



Efeito de sistemas de manutenção do solo nas propriedades do solo e produtividade da oliveira

Clementino Ernesto Lemos Nanvaro

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

Orientado por

Prof. Doutor Manuel Ângelo Rodrigues

Prof^ª. Doutora Margarida Arrobas

Bragança

2019

*"O homem que consagra suas horas com infatigável empenho a honrosos objectivos,
traça luminosamente o seu destino."*

Edward Kong

*Aos meus pais,
A minha família*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, por iluminar e proteger os meus caminhos. Aos meus pais Ernesto Lemos Nanvaro e Maiassa Fernando que sempre me apoiaram nos meus estudos e pela educação sábia que me têm proporcionado e graças a eles sou o que sou, pois sem eles nada seria possível. A Universidade Zambeze e ao Instituto de Bolsas de Estudo de Moçambique graças a estas Instituições teve a oportunidade de cá estar e continuar com os meus estudos. Aos meus irmãos, primos e tios.

Ao Professor Doutor Manuel Ângelo Rodrigues, pela orientação, pelo material fornecido, pelas palavras sábias, pela paciência, dedicação, amizade e pela grande contribuição em minha formação.

A Prof^a Margarida Arrobas, pela aprendizagem, material didático fornecido, pois sem ela nada teria sido feito, e pelas sugestões preciosas durante o trabalho, e à equipe do laboratório de Solos a Ana Pinto e a Rita pela orientação do trabalho laboratorial.

Ao corpo docente ligado ao curso e a toda Direcção do Instituto Politécnico de Bragança, pelos ensinamentos e acolhimento que me deram desde a minha chegada, durante a formação e até a conclusão do curso.

Aos colegas do curso, amigos e a todo o pessoal em geral que directa ou indirectamente contribuíram para o sucesso da minha formação, vai um grande abraço.

Índice

AGRADECIMENTOS	14
ÍNDICE DE QUADROS	17
ÍNDICE DE FIGURAS	18
ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	20
RESUMO	21
ABSTRACT	22
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
1.1 A oliveira no mundo	13
1.2 A oliveira na união europeia.....	15
1.3 A oliveira em Portugal.....	16
1.4 Principais cultivares de oliveiras existentes em Portugal.....	18
1.5 Fertilidade do solo e o desenvolvimento das culturas	20
1.6 O papel da matéria orgânica nas propriedades do solo	22
1.7 Processos de degradação dos solos.....	27
1.8 Agricultura de conservação	31
1.9 Agricultura de conservação no setor herbáceo	33
1.10 Agricultura de conservação do solo em olival.....	37
1.11 Mobilização	40
1.12 Utilização de herbicidas.....	43
1.13 Cobertos vegetais.....	44
1.14 Cobertos vegetais naturais	45
1.15 Cobertos vegetais semeados	45
1.16 Sistemas mistos de gestão do solo.....	46
1.17 Gestão de cobertos com pastoreio	47
2. MATERIAIS E MÉTODOS	49

2.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	49
2.2 Delineamento experimental.....	49
2.3 Produção de azeitona.....	50
2.4 Análise de terras.....	51
2.5 Análise dos tecidos vegetais.....	52
2.5.1 Colheita e tratamento das amostras.....	52
2.6 Análise estatística de dados.....	53
3. RESULTADOS.....	54
3.1 Produção e dados biométricos dos frutos.....	54
3.1.1 Produção da azeitona.....	54
3.1.1.1 Massa do fruto.....	54
3.1.1.1.1 Relação popa/caroço.....	55
3.2 Estado nutricional das árvores e concentração de nutrientes no fruto.....	56
3.3 Fertilidade do solo.....	62
4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	72
4.1 Produção da azeitona.....	72
4.2 Concentrações de nutrientes nas folhas.....	72
4.3 Propriedades do solo.....	76
5. CONCLUSÕES.....	80
BIBLIOGRAFIA.....	81

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Área cultivada de oliveira por país (FAOSTAT, 2018)	15
Quadro 2. Área dedicada ao cultivo de oliveiras na União Europeia (Eurostat, 2016)..	16
Quadro 3. Superfície e produção de azeite e de azeitona de mesa por região em 2017 (INE, 2018).....	19
Quadro 4. Classificação dos teores de matéria orgânica dos solos agrícolas (Adaptado de Alves, 1989).....	25
Quadro 5. Relação C/N em diferentes organismos (adaptado de Casanellas & Reguerin, 2003).....	27
Quadro 6. Concentração de nutrientes na polpa. Na coluna, médias com a mesma letra não são diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precipitação e temperatura médias mensais na estação meteorológica de Bragança entre janeiro a dezembro de 2017 e 2018.....	49
Figura 2. Produção de azeitona entre os anos de 2017 e 2018 nas diferentes formas de gestão do solo (mobilização, herbicida e pastoreio).....	54
Figura 3. Massa média dos frutos na colheita de 2017 nos diferentes tratamentos (mobilização, herbicida e pastoreio).....	55
Figura 4. Relação polpa/caroço das azeitonas na colheita de 2017 nos diferentes tratamentos (mobilização, herbicida e pastoreio).....	55
Figura 5. Concentração de azoto nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	56
Figura 6. Concentração de fósforo nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	57
Figura 7. Concentração de potássio nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	57
Figura 8. Concentração de cálcio nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	58
Figura 9. Concentração de magnésio nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	59
Figura 10. Concentração de boro nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	59
Figura 11. Concentração de ferro nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018..	60
Figura 12. Concentração de manganês nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	61
Figura 13. Concentração de zinco nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	61
Figura 14. Concentração de cobre nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018.	62

Figura 15. Teor médio de carbono orgânico no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	63
Figura 16. pH (H ₂ O) do solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	64
Figura 17. pH (KCl) do solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	64
Figura 18. Teor médio de fósforo extratável em função do sistema de gestão do solo, debaixo e sob copa e da profundidade de amostragem..	65
Figura 19. Teor médio de potássio extratável em função do sistema de gestão do solo, debaixo e sob copa e da profundidade de amostragem..	65
Figura 20. Teor de cálcio no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	66
Figura 21. Teor de magnésio no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	67
Figura 22. Teor de potássio no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	67
Figura 23. Teor de sódio no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.....	68
Figura 24. Acidez de troca no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	68
Figura 25. Capacidade de troca catiónica no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	69
Figura 26. Concentração de alumínio de troca no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	70
Figura 27. Concentração de boro extraível no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	70
Figura 28. Concentração fósforo extraído no solo pela resina de troca em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. .	71
Figura 29. Fósforo extraído pelo método do bicarbonato (P _{bic}) em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem.	71

ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

Al – Alumínio

B - Boro

Ca - Cálcio

C/N – Relação carbono azoto

Cu - Cobre

INE – Instituto Nacional de Estatística

INIAP – Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas

H - Hidrogénio

H₂O - Água

FAO – Food and Agriculture Organization

Fe - Ferro

K - Potássio

KCl - Cloreto de potássio

Mg - Magnésio

P - Fósforo

Na - Sódio

UE – União Europeia

PAC – Política Agrícola Comum

P bic – Fósforo extraído pelo método bicarbonato de sódio

P res – Fósforo extraído pelo método de resina

RESUMO

A gestão do solo por meio de herbicidas, mobilização ou pastoreio é um fator muito importante no controle da erosão dos solos agrícolas. Sistemas que garantam uma melhor cobertura da superfície do solo permitem a dissipação da energia das gotas da chuva (ou da rega), favorecendo a conservação do solo. Os sistemas que restringem o arejamento permitem o aumento do teor de matéria orgânica e a utilização com maior eficiência dos nutrientes. Com o presente estudo objetivou-se analisar o efeito de sistemas de manutenção do solo nas propriedades do solo e no estado nutricional e produtividade da oliveira. Foram usados três tratamentos de gestão do solo, designadamente vegetação herbácea gerida com pastoreio, aplicação de herbicida não seletivo sistêmico em pós-emergência e mobilização. O efeito dos tratamentos foi avaliado a partir da colheita de solos debaixo e fora da copa em três profundidades (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm), de amostras de folhas no verão e no inverno e da produção de azeitona. Os resultados mostraram ausência de efeito dos tratamentos, de uma forma geral, nas propriedades do solo, no estado nutricional das árvores e na produção de azeitona. Os resultados sugerem para o solo pode ser gerido com pastoreio, com a vantagem de fornecer alimento para os animais sem penalização significativa da produção.

Palavras-chave: *Olea europaea*; gestão de coberturas vegetais; pastoreio; herbicidas; mobilização.

ABSTRACT

Soil management through herbicides, conventional tillage or grazing is a very important factor in controlling erosion of agricultural soils. Systems ensuring a better coverage of the soil surface allow the energy of rain drops (or irrigation) to be dissipated, favoring soil conservation. Systems that restrict aeration allow the increase of organic matter content and the more efficient use of nutrients. The objective of this study was to assess the effect of soil management systems on soil properties and on the nutritional status and productivity of the olive tree. Three soil management treatments were used, namely herbaceous vegetation managed with grazing, by a non-selective, systemic and post-emergence herbicide and by conventional soil tillage. The effect of the treatments on soil fertility was evaluated from soil samples collected under and between rows in three depths (0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm). Tree nutritional status and olive yield were also assessed by leaf analysis and recording annual olive yield. The results showed a generalized lack of effect of the treatments on the soil properties, on the nutritional status of the trees and on the olive yield. Thus, it seems that the soil can be managed by grazing, with the advantage on providing animal feed, without significant reduction in olive yield.

Keywords: *Olea europaea*; cover cropping; grazing; herbicides; soil tillage.

OBJETIVOS

GERAL

Avaliar Efeito de sistemas de manutenção do solo nas propriedades do solo e produtividade da oliveira.

ESPECÍFICOS

- Monitorar o estado nutricional das plantas com base na análise laboratorial dos macro e micronutrientes presentes na polpa da azeitona e no tecido foliar da árvore;
- Verificar a dinâmica dos nutrientes presentes na solução do solo dentro e fora da copa através de análises laboratoriais periódicas de solo em diferentes profundidades;
- Avaliar a produtividade da oliveira através dos dados anuais da produção em função dos três tratamentos em estudo.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 A oliveira no mundo

A oliveira domesticada (*Olea europaea* L.) tem origem muito antiga, possivelmente surgindo desde o início da agricultura. Acredita-se que tenha origem no Médio Oriente, provavelmente no Irão, Mesopotâmia e Síria, espalhando-se pelo sul e pelo oeste da Palestina e da Anatólia (Kailis & Harris, 2007).

A oliveira é considerada uma das oleaginosas de grande valor económico do Mediterrâneo (Lucena & Mendez, 2017). A azeitona devido ao seu amargor, não pode ser consumida na sua forma natural, necessitando de sofrer transformações que a tornem palatável. Pode obter-se da azeitona diversos produtos, sendo os principais o azeite e as azeitonas de mesa (Nogueira, 2012).

Nos dias de hoje, podemos encontrar oliveiras plantadas em todas as regiões do mundo localizadas entre as latitudes 30° e 45° em ambos os hemisférios, ocupando condições muito diferentes, desde áreas desérticas até climas mais húmidos (Fernandez-Escobar & Rosa, 2017).

O cultivo da oliveira está presente em mais de 40 países e ocupou em 2017 10,8 milhões de hectares em todo o mundo, dos quais 96,2% estão localizados nos países da bacia do Mediterrâneo, 3% nas Américas, 0,4% na Oceania e os restantes 0,4% na Ásia. A maioria dos olivais do mundo é cultivada em sequeiro, com densidades até 150 oliveiras por hectare e escassa mecanização, sendo estes os olivais mais antigos e nos quais se usam cultivares locais (Lucena & Mendez, 2017).

Segundo a experiência dos países do mediterrâneo, a temperatura adequada para que ocorra frutificação efetiva deve estar entre 25 °C e 35 °C. As plantas, contudo, são capazes de suportar temperaturas elevadas no verão, próximas de 40 °C, sem que os ramos e folhas sofram queimaduras (Fernandes, 2014).

De acordo com Wrege & Jorge (2015), entre todas as espécies frutíferas a oliveira é a mais sensível ao frio. Contudo, ocorre um aumento gradual de tolerância, provocada pelas baixas temperaturas outonais, sendo estas também responsáveis pela diferenciação floral. Assim, a oliveira chega a resistir a temperaturas bastante inferiores a 0 °C. Pequenas lesões em ramos novos podem ocorrer se a temperatura baixar, ficando entre 0 °C e -5 °C. Se a temperatura baixar ainda mais, até -10 °C podem ocorrer danos

definitivos nos brotos e ramos. Abaixo de -10 °C, a planta como um todo, pode sofrer danos irreversíveis e morrer (Navarro & Parra, 2008)

A oliveira é normalmente cultivada em regiões semiáridas do mediterrâneo, caracterizadas por apresentarem elevadas temperaturas e baixo índice pluviométrico (250-550 mm anuais) nos meses secos (verão). É uma espécie com características similares das plantas xerófitas, com folhas coriáceas, de cutícula espessa. Os estômatos situam-se na página inferior das folhas, reduzindo as perdas de água da planta por transpiração e permitindo que a atividade vegetativa se restabeleça imediatamente quando a planta sai de uma situação de stresse, causado por falta de água prolongada (Fillipini, 2014).

De acordo com Wrege & Jorge (2015), a necessidade de água é em média de 650-800 mm por ano, com chuvas preferencialmente regulares. Na primavera, quando ocorre a floração, as chuvas não devem ser muito frequentes, para que o grão de pólen não seja lavado do estigma, o que reduziria o vingamento. Nas fases de pré-maturação e maturação dos frutos (final do verão e outono), as chuvas não devem ser muito intensas, para que o fruto não fique excessivamente aguado, o que dificulta e encarece a extração do azeite, além de tornar a extração mais lenta. Isto pode, também, reduzir a estabilidade do óleo e favorecer a incidência de antracnose (*Gloeosporium olivae*) nos frutos, com alterações nas propriedades físicas e químicas do azeite.

Na primavera, quando a temperatura está em ascensão e é superior a 15-17 °C, ocorre o desencadeamento do processo de floração, como resultado da saída de dormência. Existem etapas distintas desta fase, como início da floração, floração plena, polinização e vingamento. Esta é a fase mais importante do desenvolvimento da planta e a fim de que todos os processos metabólicos ocorram normalmente, a temperatura diária deverá ficar em torno dos 20 °C (Fillipini, 2014).

A humidade relativa do ar deve ficar entre 60-80%. Caso contrário, a viabilidade do estigma pode ser comprometida, principalmente se a humidade ficar abaixo de 50%. Nesta situação, o estigma pode durar menos de três dias, tempo insuficiente para formar o tubo polínico e, assim, formar e fixar o fruto. Por outro lado, se a humidade relativa for muito elevada, próxima de 100%, ocorre a hidratação do grão de pólen, que aumenta de peso e não pode ser levado a uma longa distância pelo vento (Wrege & Jorge, 2015).

Devido ao excesso de hidratação há possibilidades de o grão de pólen ser destruído. Deve-se ter em conta que o excesso de humidade não só prejudica a polinização, mas também favorece as doenças fúngicas, entre as quais as causadas por *Spilocaea oleagina*, *Pseudocercospora cladosporioides*, *Gloeosporium olivae*, entre outras. Por estas razões, a humidade relativa é uma variável de referência na escolha de local para estabelecimento dos olivais (Gucci, 2007).

Os dez maiores países produtores de azeite estão todos localizados na área tradicional de olivicultura (Mediterrâneo e Oriente Próximo), e concentram 94% da superfície cultivada, com a Espanha a liderar as estatísticas. No quadro 1 apresenta-se a superfície cultivada nos 10 principais países produtores.

Quadro 1. Área cultivada de oliveira por país (FAOSTAT, 2018)

<i>País</i>	<i>Superfície cultivada (ha)</i>	<i>% total</i>
Espanha	2 573 473	24,16
Tunísia	1 646 060	15,46
Itália	1 165 562	10,94
Marrocos	1 008 365	9,47
Grécia	887 177	8,33
Turquia	845 542	7,94
Síria	765 603	7,19
Argélia	424 028	3,98
Líbia	357 797	3,36
Portugal	355 075	3,33
Resto do mundo	621 705	5,84
Total mundial	10 650 387	100

Em relação à produção global esta se situa próxima dos 19 milhões de toneladas de azeitonas, dos quais 90% são destinados à obtenção de azeite e cerca de 10% são consumidos preparados como azeitonas de mesa (FAO, 2018).

1.2 A oliveira na união europeia

A União Europeia concentrou 48,7% da área total cultivada no mundo, com quase cinco milhões de hectares. Quatro países são os principais produtores comunitários, designadamente Espanha (50,5%), Itália (22,6%), Grécia (18,8%) e Portugal (7,1%) (Eurostat, 2016).

Quadro 2. Área dedicada ao cultivo de oliveiras na União Europeia (Eurostat, 2016)

País	<i>Área de cultivo de azeitona (milhares ha)</i>					
	<i>Destino azeite</i>		<i>Destino mesa</i>		<i>total</i>	
	<i>milhares ha</i>	<i>%</i>	<i>milhares ha</i>	<i>%</i>	<i>milhares ha</i>	<i>%</i>
Espanha	2.351	50,6	164	52,5	2.516	50,5
Itália	1.092	23,5	33	10,5	1.125	22,6
Grecia	832	17,9	107	34,0	938	18,8
Portugal	344	7,4	9	2,8	352	7,1
Franca					17	0,3
Croacia	19	0,4	0	0,0	19	0,4
Chipre	11	0,2	0,2	0,1	11	0,2
Eslovenia	1	0,02	0	0,0	1	0,02
Total UE	4.649	100	313	100	4.98	100

Quanto à produção mundial de azeitona de mesa, a Espanha lidera na Europa comunitária, com 164.000 ha, e a Grécia desloca a Itália da segunda posição, com 107.000 ha, superando os 33.000 hectares de cultivo na Itália (Fernandez-Escobar & Rosa, 2017).

1.3 A oliveira em Portugal

A oliveira em Portugal representa uma cultura de extrema importância económica (Fernandes, 2014). O azeite e a azeitona de mesa têm um peso importante na economia nacional, tendo a exportação de azeite gerado no ano de 2016 cerca de 411 746 milhões de euros para azeite normal e 356 519 milhões de euros para azeite virgem (Estatísticas Agrícolas, 2018).

O cultivo das oliveiras tem uma importância muito grande na agricultura nacional portuguesa, tanto pela sua presença nas explorações agrícolas como pelo seu peso no produto agrícola nacional, e de acordo com estudos feitos à estrutura das explorações agrícolas, existem olivais estremos ou mistos e oliveiras dispersas em explorações agrícolas de todo o continente (Reis, 2014).

No ranking mundial Portugal ocupa a décima posição e a quarta posição ao nível da UE (FAOSTAT, 2018) com uma produção de azeitonas para azeite na ordem das 858 413 toneladas e de mesa 17 802 toneladas no ano 2017 (Estatísticas Agrícolas, 2018). Entretanto o cultivo da oliveira para além de contribuir para a coesão social e territorial, também constitui uma importante fonte de emprego e, consequentemente, contribui para a fixação das populações rurais.

A oliveira em Portugal é bastante importante uma vez que os olivais são uma marca da paisagem nacional. Devido à beleza da paisagem, o setor do turismo tem vindo a aumentar com o passar dos anos, o que poderá ser um complemento bastante favorável ao rendimento da empresa agrícola. (Fernandes, 2014).

Estudos feitos por Reis (2014), concluíram que atualmente quase 80% dos olivais são conduzidos de forma tradicional e dentre eles 46% com uma densidade até 100 árvores/ha e 33% com uma densidade entre 101 e 300 oliveiras/ha. No olival tradicional, o cultivo é extensivo, com menor intensidade de aplicação de adubos e produtos fitofarmacêuticos. Na maioria deles não se realizam tratamentos fitossanitários e os tratamentos realizados são predominantemente preventivos, com cobre e inseticidas. O olival intensivo concentra-se no Alentejo, sobretudo nos concelhos de Ferreira do Alentejo, Beja, Serpa, Moura, Avis, Vidigueira e Aljustrel. Em 2009, havia cerca de 54% com densidades entre as 101 e 300 árvores/ha, 30% de alta densidade (301 a 700 árvores/ha) e 16% conduzido em sebe.

A parte dos agricultores que aderiu à proteção ou produção integrada é muito pequena e em relação à gestão do coberto vegetal, o principal método de controlo de infestantes é o mecânico, através do arrastamento de pneus ou gradagem. Em muitos olivais aplicam-se herbicidas, na totalidade da parcela. Estes olivais apresentam uma grande fragilidade socio-ecológica porque oscilam entre o abandono e as práticas culturais menos sustentáveis (aplicação de produtos fitofarmacêuticos de forma preventiva; aplicação de adubos químicos sem realização prévia de análises de terras; manutenção do solo nu e aplicação de herbicida em toda a parcela). Contudo, o grande desafio tecnológico é a implementação de práticas culturais conservadoras do meio ambiente e dos serviços do ecossistema, como a proteção de conservação, as podas mais cuidadas, a aplicação de composto proveniente dos bagaços de azeitonas e não usar herbicidas. Tudo isto porque os produtores são envelhecidos, com baixos níveis de formação, parcelas de pequena dimensão e falta de cooperação/associação (Reis, 2014).

Os novos sistemas intensivos procuram tirar o maior proveito da área ocupada com a cultura maximizando a produtividade por área. Neste sentido, introduziram-se alterações significativas no sistema de plantação e no uso da água. Ao nível da plantação, para além do objetivo produtividade, procurou-se também aumentar a precocidade da entrada em produção e facilitar a mecanização da colheita. Assim, a primeira mudança foi o aumento da densidade de plantação e a adaptação das máquinas

utilizadas na apanha de frutos secos, desenvolvendo-se vários tipos de vibradores de tronco ou de ramos. A capacidade técnica, a maior facilidade de mecanização e os incentivos financeiros das medidas agroambientais, conduziram a que os olivais mais modernos apliquem herbicida apenas na linha e tenham enrelvamento na entrelinha (Barroso & Santos, 2013).

Rolo (2014), num estudo sobre as técnicas e práticas culturais nos grandes espaços olivícolas, mostrou que apenas 3,5% das pequenas explorações recorriam às análises de terras e em 9,1% era praticado o enrelvamento na entrelinha. Nas explorações olivícolas muito grandes do Alentejo, onde predominam os olivais intensivos, 42,9% tinham enrelvamento na entrelinha e 34,8% realizavam análises de terras.

O desenvolvimento de novas tecnologias de produção no olival, ao nível dos sistemas, prática e técnicas de produção, conduziu a um dualismo entre uma olivicultura intensiva que se aproxima dos modernos sistemas vitivinícolas e uma olivicultura tradicional que terá de se ancorar ao território, nas vertentes biofísicas, socioeconómicas, culturais e patrimoniais, orientar-se para a inovação social, de marketing e para a produção agro ecológica (abordagem sistémica da cultura, conservação dos recursos naturais, redução dos *inputs* externos, multifuncionalidade do território, incorporação de conhecimento científico e empírico, coesão social e respeito pelas identidades locais) (Reis, 2014).

1.4 Principais cultivares de oliveiras existentes em Portugal

Portugal tem cinco principais regiões de produção de azeitona: norte; centro; área metropolitana de Lisboa; Algarve e Alentejo. A região do Alentejo ocupa o primeiro lugar na produção de azeitona para azeite e azeitona de mesa com 71,3 e 47,8 % respetivamente, sendo a segunda maior região produtora de azeitonas para azeite a região, centro contribuindo com 12,6%. A segunda região maior produtora de azeitona de mesa é a região norte com 46,4 % (INE, 2018) (Quadro 3). As cultivares predominantes na região centro e norte são ‘Cobrançosa’, ‘Verdeal’, ‘Madural’, ‘Negrinha’ e ‘Santulhana’ (Alves, 2007).

Quadro 3. Superfície e produção de azeite e de azeitona de mesa por região em 2017 (INE, 2018).

Região	<i>Azeitona para azeite</i>		<i>Azeite</i>	<i>Azeitona de mesa</i>	
	Superfície (ha)	Produção (t)	Produção (hl)	(ha)	(t)
Continente	349 703	858 413	1 470 352	9 183	17 802
Norte	77 670	99 214	176 145	3 744	8 255
Centro	79 303	108 363	189 500	1 575	803
Área Metropolitana de Lisboa	596	18 077	0	48	17
Alentejo	183 494	612 359	1 089 978	3 581	8 515
Algarve	8 641	20 400	14 729	236	212

Na região do Alentejo predominam as cultivares ‘Galega’, ‘Cordovil’, ‘Verdeal’, ‘Cobrançosa’, ‘Maçanilha’, ‘Carrasquenha’, ‘Bical de Évora’, ‘Redondil’, ‘Conserva de Elvas’ e ‘Azeiteira’. No Ribatejo estão presentes maioritariamente as cultivares ‘Galega’, ‘Cobrançosa’ e ‘Lentisca’ e nas Beiras Litoral e Interior são cultivadas as variedades ‘Galega’, ‘Cordovil’, ‘Bical’, ‘Cobrançosa’, ‘Carrasquinha’ e ‘Cornicabra’ (Alves, 2007).

Caminhando pelas regiões do país acima mencionadas é possível notar a existência de algumas oliveiras centenárias, em especial nos olivais de sequeiro, cuja identidade da cultivar é difícil. Na região centro e norte, estas oliveiras centenárias são uma característica de paisagem. Porém, o número de árvores existentes, bem como a produtividade e a sua caracterização são ainda desconhecidos. De forma igual que a sua proteção ou mesmo exploração sustentável não é praticada. Em geral encontram-se descritas 22 cultivares em Portugal para a produção dos derivados de oliveira (azeite e azeitonas de mesa), número relativamente baixo quando comparado com outros países europeus como a Itália (538), Espanha (183), França (88) e Grécia (52) (Alves, 2007). No entanto, a elevada qualidade do azeite e as características únicas (sensação a verde, amargo e picante) do azeite de Trás-os-Montes faz com que os preços alcancem elevados valores no mercado (Fernandes, 2014).

1.5 Fertilidade do solo e o desenvolvimento das culturas

A fertilidade do solo é a capacidade que o solo tem de proporcionar a planta um ambiente favorável e nutrientes essenciais em quantidades adequadas para o seu crescimento e desenvolvimento (INIAP, 2005).

Fertilizar um olival é fornecer às árvores nutrientes que não se encontrem no solo em quantidades satisfatórias para se atingir o nível de produção desejado. Antes de se proceder à aplicação de fertilizantes deve-se fazer as análises de terras ou foliares para se ter em conta quais os nutrientes a aplicar e em que doses devem ser aplicados. Fertilizar é sem dúvida uma forma racional de incrementar a produção da cultura e reduzir a alternância anual das produções, algo muito frequente nesta cultura (Arrobas & Moutinho-Pereira, 2009).

Por natureza, as plantas obtêm directamente os nutrientes da solução do solo em equilíbrio com o complexo de troca e com outras componentes do solo. A capacidade de um dado solo em fornecer nutrientes à planta durante um período de tempo mais ou menos longo, está intimamente ligada ao complexo de troca. Através do processo de meteorização e mineralização microbiana, os nutrientes minerais são disponibilizados para a planta a uma determinada taxa que é regulada por processos químicos de equilíbrio entre a fase sólida e a solução do solo. Os solos pobres em matéria orgânica, como os arenosos, fornecem à planta com rapidez os nutrientes, mas esgotando facilmente as suas reservas (INIAP, 2005).

A produtividade é afetada por características como o teor de matéria orgânica e nutrientes minerais no solo, reação, e capacidade de troca catiónica. Com o passar do tempo, à medida que a agricultura evoluía, o homem aprendeu que em certos solos, a produção diminuía quando era continuamente cultivado, fato que conduziu à prática de adicionar resíduos animais e vegetais ao solo, a fim de restaurar a fertilidade, mas não se sabe ao certo onde e quando a fertilização realmente começou (Tisdale & Nelson, 1977).

Em geral, a fertilidade física e biótica corresponde à fertilidade de um solo. Os factores genéticos, climáticos e bióticos são condições determinantes na produção agrícola (Santos, 2001). A solução do solo serve como um reservatório de água e nutrientes a partir do qual as plantas dependem para a sua alimentação. Para os nutrientes estarem disponíveis é necessário haver no solo condições favoráveis relativas ao pH, textura,

teor de matéria orgânica e capacidade de troca trocadora catiónica (Arrobas & Moutinho-Pereira, 2009) .

O solo fornece por si só grande parte dos nutrientes de que as plantas necessitam para o crescimento e desenvolvimento. Dentre estes elementos estão identificados dezasseis como sendo essenciais, e cada um deles tem uma função específica, não podendo ser substituído por qualquer outro elemento. Na ausência de um deles a planta não completa o seu ciclo biológico. Os mais abundantes nos tecidos são carbono, oxigénio e hidrogénio. Entretanto a perda continuada de nutrientes na azeitona e na lenha de poda obriga à reposição regular de alguns nutrientes na forma de fertilizantes. Em Trás-os-Montes, azoto, boro, potássio, fósforo e também cálcio e magnésio afiguram-se como nutrientes que se recomendam com maior frequência, devido à pouca disponibilidade destes elementos no solo e à exportação significativa dos elementos pela planta (Arrobas & Moutinho-Pereira, 2009).

Uma planta desnutrida de um determinado elemento possui um determinado sintoma característico que deve aparecer em maior ou menor intensidade e num determinado órgão, dependendo do elemento. O método visual de avaliação da fertilidade de um solo é o único que não requer equipamento caro ou especializado e pode ser usado como complemento às outras técnicas de diagnóstico. No entanto, quando consideramos que as raízes são o grande portão através do qual entram os nutrientes, a importância deste aspecto do desenvolvimento da planta adquire grande importância. A deficiência de um elemento não produz sintomas diretamente. Em vez disso, os processos normais da planta sofrem um desequilíbrio, com o resultado de que há um acúmulo de certos compostos orgânicos intermediários e uma deficiência de outros. Isso leva a condições anormais consideradas como sintomas e tem uma relação com as deficiências dos elementos. Na verdade, as deficiências são relativas e a deficiência de um elemento implica concentrações excessivas de outro (Tisdale & Nelson, 1977).

Por outro lado, solos com pH baixo e/ou acidez acentuada, podem resultar numa reduzida disponibilidade de nutrientes, devido a prováveis fenómenos de precipitação dos elementos com o alumínio (como o fósforo). Valores de pH elevados, com presença de carbonatos no solo, podem também induzir insolubilização do fósforo. Num olival azoto, boro, potássio, magnésio, cálcio, ferro, manganês, zinco e cobre são elementos essenciais e importantes para o desenvolvimento adequado (Arrobas & Moutinho-Pereira, 2009).

1.6 O papel da matéria orgânica nas propriedades do solo

A matéria orgânica é um elemento importantíssimo para a manutenção da qualidade física, química e biológica dos solos e, como consequência, para sustentabilidade dos sistemas produtivos a médio e longo prazo (Silva & Mendonça, 2007). A matéria orgânica do solo é formada por restos de plantas e outros seres vivos, parcial ou totalmente decompostos. A designação húmus é por vezes atribuída à parte da matéria orgânica que atingiu um elevado grau de estabilidade e na qual não se reconhecem os materiais que lhe deram origem. É principalmente no húmus que residem as propriedades coloidais da matéria orgânica, conferindo uma capacidade de troca catiónica muito superior à da argila (INIAP, 2005).

A matéria orgânica do solo é considerada um componente fundamental do solo para sustentabilidade dos sistemas (Raij, 2011) tendo origem no processo de fotossíntese, realizado pelas plantas, que transformam gás carbónico, oxigénio, hidrogénio e nutrientes minerais em compostos orgânicos. O conteúdo de matéria orgânica dos solos merece atenção especial, pois resulta da decomposição de resíduos animais e vegetais e varia, principalmente, com as práticas de manejo agrícola adoptadas. Além disso, é influenciado directamente pelas condições edafoclimáticas de cada região.

Quando adicionamos um resíduo orgânico ao solo é necessário que ocorra a mineralização para que os nutrientes presentes no material se tornem disponíveis para as plantas. O tempo necessário para que se processe essa decomposição do material pelos microrganismos, gerando sais minerais e húmus é governado principalmente num mesmo ambiente, pelo teor original de azoto e de carbono da matéria orgânica, chamada relação C/N (Kiehl, 2010).

De acordo com Kiehl (2010), a decomposição dos resíduos orgânicos no solo só vai ocorrer se houver humidade e arejamento favorável, bem como a presença de microrganismos (bactérias, fungos, protozoários, algas, vermes, insectos e suas larvas). Essa digestão da matéria causada pelos microrganismos libera os minerais, os quais passam da forma dita imobilizada para forma mineralizada. Além de produzir um composto único, e com propriedades melhoradoras do solo, denominado de húmus.

Os diferentes organismos decompositores vão degradando o material orgânico formando, desta forma, novos compostos, que por sua vez vão sendo também

decompostos. Deste processo resulta uma fracção de matéria orgânica estável, composta por moléculas orgânicas complexas, de mais difícil decomposição. Estas substâncias são conhecidas como ácidos húmicos, ácidos fúlvicos e huminas e têm um papel muito importante na fertilidade de um solo. Isto porque, estas substâncias têm uma enorme carga electronegativa, à qual são atraídos muitos nutrientes essenciais às plantas, criando, desta forma, como que um banco de nutrientes. Esta característica é conhecida como capacidade de troca cationica e é um parâmetro muito importante na avaliação da fertilidade de um solo (Zona Agro- Consultoria Agrícola, 2016).

A matéria orgânica do solo desempenha um papel fundamental na manutenção das funções do solo, dada a sua influência na estrutura e estabilidade do solo, retenção de água, biodiversidade e como fonte de nutrientes para as plantas. A ela também se deve o facto de o solo ser um importante sumidouro de carbono. O horizonte A situado à superfície e com uma profundidade aproximada de 30 cm, com o teor mais elevado de matéria orgânica é onde ocorre a maior atividade biológica. É neste horizonte que recai a maior atividade agrícola pelo que, decorrente desta, poderão surgir alterações à sua constituição, com particular incidência no teor e tipo de matéria orgânica, alterando a sua fertilidade atual e potencial. A matéria orgânica do solo compreende: a biomassa viva constituída por fragmentos de plantas e de animais e por microrganismos; raízes mortas, bem como outros resíduos vegetais em decomposição; mistura amorfa e complexa de substâncias orgânicas com dimensões coloidais, o húmus do solo (Brady & Weil, 2002).

A matéria orgânica influencia nas propriedades físicas aumentando a estabilidade dos agregados de solo, o seu arejamento e a infiltração de água, o que diminui escorrências, limitando a erosão. Também aumenta a capacidade de retenção de água e diminui a coesão do solo, melhorando as condições de trabalho (mobilizações, sementeiras, etc.). Quanto à capacidade química é fonte de nutrientes para as culturas como resultado do processo de decomposição da própria matéria orgânica. Também aumenta a capacidade de troca cationica do solo e a sua capacidade para reter e fornecer elementos essenciais às plantas, tais como cálcio, magnésio e potássio. Por outro lado, ajuda o solo a manter um pH estável e equilibrado, capacidade esta também conhecida como poder tampão e acelera o processo de decomposição dos minerais do solo, tornando os seus nutrientes acessíveis às plantas.

Nas propriedades biológicas ela actua como fonte de alimento dos organismos do solo e aumenta a diversidade e actividade microbiana do solo, o que contribui para a supressão de pragas e doenças. A própria acção dos organismos decompositores provoca um aumento da porosidade do solo, aumentando o arejamento e a capacidade de infiltração de água (Zona Agro- Consultoria Agrícola, 2016).

Para efeitos práticos, estima-se que, em média, de 100 quilogramas de matéria orgânica aplicada e incorporados no solo só restam, ao fim de um ano, entre 20 a 40 kg, fruto da acção microbiológica, perdendo-se o restante principalmente na forma de CO₂ para a atmosfera. O teor de matéria orgânica da camada superficial do solo está fortemente relacionado com a temperatura e a humidade. Caso a humidade seja constante, o teor de matéria orgânica decresce exponencialmente com o aumento de temperatura (Costa, 2011).

O teor de matéria orgânica do solo é expresso em percentagem, sendo uma determinação que é sempre incluída na análise de terra. Embora a capacidade do solo em fornecer azoto à planta esteja intimamente ligada ao seu teor de matéria orgânica, este valor não é, normalmente, considerado nas recomendações de azoto (INIAP, 2005).

Embora de uma forma geral a sua concentração não ultrapasse o valor de 5% (peso/peso) em relação à camada de solo superficial, é a sua existência que torna o solo vivo. A ausência deste constituinte, como é o caso dos solos de regiões áridas (com valores inferiores a 0,1%), torna o solo apenas um suporte físico.

O fracionamento das várias componentes, como por exemplo, o doseamento do teor de ácidos húmicos ou a percentagem de material com maior ou menor resistência à decomposição, ou até o conhecimento da actividade microbiológica possibilitará uma previsão mais rigorosa da sua alteração ao longo do tempo e das consequências de aplicação de materiais com composição complexa. As fontes da matéria orgânica são principalmente os tecidos vegetais e a sua transformação. Associada a ela operaram dois processos: mineralização, em que os compostos dos resíduos, por acção da actividade dos microrganismos, são transformados em produtos mais simples e humificação que compreende uma acção condensadora biológica e química constituindo-se complexos resistentes à mineralização (Zona Agro- Consultoria Agrícola, 2016).

Os solos em Portugal apresentam-se com baixo teor de matéria orgânica e com tendência para a sua diminuição progressiva em resultado de condições climáticas

favoráveis à decomposição, assim como de práticas culturais (lavouras continuadas e não incorporação de restos no solo), sem reposição adequada dos seus níveis (INIAP, 2005). No quadro 4 apresenta-se uma classificação do solo em função do teor de matéria orgânica e sua relação com a textura.

Quadro 4. Classificação dos teores de matéria orgânica dos solos agrícolas (Adaptado de Alves, 1989).

Classificação	<i>Matéria orgânica no solo (%)</i>	
	Solos de textura grosseira	Solos de textura média/fina
Muito baixa	≤ 0,5	≤ 1,0
Baixa	0,6 - 1,5	1,1 - 2,0
Média	1,6 - 3,0	2,1 - 4,0
Alta	3,1 - 4,5	4,1 - 6,0
Muito alta	> 4,5	> 6,0

Os teores de matéria orgânica são, geralmente, baixos a médios nos solos cultivados em Portugal. Apenas na área correspondente à Direcção Regional de Agricultura de Entre Douro e Minho e em áreas mais restritas de Trás-os-Montes e da Beira Litoral, normalmente associada a zonas de altitude, mais frias, ou a sistemas culturais intensivos com frequentes aplicações de estrumes, surgem teores altos a muito altos (INIAP, 2005).

O método direto de elevar os teores da matéria orgânica do solo é a aplicação, através do espalhamento e incorporação no horizonte superficial, de estrumes e/ou outras matérias orgânicas (lamas de ETAR, compostados de várias fontes, farinha de carne e ossos, bagaço de azeitona e outros), de forma periódica. O conhecimento das características dos materiais aplicados bem como as do solo receptor poderão confirmar os objetivos previstos. Medições efetuadas um ano após a aplicação ao solo de bagaço de azeitona num olival revelaram um acréscimo de matéria orgânica relevante e significativa (aumento de 1% para 4% de carbono na camada 0-0,10 m) para uma quantidade de 120 t ha⁻¹ deste produto (35 t ha⁻¹ de matéria orgânica). A aplicação de 60 t ha⁻¹ (17,5 t ha⁻¹ de matéria orgânica) de bagaço deu origem ao aumento de cerca de 1,3% de matéria orgânica na primeira camada e de 0,5% na camada 0,10-0,20 m. A camada à profundidade de 0,20-0,50 m não viu alterada a sua composição (Dias & Fernandes, 2009).

A cobertura vegetal é importante para fornecer matéria orgânica e sombreamento ao solo, proporcionando, portanto, benefícios não apenas por evitar a erosão, como

também por aumentar os organismos benéficos no solo, como as minhocas e fungos micorrízicos, e controlar a perda de elementos nutritivos do solo.

É de realçar, e a título comparativo com outros materiais, que este apresenta um elevado teor de polifenóis, compostos inibitórios da atividade microbiológica, pelo que a sua decomposição é muito lenta. Outras medidas favoráveis ao aumento do teor da matéria orgânica do solo é o enterramento de restos após a colheita da cultura, a fertilização das culturas executada e calculada de forma a repor os nutrientes que a cultura necessita, sem alterar os níveis de fertilidade do solo mantendo níveis de nutrientes necessários aos microrganismos, a diminuição ou mesmo a não execução de lavouras e/ou gradagens para minimizar a oxidação dos materiais orgânicos e a cobertura do solo nas entrelinhas da cultura principal, com espécies que tenham capacidade de evitar a erosão e sejam capazes de captar azoto da atmosfera (leguminosas) (Fernandes, 2016).

Em solos com baixos teores em matéria orgânica é essencial a adição de um correctivo orgânico de forma a obtermos as vantagens já acima mencionadas. No entanto, deveremos ter atenção na escolha do correctivo orgânico a usar, devendo sempre dar preferência a correctivos com elevado grau de maturação. Durante o processo de compostagem, a actividade microbiana liberta energia que faz aumentar a temperatura no composto até 60 a 80 °C. Este aumento de temperatura origina uma desinfeção do composto à qual se chama pasteurização, na qual são destruídas sementes de ervas e ovos de pragas. Os correctivos frescos tais como chorumes e estrumes por compostar podem ser fonte de sementes de pragas e doenças e conter também sementes de ervas daninhas. Além disso, como não são materiais orgânicos estabilizados podem ter desequilíbrios nefastos nas suas características físico-químicas como relação carbono/azoto, pH, salinidade, etc. (Bot & Benites, 2005).

A qualidade da necromassa é um dos fatores que determina a taxa de decomposição. Quanto mais lábil a matéria orgânica incorporada no solo, mais rápida será a sua contribuição energética para os organismos do solo e o fluxo de nutrientes, isto é, a produtividade do ecossistema. Os efeitos também afetam a formação de uniões com a fração mineral do solo, resultando em agregados mais estáveis. A relação C/N determina a taxa na qual o azoto estará disponível para as plantas, de modo que possa ser usado como um indicador de qualidade de matéria orgânica de meios aeróbios, se apenas a fertilidade da decomposição for atendida. O valor dessa relação é muito alto para a matéria orgânica fresca, e vai diminuindo à medida que a matéria orgânica vai se

transformado em húmus (Casanellas & Reguerín, 2003). No quadro 3 apresenta-se a razão C/N de alguns constituintes do solo.

Quadro 5. Relação C/N em diferentes organismos (adaptado de Casanellas & Reguerin, 2003)

<i>Matéria orgânica</i>	<i>Razão C/N</i>	<i>Matéria orgânica</i>	<i>Razão C/N</i>
Bactérias	4 a 5	Resíduo de trevo	23
Fungos	9	Feno de luzerna	25
Humus	8 a 12	Cobertura vegetal	30
Cobertura morta de jardim	12 a 15	Caulos e folhas de milho	60
Luzerna jovem	12	Palha de trigo	80
Adubo	15 a 20	Palha	90 a 110
Leguminosa madura	20	Xenobióticos	120 e mais
Estrume maduro	20	Serrin	> 250

A relação entre a capacidade de troca catiónica e o carbono também pode utilizar-se como indicador de qualidade de matéria orgânica.

Em geral, considera-se que a atividade microbiana é favorecida pela presença de compostos solúveis em água prontamente solúveis e com a disponibilidade de azoto, o que corresponde a baixos valores de C/N. No entanto, pode ser mais importante na alteração da matéria orgânica, a presença de substâncias inibidoras da atividade microbiana, como taninos condensados, fenóis tóxicos, resinas, terpenos, ácidos orgânicos, entre outros, ou o distúrbio estrutural no organismo de substâncias macromoleculares (Casanellas & Reguerín, 2003).

1.7 Processos de degradação dos solos

A degradação dos solos tem vindo a aumentar e afeta já mais de 20% de todas as áreas cultivadas, 30% das florestas e 10% dos pastos. Culturas exploradas de forma inadequada podem acarretar degradação do solo, perda de fertilidade, aumento do ataque de pragas e doenças e degradação do ambiente (Partelli *et al.*, 2009). Como uma solução para mitigar parte desses problemas, pode-se promover um desenvolvimento rural mais sustentável (Theodoro *et al.*, 2003).

O homem foi reconhecido como agente de desflorestamento, denudação, desertificação, alteração climática e hidrológica. Afinal, o sistema ambiental teve seu fluxo de energia e matéria modificado e, portanto, os processos geomórficos, os limiares e a resiliência passaram a ter outros padrões, além dos padrões até então estudados (Thomaz, 2007).

A principal causa da degradação do solo é a sua má gestão. O aumento da população associado às necessidades crescentes da produção alimentar, as expectativas crescentes do nível de vida e a escassez dos recursos naturais fazem da degradação do solo – erosão, perda de nutrientes, compactação, salinização, redução da matéria orgânica - uma questão de absoluta relevância, sendo premente a proteção do solo contra este tipo de processos (Martins & Fernandes, 2017).

A degradação do solo traduz-se na perda atual ou potencial de produtividade ou utilidade em resultado de fatores naturais ou antropogénicos. Os solos variam na forma como resistem à alteração das suas propriedades, que podem levar à sua degradação. Essa capacidade de resistir e recuperar a forma anterior designa-se por resiliência dum solo. Um solo é tanto mais resiliente quanto mais facilmente recuperar dos efeitos provocados pelos fatores de deterioração. Esta característica está associada direta e principalmente ao teor de matéria orgânica, elemento-chave para responder às alterações a que se encontra sujeito, e à existência de elementos minerais de menor dimensão (limo e argila) (Lal, 1997).

Os solos agrícolas em Portugal apresentam um teor reduzido de matéria orgânica, calculando-se que cerca de 60% apresentem valores inferiores a 2% (Fernandes, 2016), pelo que, quando pouco providos desta característica, são mais suscetíveis à degradação. Madeira (1997), estimou em cerca de 53% a fração dos solos ocupada por Leptosolos, Arenossolos, Podzóis e Cambissolos, com características naturais pouco favoráveis (reduzida espessura, textura grosseira, reduzido teor de nutrientes, elevada erodibilidade) e sujeitos a usos impróprios, constituindo uma área vasta de solos pouco resilientes.

A mobilização tradicional deve, portanto, ser evitada, optando-se pela mobilização reduzida (ou mínima) ou pela mobilização nula, em que o controlo das infestantes é efetuado através da aplicação de herbicidas. Em termos de conservação do solo, as mobilizações, especialmente as do tipo tradicional, provocam à compactação e degradação da estrutura do solo, a formação da crosta superficial, a diminuição da capacidade de retenção da água, a resistência à penetração radicular, a destruição das raízes (o que implica a redução do volume de terra explorado), a redução na disponibilidade de nutrientes, de matéria orgânica do solo e da atividade biológica do solo (Martins & Fernandes, 2017).

As práticas agrícolas influenciam também na rugosidade superficial e, por conseguinte, têm papel fundamental na infiltração, no escoamento e na mobilização de solo. Cassol *et al.*, (1999), verificaram variação na rugosidade superficial para pastagens nativas (Rio Grande do Sul) de acordo com o manejo. Os valores foram os seguintes: testemunha, 0,5 mm; plantio direto, 1,6 mm; convencional, 1,1 mm; subsolagem, 1,8 mm; e gradagem, 0,7 mm. Além disso, constataram correlação significativa (85%) entre o aumento da rugosidade superficial e a taxa de infiltração.

A erosão do solo é a principal e mais generalizada forma de degradação do solo e, portanto, o principal risco ambiental, quer por ser um processo natural, que ocorre ao longo do tempo geológico e que é essencial para a formação do solo, quer porque a atividade humana promove a sua aceleração através da utilização de práticas impróprias de mobilização, de desflorestação e de sobrepastoreio. Em síntese, os solos com suscetibilidade alta à erosão correspondem aos que apresentam texturas médias (franco-arenosa, franca, franco-limosa e limosa), isto é, com teores elevados de limo e de areia fina a muito fina e com teores baixos de argila (< 25%), aos que apresentam uma reduzida espessura (solos delgados), aos que mostram camadas endurecidas à superfície ou com encrostamento e aos que se localizam em declives mais acentuados, especialmente em encostas de grande comprimento e sem coberto vegetal (Martins & Fernandes, 2017).

De acordo com Moniz (1988), a atividade antrópica é um poderoso agente de transformação do solo, que pode acarretar prejuízos incalculáveis quando não controlada. A diminuição dos rendimentos nos cultivos é cada vez maior pela degradação do solo, devido à sobre-exploração, os altos índices de desmatamento, a eliminação da cobertura vegetal e o excesso de lavoura do solo. Uma exploração eficiente do solo na produção de cultivos deve considerar os princípios básicos de sustentabilidade, que se traduzem em processos produtivos ecologicamente saudáveis, economicamente viáveis, socialmente justos, humanos e reguláveis com a aplicação adequada dos adiantamentos e inovações da ciência e tecnologia (Navarro *et al.*, 2008).

A degradação da produtividade das terras é frequentemente induzida pela acção do homem, com consequências prejudiciais às funções biológicas originais do solo. Os contribuintes principais da degradação ambiental são relacionados às práticas agrícolas inadequadas envolvendo sistemas de cultivo como também, o manejo do solo e da água (Gonçalves *et al.*, 2001).

A verificação da degradação de uma área agrícola pode ser observada mediante o empobrecimento da sua fertilidade, desagregação da estrutura, compactação, redução da porosidade, diminuição da infiltração e movimento de água, diminuição da disponibilidade de água, aumento da densidade global, diminuição do rendimento das culturas, e incremento das perdas do solo (Silva, 1998).

A flora e a fauna, cuja diversidade é necessária para a estabilidade do ecossistema, também são negativamente afetadas pelo cultivo contínuo das culturas numa determinada região. É imperativo que os solos sejam conservados tanto no presente quanto para futuras gerações (Guerra & Jorge, 2014).

Os solos com suscetibilidade média à erosão corresponderão aos solos com texturas médias a pesadas, ou seja, as texturas franco-argilo-arenosa, franco-argilosa e franco-argilo-limosa. Por outro lado, os solos com suscetibilidade baixa à erosão compreenderão os solos que apresentam texturas finas, como sejam a argilo-arenosa, argilosa e argilo-limosa, isto é, com mais de 40% de argila (Martins & Fernandes, 2017).

Para Vezzani (2002), qualidade do solo é a aptidão do mesmo de funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens.

Diversos são os fatores causadores da degradação do solo, atuando de forma direta ou indireta, mas quase sempre a grande maioria das terras degradadas inicia esse processo com o desmatamento, que pode ser seguido por diversas formas de ocupação desordenada, como: corte de taludes para a construção de casas, rodovias e ferrovias, agricultura, com uso da queimada, varios tipos de mineração, irrigação excessiva, crescimento desordenado das cidades, sobrepastoreio, uso do solo para diversos tipos de despejos industriais e domésticos (Guerra & Jorge, 2014).

No entanto, a diversificação do ecossistema ajudaria a restaurar a fertilidade do solo, sustentando a produtividade das culturas e conseqüente aumento da renda do agricultor. Entretanto, para alcançar todos esses objetivos, a introdução junto aos agricultores de técnicas disponíveis e comprovadas de manejo e conservação do solo, constitui condição indispensável para minimizar o processo de degradação ambiental, baseando a atividade agrícola em um planejamento ambiental (Martins & Fernandes, 2017).

Segundo Santos & Mafra (2003), este é um processo realizado em etapas, executado sobre um tema central, com a finalidade de analisar determinada situação, para depois possuir competência na tomada de decisões que busquem a sua sustentabilidade. Assim, o planejamento conservacionista dos solos agrícolas deve seguir as seguintes fases de execução: análise dos solos; estudo e compreensão das mesmas e posteriores recomendações; e sugestões de uso.

1.8 Agricultura de conservação

A agricultura de conservação consiste num conjunto de práticas que permitem o manejo do solo agrícola com a menor alteração possível da sua composição, estrutura e biodiversidade natural, defendendo-o dos processos de degradação (erosão do solo e compactação). Algumas das técnicas que constituem a agricultura de conservação são os sistemas de sementeira direta (sem mobilização prévia do solo), sistemas de mobilização reduzida (sem inversão da camada superficial do solo) e os sistemas de mobilização na zona, visando a não incorporação ou a incorporação superficial dos resíduos das culturas, e o estabelecimento de cobertos vegetais vivos (espontâneos ou semeados de espécies apropriadas) em culturas arbustivas e/ou arbóreas, ou entre culturas anuais sucessivas (Maiato, 2016).

De um modo geral a agricultura de conservação inclui qualquer prática que reduza, mude ou elimine a mobilização do solo, e que evite a queima de resíduos, de forma a manter ao longo do ano resíduos de culturas à superfície do solo. A agricultura de conservação permite importantes benefícios ambientais para a sociedade em geral, mas também importantes benefícios económicos para o agricultor (Alvarenga, 1996).

Uma agricultura sustentável é aquela onde o sistema agrícola tem capacidade de prover, a si próprio, todas, ou quase todas, as suas necessidades químicas e biológicas. O solo como parte crucial desse processo, deve ser usado e manejado de tal maneira que possa exercer suas funções adequadamente. Assim, a escolha de um método de preparação de solo é muito importante no auxílio da sua conservação, na maximização da produtividade e no melhoramento da fertilidade do solo (Maiato, 2016).

A literatura indica que a implementação de plantio direto sem rotação de culturas pode resultar em problemas severos com ervas daninhas. Maior diversidade de culturas rotativas resulta em um manejo mais fácil de ervas daninhas. Rotações devem

incorporar culturas semeadas em estações variadas (por exemplo, outono e primavera), anuais e perenes, diferentes herbicidas e/ou várias famílias de culturas (Maiato, 2016).

A cobertura do solo (palhada), além de seus efeitos benéficos citados, acaba por mudar as condições biológicas do sistema por motivos físicos ou químicos. As espécies de plantas daninhas ocorrentes na área tendem a ser alteradas, espécies de fungos e insetos de solo benéficos ou não serão favorecidos (embora outras espécies possam diminuir), justificando a importância da rotação de culturas para evitar problemas com pragas e doenças, principalmente as causadas por fungos necrotróficos e insetos de solo. Para a adoção do sistema de sementeira direta, o produtor rural deve ter uma visão ampla do sistema, entendendo a importância de cada etapa do sistema (não revolvimento de solo, cobertura do solo e rotação de culturas), para conseguir êxito no sistema e não precisar mais retornar ao sistema convencional de cultivo (Munhoz, 2001).

A agricultura de conservação permite aos agricultores minimizar os efeitos de estiagem ou seca, previne o solo de formar crostas, protege o solo do sol intenso, aumenta a infiltração da água evitando a evaporação e mantendo mais umidade no solo, recupera a fertilidade do solo permitindo estabilizar os rendimentos e melhorar a produção por longo tempo. Lavrar o solo é muito caro e oneroso. Os custos de trator, combustível, aluguer de uma junta para lavrar e mão-de-obra elevam em demasia os custos de produção. Muitos agricultores não conseguem cobrir os custos do que produzem e acabam tendo perdas. A agricultura de conservação permite, além de diminuir os custos, aumentar os rendimentos (Maiato, 2016).

De acordo com Lalani *et al.* (2016), a cobertura do solo por plantas e seus resíduos é o fator mais importante na redução da erosão dos solos agrícolas por permitirem a dissipação da energia das gotas de água da chuva (ou da rega). O aumento da cobertura do solo leva a uma proteção maior contra a desagregação de partículas, reduzindo o processo erosivo e contribuindo para aumentar a infiltração de água no solo. A cobertura vegetal é também importante para fornecer matéria orgânica e sombreamento ao solo, proporcionando, portanto, benefícios não apenas por evitar a erosão, como também por aumentar os organismos benéficos no solo, como as minhocas e fungos micorrízicos, e controlar a perda de elementos nutritivos do solo.

Muitos agricultores familiares sofrem de severa falta de mão-de-obra e força agrícola obrigando-os a procurar outras formas de cultivar. A agricultura de conservação permite

aos agricultores produzirem mais alimentos com menos trabalho. Para isso, será necessário mudar radicalmente os sistemas de manejo de solos e culturas, tradicionalmente empregados e, por consequência, os camponeses ficam com maior disponibilidade de tempo e energia e, assim, poderem aumentar a área da machamba a ser explorada e, conseqüentemente, com maiores possibilidades de aumento da produção (Maiato, 2016). A agricultura de conservação tem sido amplamente promovida como uma abordagem agroecológica para a intensificação da produção sustentável (Lalani *et al.*, 2016).

É uma via de conseguir uma agricultura sustentável e melhorar o bem-estar da população. Os princípios da agricultura de conservação são universalmente adequados para todos os tipos de formas de relevo agrícolas em uso. Podem melhorar as práticas agrícolas locais, melhorando a biodiversidade e os processos biológicos naturais acima e abaixo da superfície do solo (Friedrich, 2013).

Esta prática está ligada a três princípios básicos ligados entre si: distúrbio mínimo possível do solo; manter o solo coberto o máximo que possível, se possível durante todo o ano; misturar ou consorciar culturas e fazer a rotação das culturas. Diz um provérbio africano que é impossível cozinhar sem as três pedras. O mesmo acontece com agricultura de conservação, sem conjugar os três princípios jamais se conseguirão um sistema efectivo (Maiato, 2016).

No entanto, estudos mais recentes realizados pela FAO (2012) e Friedrich *et al.* (2012), reforçaram a ideia de que o sistema de agricultura de conservação deve ser tomado como uma técnica importante para a sua produtividade (através das suas técnicas de cultivo). Além disso, este sistema deve ser tomado como relevante para preservar e aumentar a base dos recursos naturais e do meio ambiente, sendo um contributo positivo para as mudanças climáticas quando comparada com a agricultura tradicional.

1.9 Agricultura de conservação no setor herbáceo

Um aumento no carbono orgânico do solo associado à lavoura de conservação também leva a uma melhoria na estrutura e agregação do solo em comparação com o preparo convencional (Bruce & Langdale, 1990).

Os efeitos benéficos da agricultura de conservação serão perdidos se o solo for cultivado mesmo após um período relativamente longo sob lavoura de conservação (Gilley & Doran, 1997). Portanto, é geralmente admitido que, embora possa haver um aumento no carbono orgânico do solo para solos manejados com o preparo do solo onde há o preparo mínimo, há uma ausência de dados para testar essa hipótese (Franzluebbers, 1997). Conseqüentemente, para a agricultura de conservação, somente o plantio direto resulta em um aumento significativo no carbono orgânico do solo. Além disso, quando ocorre a conversão do preparo convencional para o plantio direto, os benefícios do aumento do carbono orgânico no solo ocorrem muito rapidamente (McCarty *et al.*, 1998).

Os níveis de carbono no solo são determinados pelo balanço de entradas, como resíduos de culturas e corretivos orgânicos, e as perdas de carbono através da decomposição da matéria orgânica. Assim, o manejo para aumentar o carbono orgânico do solo requer o aumento da entrada de carbono, a diminuição da decomposição, ou ambos (Van Noordwijk *et al.*, 1997).

A lavoura em cultivos herbáceos afeta os processos de decomposição por meio do distúrbio físico e da mistura do solo, expondo os agregados do solo a forças disruptivas e através da distribuição dos resíduos das culturas no solo (Beare *et al.*, 1994). A lavoura também afeta a temperatura do solo, o arejamento e a retenção de água pelo seu impacto nos resíduos superficiais, cobertura e estrutura do solo. Aumentando a área de superfície efetiva do solo e continuamente expondo novos solos a ciclos de humedecimento/secagem e congelamento/descongelamento na superfície, o preparo do solo torna os agregados mais suscetíveis a rompimento e materiais orgânicos inter-agregados fisicamente protegidos tornam-se mais disponíveis para decomposição (Paustien *et al.*, 1999).

Não obstante, estudos feitos por Lalani *et al.* (2016), mostram que o potencial para aumentar a produção de alimentos através da agricultura convencional intensiva tem sido bem documentado. Assim, o discurso sobre a sustentabilidade agrícola agora sustenta que os sistemas com alto nível de sustentabilidade são aqueles que fazem o melhor uso do meio ambiente enquanto protegem seus ativos (Tilman, 1999).

Agricultura de conservação faz parte desse paradigma alternativo às abordagens dos sistemas de produção agrícola onde faz parte a sementeira directa que é uma técnica

dentro da agricultura de conservação, na qual não há mobilização prévia do solo, sendo todo o trabalho realizado por um semeador especial (semeador de sementeira directa), o qual abre um sulco, com secção e profundidade suficientes para nele se depositar a semente, e o adubo (caso tenha duas tremonhas e os respectivos sistemas de distribuição) cortando os resíduos existentes na superfície e fechando o sulco. Ou seja, apenas a linha da cultura é mobilizada mecanicamente pelo próprio semeador. O controlo de infestantes, quer de pré-sementeira, pré-emergência ou pós-emergência é obrigatoriamente químico (Pretty, 2008).

A possibilidade de dispormos de semeadores que conseguem semear sem a necessidade de preparação prévia do terreno, vencendo a resistência que o solo oferece e por vezes com quantidades significativas de resíduos, elimina a obrigatoriedade de mobilização do solo, seja para alterar a sua estrutura, incorporar resíduos ou preparar a denominada “cama da semente”, indispensável em agricultura com recurso à mobilização do solo, apoiada em semeadores convencionais (Lalani *et al.*, 2016).

De acordo com Lalani *et al.* (2016) a cobertura permanente do solo com uma camada de resíduos vegetais (mulch) é de extrema importância para o êxito do sistema de agricultura de conservação/sementeira directa. A manutenção de um coberto permanente de resíduos homogeneamente distribuídos à superfície, protege o solo contra a erosão provocada pelo impacto directo da gota de chuva, ajuda no controlo de infestantes, possui um efeito positivo na conservação da humidade e temperatura do solo, e contribui para a melhoria das características químicas (teor de matéria orgânica), físicas e biológicas do solo.

A área perturbada deve ter menos de 15 cm de largura ou menos de 25% da área cultivada. Não deve haver lavoura periódica que perturbe uma área maior que os limites acima mencionados. Na cobertura orgânica do solo são distinguidas três categorias: 30 a 60%; 60 a 90%; e mais de 90% de cobertura do solo, medidas imediatamente após a operação de semeadura directa. Área com menos de 30% de cobertura não é considerada como agricultura de conservação. As rotações/associações devem envolver pelo menos três culturas diferentes (FAO, 2012).

Agricultura de conservação, por definição, é agora praticada em mais de 125 milhões de hectares em todo o mundo, em todos os continentes e ecologias (Friedrich *et al.*, 2012). Ela também é usada em vários tamanhos de áreas agrícolas, de pequenos a agricultores

de grande escala e em uma ampla variedade de solos desde argilosos até altamente arenosos. Houve, no entanto, experiências mistas com a agricultura de conservação, particularmente na África subsaariana, onde sistemas agricultura de conservação conduzidos por mão-de-obra humana e tração animal (dada a falta de mecanização) predominam em oposição a sistemas acionados por máquinas (isto é, envolvendo um mínimo perturbação do solo) que estão sendo usados em outras partes do mundo (Giller *et al.*, 2009).

Os rendimentos sob agricultura de conservação podem até incorrer em perdas em comparação com a agricultura convencional, especialmente no curto prazo e em anos excessivamente húmidos (Thierfelder & Wall, 2010). O tempo específico para os benefícios se concretizarem demora um determinado período de tempo e os agricultores estão preocupados com os custos e benefícios imediatos (como a segurança alimentar, sobretudo em África) e não com o futuro. Rusinamhodzi *et al.* (2011) descobriram que a agricultura de conservação tem benefícios adicionais, mas estes são amplamente encontrados a longo prazo.

Uma recente revisão sistemática realizada por Wall *et al.* (2013) para agricultura de conservação na África Oriental e Austral (sistemas baseados em milho [*Zea mays*]) também descobriram que os rendimentos eram geralmente iguais ou superiores à agricultura convencional. Wall *et al.* (2013) postulam ainda que sistemas de agricultura de conservação bem-sucedidos requerem níveis adequados de fertilidade do solo e produção de biomassa. A viabilidade da retenção de resíduos de culturas, particularmente em sistemas fortemente mistos de lavoura e pecuária, também tem sido questionada (Giller *et al.*, 2009).

Nkala (2012) sugere que a agricultura de conservação não está beneficiando os agricultores mais pobres e que eles precisam de incentivos na forma de fatores de produção subsidiados. Grabowski e Kerr (2013) argumentam ainda que, sem fertilizantes subsidiados, a adoção de agricultura de conservação será limitada mesmo em parcelas pequenas ou abandonadas por completo. O acesso a fertilizantes e outros fatores de produção, incluindo herbicidas, é, portanto, uma questão controversa, com vários autores argumentando que, para a agricultura de conservação a produtividade é melhorada, mas aplicações adequadas de fertilizantes e de herbicidas precisam ser utilizadas (Lalani *et al.*, 2016).

Wall *et al.* (2013), verificaram em sua revisão que os estudos com melhores rendimentos foram fertilizados (incluindo esterco animal) e tinham tanto retenção de resíduos como controle químico de ervas daninhas, complementado por capina manual - requerendo fatores de produção que na realidade estão além do alcance da maioria dos pequenos produtores. Portanto, as práticas culturais adicionais para agricultura de conservação incluem: (i) selecionar variedades altamente competitivas; (ii) alterar datas de sementeira; (iii) prevenir o aparecimento de sementes de ervas daninhas; (iv) ajuste do arranjo de plantio e densidade e colocação de fertilizantes; e (v) bio-controle microbiano.

1.10 Agricultura de conservação do solo em olival

Os olivais são um ecossistema agrícola muito significativo no Mediterrâneo, onde se encontra a maior área de cultivo de azeitonas do mundo e onde se produz mais de metade do azeite mundial (Carpio *et al.*, 2017). Nas últimas décadas, o setor do azeite também foi objeto de um processo de expansão e intensificação (irrigação e uso intensivo de fertilizantes, pesticidas e maquinaria) e tem sido recorrentemente ligado a vários problemas ambientais, como a pressão sobre os recursos hídricos, poluição difusa, degradação do solo e a biodiversidade (Scheidel & Krausmann, 2011).

Além disso, a erosão do solo em pomares de oliveira nesta região tem sido repetidamente mencionada como uma das principais ameaças à sustentabilidade desta cultura (Gómez *et al.*, 2014). Uma vez que os danos atribuídos à erosão hídrica implicam uma redução da fertilidade do solo e do armazenamento de água e, conseqüentemente, da produtividade do olival, bem como dificuldades no acesso e movimento nos pomares devido à erosão. Por outro lado, os principais efeitos externos da erosão hídrica envolvem a contaminação de águas superficiais e subterrâneas por agroquímicos, especialmente herbicidas e fertilizantes (Carpio *et al.*, 2017).

Para resolver o crescente problema da erosão do solo, as políticas públicas nos regulamentos da PAC implementaram exigências obrigatórias (condicionalidade), em olivais localizados em áreas de declives médios iguais ou superiores a 15%, de manter uma cobertura vegetal de pelo menos 1 m de largura nas faixas e proibição de mobilizações com reviramento de leiva (MAPAMA, 2017). Apesar disso, em muitos

olivais, a lavoura repetida ainda é usada e combinada com o uso descontrolado de herbicidas, com resultados negativos na conservação do solo e na biodiversidade.

No entanto, vários estudos mostraram que a olivicultura é compatível com a preservação de certa biodiversidade e com uma menor perda de solo se o manejo for menos intensivo (Ballais *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2017) e a complexidade da paisagem é mantida (Cohen *et al.*, 2015). O uso de plantas de cobertura nas faixas dos olivais mostrou um efeito benéfico na redução da erosão do solo, melhorando as propriedades do solo e aumento da biodiversidade em explorações experimentais (Paredes *et al.*, 2013).

Para maximizar a protecção do solo pode mesmo estabelecer-se pastagens semeadas à base das leguminosas de ciclo curto mantidas com ovinos (ou através do corte). Estas pastagens permitem enriquecer o solo com azoto através da fixação biológica. Isto é, associado ao sistema radicular das leguminosas vivem bactérias (conhecidas por rizóbios), que em simbiose com as leguminosas, fixam azoto directamente da atmosfera. A planta fornece energia e alimento aos microrganismos e estes por sua vez fornecem azoto indispensável ao desenvolvimento da planta. Esta cobertura protege também o solo eficazmente contra a erosão, sendo um método muito aceitável na perspectiva ambiental (Rodrigues & Cabanas, 2017).

Além disso, o sobrepastoreio, juntamente com uma baixa disponibilidade de recursos alimentares naturais alternativos, pode impedir o estabelecimento de culturas de cobertura herbácea em olivais. Isto pode ser particularmente agudo no caso do uso de espécies altamente palatáveis como culturas de cobertura, que podem não ser viáveis como resultado do pastoreio de várias espécies animais (Alcántara *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2015).

Nas regras de produção integrada do olival da OILB/SROP (Malavolta *et al.*, 2002) recomenda-se fortemente a manutenção de coberturas vegetais durante o Inverno, com excepção das regiões áridas onde essa cobertura possa criar deficiência hídricas. Por outro lado, no âmbito das medidas agro-ambientais existem atualmente incentivos financeiros ao enrelvamento das entrelinhas (Rodrigues & Cabanas, 2007).

Estudos feitos por Carpio *et al.* (2017) mostram que embora as ervas perenes possam ser culturas de cobertura mais adequadas, devido a uma maior capacidade de regeneração após o pastoreio e que possam cobrir o solo durante todo o ano, a sua

utilização como cobertura vegetal nas faixas dos olivais não parece inteiramente aconselhável, uma vez que as plantas perenes competiriam com as oliveiras pela água durante o período das necessidades máximas de água do olival (estação quente-seca) e, portanto, apenas as ervas anuais que definham no meio da primavera são adequadas neste contexto.

Mais vegetação melhora a transitabilidade das máquinas, devido ao menor risco de compactação do solo, para além das vantagens já discutidas, da proteção contra a erosão e do incremento da matéria orgânica no solo. Por outro lado, quando as infestantes estão muito desenvolvidas elas são mais resistentes, exigindo o controlo da vegetação que pode ser feita com a aplicação de herbicidas, pastoreio ou por corte, desde que não ultrapasse o mês de Abril, sob pena de se estar a perder muita água (Rodrigues & Cabanas, 2009).

É necessário ter em mente que, para ser realmente eficaz em termos de proteção contra a erosão no olival, é necessário alcançar um aumento da cobertura vegetal em médio prazo bem acima de 30%. Portanto a colonização subsequente será reforçada com o uso de técnicas simples de manejo, como a redução do tráfego em faixas e a prevenção de roçada ou pulverização com herbicidas. Assegurar que o surgimento precoce de auto-sementeira logo após as primeiras chuvas de outono estimulará o crescimento inicial das plantas devido às altas temperaturas no início e no meio do outono na região. Isso permitirá a obtenção de uma cobertura maior durante o inverno. Se a pressão de pastejo dos animais não for muito alta, a implantação de outras espécies, como *Bromus rubens*, poderia garantir uma maior cobertura do solo, o que poderia reduzir a erosão do solo e aumentar a biodiversidade com maior eficácia (Carpio *et al.*, 2017).

No entanto, o estabelecimento de culturas de cobertura não é facilmente adoptado pelos agricultores e ainda persistem numerosos problemas práticos ao tentar introduzir e gerir culturas de cobertura em explorações comerciais, particularmente em zonas semiáridas, devido ao risco de competição pela água do solo com oliveiras quando o manejo de cobertura vegetal é inadequado (Gómez *et al.*, 2014).

A introdução de pastagens de leguminosas no olival permite resolver o maior problema de fertilização destes pomares que é o fornecimento de quantidades satisfatórias de azoto. Nesta fase é urgente estudar formas de conseguir manter cobertos de leguminosas de forma sustentável sem recorrer a ovinos. À ideia base deverá passar pelo uso de equipamentos de corte para simular a ação dos animais. Podem também ser cultivadas

espécies leguminosas para sideração ou estrume verde, como tremoceiros, ervilhacas e favas. O objectivo será tirar partido da capacidade das leguminosas em se associarem às bactérias fixadoras de azoto. Plantas como os tremoceiros têm uma grande tradição de uso em particular no Norte de Portugal. Estas plantas durante o seu desenvolvimento acumulam quantidade elevada de azoto nos seus tecidos. Posteriormente, após a sua morte e decomposição no solo, fornecem o elemento às oliveiras (Rodrigues & Cabanas, 2009).

1.11 Mobilização

A mobilização dos solos é uma prática que vem sendo feita desde o início da agricultura, com a finalidade de preparação e remoção das infestantes da camada superficial para as sementeiras e a cobertura das sementes. As mobilizações servem ainda para incorporar nos solos fertilizantes e os estrumes. Nos dias de hoje, esta prática ainda é muito usada como sistema de manutenção do solo mais dominante nos olivais tradicionais de sequeiro (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Um olival bem mobilizado, isto é, livre da vegetação herbácea espontânea, foi durante muitos anos sinónimo de boa prática agrícola. Apesar da fruticultura atual ter praticamente abandonado as mobilizações, estas são ainda o método de gestão do solo mais generalizado entre os pequenos produtores do olival tradicional da bacia mediterrânica (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Em Portugal, sobretudo nas produções agrícolas mais marginais, como é o caso do amendoal tradicional, as mobilizações de solo são ainda o método mais generalizado de combate às infestantes. Também em Espanha, a mobilização do solo está generalizada em praticamente a totalidade das plantações de amendoal tradicional. Os produtores de amêndoa mobilizam o solo duas a quatro vezes ao ano. Normalmente fazem uma a duas mobilizações na Primavera para destruição das infestantes (Arquero & Serrano, 2013).

Em olival tradicional conduzido em sequeiro, o solo é mobilizado visando um objectivo principal destruir as infestantes que competem com as oliveiras pela água e pelos nutrientes, destruir a vegetação herbácea espontânea que todos os anos se desenvolvem nos pomares e que compete com as árvores por recursos importantes disponíveis no solo, como a água e os nutrientes. Durante anos, as mobilizações foram a única forma disponível para manter os pomares livres das infestantes. Contudo, no caso do olival e

de outras culturas arbóreas os métodos de luta mecânica, como as mobilizações, prevalecem ainda (Rodrigues & Cabanas, 2007).

No passado o olival era mobilizado com tracção animal. A boa prática agrícola aconselhava duas mobilizações anuais, a primeira no início da Primavera, a partir de Março e uma segunda mobilização a partir de Maio. O elevado tempo consumido na operação levava a que muitos agricultores mobilizassem o olival apenas uma vez, neste caso preferencialmente mais próximo do fim da Primavera, para que as infestantes não voltassem a aparecer. Portanto, com a mecanização da agricultura, e com a generalização do uso tractor, veio permitir que o número de mobilizações anuais aumentasse. Nos anos mais recentes tem sido frequente ver agricultores mobilizarem os olivais até três vezes ao ano: no início da Primavera; no fim da Primavera; e no início do Outono, às primeiras chuvas. Utilizam-se, sobretudo alfaias de dentes como o escarificador, se bem que por vezes equipados com pequenas aivecas, tipo charrua (Rodrigues & Cabanas, 2009).

As mobilizações de Primavera destroem grande parte do sistema radicular superficial onde está suportada a alimentação da árvore. Depois do repouso vegetativo de Inverno, com o aumento da temperatura, a planta intensifica a sua actividade metabólica, originando ramos novos e desenvolvendo floração intensa. Nesta fase a árvore apresenta elevadas necessidades de nutrientes e água. As mobilizações de solo efectuadas na Primavera, destruindo o sistema radicular, dificultam a absorção dos nutrientes e da água, submetendo a planta a intenso stresse ambiental. (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Admite-se que as mobilizações criam uma descontinuidade no fluxo ascendente de água, barrando a subida de água por capilaridade das camadas inferiores para as camadas superficiais em desidratação. Isto será, sobretudo, relevante em pomares de sequeiro em que a disponibilidade de água é o principal fator que determina a produtividade. Contudo, se a operação for realizada com alguma humidade na camada superficial, esta será rapidamente perdida devido ao processo de arejamento do solo (Rodrigues & Arrobas, 2017).

Assim, a seguir a uma chuvada do verão, a técnica só poderia ter alguma eficácia se a quantidade de precipitação atingisse camadas de solo com alguma profundidade, de contrário a mobilização só iria contribuir para a perda mais rápida da água presente na camada superficial. Estudos realizados em Espanha em olival e em amendoal têm,

contudo, demonstrado que as mobilizações estão associadas a maiores perdas de água por evaporação que sistemas alternativos de gestão do solo sem mobilização (Almagro *et al.*, 2016).

Estudos feitos por Montanaro *et al.* (2010) e Ramos *et al.* (2011), têm também demonstrado que solos mantidos com coberturas vegetais apresentam teores de matéria orgânica mais elevada bem como outros parâmetros de fertilidade do solo. A mobilização do solo pode assegurar um bom controlo da vegetação, mas perde-se alguma água por evaporação, embora este aspecto não seja, em princípio, significativo. O problema das mobilizações não é a falta de controlo da vegetação, mas sim a destruição do sistema radicular que impede a absorção da água e dos nutrientes.

As mobilizações são mais frequentes na Primavera, quando as árvores estão em intensa atividade fisiológica, privando-as temporariamente daqueles recursos. Por outro lado, a destruição do sistema radicular superficial obriga a árvore a gastar anualmente fotoassimilado para repô-lo em vez de canalizá-los para a parte aérea, para a produção de novos ramos, flores e frutos. Embora difícil de quantificar, a perda regular de parte do sistema radicular será um dos aspetos negativos importantes a ter em conta quando se opta por mobilizar os pomares (Rodrigues *et al.*, 2011).

Quando se mobiliza incrementa-se a atividade dos microrganismos fornecendo oxigénio. As mobilizações frequentes provocam ainda a destruição dos agregados expondo a matéria orgânica nativa do solo que estava protegida pêlos complexos argilo-húmicos à ação dos microrganismos. Assim, para condições ecológicas similares, solos mobilizados, sobretudo quando a operação é feita várias vezes ao ano, apresentam teores de matéria orgânica mais baixa e de menor atividade biológica em comparação com solos mantidos com vegetação à superfície (Ferreira *et al.*, 2013; Almagro *et al.*, 2016).

Contudo, a densidade aparente pode aumentar em solos mantidos em sistemas de não mobilização com solo nu (Martínez-Mena *et al.*, 2013). Tendo em conta a sensibilidade à asfixia radicular de algumas fruteiras, em solos que tendam a compactar pode haver necessidade de implementar um sistema com mobilização reduzida (Rodrigues & Arrobas, 2017).

As mobilizações de solo têm, contudo, vindo a ser abandonadas em vastas áreas do globo. Uma das razões principais é o facto de se ter demonstrado que um solo

mobilizado, desprotegido de cobertura herbácea, sofre elevados riscos de erosão (Kairis *et al.*, 2013). Por outro lado, as mobilizações não contribuem para a economia de água do solo antes aumentam a sua perda por evaporação (Pastor, 2008).

1.12 Utilização de herbicidas

O uso de herbicidas tem permitido o aumento da produtividade das oliveiras ao reduzir a competição com as infestantes (Rodrigues *et al.*, 2010). Este sistema de gestão dos cobertos tem demonstrado ação rápida e resultados máximos, por sua eficácia de custo e ação rápida. Além disso, esse método também foi considerado economicamente viável quando comparado a outras estratégias de controle de plantas daninhas (Hakoomat *et al.*, 2017).

O aparecimento dos herbicidas impulsionou a gestão de cobertos vegetais que anualmente invadem os campos de cultivo. São utilizados na agricultura moderna com um objectivo principal, combater as infestantes dos campos de cultivo. Em muitos contextos agrícolas, como a olivicultura, os herbicidas são usados como métodos alternativos às mobilizações (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Deve também ter-se em conta que alguns herbicidas, sobretudo se mal aplicados, podem causar fitotoxicidade nas árvores e contaminar as águas, sobretudo as substâncias de ação residual. É também espectável que ocorra reversão da flora infestante, isto é, tendem a dominar o coberto um reduzido número de espécies tolerantes aos herbicidas utilizados, o que normalmente leva a que aumentem as dificuldades do combate e à necessidade de mudar de substância ativa. Os equipamentos de aplicação de herbicidas devem estar em perfeitas condições e devidamente calibrados antes de serem utilizados (Celis *et al.*, 2007; Canero *et al.*, 2011; Rodrigues & Arrobas, 2017).

Os herbicidas residuais (por vezes em mistura com herbicidas pós-emergência) são também utilizados em sistemas mistos de gestão da vegetação em que ao longo das linhas de plantação se destrói a vegetação com herbicidas e na entrelinha se mantém uma faixa de enrelvamento permanente gerido com corte da vegetação. Por vezes são usados exclusivamente herbicidas pós-emergência como método de gestão da vegetação. Nestes sistemas permite-se o desenvolvimento de vegetação herbácea durante o Inverno, com papel importante na proteção e melhoria na fertilidade do solo, sendo a vegetação destruída durante a Primavera para reduzir a competição da

vegetação pelos recursos hídricos. A vegetação seca, queimada pelo herbicida, confere alguma proteção ao solo durante o Verão. Este sistema de gestão do solo quando bem aplicado tende a aumentar a produção e a produzir bons indicadores de fertilidade do solo (Rodrigues *et al.*, 2011; Ferreira *et al.*, 2013).

1.13 Cobertos vegetais

Nos olivais os cobertos vegetais podem ser de natureza muito variada, podendo ser vegetação natural ou semeada. A escolha do melhor coberto pode depender de variáveis diversas, como as condições ecológicas (clima, solo) e culturais (sequeiro, regadio) em que cada olival está inserido (Rodrigues & Arrobas, 2017).

A cobertura do solo nos olivais fornece o estabelecimento dos sistemas radiculares e conferem a proteção contra a erosão - principal problema ambiental da agricultura mediterrânica. Por outro lado, a vegetação herbácea é a única fonte de carbono no solo ao longo do ano, pelo desenvolvimento dos sistemas radiculares e pela deposição dos tecidos mortos das infestantes (Rodrigues & Correia, 2009).

Gerir cobertos vegetais naturais ou semeados tem influência significativa na produtividade das árvores, na sustentabilidade do sistema de produção, no rendimento do produtor e pode ainda ter implicações ambientais significativas. Mais recentemente, e associados a motivações ecológicas e de preservação ambiental, têm sido promovidos sistemas de manutenção do solo que prevêm uma maior permanência de vegetação herbácea natural ou semeada nos pomares e em que as mobilizações e/ou a aplicação de herbicidas perdem significado ou são integralmente abandonadas (Rodrigues & Arrobas, 2017).

A cobertura pode ser também de uma fonte importante de azoto, quando se trata de espécies de famílias de leguminosas que estabelecem relações simbióticas com bactérias do gênero das rizobiáceas. Os cobertos interagem modificando o meio e estabelecendo relações múltiplas com outros organismos vivos e com o solo. Em teoria podem ser hospedeiros alternativos de pragas e doenças da oliveira, mas também podem fomentar o papel dos auxiliares. O próprio microclima do olival pode ser alterado com a presença de cobertos. Constituem-se também reservatório de genes e hoje ninguém tem dúvidas do quanto negativa pode ser a perda da biodiversidade (Rodrigues & Correia, 2009).

1.14 Cobertos vegetais naturais

Os cobertos de vegetação natural consistem na gestão da vegetação espontânea que surge periodicamente no pomar. A quantidade e natureza da vegetação que se desenvolve dependem da fertilidade do solo e das técnicas de controlo da vegetação que forem implementadas. De uma maneira geral, esta vegetação cumpre adequadamente o requisito de proteção do solo contra a erosão, uma vez que a elevada diversidade de espécies mantém o solo coberto durante todo o ano, normalmente com vegetação verde do outono à primavera e vegetação seca no período estival (Rodrigues & Arrobas, 2017).

A vegetação natural apresenta algumas outras vantagens, sendo a primeira o facto de não ter custos de instalação. Por outro lado, tendem a ser cobertos de elevada biodiversidade, com cadeias tróficas mais ricas, o que pode reduzir a incidência de algumas pragas por favorecimento dos auxiliares (Guzmán & Foraster, 2011). Infelizmente, por vezes também se suspeita que a vegetação espontânea possa ser hospedeira alternativa de pragas e doenças e agravar a situação fitossanitária do pomar (Penman & Chapman, 2011).

A vegetação natural é muito competitiva devido à elevada diversidade de espécies que contém. O risco de perda de produção é elevado, sobretudo em olivais de sequeiro. Quando se faz a gestão da vegetação pelo corte pode haver necessidade de efetuar várias passagens, de forma a conter a perda de água através da transpiração do coberto. A vegetação natural pode também ser gerida com a aplicação de herbicidas pós-emergência a partir da Primavera. Por este processo o controlo da vegetação tende a ser mais eficaz, pelo que pode estar mais adequado aos pomares de sequeiro. Nestes casos, preconiza-se a destruição da vegetação entre o fim de março e o início de abril, quando os riscos de limitação hídrica são reais (Rodrigues & Arrobas, 2017).

1.15 Cobertos vegetais semeados

Os cobertos vegetais semeados é também um sistema muito usado em olivais. Quando se semeia um coberto vegetal num pomar assume-se que a vegetação semeada apresenta vantagens relativamente à vegetação espontânea, pois a sementeira e a gestão dos cobertos semeados geram custos que a vegetação espontânea não tem. Nos pomares tem-se ensaiado um pouco de tudo, gramíneas (cevada, aveia, azevém), leguminosas

(tremoceiros, ervilhacas, espécies pratenses), brássicas (mostarda, colza), misturas das anteriores (aveia com ervilhaca, misturas pratenses biodiversas) e até uma diversidade de plantas aromáticas e medicinais (tomilho, salva, alecrim). Qualquer das soluções apresenta particularidades próprias que devem ser avaliadas na escolha do coberto para um dado pomar (Rodrigues *et al.*, 2010).

As brássicas como mostarda e colza podem ser usadas como sideração para promover o teor de matéria orgânica no solo, uma vez que apresentam bom desenvolvimento vegetativo durante inverno e elevada produção de biomassa (Rodrigues *et al.*, 2010). As gramíneas têm sido propostas para olival e amendoal, sobretudo em regadio e solos argilosos, para controlar a erosão, melhorar as propriedades físicas do solo e favorecer a transitabilidade de equipamentos agrícolas (Ramos *et al.*, 2011; Guzmán & Foraster, 2011; García-Franco *et al.*, 2015).

As leguminosas, designadamente ervilhacas e tremoceiros, têm sido usadas a pensar na capacidade destas espécies em fixar azoto atmosférico e melhorar a fertilidade do solo permitindo a redução de custos com a aplicação de fertilizantes azotados (Rodrigues *et al.*, 2013; Arrobas *et al.*, 2015; Ferreira *et al.*, 2015; Almagro *et al.*, 2016).

Nos anos recentes tem sido dada atenção particular aos cobertos vegetais semeados à base de leguminosas anuais de ressementeira natural. As leguminosas têm acesso a azoto atmosférico através da relação simbiótica que estabelecem com microrganismos da família Rizobiaceae (Cooper & Scherer, 2012).

Devido ao potencial de fixação de azoto das leguminosas e à facilidade de gestão destes cobertos, estão a ser fortemente promovidos pelos investigadores (Driouech *et al.*, 2008; Mauromicale *et al.*, 2010; Arrobas *et al.*, 2011; Rodrigues *et al.*, 2010; 2013), esperando-se que a sua utilização aumente de forma significativa nos próximos anos nos pomares e vinhas da região mediterrânica.

1.16 Sistemas mistos de gestão do solo

Estes métodos de gestão da vegetação recorrem a uma combinação de métodos como as mobilizações, usos de herbicidas ou cobertos vegetais. Uma solução de gestão do solo não pode ser separada do contexto. Isto é, não será fácil responder de forma simples qual a melhor solução para manter o solo dos olivais. Provavelmente a solução depende do contexto agroecológico, designadamente do tipo de solo (textura, declive) e do

sistema de cultivo (regadio, sequeiro). Em muitas situações, preconizam-se, inclusive, sistemas mistos em que parte da superfície do solo é gerida com mobilizações, herbicidas, ou cobertos vegetais (Rodrigues & Arrobas, 2017).

Segundo Serrine *et al.* (2008) e Jackson (2011), provavelmente o método de gestão do solo mais utilizado em pomares de todo o mundo consiste em criar uma zona livre de infestantes junto à linha das árvores e permitir o desenvolvimento de vegetação natural ou semeada nas entrelinhas. Junto às árvores a vegetação é destruída com herbicidas residuais, pós-emergência ou combinação de substâncias ativas, para proteção do sistema de rega e reduzir a competição da vegetação com as árvores. Na entrelinha permite-se o desenvolvimento da vegetação, que pode ser gerida com destróador.

1.17 Gestão de cobertos com pastoreio

O pastoreio tornou-se um método de manutenção da vegetação herbácea muito eficiente e sustentável em olival. Os produtos do rebanho (carne, leite, lã) valorizam esta opção e compensam alguma quebra de produção de azeitona que possa ocorrer. Pode também economizar-se em fertilizantes não só pela produção de estrumes, mas também pelos dejectos dos rebanhos que são dispersos pelos olivais. Entretanto, o número de produtores a efetuar este sistema ainda é menor e os rebanhos disponíveis comparativamente com a área de olival é ainda insignificante (Rodrigues & Cabanas, 2009).

A ação de pastoreio, segundo Morris (2000), modifica a estrutura da vegetação pela seleção entre plantas palatáveis e não palatáveis e influencia na variação topográfica, alterando a heterogeneidade espacial dos táxons.

Nesse contexto, Nabinger *et al.* (1999), citam também o pastoreio como uma das principais atividades económicas, sendo considerado frequentemente o principal fator mantedor das propriedades ecológicas e das características fisionómicas dos campos.

Para Bazzaz (1983) o pastoreio tem papel muito importante na geração e manutenção de características como diversidade específica e organização da comunidade, mas essas alterações nem sempre se dão de forma benéfica. Altas pressões de pastoreio são relacionadas por Zhao *et al.* (2006) com a redução da diversidade de plantas herbáceas e arbustos em áreas de pastagem, já que a ação do pastoreio é seletiva de acordo com a

apetência das plantas ao paladar dos pastadores. Devido a esse fato, a composição de espécies e a estrutura da vegetação estão sujeitas às perturbações exercidas no meio.

Foi constatado em pesquisas realizadas por Schneider & Galvão (1979), que há uma íntima relação entre a intensidade do pastoreio e a modificação (seleção) na composição de espécies. Nesse contexto, Torres *et al.* (2012), indicam dois aspectos que requerem maior atenção no manejo animal sobre pastagens: a pressão de pastoreio e a movimentação dos animais. Outro critério ao qual deve ser dada maior ênfase é a análise da densidade de animais sobre as áreas de pastagens naturais, com a finalidade de sempre buscar um equilíbrio razoável (Redin, 2013).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Localização e caracterização da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido num olival de sequeiro (Pinheiro Manso), localizado no Distrito de Bragança, nordeste de Portugal (41° 48' N; 6° 44' W). É um pomar da variedade Cobrançosa com cerca de 200 árvores/ha de densidade e com um pouco mais de 70 anos de idade. O espaçamento entre as árvores é de 7 x 7 m. o ensaio está instalado num Leptosolo de pH próximo da neutralidade e um declive próximo dos 2%.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, a região está sob influência de um clima Temperado ou Mesotérmico do tipo C, pertencendo ao subtipo Csb, clima temperado húmido com Verão seco e temperado. Uma temperatura média anual superior a 10 °C e inferior ou igual a 12,5 °C e uma precipitação acumulada entre 600 a 800 mm determinam a sua inclusão na designação local de “Terra Fria de Planalto” (Agroconsultores & Coba, 1991).

Os registos meteorológicos para o período em estudo na estação meteorológica de Bragança são apresentados na figura 1.

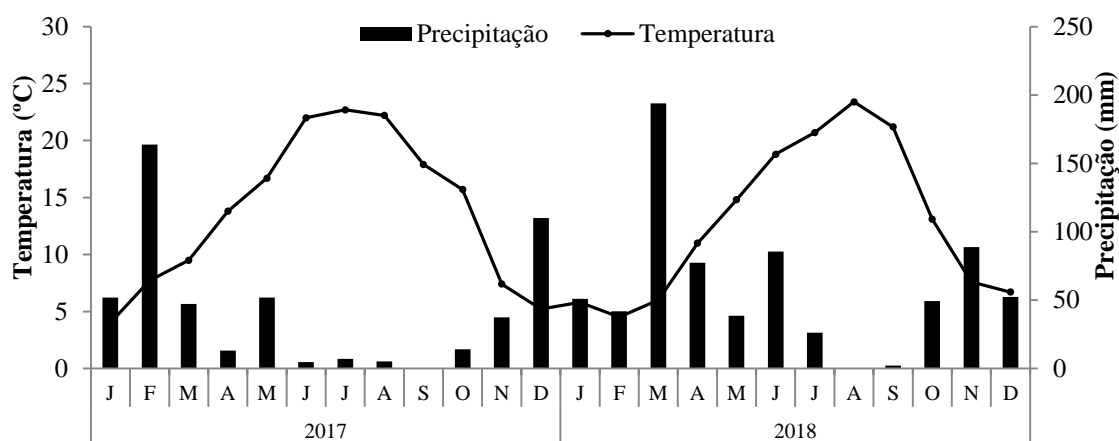


Figura 1. Precipitação e temperatura médias mensais na estação meteorológica de Bragança entre janeiro a dezembro de 2017 e 2018.

2.2 Delineamento experimental

O ensaio foi conduzido em delineamento completamente casualizado. Teve início em 2001, com a implementação de três formas de gestão do solo (tratamentos), nomeadamente: herbicida não seletivo; pastoreio; e mobilização. Foi estudado o efeito

dos sistemas de gestão do solo no estado nutricional das árvores e na produção de azeitona. Na altura em que se deu início à atividade o solo era gerido sob forma de pastagem natural.

O talhão mobilizado passou a ser escarificado duas vezes ao ano na Primavera, entre Abril e Maio. O talhão gerido com herbicida foi tratado com um produto à base de glifosato uma vez por ano na primeira quinzena de Abril. Previamente à aplicação dos tratamentos da gestão do solo, em outubro 2001, foram selecionadas 10 árvores em cada tratamento com base na aparente homogeneidade da canópia.

Foram feitas fertilizações durante o período experimental, com um adubo composto 10:10:10, aplicado à razão de 1,5 kg/árvore. Foi ainda aplicado boro anualmente à razão de 7,7 g/árvore. As árvores foram podadas de três em três anos com podas de intensidade moderada (remoção de aproximadamente 1/3 da canópia). Os resultados obtidos até 2011 mostraram produção acumulada de azeitona significativamente mais elevada no tratamento gerido com glifosato. O talhão mantido sob pastoreio originou as produtividades mais baixas de todos os outros (Ferreira *et al.*, 2013).

Em 2012 (dez anos depois) foi decidido alterar a ordem dos tratamentos no delineamento experimental. O talhão gerido com herbicida passou a ser gerido com pastoreio e vice-versa. O talhão mobilizado manteve-se inalterado (tratamento testemunha). Esta ordem foi mantida até hoje. O regime de poda também sofreu alteração e passou a efetuar-se anualmente uma poda ligeira removendo-se 15 a 20% da biomassa aérea da planta. No presente trabalho estão apresentados resultados desde Dezembro de 2017 a Dezembro de 2018, incluindo as duas colheitas.

2.3 Produção de azeitona

Avaliou-se a produção de azeitonas de dois anos (2017 – 2018) no mês de Dezembro em 10 árvores marcadas de cada tratamento. Na colheita foi utilizado um sistema de vibração mecânico aos troncos complementado com pancadas nos ramos, tendo previamente sido colocadas lonas debaixo da copa para facilitar a apanha dos frutos. Foi posteriormente pesada a produção de cada árvore marcada nos três tratamentos.

2.4 Análise de terras

A colheita das amostras de solo foi realizada em Junho de 2018 em três profundidades distintas, 0-10, 10-20 e 20-30 cm, debaixo e fora da copa e em todos os tratamentos com três repetições, totalizando 54 amostras. As amostras recolhidas foram colocadas em sacos plásticos devidamente identificados e foram secas numa estufa de ventilação forçada a 105° C, durante 48 horas. Posteriormente foram crivadas com auxílio de um crivo de malha de 2 mm, sendo as determinações analíticas efetuadas na fração terra fina (< 2mm). As determinações decorreram no laboratório de solos da Escola Superior Agrária de Bragança. As análises laboratoriais efetuadas nas amostras de solos foram pH, carbono orgânico, fósforo e potássio extraíveis, capacidade de troca catiónica, acidez de troca, e boro extraível com água fervente.

Matéria orgânica – Foi determinada pelo método Walkley-Black, que consiste numa oxidação crômica ácida da amostra de solo para avaliação do carbono facilmente oxidável. A mistura da amostra com dicromato de potássio e ácido sulfúrico atinge uma temperatura de aproximadamente 120 °C que é suficiente para oxidar formas de carbono orgânico facilmente oxidável num período de 30 minutos (Schulte, 1980). O excesso de dicromato é posteriormente titulado com uma solução padronizada de sulfato de ferro amoniacal.

pH – Foi determinado em suspensões solo:solução de água e solo:KCl 1 M, de 1:2,5. Agitou-se por 2 horas e utilizou-se um potenciômetro na leitura (Reeuwijk, 2002).

Fósforo e potássio extraíveis - Foram extraídos de acordo com o método de Egner-Riehm, que consiste na adição de uma solução de lactato de amónio e ácido acético tamponizada a pH 3,5 aplicada a uma porção de solo na proporção solo:solução de 1:20, durante duas horas (MAP, 1977). Após filtração, o fósforo foi determinado por espectrofotometria UV/VIS no comprimento de onda 882 nm, após desenvolvimento de cor pelo método do ácido ascórbico. O equipamento utilizado foi um espectrofotómetro UV/VIS T80 PG Instrument Lda. Este método consiste na formação de um complexo azul de molibdénio tendo o ácido ascórbico como agente redutor (van Reeuwijk, 2002). O potássio foi quantificado por fotometria de chama (MAP, 1977) num equipamento Jenway. A concentração destes elementos foi expressa nas formas de P₂O₅ e K₂O.

Capacidade de troca catiónica – Foi obtido através do somatório dos catiões designados de bases de troca (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e Na⁺) e acidez de troca (Al³⁺ e H⁺). Para

a determinação das bases de troca, uma amostra de solo (2,5 gramas) é percolada com uma solução de acetato de amónio tamponizada a pH 7 (50 ml) e os catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ determinados no extrato filtrado, por espectrofotometria de absorção atómica (Jones, 2001) num equipamento PYE Unicam PU 9100X. Para a determinação da acidez de troca uma amostra de solo (10 gramas) é colocada em contacto com uma solução de KCl 1M (100 ml) e agitada durante 30 minutos. Depois de filtrada a suspensão faz-se uma titulação com NaOH 0,1 M usando a fenolftaleína como indicador (Sims, 1996).

O boro - É determinado numa extração com água fervente. Numa alíquota de extrato é adicionada uma solução de desenvolvimento de cor à base de azometina-H. A cor desenvolvida em função da concentração em boro é depois determinada num espectrofotómetro UV/VIS a 430 nm (Jones, 2001).

2.5 Análise dos tecidos vegetais

2.5.1 Colheita e tratamento das amostras

Realizou-se a colheita de frutos de 10 árvores de cada tratamento nos meses de dezembro de 2017 e 2018. No caso das folhas, foram colhidas em duas fases: momento de repouso vegetativo e de atividade fotossintética, nos meses de Janeiro (pouco depois da colheita das azeitonas) e julho (ao endurecimento do caroço). Colheram-se folhas jovens dos ramos do ano em todos os quadrantes da copa num número de entre 80 a 100 folhas por árvore.

As amostras de folhas e frutos recolhidas do campo foram identificadas e colocados em sacos plásticos. Depois foram colocadas numa estufa ventilada a 65 °C para a secagem. Posteriormente moídas num moinho Cyclotec da marca Foss com um crivo de 1 mm de malha. Os frutos foram descaroados, separando a polpa do caroço e triturados para posterior análise elementar.

Determinação da concentração em azoto - Para a determinação da concentração em azoto nos tecidos foi pesado 1 g de matéria seca num frasco de digestão para equipamentos Kjeldahl, e colocado em um suporte de alumínio com capacidade para 20 frascos. Em seguida foram adicionados 15 ml de ácido sulfúrico e duas pastilhas de um catalisador e posicionados num bloco de digestão em alumínio à temperatura de 400 °C durante 40 minutos. Terminado o período de digestão, e após um período de espera para

o arrefecimento, colocou-se o tubo de digestão num equipamento automático Kjeltex TM 8400 Analyser unit FOSS, no mesmo foi adicionada uma quantidade de hidróxido de sódio acompanhado de vapor de água. A amónia formada é arrastada na corrente de vapor e titulada com ácido clorídrico num vaso com uma solução recetora de ácido bórico e indicadores (Bremner, 1996).

Determinação da concentração em boro - Pesou-se 1,0 g das amostras que foram transferidas para cadinhos onde se adicionou 0,10 g de óxido de cálcio e se misturou até a amostra ficar homogénea. Posteriormente realizou-se a queima das amostras em mufla à temperatura de 500 °C durante 90 minutos. Após a queima adicionou-se 10 ml de ácido sulfúrico 0,5 M e depois de 30 minutos filtraram-se as amostras em papel de filtro. Depois de filtradas, transferiu-se 1,0 ml das amostras para tubos de 10 ml de polipropileno e então foram adicionados 2,0 ml de azometina-H, e após 30 minutos de desenvolvimento de cor realizaram-se as leituras de absorvância das amostras em espectrofotómetro com comprimento de onda 420 nm (Walinga, 1989).

Determinação da concentração em fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês - Pesou-se 0,25 g das amostras que foram transferidos para tubos de digestão aos quais se adicionaram 10 ml de ácido nítrico. Os tubos foram fechados e então levados para digestão em micro-ondas MARSXpress. Após a digestão, o líquido foi transferido para um tubo e completado com água deionizada até 50 ml. Nesta etapa foram quantificados os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês em espectrofotómetro de absorção atómica. Para a determinação do fósforo, após a diluição adicionou-se 4,0 ml da solução molibdato de amónio azul com ácido ascórbico. Depois de 35 minutos foram realizadas as leituras de absorvância em espectrofotómetro a um comprimento de onda 882 nm (Walinga, 1989).

2.6 Análise estatística de dados

Na análise estatística dos resultados procedeu-se à análise de variância (Anova) pelo teste F. As médias com diferenças significativas entre tratamentos foram separadas efetuando comparações múltiplas de médias pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS

3.1 Produção e dados biométricos dos frutos

3.1.1 Produção da azeitona

A figura 2 mostra a produção média de azeitona nos anos de 2017 e 2018 em relação aos três tratamentos em estudo, nomeadamente: mobilização, herbicida e pastoreio. Os resultados da produção média cumulativa nos dois anos foram de 23,5, 23,5 e 21,7 kg por árvore para os talhões mobilizado, herbicida e pastoreio, respetivamente.

A comparação múltipla das médias revela que estatisticamente não existiram diferenças significativas da produção de azeitonas entre os tratamentos em estudo em ambos os anos e no total acumulado.

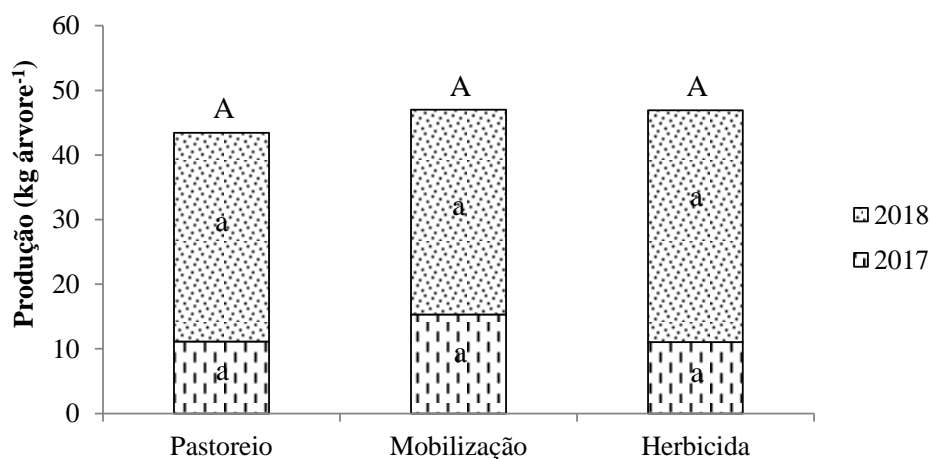


Figura 2. Produção de azeitona entre os anos de 2017 e 2018 nas diferentes formas de gestão do solo (mobilização, herbicida e pastoreio). As letras maiúsculas por cima das barras referem-se à comparação da produção acumulada de azeitona para os dois anos de estudo nos três tratamentos. As letras minúsculas por dentro das barras referem-se à comparação da produção de azeitona nos três tratamentos em estudo para cada ano.

3.1.1.1 Massa do fruto

A massa média dos frutos em função dos três tratamentos do ensaio mostrou que não houve diferenças significativas, embora a parcela com pastoreio tenha mostrado frutos com calibre um pouco maior que os outros tratamentos (Figura 3).

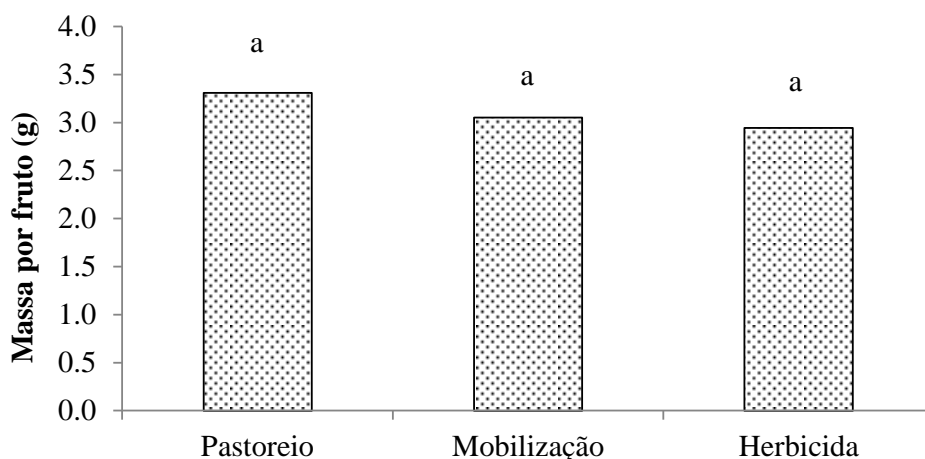


Figura 3. Massa média dos frutos na colheita de 2017 nos diferentes tratamentos (mobilização, herbicida e pastoreio). As letras minúsculas por cima das barras referem-se à análise de variância ($\alpha < 0,05$).

3.1.1.1 Relação polpa/carço

De acordo com a análise estatística efetuada, a comparação múltipla de médias indicou que o tratamento com pastoreio teve um efeito significativo maior ($2,97 \text{ g g}^{-1}$) na relação polpa/carço em relação aos outros dois sistemas de manutenção do solo (Figura 4). O talhão mobilizado registou os valores mais baixos ($2,40 \text{ g g}^{-1}$) não diferindo significativamente com o talhão gerido com o herbicida ($2,45 \text{ g g}^{-1}$)

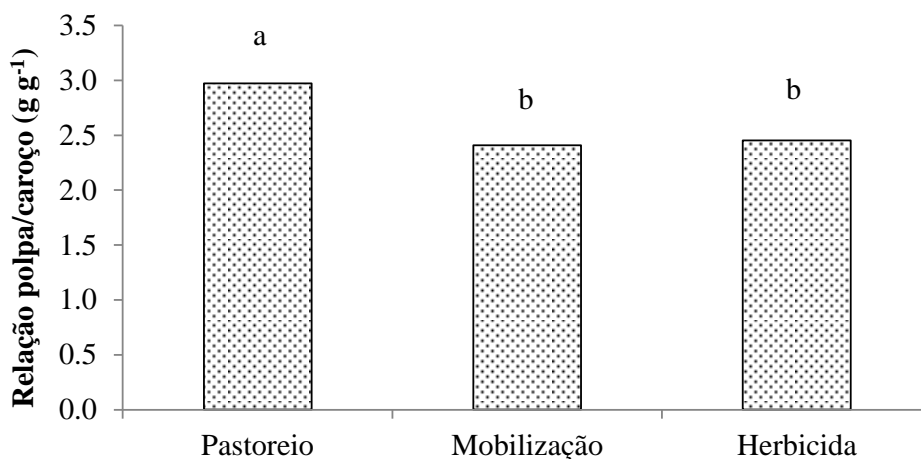


Figura 4. Relação polpa/carço das azeitonas na colheita de 2017 nos diferentes tratamentos (mobilização, herbicida e pastoreio). As letras minúsculas por cima das barras referem-se à comparação das médias pelo teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

3.2 Estado nutricional das árvores e concentração de nutrientes no fruto

Comparando as diferentes formas de gestão do solo em todo período de ensaio, a análise de variância indicou que houve apenas efeito significativo para a concentração de azoto foliar nas oliveiras em Dezembro de 2017 (Figura 5), onde o valor mais alto foi registado no talhão mobilizado ($14,3 \text{ g kg}^{-1}$) seguido do tratamento herbicida ($13,4 \text{ g kg}^{-1}$) e o tratamento com pastagem revelou teores mais baixos (13 g kg^{-1}).

Os valores de azoto mais altos foram encontrados na época de julho de 2018 com mais destaque no talhão da pastagem ($20,4 \text{ g kg}^{-1}$) seguido do tratamento com herbicida ($18,2 \text{ g kg}^{-1}$) e por final o talhão mobilizado ($17,74 \text{ g kg}^{-1}$) embora sem diferenças significativas.

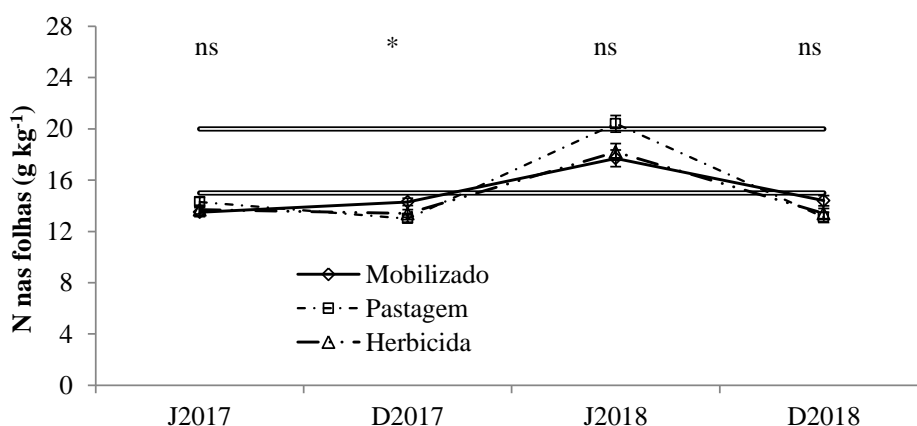


Figura 5. Concentração de azoto nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; e *, $\alpha < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

Os teores de fósforo nas folhas das oliveiras (figura 6) não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos nas duas épocas (julho e dezembro) de amostragem de 2017. Entretanto, de acordo com a classificação proposta por LQARS (2006), a concentração de fósforo em julho do mesmo ano encontrava-se abaixo do limite de suficiência. No ano de 2018 houve apenas efeito significativo na amostragem de julho em que o tratamento mobilizado teve valores mais elevados ($1,57 \text{ g kg}^{-1}$) em relação aos outros dois tratamentos. O talhão com pastagem foi o que teve valores mais baixos de ($1,33 \text{ g kg}^{-1}$) de concentração de fósforo.

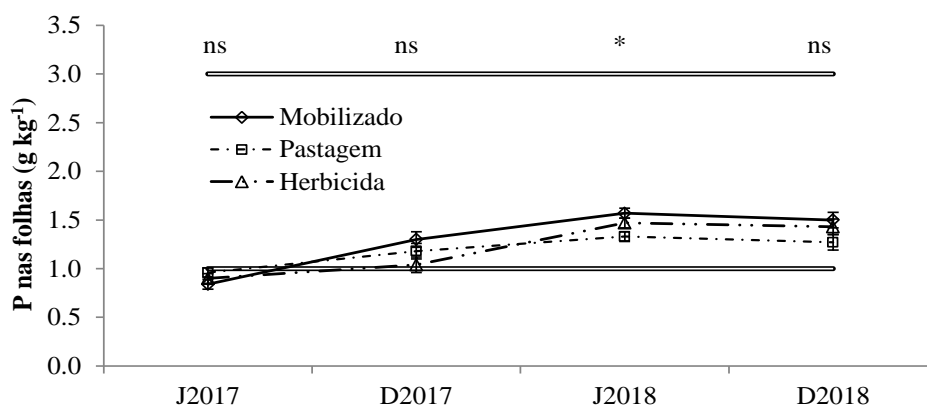


Figura 6. Concentração de fósforo nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; e *, $\alpha < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

Os resultados da análise laboratorial da concentração de potássio nas folhas não se diferenciaram significativamente em todos os tratamentos. Contudo, mostraram valores com grandes oscilações entre épocas de amostragem. Os valores foram mais elevados em julho de 2018 e entre tratamentos, o talhão mobilizado mostrou os valores mais altos ($12,71 \text{ g kg}^{-1}$), embora estes resultados não tenham diferido significativamente. De notar também que todos os valores dos tratamentos da época de dezembro de 2017 encontravam-se abaixo do limite de suficiência.

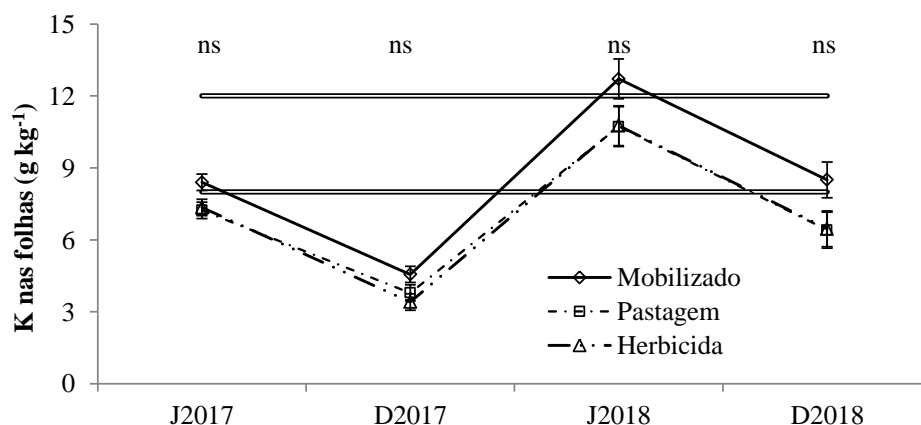


Figura 7. Concentração de potássio nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa). As barras verticais são o erro padrão da média.

Na concentração de cálcio foliar (Figura 8) não houve efeito significativo entre tratamentos nas épocas de amostragem de 2017. Contudo, em 2018 ocorreram diferenças significativas em julho e o talhão mobilizado registou os valores mais baixos ($5,25 \text{ g kg}^{-1}$) sendo os mais altos registrados no talhão de pastagem ($7,18 \text{ g kg}^{-1}$) seguido de herbicida ($6,84 \text{ g kg}^{-1}$).

Em julho de 2018 as concentrações de cálcio do talhão mobilizado encontravam-se abaixo do limite inferior de intervalo de suficiência e os talhões de herbicida e pastagem viram-se na linha da faixa de intervalo de suficiência. As concentrações mais altas ocorreram em dezembro de 2017 com teores de $7,94$, $9,7$ e $10,3 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente nos talhões mobilização, pastagem e herbicida, sem diferenças significativas.

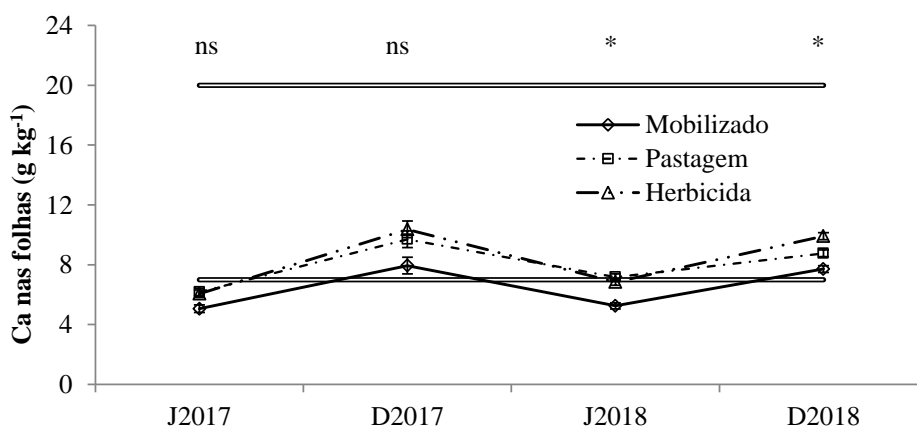


Figura 8. Concentração de cálcio nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; e *, $\alpha < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

Para a concentração de magnésio nas folhas, notou-se que não ocorreu efeito significativo entre os tratamentos (Figura 9). Contudo, os valores médios do tratamento mobilizado foram sempre inferiores aos restantes tratamentos em todas as épocas. Os resultados encontrados posicionaram-se todos eles dentro do intervalo de suficiência, sendo os mais altos verificados em dezembro de 2018 com os teores $1,59$, $1,78$ e $1,88 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente nos talhões mobilização, pastagem e herbicida.

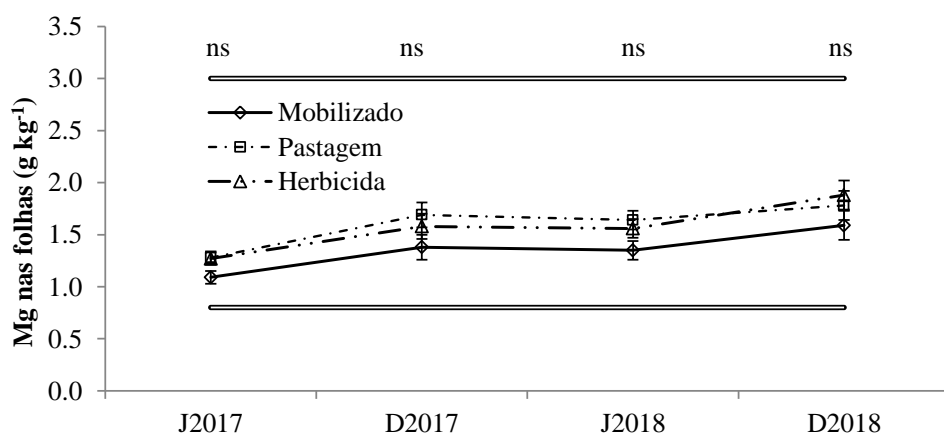


Figura 9. Concentração de magnésio nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa). As barras verticais são o erro padrão da média.

A análise de variância para o conteúdo de boro nas folhas nas duas épocas de cada ano (Figura 10) somente mostrou um efeito significativo em dezembro de 2017, tendo o tratamento mobilizado apresentado os valores mais baixos ($9,51 \text{ mg kg}^{-1}$). O talhão com pastagem foi o que teve resultados mais elevados ($13,2 \text{ mg kg}^{-1}$) nesta época, apesar de todos os tratamentos apresentarem valores abaixo do limite de suficiência.

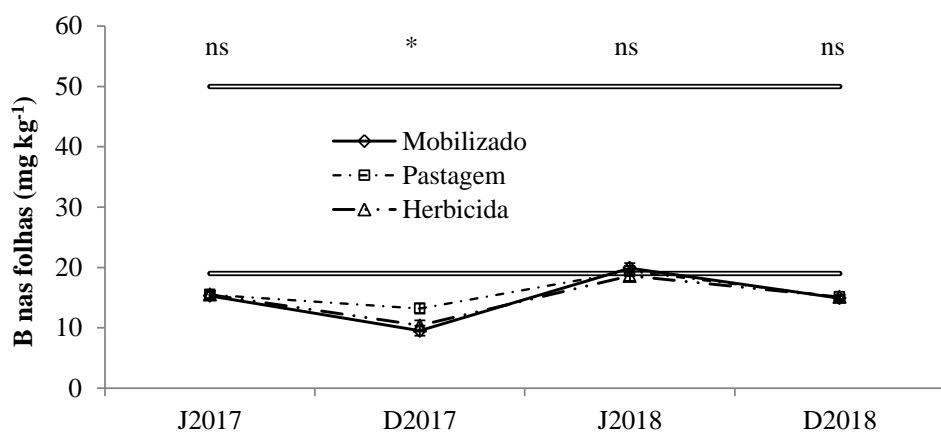


Figura 10. Concentração de boro nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; e *, $\alpha < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

Em julho de 2017, julho e dezembro de 2018 não ocorreram diferenças singnificativas entre os tratamentos, porém observou-se uma ligeira subida dos valores em julho de 2018 onde os resultados encontraram-se na linha do limite inferior de suficiência

quando comparado às outras épocas em que os valores estiveram abaixo da faixa de suficiência do elemento (Figura 10).

A análise de variância realizada para a concentração de ferro nas folhas mostrou um efeito significativo apenas na época de dezembro de 2017 (Figura 11), sendo o tratamento pastagem o que apresentou os valores mais elevados ($161,9 \text{ mg kg}^{-1}$), seguido de herbicida ($102,3 \text{ g kg}^{-1}$) e por final o mobilizado ($93,7 \text{ g kg}^{-1}$). Os valores estiveram sempre acima do limite inferior de suficiência.

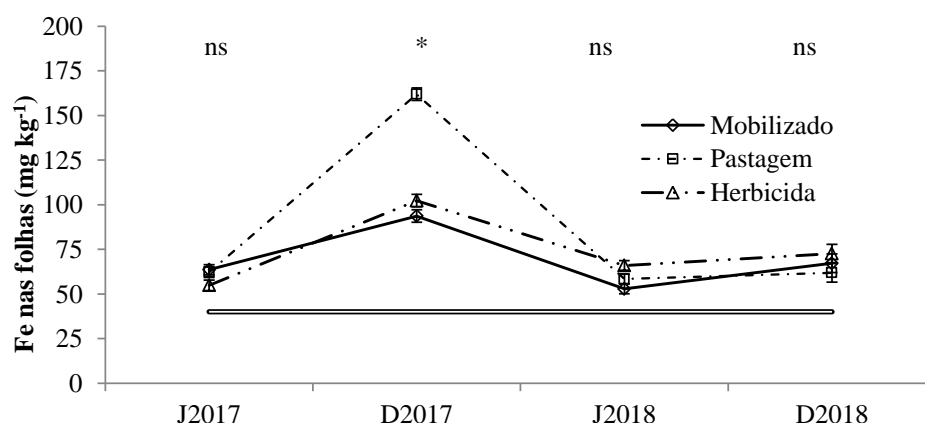


Figura 11. Concentração de ferro nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; e *, $\alpha < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

Para a concentração de manganês no tecido foliar (Figura 12), houve diferenças significativas na época de dezembro (2017) em que o tratamento herbicida apresentou valores mais altos ($44,2 \text{ mg kg}^{-1}$), seguido da pastagem (37 mg kg^{-1}) e por fim o talhão mobilizado ($33,9 \text{ mg kg}^{-1}$). No ano seguinte (2018) também se notou um cenário similar em que as diferenças significativas observaram-se no mês de dezembro e o talhão com herbicida a liderar a escala de valores altos ($40,2 \text{ mg kg}^{-1}$), seguido do talhão mobilizado ($32,1 \text{ mg kg}^{-1}$) e abaixo o talhão com pastagem ($26,8 \text{ mg kg}^{-1}$). Nas épocas de julho de cada ano, não foram observados efeitos significativos nos tratamentos.

De acordo com os níveis adequados de concentração de manganês nas folhas, todos os tratamentos e em todas as épocas do ano apresentaram valores satisfatórios acima do limite inferior do intervalo de suficiência.

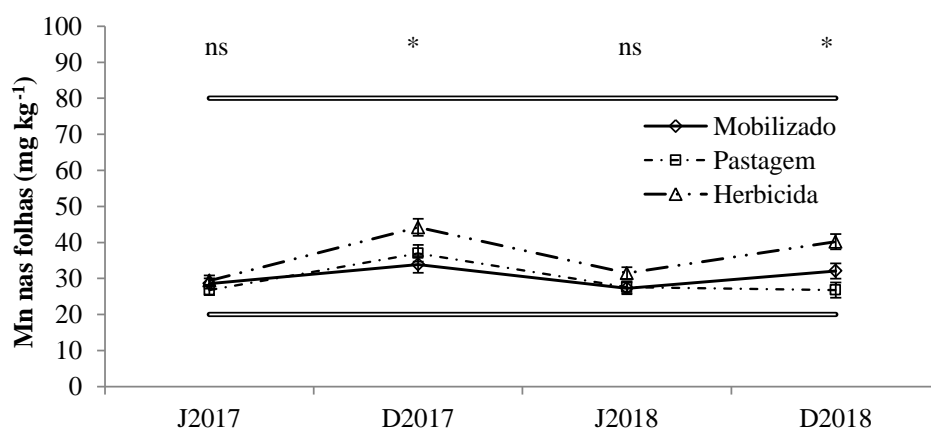


Figura 12. Concentração de manganês nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; e *, $\alpha < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

Em relação à concentração de zinco nas folhas, a análise de variância realizada mostra que não houve diferenças significativas entre tratamentos em todas as épocas de amostragem em ambos os anos de ensaio (figura 13). Entretanto, em julho de 2017 os resultados encontraram-se mesmo na linha do limite inferior do intervalo de suficiência.

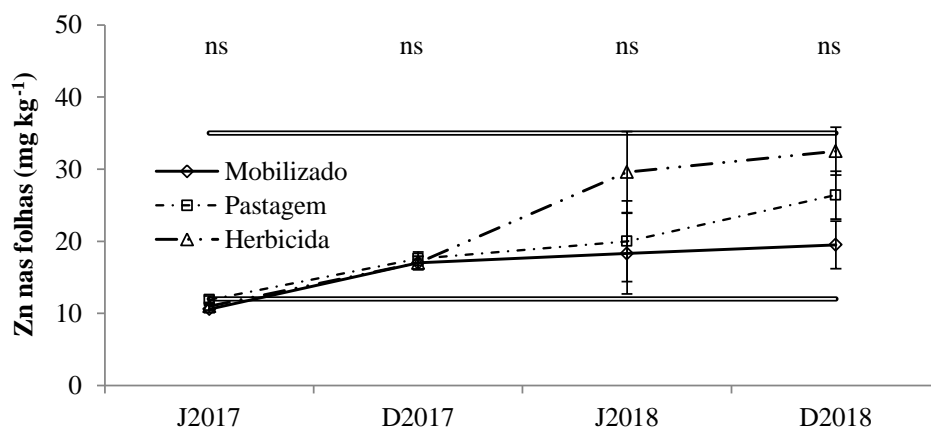


Figura 13. Concentração de zinco nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa). As barras verticais são o erro padrão da média.

Quanto à concentração foliar de cobre, houve apenas diferença significativa na época de dezembro de 2017 quando o tratamento com herbicida apresentou valores altos ($12,8 \text{ mg kg}^{-1}$) comparativamente aos outros tratamentos de mobilização ($11,4 \text{ mg kg}^{-1}$) e

pastagem ($10,4 \text{ mg kg}^{-1}$) (figura 14). Contudo, em todas as épocas os resultados encontraram-se no intervalo desejado do nível de suficiência.

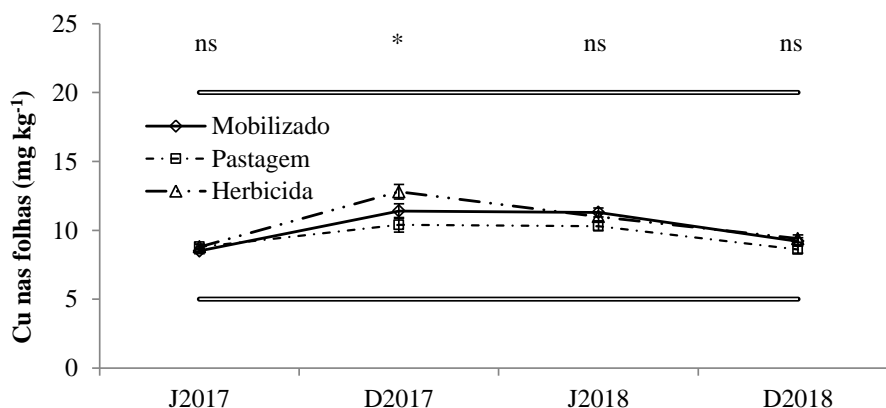


Figura 14. Concentração de cobre nas folhas em quatro datas de amostragem, em julho (J) e dezembro (D) de 2017 e 2018. As barras duplas horizontais definem o limite superior e inferior do intervalo de suficiência para amostragens no repouso vegetativo de acordo com LQARS (2006). Para cada data de amostragem apresentam-se os resultados da análise de variância (ns, não significativa; e *, $\alpha < 0,05$). As barras verticais são o erro padrão da média.

No quadro 6 podem observar-se as concentrações médias dos macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Zn, Mn) na polpa. Em relação aos macronutrientes apenas houve diferença significativa para as concentrações de cálcio na polpa em que o tratamento pastoreio apresentou valores inferiores quando comparado aos talhões com herbicida e mobilizado. Quanto aos micronutrientes, a análise de variância indica que houve efeito significativo para o elemento zinco, para o qual o tratamento com pastoreio teve as concentrações na polpa mais altas em relação aos outros dois (herbicida e mobilizado).

Quadro 6. Concentração de nutrientes na polpa. Na coluna, médias com a mesma letra não são diferentes pelo teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn	Mn
	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
Past	3,9a	1,1a	14,2a	0,7b	0,4 ^a	14,6a	9,7a	42,0a	12,4a	2,7a
Mob	4,3a	1,0a	12,3a	0,9a	0,4 ^a	14,8a	10,4a	41,5a	7,1b	4,6a
Herb	4,0a	0,9a	11,8a	1,0a	0,4 ^a	18,5a	9,1a	37,4a	7,4b	7,4a
Prob	0,188	0,112	0,098	0,009	0,462	0,138	0,061	0,811	0,007	0,087

3.3 Fertilidade do solo

Na figura 15 são apresentados os resultados do teor médio de carbono orgânico debaixo e fora da copa em função dos três tratamentos de gestão do solo e da profundidade de

amostragem (0-10 cm, 10-20 cm e 20-30 cm). No tratamento com herbicida os valores foram significativamente mais baixos (14,3 g kg⁻¹) em relação ao talhão mobilizado (16,9 g kg⁻¹) e de pastoreio (17,0 g kg⁻¹). Quanto ao carbono orgânico fora e debaixo da copa não houve nenhuma diferença significativa, porém notou-se um efeito significativo muito alto de concentração da matéria orgânica na profundidade 0-10 cm (25,1 g kg⁻¹) e um valor baixo na profundidade 20-30 cm (11,1 g kg⁻¹).

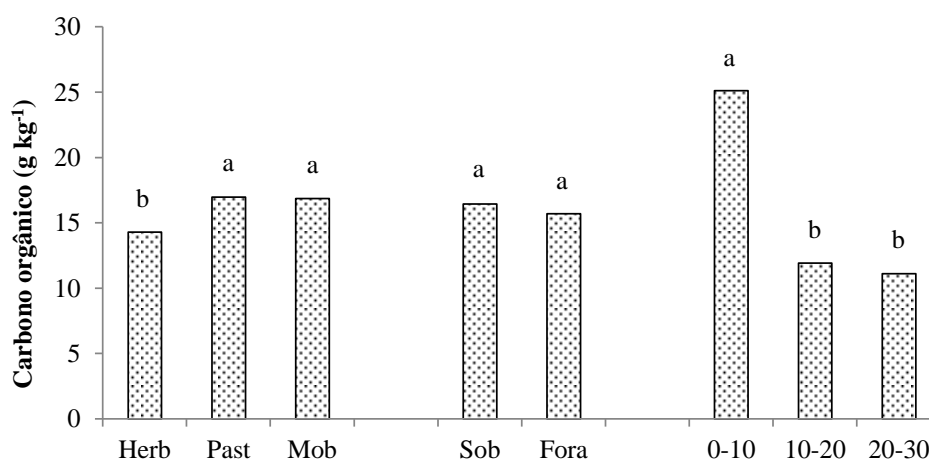


Figura 15. Teor médio de carbono orgânico no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

O resultado da comparação múltipla de médias revelou que a acidez real, pH (H₂O), no talhão com herbicida foi significativamente mais alta (5,8) em relação aos talhões com pastoreio e mobilizado em que o resultado foi o mesmo de 5,3 (Figura 16). A área fora da copa tem também um pH (H₂O) significativamente mais elevado (5,6) que a área dentro da copa (5,4). Entre as profundidades não foi notado efeito significativo.

A acidez potencial (Figura 17) no talhão com pastoreio foi significativamente menor (4,2) em relação aos talhões com herbicida (4,4) e mobilização (4,5) e por outro lado a área fora da copa, como no caso anterior, também teve um pH (KCl) significativamente mais alto (4,5) que a área dentro da copa (4,3). No entanto, entre profundidades notou-se diferença de pH (KCl), sendo nas camadas mais superficiais (0-10 cm) de 4,7 quando comparado a 4,3 na camada 10-20 cm e 4,2 na camada 20-30 cm.

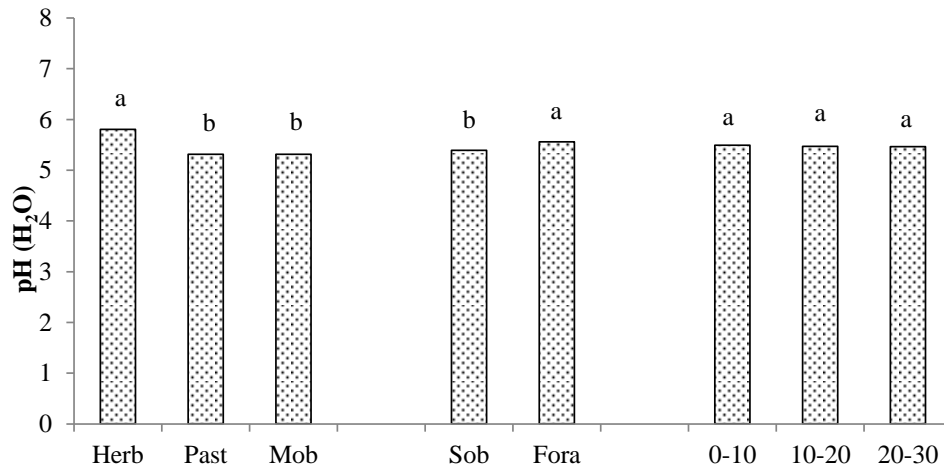


Figura 16. pH (H₂O) do solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

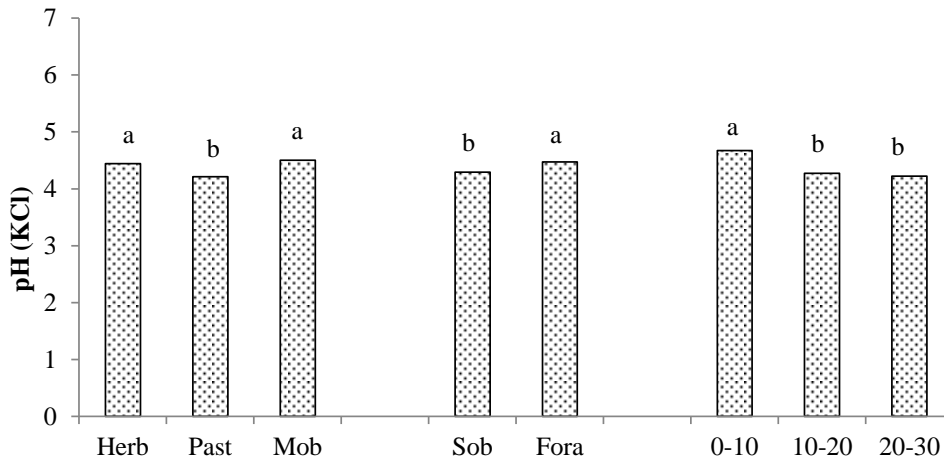


Figura 17. pH (KCl) do solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

A figura 18 mostra os teores médios de fósforo extraível. Entre tratamentos não ocorreram diferenças significativas, embora o tratamento com pastoreio tenha resultados médios mais altos. Os valores mais baixos (132 mg kg^{-1}) foram registados no talhão de herbicida mas sem diferenças significativas com outros tratamentos. As camadas mais superficiais mostraram maiores teores de fósforo ($241,4 \text{ mg kg}^{-1}$) que as camadas mais profundas ($78,9 \text{ mg kg}^{-1}$). Sob a copa os valores também foram significativamente mais elevados que debaixo da copa.

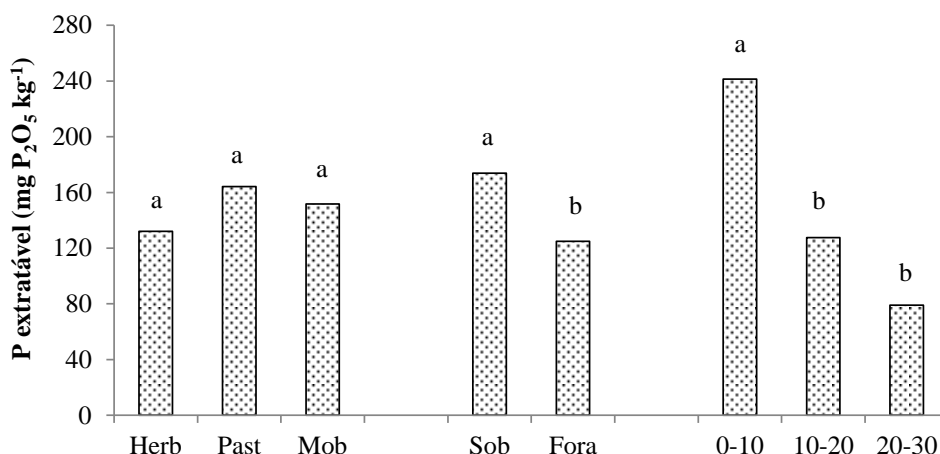


Figura 18. Teor médio de fósforo extratável em função do sistema de gestão do solo, debaixo e sob copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Em relação ao potássio, os valores médios encontrados no tratamento com herbicida ($112,9 \text{ mg kg}^{-1}$) foram significativamente mais baixos quando comparado aos outros dois tratamentos com pastoreio e mobilização em que os valores médios encontrados foram de $185,8$ e $201,1 \text{ mg kg}^{-1}$, respetivamente (Figura 19).

Debaixo e fora da copa não se notou nenhum efeito significativo e nas profundidades, a camada superficial registou resultados significativos mais altos ($246,9 \text{ mg kg}^{-1}$), em relação às outras.

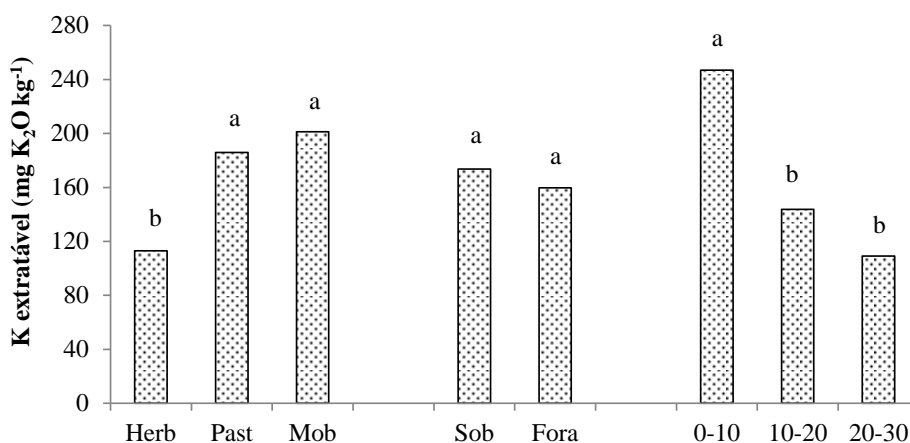


Figura 19. Teor médio de potássio extratável em função do sistema de gestão do solo, debaixo e sob copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

A figura 20 ilustra os resultados estatísticos dos valores médios de cálcio no solo debaixo e fora da copa e nos diferentes tratamento e profundidades. Os valores médios

encontrados no tratamento com herbicida ($14 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) foram significativamente mais altos quando comparados aos outros dois tratamentos com pastoreio e mobilização em que os valores médios encontrados foram de 9,3 e $9,0 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$, respetivamente.

No entanto, fora e debaixo da copa, assim como nas profundidades avaliadas no estudo, não se obteve um resultado significativo diferente. O maior valor médio foi verificado na profundidade 0-10 cm ($11,3 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$).

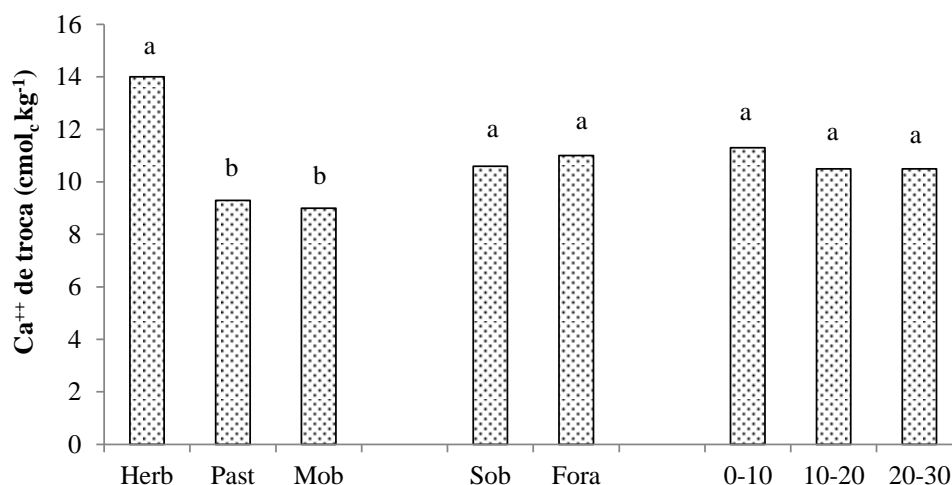


Figura 20. Teor de cálcio no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

A concentração de magnésio no solo foi significativamente mais alta no tratamento com herbicida ($3,9 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) fora da copa e na profundidade 20-30 cm em comparação com os restantes tratamentos (Figura 21). O valor mais baixo verificou-se no tratamento com mobilização ($2 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$). Nas profundidades nota-se um efeito diferentemente inverso do que acontecia com outros elementos em que a concentração era maior na camada superficial. A camada mais profunda (20-30 cm) registou um valor significativamente maior ($3,1 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) em relação à camada superficial (0-10 cm) que foi de $2,4 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$.

Para o potássio de troca a comparação múltipla de médias revelou que no tratamento com herbicida se registou um valor significativamente mais baixo ($0,25 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) em relação à concentração de potássio nos outros tratamentos (Figura 22), sendo o mais alto no tratamento com pastagem ($0,43 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$). Houve também diferenças significativas debaixo e fora da copa assim como entre profundidades.

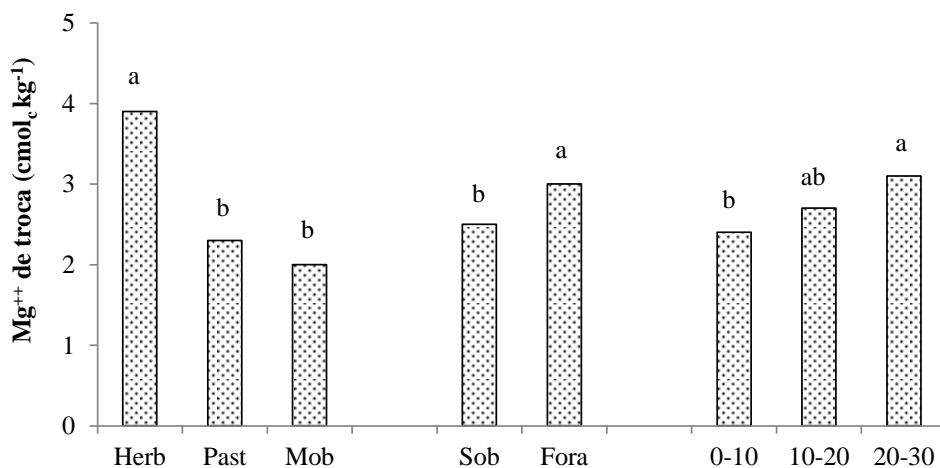


Figura 21. Teor de magnésio no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

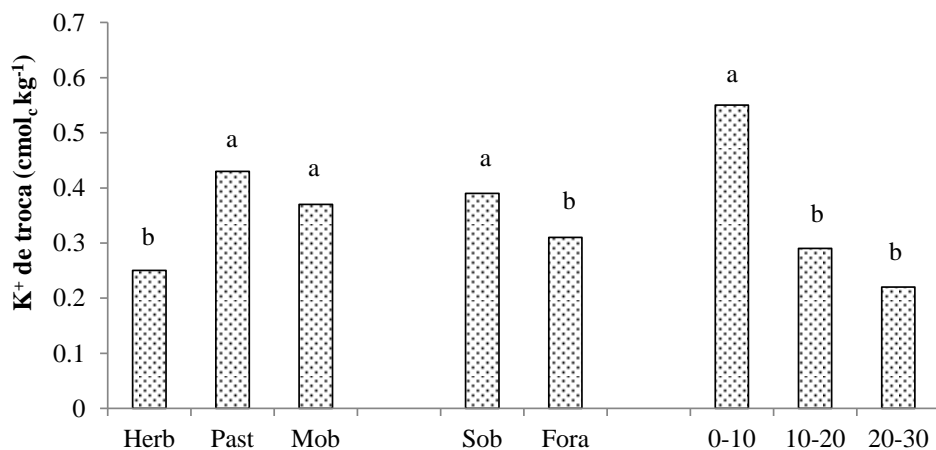


Figura 22. Teor de potássio no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Os resultados mostraram que as concentrações de sódio no solo foram significativamente diferentes entre os tratamentos ensaiados (Figura 23). O valor mais alto foi registado no tratamento com herbicida ($0,23 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$), seguido do tratamento com pastoreio ($0,22 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) e por último no talhão mobilizado ($0,20 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$). Quanto às profundidades não houve efeito significativo entre a camada superficial 0-10 cm e 10-20 cm, mas sim se notou entre a primeira camada ($0,22 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) e a última (20-30 cm) ($0,21 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$).

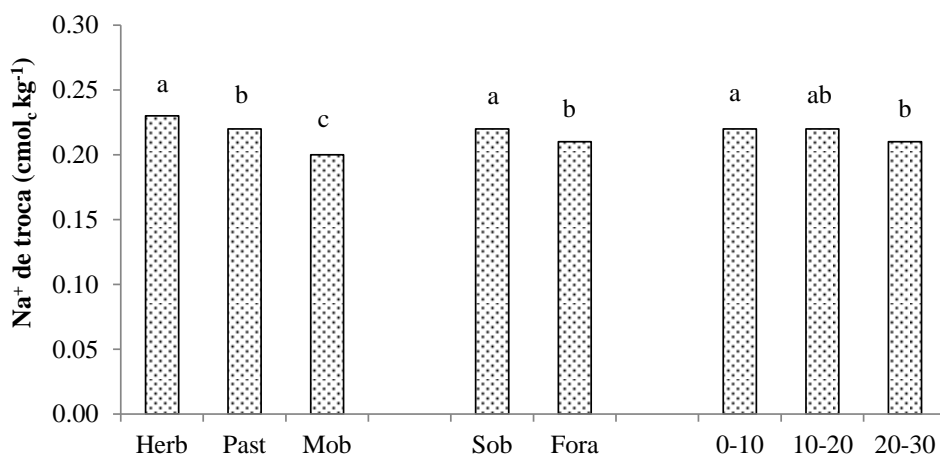


Figura 23. Teor de sódio no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

A acidez de troca na pastagem é significativamente mais elevada ($0,26 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) em relação aos outros talhões de herbicida ($0,16 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) e mobilização ($0,16 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) (Figura 24). Ocorreram valores significativamente mais elevados debaixo da copa em relação a fora da copa e nas profundidades avaliadas não houve diferenças significativas na acidez de troca, porém o valor mais alto registou-se na camada 10-20 cm ($0,21 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) e o mais baixo na camada 0-10 cm ($0,17 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$).

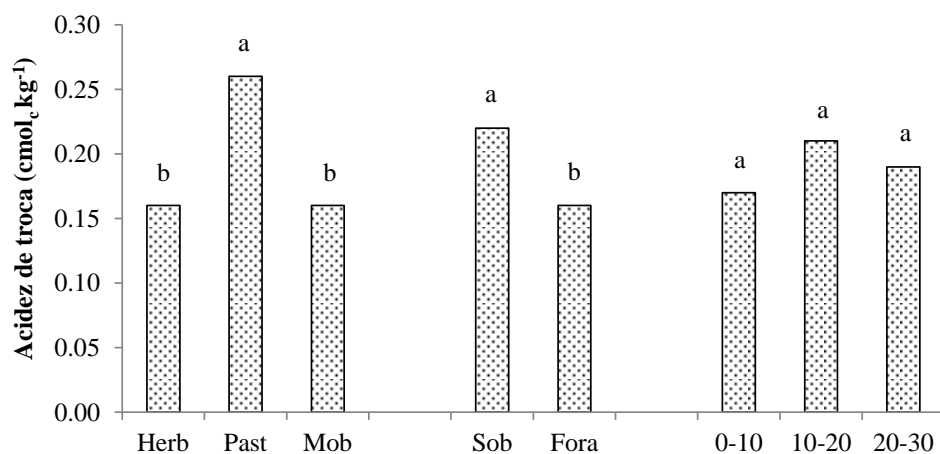


Figura 24. Acidez de troca no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Os valores médios da capacidade de troca catiónica (Figura 25) mostraram diferenças significativas entre tratamentos, sendo o maior valor no talhão gerido com herbicida ($18,6 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) em comparação aos talhões geridos com pastoreio ($12,5 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) e

mobilizado ($11,8 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$). Entre o talhão mobilizado e de pastoreio não houve diferenças significativas, embora os resultados mostrem mais altos para o pastoreio. Quanto às áreas fora e dentro da copa, assim como entre profundidades não ocorreram diferenças significativas.

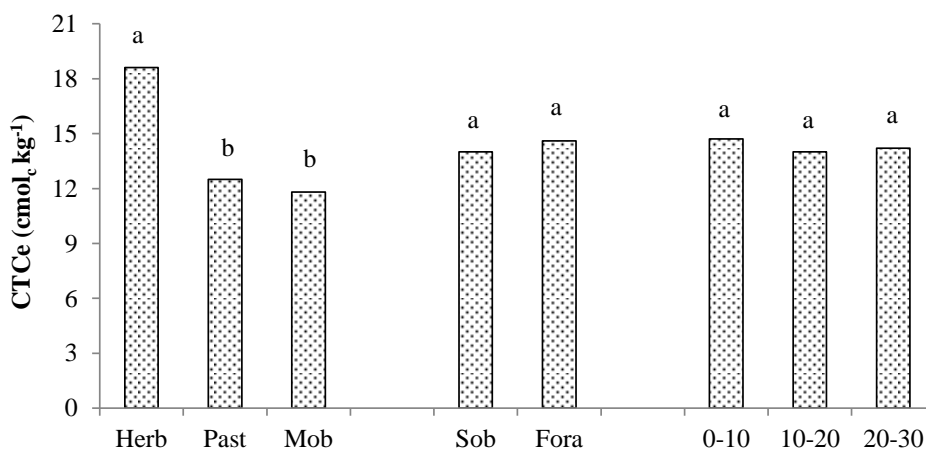


Figura 25. Capacidade de troca catiônica no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

A concentração de alumínio de troca no solo (Figura 26) apresentou valores médios significativamente superiores no tratamento com pastoreio ($0,19 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$). O valor mínimo foi encontrado no talhão gerido com herbicida ($0,11 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$). Contudo, entre o talhão de pastagem e mobilizado e de herbicida e mobilizado não se notou efeitos significativos diferentes. Os valores mais baixos foram encontrados fora da copa ($0,12 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) e entre profundidades na camada 0-10 cm ($0,13 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$), embora não tendo sido verificado efeito significativo em ambos os casos.

A concentração de boro extraível foi significativamente maior no tratamento com pastoreio ($1,96 \text{ mg kg}^{-1}$), dentro da copa e na camada superficial 0-10 cm em comparação com os restantes tratamentos (Figura 27).

Entre tratamentos, o talhão gerido com herbicida não diferiu significativamente com os outros dois tratamentos, mas sim houve diferenças entre o talhão de pastagem com o talhão mobilizado (Figura 27). A concentração de boro extraível foi sempre diminuindo com a profundidade. Assim, a camada 0-10 cm apresentou os valores mais altos ($2,38 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$) e a camada 20-30 cm os mais baixos ($1,14 \text{ mg kg}^{-1}$).

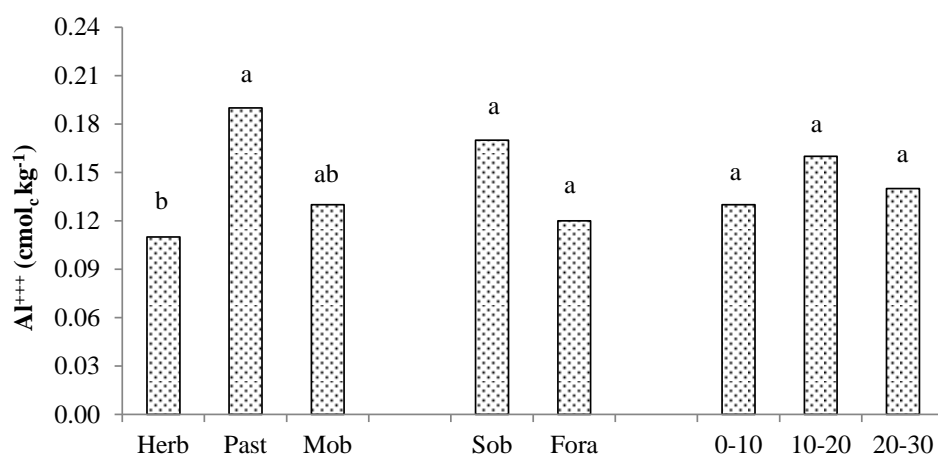


Figura 26. Concentração de alumínio de troca no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

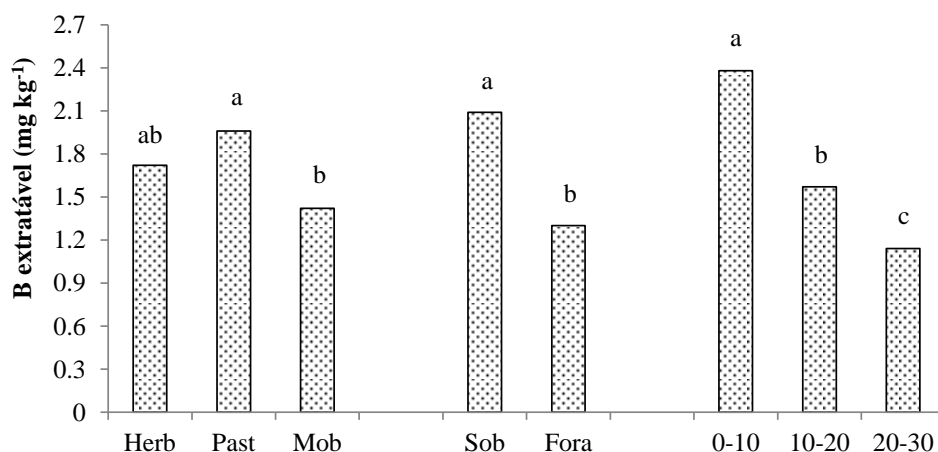


Figura 27. Concentração de boro extraível no solo em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Relativamente à concentração de fósforo extraível pelo método das resinas, observou-se que não houve nenhum efeito significativo entre tratamentos nem nas camadas de solos amostrados (Figura 28). No entanto os valores mais elevados foram registados no tratamento com herbicida ($0,99 \text{ mg kg}^{-1}$) sob a copa ($0,87 \text{ mg kg}^{-1}$) na camada 10-20 cm ($0,86 \text{ mg kg}^{-1}$).

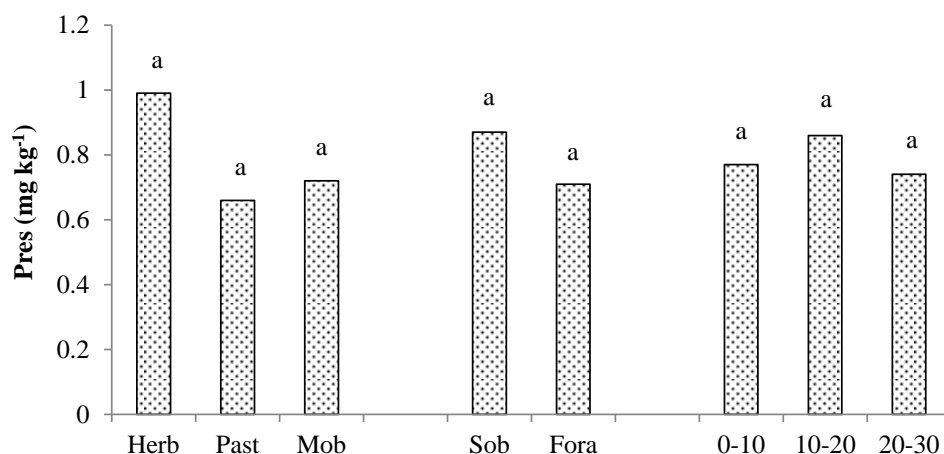


Figura 28. Concentração fósforo extraído no solo pela resina de troca em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

Os valores médios do teor de fósforo extraído pelo método bicarbonato foram significativamente mais elevados no talhão gerido como pastagem $37,7 \text{ mg kg}^{-1}$ em relação ao de herbicida $35,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e mobilizado $29,4 \text{ mg kg}^{-1}$. As amostras debaixo e fora da copa não mostraram diferenças significativas. A camada 20-30 cm apresentou valores significativamente menores em relação às outras profundidades mais superficiais (0-10 cm e 10-20 cm).

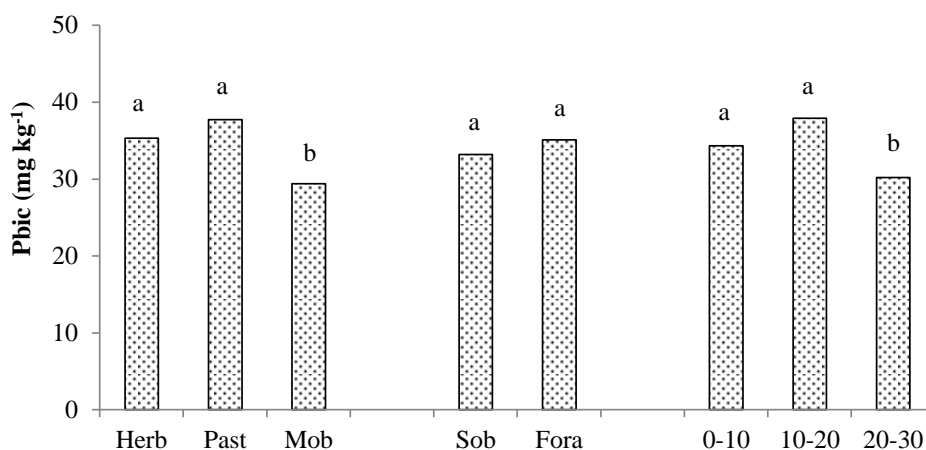


Figura 29. Fósforo extraído pelo método do bicarbonato (Pbic) em função do sistema de gestão do solo, debaixo e fora da copa e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Produção da azeitona

Os resultados da produção em cada um dos anos em análise (2017 e 2018) e da produção cumulativa de azeitona (soma dos dois anos) não mostraram diferenças significativas entre as três formas de gestão do solo, designadamente mobilização, herbicida e pastoreio. Entretanto, houve uma tendência de aumento da produção nos tratamentos com herbicida seguido de mobilização e de menor produção no talhão com pastagem. Desde 2001 (altura do estabelecimento do ensaio) a 2011 a produção foi significativamente mais elevada no talhão com herbicida, tendência que se manteve até ao presente incluindo nos dois anos em análise nesta tese, embora agora sem diferenças significativas.

Esta tendência de aumento de produção pode estar ligada ao facto do herbicida (glifosato) exercer um controlo eficaz da vegetação herbácea. A mobilização também é uma forma muito generalizada de controlar as infestantes em cultivos, embora menos eficiente que o herbicida. Estes dois métodos de controlo da vegetação permitem um uso racional e de melhor aproveitamento da água, impedindo a competição com a vegetação espontânea.

Estudos feitos por Rodrigues *et al.* (2010) mostraram que os herbicidas têm tendência a aumentar a produtividade das culturas ao reduzir a competição da vegetação espontânea. Este método tem ação rápida e mostra resultados com eficácia e baixo custo (Hakoomat *et al.*, 2017).

4.2 Concentrações de nutrientes nas folhas

Com exceção de Julho de 2018 os valores de azoto nas folhas em todos os tratamentos e épocas mostraram-se inferiores ao limite inferior de intervalo de suficiência estabelecido por LQARS (2006). Este aspeto pode ser explicado pelo facto do azoto ser um elemento móvel no solo. Contudo, estas tendências de baixas concentrações de azoto foliar encontradas nos tratamentos em estudo estão de acordo com Rodrigues, *et al.* (2011; 2013) ao afirmar que nas oliveiras o azoto é o nutriente mais limitante para o crescimento das plantas. Em um estudo em que avaliaram a produção de olival e o

estado nutricional das árvores durante um período de quatro anos sem fertilização azotada foi mostrada a importância do azoto na produtividade da oliveira.

Os valores de azoto mais altos foram encontrados na época de julho de 2018 com destaque no talhão da pastagem ($20,4 \text{ g kg}^{-1}$) seguido do tratamento com herbicida ($18,2 \text{ g kg}^{-1}$) e por final o talhão mobilizado ($17,74 \text{ g kg}^{-1}$). Estes valores corroboram com Fernández-Escobar (2001), e Freeman *et al.* (2005) ao afirmarem que a faixa adequada dos níveis de azoto foliar devem se manter dentro de $15 \text{ a } 20 \text{ g kg}^{-1}$.

Contudo pode-se observar que apesar do tratamento com pastagem apresentar maior quantidade de azoto foliar, isto não está diretamente relacionado com as maiores produções (como visto no ponto anterior).

Os teores de fósforo foliar não apresentaram diferenças significativas entre tratamentos nas duas épocas (julho e dezembro) de amostragem de 2017. Entretanto, a concentração de fósforo em julho do mesmo ano encontrava-se abaixo da linha do limite de nível de suficiência. No ano de 2018 na época de julho houve diferenças significativas no qual o tratamento mobilizado teve valores mais elevados ($1,57 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao tratamento com herbicida ($1,47 \text{ g kg}^{-1}$) e o talhão com pastagem ($1,33 \text{ g kg}^{-1}$). O fósforo por ser um elemento pouco solúvel no solo faz com que seja menos perdido por lixiviação, podendo tornar-se disponível às plantas ao longo dos anos (INIAP, 2005). Com exceção de julho de 2017 em que os valores se encontravam na tangência da linha do limite do nível de suficiência as outras épocas mostraram valores satisfatórios que se inserem bem acima dos valores padrão para o nível de suficiência do elemento.

A concentração de potássio foliar mostrou valores não significativos entre os diferentes tratamentos em todo período de ensaio (2017/2018). Notaram-se também grandes oscilações de resultados dos tratamentos em cada época de amostragem. Na época de julho de 2017 os valores estiveram na linha inferior do limite de suficiência e em dezembro do mesmo ano os valores caíram até abaixo da linha inferior do limite de suficiência. Em 2018 na época de julho houve uma enorme subida de valores, tendo o tratamento mobilizado atingido valores acima do nível do limite superior de suficiência necessário na oliveira. Em dezembro do mesmo ano os valores voltaram a decrescer, tendo o tratamento mobilizado se encontrado com valores até à linha do limite inferior de suficiência e os tratamentos mobilizados e de pastagem abaixo da linha. Os valores mais elevados rondaram entre $10,72 \text{ a } 12,71 \text{ g kg}^{-1}$ e os inferiores de $3,41 \text{ a } 4,56 \text{ g kg}^{-1}$.

Já que se trata de um olival de sequeiro os valores baixos e altos de precipitação registados na região coincidem com baixas e altas concentrações de potássio observado. O potássio sendo um elemento presente na constituição de muitos minerais (INIAP, 2005; Russel, 1973) e que necessita de humidade para ser dissolvido para torna-se disponível para as plantas, as baixas precipitações explicam a menor e maior concentração de potássio nas folhas. Este estudo apresenta valores similares aos encontrados por Perez-Cruzado *et al.* (2011).

O cálcio foliar no ano de 2017 não registou efeito significativo entre tratamentos nas duas épocas de amostragem (julho/dezembro). Porém, os valores mais altos obtiveram-se na época de dezembro tendo sido verificados na parcela de herbicida ($10,36 \text{ g kg}^{-1}$), seguidos de pastagem ($9,7 \text{ g kg}^{-1}$) e por fim mobilizado ($7,94 \text{ g kg}^{-1}$). Na época de julho os resultados para além de terem sido baixos encontravam-se abaixo do limite inferior da faixa de suficiência ($5,06 \text{ g kg}^{-1}$ na mobilização, $6,18 \text{ g kg}^{-1}$ na pastagem e $6,06 \text{ g kg}^{-1}$ no talhão com herbicida). Já em 2018 ocorreram diferenças significativas entre tratamentos nas duas épocas (julho/dezembro). Em julho as concentrações na pastagem ($7,18 \text{ g kg}^{-1}$) e herbicida ($6,84 \text{ g kg}^{-1}$) tiveram valores altos em relação ao mobilizado ($5,25 \text{ g kg}^{-1}$) que se encontrava abaixo da linha inferior do intervalo de suficiência. Em dezembro o valor mais alto registou-se no talhão herbicida ($9,91 \text{ g kg}^{-1}$), seguido de pastagem ($8,76 \text{ g kg}^{-1}$) por final o mobilizado ($7,71 \text{ g kg}^{-1}$).

Em solos com pH considerado ácido por vezes podem ocorrer estas situações de carência de cálcio (INIAP, 2005). Observando nas épocas em que o elemento potássio foi mais alto, o cálcio foi menor e vice-versa, durante todo o período de ensaio. O resultado está em concordância com Santos (2012) que refere existir um antagonismo entre os dois elementos. Quando o potássio está em grandes quantidades na solução do solo origina dificuldades na absorção de cálcio. Entretanto, os valores encontrados neste estudo também são similares aos encontrados por Rodrigues *et al.* (2011) no qual teve valores médios de $8,36 \text{ g kg}^{-1}$.

No magnésio não foram encontradas diferenças significativas entre tratamentos e as médias estiveram sempre no intervalo adequado de suficiência, corroborando com Freeman & Carlson (2005) ao dizerem que é raro observarem-se deficiências nutritivas de magnésio nas oliveiras.

De uma maneira geral o valor das concentrações dos dois elementos (Ca e Mg) foram elevadas no inverno, mostrando uma concordância com a informação de Fernandes-Escobar (2001) e Rodrigues *et al.* (2011).

Tirando a época de julho de 2018 em que os valores de boro se encontraram na linha do limite inferior de suficiência, o conteúdo de boro nas folhas mostrou-se relativamente baixo. As concentrações mais baixas foram observadas em Dezembro de 2017 quando os valores na pastagem foram $13,2 \text{ mg kg}^{-1}$, seguido do talhão com herbicida ($10,39 \text{ mg kg}^{-1}$) e mais baixa para o talhão mobilizado ($9,51 \text{ mg kg}^{-1}$). As concentrações mais altas foram observadas na época de julho de 2018 entre os quais o talhão mobilizado teve $19,9 \text{ mg kg}^{-1}$, a pastagem $19,4 \text{ mg kg}^{-1}$ e o talhão herbicida $18,6 \text{ mg kg}^{-1}$, não tendo havido diferença significativa entre tratamentos.

O boro não sendo fortemente retido no solo, a sua carência vê-se generalizada em toda bacia do mediterrâneo e em várias partes do mundo, sendo que em Bragança é um dos principais elementos a ter em conta nos programas de fertilização (Arrobas & Moutinho-Pereira, 2009). Neste estudo registaram-se os valores mais altos no verão, corroborando com Rodrigues & Arrobas (2008).

Os resultados encontrados neste estudo são similares aos observados em Rodrigues *et al.* (2011) em que teve uma média cumulativa (4 anos) de $14,09 \text{ mg kg}^{-1}$ no inverno e $19,69 \text{ mg kg}^{-1}$ no verão, num estudo sobre o efeito do manejo do solo na produção de azeitonas e no estado nutricional de árvores em pomares de sequeiro entre 2003 a 2007 em Bragança. Os valores corroboram também com Arrobas *et al.* (2018) que observaram que cerca de 43% das análises foliares em castanheiro de 9 municípios de Bragança apresentaram concentrações foliares de boro abaixo do limite inferior da faixa de suficiência.

O ferro e o cobre variaram significativamente em dezembro de 2017 onde o ferro registou valores mais altos para o talhão de pastagem, de $161,9 \text{ mg kg}^{-1}$, seguido de herbicida, $102,3 \text{ mg kg}^{-1}$, e por fim o talhão mobilizado, $93,7 \text{ mg kg}^{-1}$. O cobre teve os valores significativamente mais elevados no talhão de herbicida, com $12,8 \text{ mg kg}^{-1}$, seguido do talhão mobilizado, com $11,4 \text{ mg kg}^{-1}$, e por fim a pastagem, com $10,4 \text{ mg kg}^{-1}$.

O zinco não variou significativamente em todo período do estudo (2017/2018). Contudo, os valores mais altos registaram-se no talhão de herbicida, seguido da

pastagem e por final do mobilizado, com valores de 32,5, 26,4 e 19,5 mg kg⁻¹, respectivamente. O manganês registou valores significativamente diferentes entre tratamentos nas épocas de dezembro de cada ano. Para 2017 a ordem foi talhão herbicida, pastagem e por fim mobilizado, com valores de 44,2 37,0 e 33,9 mg kg⁻¹, respectivamente. Em 2018 a sequência foi herbicida (40,2 mg kg⁻¹), mobilizado (32,1 mg kg⁻¹) e pastagem (26,8 mg kg⁻¹).

Em termos gerais todos estes micronutrientes estiveram na faixa adequada do intervalo de suficiência proposto por LQARS (2006). As concentrações encontradas neste olival podem ter tido estes resultados se levarmos em conta o pH do solo. Normalmente as situações de deficiência de Fe, Cu, Mn e Zn relatadas são provenientes de pomares cultivados em solos calcários (Righetti *et al.*, 1990). Situações de deficiência não são esperadas em solos bem arejados com pH próximo à neutralidade, não havendo necessidade de recomendar estes elementos nos programas de fertilização.

Em casos de toxicidade destes elementos a estratégia usada são aplicações de cal e drenagem do solo e os níveis de deficiência podem ser corrigidos aplicando o nutriente como quelatos sintéticos no solo ou como pulverizações foliares (Havlin *et al.*, 2005), ou injetado diretamente no tronco, como proposto por Fernández-Escobar *et al.* (1993) para fornecer Fe em situações de clorose induzida por solos calcários (Rodrigues *et al.*, 2012).

4.3 Propriedades do solo

Os valores de carbono orgânico foram significativamente mais baixas no talhão herbicida (14,3 g kg⁻¹) nas profundidades 10-20 e 20-30 cm quando comparado ao talhão mobilizado (16,9 g kg⁻¹) e da pastagem (17,0 g kg⁻¹). Fora, assim como debaixo da copa, não ocorreram diferenças significativas. Tal como se notou neste estudo, Bonilha *et al.* (2012) e Rodrigues *et al.* (2003) nas suas pesquisas salientaram que o padrão de distribuição da matéria orgânica no perfil do solo mostra valores mais altos na camada superficial e vão diminuindo com a profundidade. E ainda vários autores (Rodrigues & Cabanas, 2009; Rodrigues *et al.*, 2010; Hakoomat *et al.*, 2017) referem que os cobertos vegetais contribuem para o aumento da matéria orgânica no solo (o que indica maior contributo para o sequestro do carbono) ao permitir elevada deposição de

resíduos das plantas. Ao contrário da mobilização que tende a reduzir o teor de matéria orgânica no solo.

No tratamento herbicida o pH (H₂O) teve valores significativamente elevados fora da copa em relação aos tratamentos de pastagem e de mobilização. Entre as camadas o valor médio do pH (H₂O) foi de 5,5 não havendo diferenças significativas entre elas.

Estes valores estão na faixa dos resultados encontrados por Rodrigues *et al.* (2013) nos olivais de Suções e da Qta do Carrascal, e são considerados solos ácidos, de acordo com Arrobas e Moutinho-Pereira (2009). O elevado valor de pH na camada superficial 0-10 cm é explicado por.

Não houve diferenças significativas entre tratamentos no teor de fósforo extraível, sendo o valor médio mais alto registado no tratamento com pastagem 164,1 mg kg⁻¹. Ocorreram valores significativamente mais altos sob a copa e na camada 0-10 cm.

Resultados similares foram encontrados por Bonilha *et al.* (2012) e afirmaram existir uma tendência de redução significativa de teor de fósforo nas camadas profundas do solo e maiores níveis do elemento nas camadas superiores, que por sua vez ele correlaciona com os níveis de matéria orgânica.

O teor de fósforo extraído com resina (Pres) não apresentou diferenças significativas em todos os tratamentos, entretanto o valor médio mais elevado foi tido no tratamento herbicida (0,99 mg kg⁻¹) e o mínimo no tratamento de pastagem (0,66 mg kg⁻¹). Não ocorreram de igual modo diferenças significativas dentro e fora da copa, tal como para as três profundidades. O fósforo extraído com bicarbonato de sódio (Pbic) foi significativamente menor (29,4 mg kg⁻¹) no talhão mobilizado na profundidade 20-30 cm e o valor médio alto foi resgatado no talhão de pastagem (37,7 mg kg⁻¹).

Os valores médios encontrados neste estudo são muito inferiores aos obtidos por Arrobas & Coutinho (1998) e Arrobas (2000) que encontraram valores médios nos solos de 20 e 50 mg kg⁻¹ de P res e P bic, respetivamente. A não similaridade dos resultados com outros autores pode se dar pelo fato de terem trabalhado em solos diferentes, pois os teores variam de acordo com os diferentes tipos de solo (Arrobas & Coutinho, 2001).

O teor de potássio extraível no solo diminuiu significativamente no talhão herbicida (112,9 mg kg⁻¹) nas camadas mais profundas (10-20/20-30 cm) em relação ao tratamento de pastagem (185,8 mg kg⁻¹) e mobilizado (201,1 mg kg⁻¹). O potássio de troca seguiu a mesma tendência com exceção sob a copa onde os resultados foram

significativamente mais altos ($0,39 \text{ mg kg}^{-1}$) em relação fora da copa ($0,31 \text{ mg kg}^{-1}$). O teor mais alto foi verificado no tratamento de pastagem ($0,43 \text{ mg kg}^{-1}$) na camada 0-10 cm e o menor no herbicida ($0,25 \text{ mg kg}^{-1}$).

Estes valores são considerados teores muito altos segundo a classificação de Soveral-Días (1980) e Costa (1995) no livro do INIAP, (2005). Ferreira *et al.* (2015), nos pomares de suções e Qta Carrascal, encontraram valores muito baixos de $96,3$ e $41,5 \text{ mg kg}^{-1}$, respetivamente. O potássio é um elemento móvel que faz parte da constituição de muitos minerais primários e secundários e na maior parte encontra-se na forma não assimilável à planta podendo haver boas reservas no solo (INIAP, 2005).

O teor médio de cálcio de troca no tratamento herbicida foi significativamente mais elevado (14 cmol kg^{-1}) em relação ao tratamento mobilizado (9 cmol kg^{-1}) e de pastagem ($9,3 \text{ cmol kg}^{-1}$). Não houve diferenças significativas entre profundidades e entre fora e debaixo da copa. Igual ao cálcio, o magnésio teve valor significativamente mais elevado no tratamento herbicida ($3,9 \text{ cmol kg}^{-1}$) fora da copa na profundidade 20-30 cm em relação ao mobilizado (2 cmol kg^{-1}) e pastagem ($2,3 \text{ cmol kg}^{-1}$).

Os resultados das bases de troca encontrados neste estudo, segundo a classificação de INIAP (2005) são considerados valores médios.

Os valores de capacidade de troca catiónica foram significativamente maiores no tratamento herbicida ($18,6 \text{ cmol kg}^{-1}$) em relação ao tratamento pastagem ($12,5 \text{ cmol kg}^{-1}$) e mobilização ($11,8 \text{ cmol kg}^{-1}$). Dentro e fora da copa, assim como nas diversas profundidades do solo não houve diferenças significativas. Estes resultados são sustentados por INIAP (2005) ao dizer que em solos moderadamente ácidos uma parte da capacidade de troca catiónica não é preenchida por bases de troca, mas sim por hidrogénio, alumínio e outros catiões, facto que explica que o pH do solo teve influência nos baixos resultados encontrados neste estudo.

A acidez de troca no tratamento com pastagem foi significativamente mais elevado ($0,26 \text{ cmol kg}^{-1}$) em relação ao tratamento herbicida ($0,16 \text{ cmol kg}^{-1}$) e com mobilização ($0,16 \text{ cmol kg}^{-1}$). Entre as camadas não ocorreram diferenças significativas.

A acidez de troca esta relacionada com o grau de saturação de bases e só poderá diminuir na medida em que os iões ácidos (hidrogénio e alumínio) vão sendo trocados

com iões básicos contidos na solução do solo (Yague, 1994; INIAP, 2005; Havlin *et al.*, 2014).

O teor de alumínio de troca foi significativamente maior no talhão de pastagem (0,19 cmol+ kg^{-1}) em relação ao talhão de herbicida (0,11 cmol+ kg^{-1}). O talhão mobilizado (0,13 cmol+ kg^{-1}) não apresentou diferença significativa com o de pastagem e com o talhão de herbicida. Dentro e fora da copa e entre as profundidades avaliadas não se observaram diferenças significativas. Este facto pode estar ligado ao pH do solo, visto que o talhão com pastagem apresentou valor mais baixo de pH em relação aos restantes tratamentos. Bonilha *et al.* (2012) encontraram valores altos de alumínio nas camadas mais profundas do solo e também atribuíram ter relação com o pH visto que a acidez era notável naquelas profundidades. É de se esperar que em solos com pH inferior a 5,5 haja possibilidade de surgirem problemas associados à toxicidade de alumínio (Arrobas & Coutinho, 2001).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nos dois anos (2017 e 2018) de produção nos diferentes métodos de gestão da vegetação (herbicida 23,5 kg, pastoreio 21,7 kg e mobilização 23,5 kg), apesar de não mostraram diferenças significativas, permitem destacar o tratamento com pastoreio por melhorar parâmetros da fertilidade do solo como a matéria orgânica e por permitir uma dupla geração de renda com a venda de produtos animais e azeitona, melhorando a receita atual e a sustentabilidade do sistema.

As folhas mostraram tendência para apresentar teores mais elevados de N, B, Mg e Fe no talhão com pastagem, de P e K no talhão mobilizado e de Ca, Zn, Mn, Cu no talhão de herbicida, o que dificulta a interpretação de curto prazo.

Os resultados das análises de solos mostraram variações significativas do teor médio de carbono orgânico, pH e elementos como P, K e B, que tiveram valores mais elevados na camada superficial (0-10 cm) em relação às camadas mais profundas 10-20 cm e 20-30 cm. No futuro pode também ser interessante verificar qual dos métodos de manutenção do solo provoca maior gradiente em profundidade na fertilidade do solo.

A falta de resposta significativa aos tratamentos na produção de azeitona pode significar que outros fatores ecológicos, como a eficiência do uso da água pelas plantas, pode ter sido um fator determinante na produtividade. O resultado sugere pertinência em se manterem os ensaios a longo prazo para permitir uma melhor avaliação dos balanços nutritivos e do efeito na produção destes sistemas de manutenção do solo.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarenga, M.I.N. (1996) - *Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras. 211p.
- Amaral, H. F.; Andrade, D. S.; Sena, J. K.; & Balota, E. (2011) - Alterações nas propriedades químicas e microbianas de solos cultivados com videira sob manejo orgânico e convencional no sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, vol.35 n.5, p.1517-1526.
- Abboud, A. & Duque, F. (1986) - Efeitos de materiais orgânicos e vermiculita sobre a sequência feijão-milho-feijão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol. 21, n. 3, p. 227-236.
- Agroconsultores & Coba (1991) - *Carta de Solos, Carta do Uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real.
- Alcántara, C. & Pujadas, A. M. (2011) - Management of cruciferous cover crops by mowing for soil and water conservation in southern Spain. *Agric. Water Manag.* Vol. 98, ed. 6, p. 1071-1080.
- Almagro, M.; Boix-Fayos, C. J.; García-Franco, N. J. & Solé-Benet, A. M. (2016) - Sustainable land management practices as providers of several ecosystem services under rainfed Mediterranean agroecosystems. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, vol. 21, p.1029–1043.
- Almeida, V. P. & Alves, M. E. (2008) - Manejo e conservação do solo e da água. *Revista brasileira de Ciências de solo*, vol. 32, p. 1227-1237
- Alvarenga, M. & Davide, A. (1999) - Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de um agroecossistema. *Revista brasileira de Ciências de solo*, vol. 23, p. 933-942
- Alves, M. (2007) - *Caracterização e Estrutura Genéticas da Cultivar de Oliveira “Cobrançosa” e sua Relação com o Zambujeiro*. Tese de mestrado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências. 35p.

- Alves, M. C. & Suzuki, L. (2001) - Water infiltration in a Red Latosol (Oxisol) effect of two tillages and different green manures. *In: World Congress on Conservation Agriculture*. pp. 155-159.
- Alves, M. (2007) - *Caracterização e Estrutura Genéticas da Cultivar de Oliveira “Cobrançosa” e sua Relação com o Zambujeiro*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências.
- Arquero, O. & Serrano, N. (2013) - Manejo del suelo. *In: Arquero, O. (Ed.) - Manual del Cultivo del Almendro*. Sevilla.
- Arrobas, M. & Coutinho, J. (1998) – Fractionation of soil phosphorus and its relationship with growth and P uptake by ryegrass: A study with northeast portuguese soils. *European Society for Agronomy*, vol. 1, p. 73-74.
- Arrobas, M. (2000) – *Fraccionamento do fósforo em solos de Portugal*. Tese de Doutoramento. Vila Real, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, p.106-171.
- Arrobas, M. & Coutinho, J. (2001) – Caraterização do fósforo em solos de Portugal. *Revista Ciências Agrárias*, vol. 25, n. 3 e 4, p. 109-122.
- Arrobas, M. & Moutinho-Pereira, J. (2009) – Fertilização do olival. *In: Rodrigues, M. A. & Correia, C. (Ed.) - Manual de Safra e Contra Safra do Olival*. Bragança, p. 21-39.
- Arrobas, M.; Ferreira, I. M.; Correia, C. M. & Rodrigues, M. A. (2011) - Introdução de cobertos de leguminosas anuais em olival. *In: Rodrigues, M. A. (Ed.) - Amendoeira: Estado da Produção*. Centro Nacional De Competências Pelos Frutos Secos, Bragança, p. 32-34.
- Arrobas, M.; Afonso S.; Rodrigues M. A. (2018) - Diagnosing the nutritional condition of chestnut groves by soil and leaf analyses. *Scientia Horticulturae*, vol. 228, p. 113-121.
- Arrobas, M. ; Ferreira, Q. ; Claro, A.M. & Rodrigues, M.A. (2015) - The effect of legume species grown as cover crops in olive orchards on soil phosphorus bioavailability. *Journal of Plant Nutrition*, vol. 38, p. 2294-2311.

- Ballais, J.; Bonté, P. M. & Larromanière, M. I. (2013) - Hydric erosion in Sierra Magina olive groves Andalusia, Spain –Prospects for sustainable development. *Ingenta connect*, vol. 57, n. 1, p. 1-23.
- Barroso, J. M., & Santos, F. (2013) - Evolução técnica em olivicultura. *In: Bohm, J.; Godinho, C. & Coelho, F. (Ed) - O grande livro da oliveira e do azeite*. Dinalivro, Lisboa, p.80-92.
- Bazzaz, F. (1983.) - Characteristics of populations in relation to disturbance in natural and man modified ecosystems. *In: Mooney, H.A. & Godron, M. (Ed) - Disturbance and ecosystems*. Berlin, SpringerVerlag. p. 259-275.
- Beare, M. & Hendrix, P. D. (1994) - Water-stable Aggregates and Organic Matter Fractions in Conventional and No-Tillage Soils. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 58, n. 358, p. 777-786.
- Bonilha, M. R.; Casagrande, J. C.; Soares, M. R. & Reis-Duarte, R. M. (2012) - Characterization of the soil fertility and root system of restinga forests. *Revista brasileira de ciências de solo*, vol. 36, p. 1804-1813
- Bot, A., & Benites, J. (2005) - *The importance of soil organic matter Key to drought-resistant soil and sustained food production*. Rome, Sales and marketing group, 95p.
- Brady, R. & Weil, C. (2002) - *The Nature and Properties of Soils*. 15 ed. EUA, Phoenix Color Corp, 1071 p.
- Bremner, M. J. (1996) – Nitrogen Total. *In: Methods of soil analysis*. Part 3, Chemical methods- *SSSA Soil Science Society of America Book Series*. Book Series n. 5, p. 1085-1122.
- Bruce, R. & Langdale, G. A. (1990) - Tillage and Crop Rotation Effects on Characteristics of a Sandy Surface. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 54, n.6.
- Canero, A.; Cox, L. ; Redondo-Gómez, S. ; Mateos-Naranjo, E.; Hermosín, M. C. & Cornejo, J. (2011) - Effect of the herbicides Terbutylazine and Glyphosate on photosystem II photochemistry of young olive (*Olea europaea*) plants. *Journal Agricultural Food Chemistry*, vol. 59, p. 5528-5534.
- Carpio, A. J.; Soriano, M.A.C.; Prada, L. M. & Lora, Á. J. (2017) - Evaluation of a non-palatable species (*Anthemis arvensis* L.) as alternative cover crop in olive trees

- under high rabbit grazing pressure. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 246, p. 48-54.
- Casanellas, J. P. & Reguerín, M.A. C. (2003) - *Edafologia para la agricultura y el medio ambiente*. 3ª ed. Madrid, Mundi-Prensa, 928 p.
- Cassol, E. A.; Levien, R.; Jong Van Lier, Q. & Badelucci, M. P (1999) - Infiltração de água e perdas de água e solo por erosão influenciadas por diferentes métodos de melhoramento da pastagem nativa gaúcha. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol.23, n.4, p.923-931.
- Celis, R.; Trigo, C.; Facenda, G.; Hermosín, M.C. & Cornejo, J. (2007) - Selective modification of clay minerals for the adsorption of herbicides widely used in olive groves. *Journal Agricultural Food Chemistry*, vol. 55, p. 6650-6658.
- Cohen, M.; Alexandre, F. C.; Godron, M. J. & Morganti, A. (2015) - What is the plant biodiversity in a cultural landscape? A comparative, multi-scale and interdisciplinary study in olive groves and vineyards. *Agricultural Ecosystem & Environment*, vol. 212, p. 175-186.
- Cooper, J. & Scherer, H. (2012) - Nitrogen fixation. In: Marschner, P. (Ed.) - *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 3 ed. London.
- Costa, A. S. V. (1995) – Determinação de teores de magnésio, potássio do solo e recomendações de fertilização no cultivo de pastagens e forragens. *Pastagens e forragens*, vol. 16, p. 307-317.
- Costa, J. B. (2011) - *Caraterização e constituição do solo*. 8ª ed. Lisboa, 533 p.
- Dias, S. & Fernandes, R. (2009) - Estado geral da fertilidade dos solos da Beira Litoral, Beira Interior, Ribatejoo e Oeste e Alentejo. In: *1º Encontro sobre fertilidade*. Lisboa, 3 p.
- Driouech, N. ; Abou Fayad, A. ; Ghanem, A. & AI-Bitar, L. (2008) - Agronomic performance of annual self-reseeding legumes and their self-establishment potential in the Apulia region of Italy. In: *16th IFOAM Organic World Congress*. Modena, Italy, June, p. 16- 20.
- Estatísticas Agrícolas (2018) - *Produção vegetal*. Ed. 2018. Instituto Nacional de Estatística, Lisboa, 170 p.

- Eurostat (2016) - *Estatísticas da União Europeia*. Área dedicada ao cultivo de oliveiras na União Europeia. <<https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>>.
- FAOSTAT (2018) - *Área cultivada de oliveira por país*. FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations. <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>.
- FAO (2018) - *Estatísticas mundiais do cultivo de oliveira*. FAO - Food and Agriculture Organization of United Nations. <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>.
- FAO. (2012) - Conservation Agriculture and Sustainable Crop Intensification: A Zimbabwe Case Study. *Integrated Crop Management*, vol. 17, 36 p.
- Fernandez-Escobar, R.; Gómez, J.A.; Quesada-Moraga, E.; Orgaz, F.; Trapero, A. & Rosa, R. (2017) - Sistemas de Produção em Olivicultura. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed) - *El cultivo del olivo*. 7ª ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa.
- Fernández-Escobar, R. (2001) - Fertilization. In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed.) – *El cultivo del olivo*. Madrid: Mundi-Prensa and Junta de Andalucía, p. 255–284.
- Fernández-Escobar, R.; Barranco, D. & Benlloch, M. (1993) - Overcoming iron chlorosis in olive and peach trees using a low-pressure trunk-injection method. *HortScience*, vol. 28, p. 192-194.
- Fernandes, G. M. (2014) - *Caracterização morfológica e genética de cultivares de oliveiras centenárias e tradicionais para a obtenção de produtos diferenciados*. Tese de mestrado. Portugal, Instituto Politécnico de Bragança. 135 p.
- Fernandes, R. (2016) - Matéria Orgânica do Solo. *Dossier técnico*, INIAV, I. P., p. 26-28.
- Ferreira, I. & Arrobas, M. M. (2015) - Management of nitrogen-rich legume cover crops as mulch in traditional olive orchards. *Journal Communications in Soil Science and Plant Analysis*, vol. 46, n. 15, p.1881-1894.
- Ferreira, I. Q., Arrobas, M. A., & Rodrigues, M. (2013) - Soil management in rainfed olive orchards may result in conflicting effects on olive production and soil fertility. *Spanish Journal of Agricultural Research*, vol. 11, n. 2, p. 472-480.

- Fillipini, A. (2014) - *Zoneamento edafoclimático da olivicultura para o Rio Grande do Sul*. 1ª ed. Brasília. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 80 p.
- Franzluebbers, A. (1997) – Soil Microbial Biomass and Mineralizable Carbon of Water-Stable Aggregates. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 61, n. 4, p. 1090-1097.
- Freeman, M. K. & Hartmann, H. T. (2005) - Diagnosing and correcting nutrient problems. In: Sibbett, G. S. & Ferguson L. F. (Ed) - *Olive production manual*, Oakland, CA: University of California, p. 83–100.
- Freeman, M. & Carlson, R.M. (2005) - Mineral nutrient availability. In: Sibbett, G.S. & Ferguson, L. (Ed.) - *Olive Production Manual*, 3353, 2nd ed. University of California Publication, Oakland, CA, p. 75–82.
- Friedrich, T. & Derpsch, R. A. (2012) - Overview of the global spread of conservation agriculture. *The Journal of Field Actions Science Reports Special*, vol. 6, 8 p.
- García-Franco, N. ; Albaladejo, J. ; Almagro, M. & Martínez-Mena, M. (2015) - Beneficial effects of reduced tillage and green manure on soil aggregation and stabilization of organic carbon in a Mediterranean agroecosystem. *Soil Tillage Research*, vol. 153, p. 66-75.
- Giller, K. E. & Corbeels, M. E. (2009) - Conservation agriculture and smallholder farming in Africa: the Heretics' view. *Field Crops Research*, vol. 114, n.34, 26 p.
- Gilley, J. & Doran, J. T. (1997) - Runoff, Erosion, and Soil Quality Characteristics of a Former . *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 52, n. 3, 189-193.
- Gonçalves, N.; Nascimento, J. T.; Silva, F. I; & Beltrão, N. E. M. (2001) - Efeito de sistemas de cultivo e manejo na conservação do solo e produtividade das culturas para agricultura de sequeiro. In: *3º Simpósio brasileiro de captação de água de chuva no semiárido*. Petrolina, 9 p.
- Gómez, J. A., Infante-Amate, J. M., & Vanwalleghem, I. (2014) - Olive cultivation, its impact on soil erosion and its progression into yield impacts in Southern Spain in the past as a key to a future of increasing climate uncertainty. *Open access Agriculture*, vol. 4, p. 170-198.

- Gómez, J.; Campos, M. G. & Castillo-Llanque, F. J. (2017) - Soil erosion control, plant diversity, and arthropod communities under heterogeneous cover crops in an olive orchard. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 25, n. 2, p. 977-989.
- Grabowski, P. P. & Kerr, J. (2013) - Resource constraints and partial adoption of conservation agriculture by hand-hoe farmers in Mozambique. *International Journal of Agricultural Sustainability*, vol. 12, n.1, p. 37-53.
- Gucci, R. (2007) - Ecofisiologia. In: FIORINO, P. (Ed.) - *Olea: tratado di olivicoltura*. Bologna, Edagricole, p. 77-111.
- Guerra, A. J. & Jorge, M. (2014) - Degradação dos solos no brasil. Rio de Janeiro. *ResearchGate*, p. 9-25.
- Guzmán, G. & Foraster, L. (2011) - El manejo del suelo y las cubiertas vegetales en el olivar ecológico. In: Casado, G. G. (Ed.) - *El Olivar Ecológico*. Espana, Mundi-Prensa, Junta de Andalucía.
- Hakoomat, A.; AROOJ, M. N.; AREEB, A. U. & HUSSAIN, S. (2017) - A Aplicação em Pré e Pós-Emergência de Herbicida sob Sistema de Irrigação Melhorado Provou ser Estratégia Sustentável no Controle de Plantas Daninhas em Cultivo de Algodão. *Sociedade brasileira da ciência das plantas daninhas*, vol. 35, 12 p.
- Havlin, J.L.; Tisdale, S. L.; Nelson, W. L. & Beaton, J. D. (2014) - *Soil Fertility and Fertilizers. An introduction to nutrient management*. 8^a ed. Pearson.
- INE (2018) - *Estatísticas Agrícolas. Instituto Nacional de Estatística, I.P.* Ed. 2018, Lisboa, 170 p.
- INIAP (2005) - *Manual de Fertilização das Culturas*. Instituto Nacional de Investigação Agrária e das Pescas. Lisboa, Editorial do Ministério da Educação, 282 p.
- Jackson, D. (2011) - Soils, nutrients and water. In: Jackson, D.; Looney, N.; Morley-Bunker, M. Thiele, G. (Ed.) - *Temperate and Subtropical Fruit Production*, 3ed. CAB International, UK.
- Jones, J. (2001) - Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. London, New York, Washington, DC: CRC Press, Boca Raton.

- Kailis, S. & Harris, D. (2007) - *Producing table olives*. 2^a ed. Australia, Landlinks Press, 345p.
- Kairis, O.; Karavitis, C. A. & Salvati, L. C. (2013) - The effect of land management practices on soil erosion and land desertification in an olive grove. *Soil use and Managment*, vol. 29, p. 597–606.
- Kiehl, E. (2010) - *Novo fertilizantes orgânicos*. Piracicaba, Agronômica Ceres, 248 p.
- Lal, R. (1997) - Degradation and resilience of soils. *Philosophical transactions Royal Society Lond Biol Sci*, vol. 352, n. 1356, p. 997-1010.
- Lalani, B.; Dorward, P. G. & Wauter, E. (2016) - Smallholder farmers' motivations for using Conservation Agriculture and the roles of yield, labour and soil fertility in decision making. *Agricultural Systems*, vol.146, p. 80-90.
- LQARS (2006) - Manual de Fertilização de Culturas. *INIAP, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva*. Lisboa, Portugal.
- Lucena, B. & Mendez, M. A. (2017) – La olivicultura en el mundo y España. *In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed) - El cultivo del olivo*. 7^a ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 4-32.
- Madeira, M. (1997) - Strategies for rehabilitation of soils in Portuguese forestry system. *In: Atas do encontro nacional “O solo, o ambiente e o desenvolvimento sustentado”*. Oeiras, p.166-176.
- Maiato, A. G. (2016) - *O papel da Agricultura de conservação na luta contra a erosão do solo em particular em Angola*. Tese de mestrado. Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, 54 p.
- Malavolta, C. & Delrio, G. E. (2002) - *Guidelines for Integrated Production of Olives*. 1^a ed. Darmstadt (Germany), 73 p.
- MAP. (1977) - Ministério de Agricultura e Pescas. Laboratório de Química Agrícola "Rebelo da Silva" Sector de Fertilidade de solo: Documentação 2. Série Divulgação.
- MAPAMA. (2017) - *Notas técnicas informativas sobre la PAC 2015–2020. Condicionabilidad*. Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Secretaría General Técnica.

<https://www.fega.es/es/PwfGcp/es/el_fega/campanas_de_publicidad/nueva-pac-notas>.

- Martins, J. C. & Fernandes, R. (2017) - Processos de degradação do solo. *Dossier técnico* - INIAV, I.P., p. 34-36.
- Martínez-Mena, M.; Almagro, M. N.F.; Ruiz-Navarro, A. J.; Aguilar, J. D. & Querejeta, J. (2013) - Decreased foliar nitrogen and crop yield in organic rainfed almond trees during transition from reduced tillage to no-tillage in a dryland farming system. *European Journal of Agronomy*, vol. 49, p.149-157.
- Mauromicale, G.; Occhipinti, A. & Mauro, R. P. (2010) - Selection of shade - adapted subterranean clover species for cover cropping in orchards. *Agronomic Sustainable Development*, vol. 30, p. 473-480.
- MONIZ, A. C. (Coord.) et al. (1988) - A responsabilidade social da Ciência do Solo. *Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 526 p.
- Montanaro, G.; Celano, G. B. & Xiloyannis, C. (2010) - Effect of soil-protecting agricultural practices on soil organic carbon and productivity in fruit tree orchards. *Land Degradation & Development*, vol. 21, p. 132–138.
- Morris, M.G. (2000) - The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grassland. *Biological Conservation*, vol. 95, p. 129-142.
- Munhoz, R. E. (2001) - *Adoção e sustentação do sistema plantio direto*. Tese Mestrado. Brasil, Universidade de São Paulo.
- McCarty, G. & Lyssenko, N. J. (1998) - Short-term Changes in Soil Carbon and Nitrogen Pools during Tillage Management Transition. *Soil Science Society of America Journal*, vol 62, n.6.
- Nabinger, C.; Maraschin, G.E. & Moraes, G. A. (1999) - Pasture related problems in beef cattle production in southern Brazil. *Anais*, Curitiba. p. 23- 48.
- Nkala, P. (2012) - *Assessing the Impacts of Conservation Agriculture on Farmer Livelihoods in Threeselected Communities in Central Mozambique*. Tese de Doutorado. Vienna, University of Natural Resources and Life sciences, 118 p.

- Navarro A.; Figueroa B. M.; Ordaz V.M. & González F. V. (2008) - Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, vol. 18, n.1, p. 61-69.
- Navarro, C. & Parra, A. F. (2008) – Plantación del olivo.. *In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed) - El cultivo del olivo. 6ª ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 189-238.*
- Nogueira, F. A. (2012) - *Contribuição para a caracterização de “Azeitonas de mesa mistas ao natural” produzidas de forma tradicional em Trás-os-Montes: aspectos morfológicos, químicos e microbiológicos.* Tese de mestrado. Portugal, Instituto Politécnico de Bragança. 98 p.
- Noordwijk, M. V., Woomeer, P. K. & Bernoux, M. (1997) - Soil Carbon Dynamics in the Humid Tropical Forest Zone. *ScienceDirect*, vol. 79, n. 4, p. 187-225.
- Pastor, M.; Castro, J. V. & Humanes, M. (200) - Sistemas de manejo del suelo. *In: Barranco, D.; Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Ed) - El cultivo del olivo. 4º Ed. Madrid, Ediciones Mundi-Prensa, p. 214-254.*
- Paredes, D. & Cayuela, L. M. (2013) - Synergistic effects of ground cover and adjacent vegetation on natural enemies of olive insect pests. *Agricultural Ecosystem & Environment*, vol. 173, p. 72-80.
- Paustien, K.; Cipra, J. V. & Elliott, E. K. (1999) - The Contribution of Grassland CRP to C Sequestration and CO2 Mitigation. *Natural Resource Ecology Laboratory*, vol.13, p. 230-244.
- Penman, D.,& Chapman, B. (2011) - Crop protection. *In: Jackson, D., Looney, N., Morley-Bunker, M. Thiele, G. (Ed.) - Temperate and Subtropical Fruit Production, 3 ed. UK, Cambridge.*
- Perez-Cruzado, C.; Solla-Gullón, F.; Merino, A.; Rodríguez-Soalleiro, R. (2011) - Analysis of growth and nutrition of a young *Castanea X coudercii* plantation after application of wood-bark ash. *European Journal Forest Research*, vol. 130, p. 209-217.
- Pretty, J. (2008)- Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical transactions of the royal Society B*, vol. 363.

- Raij, B. (2011) - *Fertilidade do solo e manejo de nutriente*. 2^a ed. Piracicaba, International Plant Nutrition Institute, 420 p.
- Ramos, M. E.; Robles, A. N. & González-Rebollar, J. (2011) - Soil responses to different management practices in rainfed orchards in semiarid environments. *Soil Tillage Research*, vol. 112, n.1, p. 85-91.
- Reeuwijk, L. V. (2002) - Procedures for soil analysis. *Technical Paper 9* (Sixth ed.). ISRIC, FAO of the United Nations.
- Redin, C. G. (2013) - *Efeitos do pastoreio sobre a vegetação natural em fragmento de savana estépica parque, RS, Brasil*. Tese de mestrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 96 p.
- Reis, P. (2014) - *O olival em Portugal. Dinâmicas, tecnologias e relação com o desenvolvimento rural*. Ed. Animar - Associação Portuguesa para o Desenvolvimento Local. Lisboa, 35 p.
- Righetti, T.L.; Wilder, K.L. & Cummings, G.A. (1990) - Plant analysis as an aid in fertilizing orchards. In: Westermann, R.L. (Ed.) - *Soil Testing and Plant Analysis*. 3rd ed. Book Series no. 3. SSSA, Madison, WI, pp. 563–601.
- Rolo, J. (2014) - Os agentes económicos que detém o olival e os traços estruturais das unidades produtivas. In: Jordão, P. (Ed.)- *Boas práticas no olival e no lagar*.
- Rodrigues, M. A.; Arrobas, M. & Bonifácio, N. (2003) – Análise de terras em olivais de sequeiro. O efeito da aplicação localizada de fertilizantes. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 28, n. 2, p. 167–176.
- Rodrigues, M. A.; Ferreira, I.Q.; Claro, A.M. & Arrobas, M. (2012) - Fertiliser recommendations for olive based upon nutrients removed in crop and pruning. *Scientia Horticulturae*, vol.142, p. 205–211.
- Rodrigues, M. Â., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Arrobas, M. (2012). *Safra e contrassafra no olival e medidas para a sua mitigação*. (A. Bento, & J. Alberto, Eds.) Mirandela: Associação Portuguesa de Horticultura (APH).
- Rodrigues, M.A. ; Correia, C. M. ; Claro, A. M. ; Ferreira, Q.; Barbosa, J. C. ; Moutinho-Pereira, J. M. ; Bacelar, E.A. ; FernandesSilva, A.A. & Arrobas, M. (2013) - Soil nitrogen availability in olive orchards after mulching legume cover crop residues. *Science Horticulture*, vol. 156, p. 45-51.

- Rodrigues, M. A.; Pavão, F. J. & Arrobas, M. (2010) - Gestão da vegetação herbácea em olival biológico. *Revista técnica de olivicultura e azeite*, vol. 102, n. 4, p. 17-20.
- Rodrigues, M. Â. & Arrobas, M. (2017) - Manutenção do solo. In: Rodrigues M. Â. (Ed.) - *Amendoeira: Estado da Produção*. Centro Nacional De Competências Pelos Frutos Secos, Bragança, p. 185-194.
- Rodrigues, M. A. & Cabanas, J. (2007)- As Infestantes. In: Torres L. (Ed.) - *Manual de Proteção Integrada do Olival*. Bragança, p. 357-376.
- Rodrigues, M. Â. & Cabanas, J. (2009) - Manutenção do solo. In: Rodrigues, M. Â. & Correia, C. (Ed.) - *Manual de Safra e Contra Safra do Olival*. Bragança, Portugal, p. 41-57.
- Rodrigues, M. A.; Pavão, F. J. & Cabanas, J. M. (2011) - Effect of soil management on olive yield and nutritional status of trees in rainfed orchards. *Comunicações em Ciência do Solo e Análise de Plantas*, vol. 42, n. 9, p. 993-2011.
- Rodrigues, M.A.; Arrobas, M. (2008) - Effect of soil boron application on flower bud and leaf boron concentrations of olives. *Scientia Horticulturae*, vol. 791, p. 393-396.
- Russel, E. W. (1973) – *Soil conditions and plant growth*. 10th ed. London and New York, Longman group limited, 849 p.
- Rusinamhodzi, L.; Rufino, M. M. & Nyamangara, J. (2011) - A meta-analysis of long term effects of conservation agriculture on maize grain yield under rain-fed conditions. *Agron. Sustainable Development*, vol. 31, n. 4, 657 p.
- Santos, F. A. & Mafra, N. B. (2003) - Identificação de Mudanças nas Características e Propriedades de um Solo sob Cobertura vegetal distinta na Microbiologia da Estrangina em Petrópolis. In: *X Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*; Rio de Janeiro; Brasil.
- Santos, Q. d. (2001) – *Fertilização e Ambiente*. Ed. 137053/7621, Portugal, Gráfica Europam, Lda, 261 p.
- Santos, J.J.N.; Neto, C.L.A.; Caribé, R.M.; Monteiro, V.E.D. & Melo, M.C. (2015) - Interrelações entre matéria orgânica, pH, teor de água em solo de cobertura de aterro experimental. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'*. Centro de Eventos do Ceará – Fortaleza, Brasil, 4 p.

- Scheidel, A. & Krausmann, F. (2011) - Diet, trade and land use: a socio-ecological analysis of the transformation of the olive oil system. *Land Use Policy*, vol. 28, n.1, p. 47-56.
- Schneider, P. R. & Galvão, F. S. (1979) - Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestais. *Revista Floresta*, vol.1, n. 9, p. 19-23.
- Schulte, E. (1980) - Recommended soil organic matter tests. In: Dahnke, W.C. (Ed.) - *Recommended chemical soil tests procedures for the North Central Region*. NCR publ No 221. North Dakota State University, Fargo. p. 29-31.
- Silva, I.R. & Mendonça, E.S. (2007) - Matéria orgânica do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, p.275 - 374.
- Silva, I. (1998) - *Apostila de manejo e conservação do solo e água*. In: Oportunidades de Intensificação Sustentável no âmbito dos sistemas de Cereais actuais e futuras do Nordeste da África Ocidental. 1ªed. Índia. < <http://www.cssri.org>>.
- Sims, J. (1996) - Lime requirement. In: *Methods of Soil Analysis*. Part 3 – Chemical Methods. SSSA Book Series: 5, p. 491-515.
- Sirrine, R. ; Letourneau, K.; Shennan, C.; Sirrine, D.; Fouch, R.; Jackson, L. & Mages, A. (2008) - Impacts of groundcover management systems on yield, leaf nutrients, weeds, and arthropods of tart cherry in Michigan, USA. *Agricultural Ecosystem Environmental*, vol. 125, p. 239-245.
- Soveral-Dias, J.C. (1980) – *Guia prático de fertilização*. Serviço de análise de terras e de análise foliar. DGER, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Lisboa, 72 p.
- Theodoro, V. Alvarenga, M. I. N.; Guimaraes, R. J. & Souza, C. A. S. (2003) - Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 27, n.6, p.1039-1047.
- Thierfelder, C. & Wall, P. (2010) - Investigating conservation agriculture systems in Zambia and Zimbabwe to mitigate future effects of climate change. *Journal of Crop Improvement*, vol. 24, n. 2, p. 113-121.
- Thomaz, E. L. (2007) - Dinâmica Do Uso Da Terra E Degradação Do Solo Na Bacia Do Rio Guabiroba. *Guarapuava/Pr*, vol 13, p. 109-128, 2007.

- Tilman, D. (1999) - Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices. *Proc Natl Acad Sci EUA*, vol. 96,n.11, p. 5995-6000.
- Tisdale, S. L. & Nelson, W. (1977) - *Fertilidad de Los Suelos y Fertilizantes*. 1ª ed. Barcelona, TONSA San Sebastián, 760 p.
- Torres, J. L. (2012) - Resistência à penetração em área de pastagem de capim tifton, influenciada pelo pisoteio e irrigação. *Bioscience Journal*, vol. 28, n.1, p. 232- 239.
- Vezzani, F.M. (2002) - Relações da Qualidade do Solo com a Produtividade das Culturas. *In: XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Cuiabá*. Brasil.
- Yagüe, J. L. F. (1994) – *El solo y los fertilizantes*. 4ª ed. Madrid, Mundi-Prensa, 325 p.
- Walinga, I. V. (1989) - Soil and Plant analysis, Part 7. *Plant Analysis Procedures. Departament of soil science and plant nutrition*, p. 263.
- Wall, P.; Thierfelder, C. A. & Govaerts, B. (2013) - Conservation agriculture in Eastern and Southern Africa. *Conservation Agriculture: Global Prospects and Challenges*,vol. 13, 22 p.
- Wrege, M. S. & Jorge, R. A. (2015)- Distribuição potencial de oliveira. *Revista brasileira de fruticultura*, vol. 37, n. 3, p. 656-666.
- Zhao, W. Y. & Li., J. J. (2006) - Changes in vegetation diversity and structure in response to heavy grazing pressure in the Northern Tianshan Mountains, China. *Journal of Arid Environments*, vol. 68, n. 3, p. 337-508.
- Zona Agro - Consultoria Agrícola (2016) - *Matéria Orgânica*. Zona Industrial de Constantim, Lote 161, 5000 - 082 Vila Real.
<<http://www.zonaagro.com/web/files/MatriaOrgnicaARTIGO1.pdf>>.