 7 e 8, o que indica um tipo de solo diferente. Esse facto, já era indiciado pela Carta de Solos (Figura 23). Segundo essa carta, esta zona de maior vigor vegetativo e produção, grosso modo, é constituída por solos calcários.

Assim, nesta zona de maior vigor vegetativo, que, grosso modo, corresponde aos setores de rega 4, 5 e 6, propõe-se a manutenção do regime hídrico, já que a gestão da rega está a ser feita a partir da informação disponibilizada por uma sonda de humidade que está colocada num ponto do terreno que tem as características de solo da generalidade da referida zona. E propõe-se a alteração do regime de fertilização, não faz sentido “promover o desenvolvimento” de volume de copa que não vai gerar um aumento significativo da produção, mas vai consumir recursos e gerar uma diminuição da eficiência das mais diversas operações culturais. O N é o promotor da reprodução celular, acelera a atividade vegetativa e o desenvolvimento da planta; o excesso de N provoca uma maior sensibilidade a doenças e um atraso na maturação dos frutos

(foi exatamente o que se verificou no momento de colheita das azeitonas, a média do rendimento em gordura das oliveiras localizadas na zona pintada de verde na carta era de 18,17% e na zona vermelha era de 19,49%). Tendo em conta o que foi escrito anteriormente, por motivos óbvios, propõe-se uma redução da fertilização azotada; deve-se aplicar uma dose mais baixa do que os cerca de 138 Kg/ha aplicados durante o ciclo vegetativo 2020/21.

Por causa do atraso na maturação dos frutos que costuma ocorrer (e que ocorreu na colheita em análise) nas zonas de maior fertilidade, recomenda-se que esta seja a última zona da parcela a ser colhida, ou se possível, que seja colhida mais tarde, quando os frutos tiverem maduros; isso permitirá um incremento do rendimento em gordura das azeitonas.

4.6.2 Zona de Menor Vigor Vegetativo

A zona pintada a vermelho na carta (Figura 57; 59) corresponde a 1,95 ha (195 píxeis \times 100 m² = 19.500 m² \approx 1,95 ha). Partindo das relações identificadas no decorrer do presente estudo, representa no terreno uma zona onde o *volume de copa médio* é inferior 3,55 m³ (Figura 60).



Figura 60. Fotografia da zona menos vigorosa da parcela

Trata-se de uma zona onde a *produção média por oliveira* é inferior a 9 Kg (Figura 56). Seguindo o raciocínio do tópico anterior, não faz sentido que esta zona seja tratada da mesma forma que uma outra, onde o *volume de copa médio* ronda os 5,60 m³ e a *produção* os 11,2 Kg/oliveira (zona verde). Estando as oliveiras sujeitas às mesmas condições orográficas e

climáticas e a um mesmo tratamento, a variação no vigor vegetativo, indica uma variação espacial das características do solo.

Na tentativa de compreender a(s) razão(ões) por detrás do *volume de copa* e da *produção de azeitonas por oliveira* serem inferiores nesta zona, analisaram-se os resultados das análises foliares na expectativa de encontrar alguma deficiência ou variação em relação à outra zona (zona verde). Mas isso não se verificou, os valores dos nutrientes analisados não se revelaram muito diferentes e os nutrientes mais importantes para o desenvolvimento da oliveira encontravam-se dentro do intervalo de referência do Manual de Fertilização de Culturas, do Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Depois, através da figura 59, realizou-se uma análise comparativa dos resultados dos valores de pH do solo e chegou-se a uma conclusão interessante – a zona com menor vigor vegetativo e produção, é também a zona com menor *pH do solo*. Essa variabilidade do pH indica uma variabilidade do tipo de solo. Segundo a Carta de Solos (Figura 23), grosso modo, trata-se de uma zona com solos argiluviciados.

A consequência lógica do que se escreveu anteriormente, é que as oliveiras desta zona da parcela, grosso modo, setores de rega 7 e 8, estão a ser regadas com base na informação disponibilizada por uma sonda de humidade instalada numa zona com diferentes características de solo. No sentido de aumentar a produtividade, propõe-se a colocação de uma outra sonda de humidade num ponto do solo com as características da generalidade da zona pintada a vermelho na carta (Figura 57; 59), uma zona de menor fertilidade, com menor capacidade de retenção de água (esse facto torna-se muito evidente numa visita a essa área da parcela).

Nesta zona de menor produção, as extracções de nutrientes do solo, expectavelmente, serão menores, assim, recomenda-se a diminuição da dose de fertilizantes geralmente aplicada, particularmente a dose de K. A extracção de K pelos frutos é muito elevada, mas nesta zona produzem-se menos frutos e, portanto, não será necessário aplicar 79,8 Kg/ha. Recomenda-se também, se possível, o fracionamento da dose a ser aplicada ao longo de todo o tempo de rega, de forma a evitar que os nutrientes sejam lixiviados para camadas profundas do solo e fiquem fora do alcance das raízes.

Propõe-se, ainda, a correção do pH do solo. Porque, nesta zona, com grande probabilidade, as oliveiras terão carências ou toxicidades em certos elementos nutritivos que não foram analisados no decorrer do presente estudo; com grande probabilidade, e em jeito de exemplo, as oliveiras terão toxicidade por alumínio (Figura 9), que inibe o crescimento radicular e, dessa forma, interfere no processo de absorção nutritiva e desenvolvimento de toda a árvore. Sabendo que a empresa que gere o olival em estudo, tem no seu parque de máquinas uma inovadora máquina que oferece a possibilidade de aplicar líquidos no solo junto da linha de plantação, de forma diferenciada no espaço (*Variable Rate Technology* [VRT]) (Figura 61),

propõe-se que o trabalho seja feito com essa máquina, que aplicará uma substância alcalinizante na zona definida pelo técnico.



Figura 61. Máquina VRT de aplicar líquidos junto da linha de plantação

O mapa de prescrição que baseará a distribuição poderá ser o que se apresenta na imagem seguinte – Figura 62.

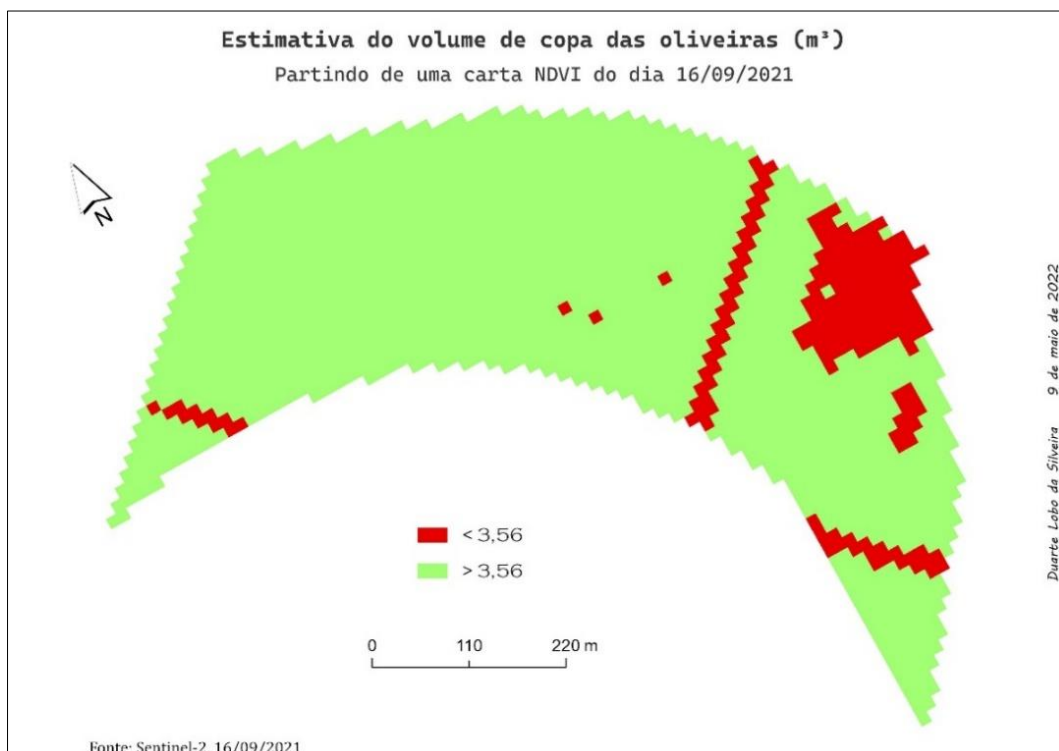


Figura 62. Carta com estimativa do volume de copa das oliveiras – delimitação das zonas com menor volume

5 Conclusão

A prática da Olivicultura de Precisão manifesta-se cada vez mais urgente, porque a consciência da necessidade de diminuir a pegada ambiental associada às mais diversas atividades humanas, e à atividade agrícola de modo particular, é cada vez mais clara; manifesta-se cada vez mais necessária, porque com a globalização, a abertura das economias ao exterior e o surgimento de novos *players* e de grandes *players*, a competitividade no setor é cada vez maior.

A execução de uma estratégia de Olivicultura de Precisão pressupõe a identificação da variabilidade produtiva existente na parcela de olival. Esse, é um passo necessário para desenvolver uma estratégia de gestão diferenciada, para um tratamento adaptado às condições ambientais.

Acontece, que ainda não existem no mercado máquinas cavalgantes de colheita que produzam mapas de produção. E que, por norma, as parcelas de olival em sebe se estendem por vários hectares, para que se consigam amortizar rapidamente os necessários investimentos em infraestruturas e maquinaria agrícola; essa extensão, torna muito difícil a distinção de manchas de olival com diferentes características. A distinção, torna-se ainda mais difícil com o desenvolvimento das oliveiras, porque rapidamente se elevam “paredes” de vegetação que cortam a visibilidade para o interior da parcela. Através de imagens de deteção remota na região do visível também não é fácil discriminar zonas de vigor vegetativo, a não ser que a diferença seja bastante significativa. Em suma, não é fácil para um olivicultor distinguir diferentes zonas produtivas na sua parcela de olival em sebe. Apesar de não ser fácil, numa lógica de sustentabilidade, é urgente que se alcance esse objetivo.

A consciência da referida urgência, levou a que com o presente trabalho se procurasse construir e apresentar um método, simples e barato, que permitisse distinguir diferentes zonas produtivas numa parcela de olival em sebe. Esse objetivo foi cumprido – uma imagem do NDVI, construída a partir de imagens de satélite, disponibilizadas gratuitamente na página *Copernicus Open Access Hub*, algum trabalho de campo em certos pontos do terreno (colheita e pesagem das azeitonas produzidas por certas oliveiras; medição das características biométricas de certas oliveiras), alguma análise estatística e investigação, permitiram identificar a variabilidade produtiva.

Mas foi-se mais longe e procurou-se investigar a origem da variabilidade e propor um tratamento adequado para cada uma das zonas produtivas, para cada uma das zonas de gestão. Para isso, recolheram-se amostras de solo e folhas, para análise laboratorial, em determinadas localizações do terreno. E consultou-se a Carta de Solos da parcela em estudo, na tentativa de

encontrar relações entre a variabilidade do tipo de solo e a variabilidade vegetativa e produtiva discriminada. Neste caso particular, a variabilidade parece estar ligada ao tipo de solo e ao pH associado.

Com a concretização das propostas apresentadas no presente trabalho, o *volume de copa das oliveiras* e a *quantidade de azeitonas produzidas* por cada uma delas tenderá para a uniformidade. Espera-se, a curto prazo, um aumento da produtividade e do lucro proporcionado pela parcela e, simultaneamente, uma diminuição da pegada de carbono e da pegada ambiental.

Neste trabalho, calculou-se a pegada de carbono e os custos financeiros, no campo, associados à produção de azeites com azeitonas da parcela em estudo (antes da concretização das propostas nele apresentadas), poderá ter interesse voltar a fazer esses cálculos no futuro. Dessa forma, conseguir-se-á avaliar os resultados das propostas aqui apresentadas, da estratégia de Olivicultura de Precisão aqui proposta. Para haver rigor nessa avaliação, os cálculos terão de ser feitos em relação a um ano em que não se verifique nenhum fenómeno climático que mereça realce por afetar negativamente a safra (à semelhança do que aconteceu no ano de 2021) e terá de ser considerada a inflação ou uma eventual futura deflação.

O olival em sebe, vocacionado para a produção de azeites, tem grande e, expectavelmente, cada vez maior importância na superfície agrícola de Portugal e de muitos outros países, devido aos seus resultados. Assim sendo, acredito que vale a pena estudar esta cultura, há um longo caminho para percorrer, há muito por estudar, aprender e melhorar. Aqui fica o meu contributo.

6 Referências Bibliográficas

- ADP Fertilizantes. (2022). *Olival – Dados Culturais*. [Olival | Culturas | ADP Fertilizantes \(adp-fertilizantes.pt\)](http://adp-fertilizantes.pt)
- Agroglobal. (2018, março 4). *Entrevista Sovena à Agroglobal 2018* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=rKyWf0LbtsI>
- Bacelar, E., Correia, C., Gonçalves, B., & Moutinho-Pereira, J. (2009). Botânica e Morfologia da Oliveira. In Rodrigues, M.A., & Correia, C. *Manual da safra e contra safra do olival* (pp. 9-15). Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- Barros, J. F. (2020). *Fertilidade do solo e Nutrição das plantas* (Monografia de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuários e Noções Básicas de Agricultura). Universidade de Évora – Escola de Ciências e Tecnologia, Évora.
- Carbon Trust. (2014, 02). Opportunities in a resource constrained world. <https://www.carbontrust.com/resources/opportunities-in-a-resource-constrained-world-how-business-is-rising-to-the-challenge>
- Carbonneau, A. (1989). *Système de conduite de la vigne et mécanisation*. Bordéus: OIV.
- Carvalho, M. P. (2021). *Condução da rega num olival superintensivo – cultivar Arbosana*. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrónomica]. Universidade de Lisboa – Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Casa do Azeite TV. (2017). *Mesa Redonda “Os desafios da produção – sustentabilidade e rentabilidade”* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=90ayuStVqxE> ; <https://www.youtube.com/watch?v=JfE9x5N9ApY>
- Casarin, V. (2016). Dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta visando BPUFs. In *IX Simpósio Regional IPNI Brasil*. [http://www.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/C25EC291B5E8ABE883258029005104A7/\\$FILE/Palestra%20Valter%20Casarin.pdf](http://www.ipni.net/ipniweb/region/brasil.nsf/0/C25EC291B5E8ABE883258029005104A7/$FILE/Palestra%20Valter%20Casarin.pdf)
- Ciência com Impacto. (2021). *Mário Carvalho – O agricultor Conservacionista* [Vídeo]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=ON-pRKMCG6Q>
- Coelho, J. C., & Silva, J. M. (2009). *Agricultura de Precisão*. Associação de Jovens Agricultores de Portugal. <https://agrinov.ajap.pt/index.php/temas/agricultura-de-precisao>
- Connor, D. J., Gómez-del-Campo, M., Rousseaux, M. C., & Searles, P. S. (2014). Structure, management and productivity of hedgerow olive orchards: A review. *Scientia Horticulturae*, 169, 71-93.

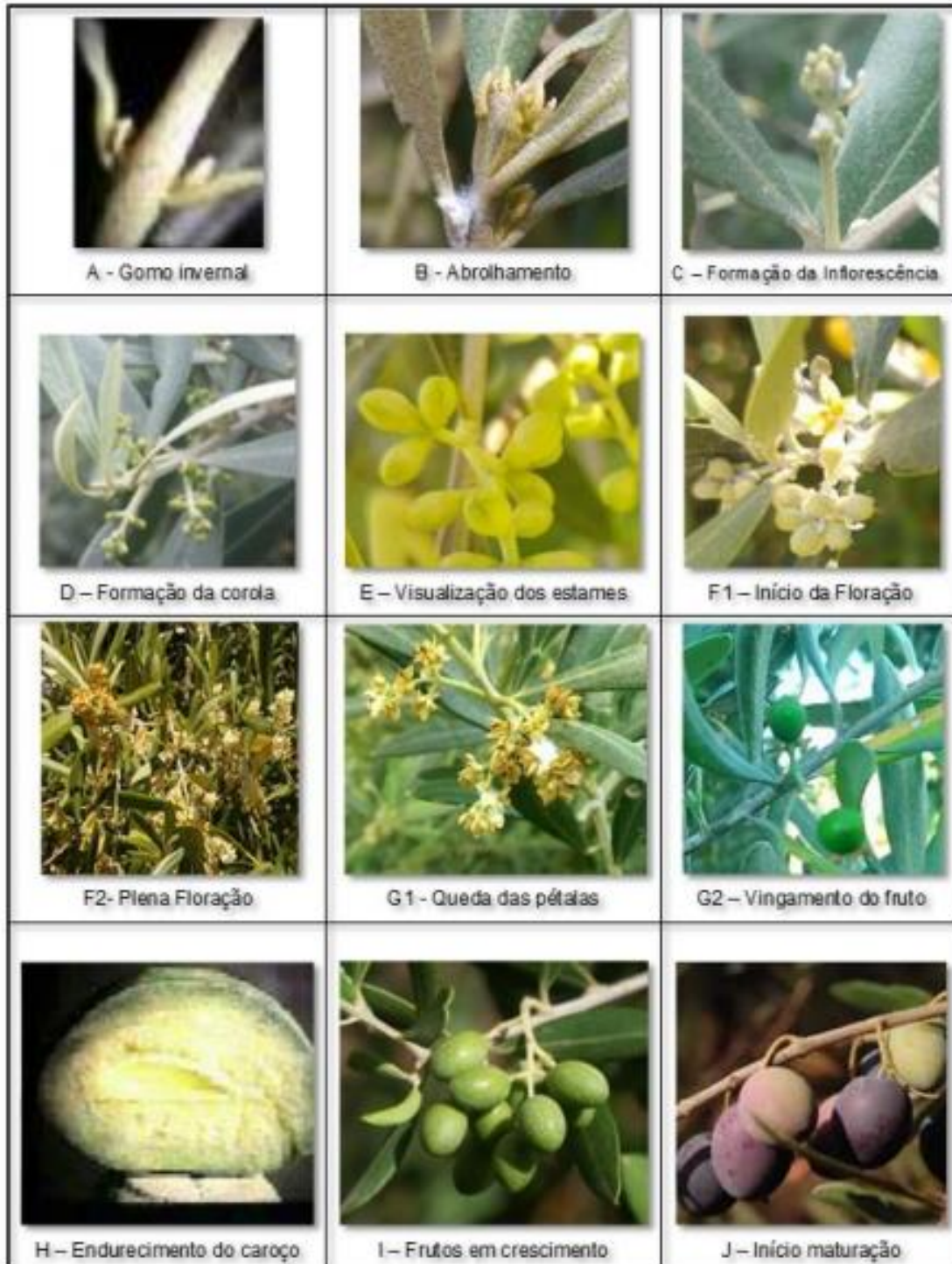
- Cordeiro, A. (2014). Aspectos gerais da cultura da oliveira. In Rede para a monitorização e divulgação das melhores práticas agro-ambientais para o olival. (2014). *Boas práticas no olival e no lagar* (pp. 36 – 52). Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária.
- Cordeiro, A.M.; Calado, M.L.; Morais, N.; Miranda, A. & Carvalho, M.T. (2018, agosto 6). Cultivares de Oliveira: Arbequina. *Vida Rural*. <https://www.itqb.unl.pt/science-and-society/Media/cultivares-de-oliveira-arbequina.pdf>
- Cordópolis. (2020, agosto 20). El Ifapa y la Universidad avanzan en la obtención de nuevas variedades de olivo. https://cordopolis.eldiario.es/cordoba-hoy/ifapa-universidad-avanzan-obtencion-nuevas-variedades-olivo_1_7062584.html
- DGADR. (2022). Nota Explicativa da Carta dos Solos de Portugal e da Carta de Capacidade de Uso do Solo. <https://www.dgadr.gov.pt/nota-explicativa>
- Díez, M., Moral, J., Cabello, D., Morello, P., Rallo, L., e Barranco, D. (2016). Cultivar and Tree Density As Key Factors in the Long-Term Performance of Super High-Density Olive Orchards. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1226.
- European Space Agency. (2022). Sentinel-2. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>
- Falcão, J. M. (2019). *Utilização de imagens de satélite para a otimização produtiva do olival superintensivo (cv. Arbosana)*. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrónómica]. Universidade de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Félix, C. M. (2011). *O OLIVAL EM MODO DE PRODUÇÃO INTEGRADA NA REGIÃO DE SERPA*. [Dissertação de Mestrado em Produção Integra]. Instituto Politécnico de Beja – Escola Superior Agrária, Beja.
- Ferreira, M. C. (2014). *Avaliação da “necessidade em cal” em Andossolos da ilha Terceira – Açores*. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrónómica]. Universidade dos Açores – Departamento de Ciências Agrárias, Angra do Heroísmo.
- Fonseca, A. D., & Fernandes, J. C. (2004). *DETECÇÃO REMOTA*. Lisboa: LIDEL – EDIÇÕES TÉCNICAS.
- Foy, C.D. (1988). Plant adaptation to acid, aluminum-toxic soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19, 959-987.
- Freie Universität Berlin. (2022). *Sentinel 2*. <https://blogs.fu-berlin.de/reseda/sentinel-2/>
- Gaudêncio, P. F. (2021). *AVALIAÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE NUMA VINHA NO ALENTEJO*. [Dissertação de

- Mestrado em Agricultura Sustentável]. Instituto Politécnico de Portalegre - Escola Superior Agrária, Elvas.
- Guerra, A., & Leite, E. L. (2018). *NUTRIÇÃO E SANIDADE DAS CULTURAS: OLIVAL*. Porto: Quântica Editora – Conteúdos Especializados.
- Herdade Maria de Guarda. (2021, 11, 23). OLIVAL JÁ É A MAIOR CULTURA PERMANENTE E SAIU DAS SUAS ZONAS DE CONFORTO. <http://www.mariadaguarda.com/olival-ja-e-a-maior-cultura-permanente-e-saiu-das-suas-zonas-de-conforto/>
- International Olive Council (IOC). (2021). *OLIVE OILS – Consumption*. [Unidade de Assuntos Econômicos & Promoção - Conselho Internacional de Oliveira \(internationaloliveoil.org\)](http://internationaloliveoil.org/Unidade-de-Assuntos-Econômicos-&Promoção-Conselho-Internacional-de-Oliveira)
- International Olive Council (IOC). (2021). *OLIVE OILS – Production*. [Unidade de Assuntos Econômicos & Promoção - Conselho Internacional de Oliveira \(internationaloliveoil.org\)](http://internationaloliveoil.org/Unidade-de-Assuntos-Econômicos-&Promoção-Conselho-Internacional-de-Oliveira)
- IPMA. (2000). *FICHA CLIMATOLÓGICA 1971-2000_ÉVORA*. https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_71-00_EVORA.pdf
- Kaplan, G., & Avdan, U. (2017). Object-based water body extraction model using Sentinel-2 satellite imagery. *European Journal of Remote Sensing*, 50, 137–143.
- Marques, M. L. (2020). *Estudo do tipo de poda e dotação de rega em duas castas na região de Reguengos de Monsaraz*. [Dissertação de Mestrado em Viticultura e Enologia]. Universidade de Évora – Escola de Ciências e Tecnologia, Évora.
- Marques, N. (2020). *Herdade da Parreira – Sustentabilidade Económica e Ambiental (1972 – 2020)*. Setúbal: Comunicland.
- Moya, J. C., & Muñoz-Cobo, M.P. (2005). LOS NUTRIENTES Y EL OLIVAR. In Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (2015). *Cultivo del Olivo con Riego Localizado* (pp. 477-504). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Muñoz-Cobo, M.P., & Guillén, J. H. (2006). *PODA DEL OLIVO moderna olivicultura* (5ª ed.). Madrid: Editorial Agrícola Española.
- Navero, D. B., Romero, L. R., & Escobar, R. F. (2017). *El cultivo del olivo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Olis Roc. (2022). CARACTERÍSTICAS ACEITUNA ARBEQUINA. <https://www.olisroc.com/en/our-olive-trees/>
- Parreira, M. M. (2016). *Projeto de Instalação de Olival em Sebe Campo Maior – Elvas*. [Dissertação de Mestrado em Agricultura Sustentável]. Instituto Politécnico de Portalegre - Escola Superior Agrária, Elvas.

- Pires, A. S. R. (2017). *PEGADA DE CARBONO NO MUNICÍPIO DE FARO*. [Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente]. Universidade do Algarve – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Faro.
- Ramos, R. C. C. S. (2014). *Avaliação da Pegada de Carbono da IKEA Industry Paços de Ferreira*. [Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente]. Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia, Porto.
- Reis, P. (2014). *O olival em Portugal: Dinâmicas, tecnologias e relação com o desenvolvimento rural*. Lisboa: Animar/Projecto RURANIMAR.
- Rius, X., & Lacarte, J.M. (2015). *La revolución del Olivar. El cultivo en seto* (2ª ed.). Barcelona: COMGRAFIC.
- Rodrigues, S. C. (2012). *Modelo de Regressão Linear e suas Aplicações*. [Relatório de Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Ensino de Matemática]. Universidade da Beira Interior – Ciências, Covilhã.
- Santos, J.Q. (2015). *Fertilização - Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos*. Porto: Publindústria.
- Seabra, A. M. (2018). *Rentabilidade do Olival Regado no Alentejo*. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Agronómica]. Universidade de Lisboa - Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Teixeira, F. A. M. (2011). *Pegada de Carbono do Grupo TRACAR*. [Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente]. Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia, Porto.
- Tous, J., Romero, A., & Planta, J. (1998). COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO Y COMERCIAL DE CINCO VARIEDADES DE OLIVO EN TARRAGONA. *Investigación agraria. Producción y protección vegetales*, 13, 97- 109.
- Ventura, C. A. (2018). *Treino de painel de provadores para azeites virgem “Caraterização físico-química e sensorial de azeites virgem”*. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar]. Instituto Politécnico de Beja – Escola Superior Agrária, Beja.
- Vieira, T. J. (2016). *Degradação química de azeites virgens extraídos das cultivares Arbequina, Arbosana e Koroneiki*. [Dissertação de Mestrado em Engenharia Alimentar]. Instituto Politécnico de Beja – Escola Superior Agrária, Beja.
- Winkler, A. J., Cook, J. A., Kliewer, W. M., & Líder, L. A. (1974). *GENERAL VITICULTURE*. Califórnia: University of California Press.

Anexo I

Estados Fenológicos da Oliveira



Fonte: Gomes & Cavaco, 2003

ANEXO II

Modelo de Regressão Linear Múltipla com as 69 Oliveiras Sob Análise Estatística

Y = Rendimento bruto fictício por hectare (€/oliveira)¹⁸

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,99
Quadrado de R	0,99
Quadrado de R ajustado	0,99
Erro-padrão	0,21
Observações	69

ANOVA					
	gl	SQ	MQ	F	F de significância
Regressão	2	234,59	117,30	2638,95	1,06E-63
Residual	66	2,93	0,04		
Total	68	237,53			

	Coefficientes	Erro-padrão	Stat t	valor P	95% inferior	95% superior	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercetar	-5,82	0,24	-24,20	1,57E-34	-6,30	-5,34	-6,30	-5,34
Produção de azeitonas por oliveira (Kg/oliveira)	0,65	0,01	69,04	2,89E-63	0,63	0,66	0,63	0,66
Rendimento em gordura das azeitonas (%)	31,47	1,15	27,36	9,79E-38	29,17	33,76	29,17	33,76