

**Efeito da gestão do solo no estado nutricional e  
produtividade das árvores em olival**

**Matembele Makilutila**

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

**Orientado por**

**Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues**

**Coorientado por**

**Professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues**

**Bragança**

**2017**



## Agradecimentos

A meu Deus todo-poderoso, por me ter acompanhado e socorrido em todas circunstâncias da minha vida, particularmente durante os dois anos passados em Bragança, muito obrigado.

Especial agradecimento aos meus orientadores, Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues e Professora Doutora Margarida Arrobas Pereira Rodrigues, pela aceitação, disponibilidade, amor, carinho, amizade, humildade, orientações e apoio dedicados desde os preliminares até a concretização deste trabalho.

A grande equipa do laboratório de solos da Escola Superior Agrária de Bragança nomeadamente às técnicas Ana Pinto e Rita Dinis e à bolsistas de investigação Isabel Ferreira e Sandra Afonso pela simpatia e apoio prestado.

A todos nossos professores que nos formaram na ESA com muito amor e carinho, particularmente a Diretor professor doutor Albino Bento e professor Carlos Aguiar pela simplicidade, sensibilidade e atenção prestada em mim nos tempos difíceis.

A Universidade Kimpa Vita, especialmente à Escola Superior Politécnica do Uíge dirigida pela decana professora doutora Maria de Fátima e vice-decanos professores Makiese e Mampuya pela oportunidade concedida para continuação dos estudos.

A minha família em especial a minha querida esposa Cristina Kudada pelo incansável apoio moral, espiritual, financeiro prestado ao longo do percurso.

Aos meus irmãos Nsumbu Pierre, Nsingi Gaspar pelo conselho, encorajamento, apoio financeiro.

Aos meus amigos Kamalandua Daniel, Luvumbu J.c, Didier Mpanda, Alain Dobe, Nsimba Kanda, Petezi, Dalne, Jacques Mayawa, Doudou, Msc. Makuntima e Mawunu.

Aos meus companheiros do mestrado, Décio, Samora, Florindo, Nelson, Rossano, Ladeira, Xénia e Pires pela unidade do grupo, momento partilhado e apoio ao longo de toda caminhada.

A todos acham aqui a minha profunda gratidão.

Obrigado, thank you, merci, ntondele.



À memória do meu pai e irmão, Vakoko António e Padre Afonso  
Kavenadiambuko por fazer de mim um «muntu kibeni» (um verdadeiro homem).

Dedico este trabalho



A minha mãe Ndinguina teresa, velha de 87anos de idade, apesar do peso da tua velhice e da doença, sempre a esperar o fruto do teu sacrifício.

Dedico



# Índice

Agradecimentos .....	i
Índice de figuras .....	ix
Índice de quadros.....	xi
Abreviaturas.....	xiii
Resumo .....	xv
Abstract.....	xvii
I. Revisão bibliográfica.....	1
1. A cultura de oliveira .....	1
1.1. Origem, difusão e importância económica da cultura.....	1
1.2. Enquadramento taxonómico e aspetos botânicos.....	2
1.3. Composição do fruto .....	3
1.4. O ciclo bienal da oliveira .....	4
1.5. Preferências edafo-climáticas da oliveira.....	5
1.6. Técnica cultural .....	6
1.7. Descrição sumária de algumas variedades da oliveira .....	12
1.8. Proteção fitossanitária do olival .....	13
1.9. Colheita da azeitona .....	17
1.10. Gestão da fertilidade do solo e do estado nutricional das culturas.....	20
1.11. Sistemas de gestão do solo em culturas arbóreas .....	31
II. Material e métodos.....	41
2.1. Caracterização edafoclimática do local de projeto .....	41
2.2. Instalação do ensaio e delineamento experimental.....	41
2.3. Produção de azeitona .....	42
2.4. Análise de terras.....	42
2.4.1. Colheita de amostras de terra .....	42
2.5. Análise dos tecidos vegetais .....	44

2.5.1. Colheita e tratamento das amostras .....	44
2.5.2. Determinação da concentração de nutrientes nos tecidos vegetais .....	45
2.6. Análise estatística de dados .....	45
III. Resultados.....	47
3.1. Produção de azeitona .....	47
3.2. Fertilidade do solo .....	47
3.3. Concentração de nutrientes nos tecidos vegetais .....	61
IV. Discussão dos resultados .....	61
4.1. Produção de azeitona .....	62
4.2. Fertilidade do solo .....	62
4.2.1. Carbono orgânico .....	62
4.2.2. pH.....	63
4.2.3. Fósforo e potássio extraíveis .....	63
4.2.4. Cálcio e magnésio .....	64
4.2.5. Acidez de troca.....	64
4.2.6. Capacidade de troca catiónica .....	65
4.2.7. Boro .....	65
4.3. Concentração de nutrientes nos tecidos vegetais .....	66
V. Conclusões.....	67
Referências .....	69

## Índice de figuras

Figura 1. Mobilização de primavera como forma de controlo da vegetação herbácea. .....	33
Figura 2. Solo nu resultante da aplicação de herbicida residual no Outono.....	36
Figura 3. Coberto de trevo subterrâneo de uma variedade de ciclo curto semeada estreme ( <i>Trifolium subterraneum</i> L. ssp <i>subterraneum</i> Katzn. e Morley cv. Dalkeith). .....	38
Figura 4. Gestão do solo de espécies pratenses com pastoreio. ....	39
Figura 5. Produção acumulada de azeitona no período 2012-2015 e 2016 nas novas modalidades de gestão do solo, nomeadamente pastagem (antiga modalidade com herbicida); mobilizado e herbicida pós-emergência (antiga modalidade com pastoreio). .....	47
Figura 6. Teor médio de carbono orgânico debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem.. ....	48
Figura 7. Teor médio de carbono orgânico fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	49
Figura 8. pH (H <sub>2</sub> O) debaixo da copa em função dos sistemas de gestão do solo e da profundidade de amostragem.....	49
Figura 9. pH (H <sub>2</sub> O) fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem.....	50
Figura 10. pH (KCl) debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem.....	50
Figura 11. pH (KCl) fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem.....	51
Figura 12. Teor médio de fósforo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	52
Figura 13. Teor médio de fósforo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	52
Figura 14. Teor médio de potássio debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	53
Figura 15. Teor de potássio fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem.....	53

Figura 16. Teor de cálcio no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	54
Figura 17. Teor de cálcio no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	54
Figura 18. Teor de magnésio no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	55
Figura 19. Teor de magnésio no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	56
Figura 20. Teor de sódio no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	56
Figura 21. Teor de sódio no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	57
Figura 22. Acidez de troca no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	57
Figura 23. Acidez de troca no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	58
Figura 24. Capacidade de troca catiónica no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	59
Figura 25. Capacidade de troca catiónica no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. ....	59
Figura 26. Boro no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem.....	60
Figura 27. Boro no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem.....	60

## Índice de quadros

Quadro 1. Concentração de nutrientes nas folhas em função do sistema de gestão do solo. ....	61
Quadro 2. Concentração de azoto e boro na polpa com base em amostra aleatória de 10 azeitonas em função do sistema de gestão do solo.....	61



## Abreviaturas

A.C – Antes de Cristo

ANOVA – Análise de variância

DPV – Défice de pressão de vapor

ESA – Escola Superior Agrária

EUA – Estados Unidos de América

FAO – Food and Agriculture Organization

FDR – Frequency Domain Reflectometry

pH – Potencial de hidrogénio

PRD – Partial root drying

RDI – Rega deficitária regular

RSA – República Sul Africana

TDR – Time Domain Reflectometry



## Resumo

Em pomares, a forma como é mantido o solo pode influenciar a sua fertilidade bem como o estado nutricional e a produtividade das árvores. Durante dez anos consecutivos (2001-2011) estudou-se o efeito da gestão do solo no estado nutricional e produtividade das árvores, na fertilidade do solo e na produção de azeitona em um olival de sequeiro em Bragança, Portugal.

O delineamento experimental incluiu três formas de gestão do solo, designadamente mobilização tradicional, herbicida não seletivo pós-emergência (glifosato) e um coberto vegetal gerido com pastoreio. Durante este período, a produção acumulada de azeitona foi significativamente mais elevada no tratamento gerido com herbicida e mais baixa no tratamento gerido com pastoreio. Contudo, o coberto gerido com pastoreio apresentou melhores indicadores de fertilidade do solo.

Em 2011 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.

Neste trabalho reportam-se os resultados deste segundo ensaio correspondentes apenas ao período compreendido entre maio de 2016 e abril de 2017. Assim, foi avaliada a produção de azeitona a partir das 10 árvores marcadas em cada talhão experimental em dezembro de 2016 e procedeu-se a colheita de amostras de solos em três profundidades, 0-5, 5-10 e 10-20 cm, debaixo e fora da copa em todos os tratamentos e em três repetições para avaliação da fertilidade do solo. Foram também colhidas folhas para determinação da composição elementar e avaliação do estado nutricional das árvores e frutos para determinação da sua composição química elementar.

Após cinco colheitas (2012-2016), a produção cumulativa média de azeitona foi mais elevada no novo talhão com herbicida (110,2 kg árvore<sup>-1</sup>), seguida do talhão pastoreado (105,9 kg árvore<sup>-1</sup>) e por último do talhão mobilizado (97,4 kg árvore<sup>-1</sup>), embora estas diferenças não tenham ainda significado estatístico. O talhão mobilizado apresentou indicadores de fertilidade do solo mais baixos que os restantes tratamentos em particular carbono orgânico. O talhão com pastoreio apresentou os indicadores de fertilidade do solo mais interessantes. As árvores em melhor estado nutricional encontraram-se no talhão com pastagem o que não coincide com o talhão mais

produtivo, o que poderá significar que em sequeiro a água é mais importante que a disponibilidade de nutrientes.

**Palavras-chave:** *Olea europaea*; cobertos vegetais; manutenção do solo; produção de azeitona; fertilidade do solo; estado nutricional das árvores.

## Abstract

In fruit growing, the way the soil is maintained can influence its fertility as well as the nutritional status and productivity of the trees. For ten consecutive years (2001-2011), the effect of soil management on the nutritional status of trees, soil fertility and olive yield was studied in a rainfed olive grove in Bragança, Portugal.

The experimental design included three forms of ground management, namely conventional tillage, post-emergence non-selective herbicide (glyphosate) and a grazing managed herd cover. During this period, accumulated olive yield was significantly higher in herbicide treatment and lower in grazing-managed treatment. However, the grazed plot showed better soil fertility indicators.

In 2011 it was decided to change the order of the treatments on the experimental design. The field managed with herbicide began to be managed with grazing and vice versa. The tilled plot remained unchanged.

In this work the results were reported of this second trial corresponding only to the period between May 2016 and April 2017. Thus, the olive yields from 10 trees marked in each experimental plot were evaluated. Soil was sampled at three depths, 0-5, 5-10 and 10-20 cm, beneath and outside the crown in all treatments and in three replicates for soil fertility evaluation. Leaves were also collected to determine the elemental composition and assessing the nutritional status of the trees. Fruits were also sampled to determine their elemental chemical composition.

After five harvests (2012-2016), the average cumulative olive yield was higher in the new herbicide plot (110.2 kg tree<sup>-1</sup>), followed by the pastured plot (105.9 kg tree<sup>-1</sup>) and finally the tilled plot (97.4 kg tree<sup>-1</sup>), although these differences did not yet have statistical significance. The tilled plot presented lower soil fertility indicators than the other treatments in particular soil organic carbon. The grazing field presented the most interesting soil fertility indicators. The trees with the best nutritional status were found in the pastured plot, which did not coincide with the most productive plot, which may mean that water is more important than the availability of nutrients in rainfed fruticulture when submitted to different ground cover systems.

**Keywords:** *Olea europaea*; cover cropping; olive yield; soil fertility; trees nutritional status.



# I. Revisão bibliográfica

## 1. A cultura de oliveira

### 1.1. Origem, difusão e importância económica da cultura

A origem da oliveira (*Olea europaea* L.) tem história que está intimamente associada às diferentes civilizações que se desenvolveram na orla mediterrânica e cruza-se com as aventuras dos descobrimentos, as conquistas constantes e alternadas ou com os intercâmbios mercantis destes povos.

De acordo com Monteiro (1999) admite-se que a sua origem tenha sido a Síria, ou talvez a Ásia Menor e também Creta, as Cíclades, as Espórades. Mas, o que se sabe é que também já era cultivada no antigo Egipto há mais de quatro mil anos. Os egípcios da VII dinastia designavam-na por «Tat»; os gregos já a cultivavam no tempo de Homero; na Síria, desde o III milénio, que se produzia óleo a partir de azeitonas; em Esparta, os cadáveres, com honra de túmulo funerário, cobriram-se com abundantes ramos de oliveira; o rei Salomão enviava azeite a Hirão I, rei de Tiro, em troca dos materiais e dos artesãos que destinava à construção do templo; Josué e Zorobabel já comercializavam azeite com as populações de Sídón e Tiro por troca de madeira dos cedros do Líbano. Mais tarde, ao ritmo das conquistas e das trocas comerciais, instala-se na Sicília, Itália, Tunísia, Marrocos, no sul de França e na península Ibérica, através das civilizações que conviviam com o mediterrâneo, como fénicos, fócios, gregos, hebreus, cartagineses, romanos e árabes. A bíblia refere-se muitas vezes à oliveira, mais cultivada na Palestina que a videira e a figueira, designando a Terra Prometida como país de oliveiras e para assinalar, na linguagem de Deus, as bênçãos do céu. Aliás, a história desta árvore começa quando a pomba enviada por Noé, escolheu da oliveira o ramo anunciador da misericórdia divina. A partir daí, o povo de Deus dedicou-lhe sempre religioso respeito.

Ainda segundo Monteiro (1999) o azeite, líquido oleoso extraído da azeitona que vai do amarelo ao verde, é empregado na alimentação, iluminação, farmácia e lubrificação desde as origens. As principais qualidades alimentares e efeitos benéficos na saúde do azeite devem-se a ser rico em vitaminas A, D, e E, regulador da atividade sanguínea e ser bem tolerado em caso de doença do aparelho circulatório. Tem também efeitos benéficos nas doenças cardíacas, evita a arteriosclerose, tem ação preventiva contra o cancro (devido aos antioxidantes, Vitamina E), é bem tolerado pelos diabéticos (pode reduzir as

necessidades de insulina), melhora o funcionamento intestinal do fígado, dos rins e da vesícula (evita os cálculos renais) e tem influência significativa no desenvolvimento ósseo e sistema nervoso (as mães, durante a amamentação, devem consumir azeite).

Atualmente, segundo a FAO (2017), grande parte da produção mundial de azeitona situa-se na Europa. Em termos relativos a produção europeia representa 68% da produção mundial, seguida de Ásia (15%), África (14%), América (2%) e Oceânia (0,16%).

## 1.2. Enquadramento taxonómico e aspetos botânicos

Em termos taxonómicos, a oliveira (*Olea europaea* L.) é a única espécie da família Oleaceae com fruto comestível, e é uma das plantas cultivadas mais antigas, cuja origem data de 4000-3000 anos a.C. na zona da Palestina (Bacelar *et al.*, 2009).

Segundo os mesmos autores, a ordem Oleales é constituída por uma só família botânica (*Oleaceae*) mas compreende diversas espécies distribuídas pelas regiões tropicais e temperadas do mundo. Dos 29 géneros desta família, o género *Olea* é um dos mais importantes segundo uma perspetiva económica, compreendendo 30 a 35 espécies. Também ao nível da subespécie existe alguma discrepância na classificação botânica, sendo aceite que as oliveiras cultivadas pertencem à subespécie *sativa* e as oliveiras silvestres à subespécie *sylvestris*.

A oliveira é uma árvore polimórfica de folhagem persistente, crescimento lento e grande longevidade. Geralmente, o tamanho da oliveira cultivada é mediano, oscilando entre os 4 e os 8 m de altura, ainda que se possam ver árvores idosas com mais de 15 ou 20 m de altura com tronco de 1,5 a 2 m de diâmetro. É uma árvore de folha persistente, com disposição oposta nos ramos (caraterística botânica da família das *Oleacea*), simples, inteiras, sem estípula e com o pecíolo curto. As formas e dimensões das folhas variam muito consoante a variedade, podendo ser lanceoladas, elípticas, pequenas, médias, grandes, curtas e largas, curtas e estreitas, largas e estreitas, etc.

A morfologia do sistema radicular depende, para além das condições do solo, da própria origem da árvore (semente ou estaca). Assim, quando a árvore provém de uma semente, forma-se uma raiz principal que vai dominar o sistema radicular nos primeiros anos; quando a árvore é produzida através de enraizamento de estacas, desenvolvem-se na zona basal da estaca, múltiplas raízes adventícias que se comportam como raízes principais múltiplas na árvore (Monteiro, 1999).

As inflorescências são construídas por cachos largos e flexíveis; o número de flores é muito variável (de 10 a mais de 40 por cacho, em média); a flor é pequena e constituída por 4 sépalas, 4 pétalas, 2 estames e 2 carpelos. As inflorescências apresentam dois tipos de flores. As primeiras são hermafroditas ou bissexuais, compostas por estames e pistilo bem desenvolvidos. As segundas, conhecidas como estaminíferas ou masculinas, apresentam um ovário rudimentar ou ausente, e não podem por conseguinte, dar lugar à formação do fruto (Bacelar *et al.*, 2009).

O fruto é uma drupa de mesocarpo carnudo ou polpa, rica em lípidos, com policarpo ou pele que durante a maturação passa de uma cor verde pálida (azeitona verde) a uma cor violeta ou roxa (azeitona de cor cambinante) e depois a uma cor negra (azeitona negra) e com endocarpo ou caroço duro estriado, mais ou menos pontiagudo, que é geralmente ovoide, mas também com formas obovoides, esferoidais, elipsoidais ou alongadas e o seu tamanho varia muito, de pequeno até 1,9 grama a muito grande até 8 gramas, com rendimentos em azeite de 14 a 28 % e período de maturação entre os 25 e 50 dias (Monteiro, 1999).

Segundo Rapoport (2008) a oliveira é uma planta autogâmica, podendo encontrar-se algumas variedades alogâmicas e partenocarpia. Os frutos partenocárpicos tendem a ter uma forma esmagada e são de dimensões reduzidas em comparação com os frutos resultantes de fecundação normal, não possuindo, por isso, valor económico.

### **1.3. Composição do fruto**

Segundo Monteiro (1999) a polpa, na altura da maturação, representa 65 a 90% do peso total (a película 1-2%), o caroço 10 a 30% e a semente apenas 2 a 5%, dependendo da variedade, estado de maturação e técnicas culturais. A polpa é formada por água (70-75% do seu peso total), matérias gordas (15-30% do peso do fruto), açúcares simples (importantes para os processos de fermentação das azeitonas de mesa), outros hidratos de carbono (polissacáridos 3 a 6%), proteínas (1 a 3% da polpa e em que a arginina é o aminoácido mais importante), pectinas, ácidos orgânicos (cítrico, málico e oxálico), taninos (1,5 a 2% do peso da polpa e são os responsáveis pela adstringência e acidez elevada das azeitonas), oleuropeína, substâncias corantes (por exemplo as antocianinas desempenham um papel primordial quando a azeitona de destina a ser transformada em

negra) e sais minerais (potássio, cálcio, fósforo, magnésio, enxofre, cloro, ferro, cobre e manganésio).

O endocarpo, por sua vez, é formado por tecido esclerificado, contendo substâncias resinosas (volatilizam-se com o calor), substâncias azotadas, matérias gordas e polifenóis. A amêndoa é rica em albúmen celulósico e azeite de sabor doce e cor amarelada (25-30%, o que em relação ao fruto fresco não chega a 1%), mas com uma enzima capaz de provocar alterações ao azeite da polpa.

A composição média da azeitona é 50% água, 22% azeite, 1,6% proteínas, 19,1% glúcidos, 5,8 % celulose e 1,5% cinzas (Monteiro,1999).

#### **1.4. O ciclo bienal da oliveira**

Segundo Rodrigues & Correia (2009), a alternância, também designada de safra e contra safra, é um problema comum a várias fruteiras de onde se destacam a oliveira, a amendoeira, o pistácio e a noqueira. Após um ano de boa produção segue-se quase invariavelmente uma má colheita. A oliveira tem tendência particular para acentuar a alternância. Em olivais de sequeiro, onde as condições para o crescimento das plantas são menos favoráveis, a alternância pode originar anos com produções realmente muito baixas. A alternância é um fenómeno relacionado com os hábitos de frutificação da oliveira. Nesta espécie as flores surgem nos ramos de um ano de idade, aqueles que se desenvolveram durante a estação de crescimento do ano anterior. Os bons ramos frutíferos apresentam vigor médio e encontram-se expostos à luz. O seu comprimento, embora dependente das variedades, deve situar-se entre os 20 a 40 cm em condições de regadio e atingir os 15 a 20 cm em olivais de sequeiro. Em ramos curtos e de fraco vigor a floração é reduzida e o vingamento dos frutos muito modesto. Em ramos excessivamente vigorosos, como os chupões que se formam na vertical após poda severa, normalmente não se formam flores. A produção de um dado ano começa a definir-se com a indução da floração. Por indução da floração entende-se o primeiro estímulo que determina se um dado gomo evolui para cacho floral ou se mantém como gomo vegetativo e origina um novo ramo.

A alternância aparece como um processo natural relacionado com os hábitos de frutificação da oliveira, em que a produção de um dado ano limita as reservas da planta e interfere com a produção do ano seguinte. Assim, parece não poder ser inteiramente

controlada pelo homem. Contudo, através de uma técnica cultural equilibrada, o olival pode ser mantido em boas condições de crescimento minimizando-se a severidade da contra safra (Rodrigues & Correia, 2009).

## **1.5. Preferências edafo-climáticas da oliveira**

### **1.5.1. Solos**

A oliveira prefere solos franco-argilosos, com boa estrutura e drenagem, já que é bastante suscetível á asfixia radicular. O pH ótimo será de 6,0 a 7,5, suportando no entanto valores de pH inferiores e mesmo superiores (entre 4,5-8,5) (Monteiro, 1999).

A oliveira poderá dizer-se que suporta ou vai bem em quase todos os terrenos, desde que não sejam mal drenados, excessivamente argilosos e acima dos 600-800 m de altitude (Monteiro,1999). Segundo este autor, em Trás-os-Montes, a oliveira pode cultivar-se numa gama variada de solos, mas o olival encontra-se predominantemente em solos de encosta pouco evoluídos (leptosolos), com predominância da textura franca.

### **1.5.2. Clima**

A oliveira é uma árvore rústica com grande capacidade de adaptação a diferentes condições agroclimáticas. Contudo, temperaturas convenientes ao longo do período vegetativo são necessárias para um desenvolvimento equilibrado da árvore e elevada produção. Assim, no repouso vegetativo (novembro a fevereiro), as necessidades em baixas temperaturas são mais ou menos de 400 horas acumuladas iguais ou inferiores a +9 °C e com temperaturas negativas não inferiores a -5 °C/-6 °C. Para que a floração e fecundação se concretize requer temperaturas entre os 12 °C e os 25 °C. A sua capacidade de adaptação é também notória para temperaturas superiores a + 40 °C (Monteiro, 1999).

De acordo com Navarro *et al.* (2008) no período do crescimento e de amadurecimento do fruto, temperaturas inferiores a 0 °C e -5 °C podem provocar feridas nos ramos jovens e abaixo de -10 °C podem provocar a morte da planta.

Quanto à pluviosidade e, em regime de sequeiro, sobrevive em climas extremamente secos (P <200 mm/ano) e adapta-se a irregularidade dos regimes hídricos. Por outro lado, a excessiva e permanente humidade ambiental é muito nefasta, principalmente pelos problemas sanitários que esta situação proporciona. Desta forma, a oliveira desenvolve-se em condições ideais nos climas de invernos suaves, com humidade

relativa do ar média e precipitações anuais compreendidas entre 450-800 mm (Monteiro,1999).

## **1.6. Técnica cultural**

### **1.6.1. Preparação do terreno**

Com a preparação do terreno pretende-se criar no solo as melhores condições para receber as plantas jovens e favorecer o seu desenvolvimento. A primeira mobilização consiste numa mobilização profunda (ripagem) que deve ser efetuada em junho/julho.

Esta operação é efetuada para facilitar o posterior desenvolvimento das raízes, uma vez que nas árvores adultas as raízes localizam-se principalmente entre os 20 cm e 80 cm de solo e estendem-se em redor do tronco até uma distância de 2-3 vezes a projeção da copa. Além disso, a maior absorção de nutrientes faz-se quando se localizam os adubos a  $\pm$  25 cm de profundidade e uma vez que também permitirá ao solo acumular maior quantidade de água utilizável para a planta. Esta operação deverá ser precedida da desmatação e limpeza do terreno e, posteriormente, pela despedrega (Monteiro,1999).

Após a lavoura profunda distribuem-se os fertilizantes por toda a parcela nas quantidades recomendadas depois de análise do solo num laboratório.

A segunda lavoura permitirá incorporar os fertilizantes a 30-40 cm da profundidade.

### **1.6.2. Densidade de plantação**

Segundo Monteiro (1999) em oliveira, aconselham-se compassos à volta de 6x6 m e 7x7 m em regadio e de 8x7 m ou 8x8 m em sequeiro.

### **1.6.3. Plantação**

Às primeiras chuvas outonais deverão uniformizar-se o terreno com duas passagens (cruzadas) de grade de discos. Segue-se a utilização de um abre-valas que trabalha a profundidades mínimas de 40 cm. A época de plantação situa-se durante o repouso vegetativo (invernal) da árvore, de novembro a março. Nas zonas onde o frio invernal não é elevado, como o Vale do Douro e algumas zonas da Terra Quente, o ideal é plantar em novembro/dezembro. Nas restantes áreas olivícolas, onde o inverno é mais frio, é

preferível efetuar a plantação em fevereiro/março. Depois da plantação, as árvores jovens devem ser tutoradas para a proteção dos ventos e regadas ao pé (na situação de sequeiro) até às próximas chuvas outonais (Monteiro,1999).

#### **1.6.4. Fertilização do olival**

De acordo com Arrobas *et al.*, (2009) a fertilização do olival tem por objetivo 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 comprovar-se através de análise de terras ou foliares quais os nutrientes a aplicar e em que doses devem ser aplicados. A fertilização é uma prática sobre a qual não restam dúvidas poder aumentar a produção média das árvores e reduzir a alternância anual das produções.

A fertilização do olival deve estar baseada no conhecimento prévio do nível de fertilidade do solo e, se possível, do estado nutritivo das árvores. Os resultados analíticos da análise de solos e folhas fornecem informação sobre a necessidade de aplicar na forma de adubos. No olival é frequente distinguir-se a estratégia de fertilização a seguir na instalação da estratégia a implementar posteriormente durante o ciclo produtivo da planta.

Segundo Fernández-Escobar (2008) nem sempre o conteúdo de nutrientes no solo está relacionado com o conteúdo na planta. Pode haver bloqueio na absorção por pH desadequado ou falta de água no solo. A análise de terras, feita com uma certa periodicidade é muito útil na medida em que permite conhecer a disponibilidade potencial dos nutrientes no solo. A análise foliar por sua vez, permite o conhecimento das deficiências antes que a planta manifeste sintomas visíveis. O mesmo autor estima que estas análises em conjunto permitem também detetar a toxicidade de sódio, cloro e boro uma vez que o olival é pouco tolerante a salinidade.

##### ***1.6.4.1. Fertilização na instalação do olival***

Na instalação do olival deve proceder-se à aplicação de corretivos minerais sempre que os resultados da análise de terras o aconselhem. Corretivos orgânicos, na forma de estrumes bem curtidos, são sempre favoráveis na instalação, não tanto porque se promove o aumento da matéria orgânica do solo mas porque se melhoram as suas propriedades físicas. Os nutrientes devem aplicar-se em quantidades que assegurem o normal

desenvolvimento das plantas. Em plantação de sequeiro, ou sempre que não se efetue fertirrigação, devem aplicar-se adubos foliares que contenham grande parte dos elementos essenciais nos dois primeiros anos a seguir à instalação (Arrobas & Moutinho-Pereira, 2009)

### ➤ **Matéria orgânica do solo**

Segundo Rodrigues *et al.*, (2009), a matéria orgânica compreende detritos de natureza diversa, mas sobretudo de origem vegetal, que se encontram no solo em várias fases de decomposição. A matéria orgânica do solo confere ao solo propriedades físicas, químicas e biológicas benéficas, sendo um componente central da sua fertilidade.

A matéria orgânica do solo de um olival tem origem sobretudo nas infestantes que se desenvolvem e são anualmente destruídas e depositadas no solo.

De acordo com Arrobas *et al.*, (2009), a matéria orgânica contribui para o aumento da capacidade de armazenamento de água, favorece o arejamento do solo e liberta nutrientes de forma gradual para as plantas. Está relacionada com a disponibilidade de nutrientes, sobretudo de azoto, fósforo, enxofre e boro, tendo, assim, um papel regulador da fertilidade do solo. Os nutrientes são libertados e ficam disponíveis para as plantas após mineralização da matéria orgânica pelos microrganismos.

Rodrigues *et al.*, (2009) referem que a maior parte dos microrganismos que mineralizam a matéria orgânica necessitam de oxigénio, significando que a sua atividade ou ritmo a que decompõem a matéria orgânica depende do arejamento do solo. As mobilizações favorecem o arejamento do solo, estimulando a atividade dos microrganismos. Desta forma, aceita-se que as mobilizações contribuem para que os solos dos olivais apresentem teores de matéria orgânica muito baixos.

Segundo Arrobas *et al.*, (2009), os compostos orgânicos apresentam cargas negativas de superfície, contribuindo para a retenção de catiões e para o equilíbrio da solução do solo. Está também reconhecido o papel da matéria orgânica na inativação de compostos nocivos para as plantas. A matéria orgânica melhora também as propriedades físicas do solo. Com a ajuda de elementos químicos com carga elétrica positiva promove a agregação das partículas, contribuindo para melhor estrutura do solo. Uma boa estrutura favorece o arejamento e a drenagem interna, facilitando o desenvolvimento das raízes em

profundidade. Em solos arenosos a matéria orgânica aumenta a sua capacidade de retenção de água

O teor de matéria orgânica dos solos dos olivais tende a ser baixo. A matéria orgânica resulta da deposição das folhas das oliveiras e do desenvolvimento da vegetação herbácea. A técnica cultural tradicional não favorece o desenvolvimento de infestantes, pelo que a entrada anual de novos materiais orgânicos é baixa. Por outro lado, o clima ameno e as técnicas culturais como as mobilizações favorecem a mineralização da matéria orgânica (Arrobas *et al.*, 2009).

#### ***1.6.4.2. Fertilização no olival instalado***

Segundo Arrobas *et al.*, (2009) a fertilização é uma prática cultural obrigatória que deve ser efetuada anualmente. O solo está sujeito a perdas regulares de nutrientes, exportados na azeitona e na lenha de poda. Quando as árvores estão ainda jovens e estão em crescimento é necessário repor os nutrientes que ficam retidos na estrutura perene da planta. Segundo Arrobas & Moutinho-Pereira (2009), os fertilizantes devem ser aplicados ao solo entre o fim do Inverno e o início da Primavera. Quando se aplicam adubos simples, o fósforo e o potássio devem ser aplicados mais cedo, durante o Inverno enquanto o azoto e o boro devem ser aplicados mais tarde, no início da Primavera. O azoto e o boro são solúveis em água, pelo que se forem aplicados mais cedo podem ser lixiviados antes de serem absorvidos pelas árvores.

#### ***1.6.4.3. Localização dos fertilizantes***

De acordo com Arrobas *et al.* (2009) os fertilizantes podem ser distribuídos por todo terreno ou aplicados de forma localizada debaixo da copa das árvores. A opção por cada um dos métodos depende de vários fatores, como a quantidade de fertilizante a aplicar, a dinâmica dos elementos no solo, a área das explorações e as condições técnicas de aplicação.

A distribuição homogénea por todo o terreno é feita com distribuidores centrífugos de adubo. É uma técnica utilizada para aplicar corretivos minerais como calcários devido à grande quantidade de fertilizante a distribuir. Quando se faz distribuição a lanço por todo o terreno estimula-se a expansão do sistema radicular, aspeto benéfico na capacidade de absorção de água e de outros nutrientes naturalmente disponíveis no solo. A aplicação localizada de fertilizante é feita de uma forma genérica em explorações de menor

dimensão que podem suportar os custos da operação. Os fertilizantes aplicam-se manualmente de forma confinada debaixo da copa, por vezes em área bastante inferior à própria área de projeção da copa. De qualquer forma, os aspetos técnicos da aplicação dos fertilizantes em olival estão pouco estudados (Arrobas & Moutinho-pereira, 2009).

### **1.6.5. Rega do olival**

Na região mediterrânica a implementação do regadio no olival constitui cada vez mais uma estratégia crucial para a melhoria da sustentabilidade económica e ambiental da cultura. Contudo, é necessário adequar a esta espécie os métodos de monitorização do estado hídrico das oliveiras e a técnica de rega, para que a programação do período sazonal de rega e da quantidade de água a fornecer sejam tomadas com grande rigor e eficiência (Moutinho-Pereira *et al.*, 2009). Os mesmos autores dizem que relativamente às técnicas mais aconselhadas, elas consistem basicamente numa rega feita por gota-a-gota, num sistema de rega deficitária regulada, que pode ser contínua ou com um período em que a rega é interrompida, desde que esta se garanta no período pós endurecimento do caroço, ou num sistema de irrigação parcial das raízes.

Segundo Spreer *et al.*, (2009), a rega deficitária regulada consiste na reposição de água através da rega correspondente a uma certa percentagem daquilo que se evapora e a irrigação parcial das raízes consiste no humedecimento de metade do sistema radical deixando outra metade em stresse hídrico e vice-versa. Nos sistemas de rega deficitária procura-se manter as plantas em estado de défice hídrico moderado, fornecendo apenas a quantidade de água indispensável, enquanto no sistema em que se irriga metade do sistema radicular vai-se alterando a parte irrigada ao longo período do ciclo vegetativo. Neste procedimento, que se deverá alterar periodicamente, a parte regada garante a absorção suficiente de água para as necessidades hídricas da planta enquanto a parte não regada, por estar em défice hídrico, é estimulada a sintetizar ácido abscísico (ABA), cujo efeito hormonal nas folhas se reflete numa maior eficiência do uso de água, sem contudo comprometer o nível da produtividade da planta.

De acordo com Orgaz & Fereres (2008), à semelhança de outras culturas de regiões semiáridas, a sobrevivência da oliveira encontra-se num dilema fisiológico em como captar, através dos estomas, o máximo de CO<sub>2</sub>, necessário para a realização da fotossíntese, e ao mesmo tempo evitar a perda de vapor de água através dos estomas. O

olival evidencia uma capacidade particular em manter os estomas semiabertos em menos de 50% durante todo o dia, com exceção do período da manhã em que o déficit de pressão de vapor é mínimo. Este comportamento reduz significativamente a perda de água por transpiração e confere ao olival uma capacidade natural de adaptar-se ao déficit hídrico aumentando a eficiência de uso de água.

A eficiência de cada uma destas técnicas, para além da boa avaliação do estado hídrico das plantas, exige um bom conhecimento das características físicas do solo (textura, estrutura, profundidade, reserva de água utilizável medida por gravimetria ou estimada por tensiómetros, blocos de resistência elétrica, sonda de neutrões, *TDR-time Domain Reflectometry*, *FDR-Frequency Domain Reflectometry*, ou sensores de dissipação de calor) e alguns parâmetros meteorológicos, como a precipitação, a radiação solar e a temperatura e humidade relativa do ar, cuja magnitude varia durante o ciclo vegetativo e o ano (Moutinho-Pereira *et al.*, 2009).

#### **1.6.6. Condução e poda do olival**

A poda consiste na remoção de partes da planta através do corte, para renovar a estrutura vegetativa e estimular a floração e a frutificação. A poda tem a função de estabelecer equilíbrio entre as três componentes essenciais da planta: o sistema radicular; a estrutura perene da planta; e as folhas (Lopes *et al.*, 2009). A condição geral para realização de podas no olival consiste em equilibrar as funções vegetativa e reprodutiva, equilibrando o crescimento e a frutificação e, desta forma, reduzir a alternância (Garcia-Ortiz *et al.*, 2008). A época ideal para a realização de podas é durante o período de repouso vegetativo. Em Trás-os-Montes este período coincide com os meses de janeiro, fevereiro e março, começando-se logo após a colheita (Lopes *et al.*, 2009).

A formação da oliveira deverá ser de um só tronco ereto, com cerca de 0,8 a 1,0 m de altura, do qual saem 3 ou 4 pernadas, em vaso com centro aberto para facilitar a passagem de luz (Monteiro, 1999).

A periodicidade e severidade da poda é um fator importante que influencia a produção e alternância de produções. Sendo assim, as podas anuais a bienais são adequadas para olivais de sequeiro e/ou estabelecidos em terrenos não férteis com menor

capacidade de retenção de água, e podas trienais a quatrienais adequadas para olivais irrigados (Garcia-Ortiz *et al.*, 2008).

De acordo com Garcia-Ortiz *et al.*, (2008), os tipos de poda no olival são: *poda de formação*, que se realiza no início do crescimento com objetivo de dar a forma desejada às árvores para permitir o seu manejo; *poda de produção*, que visa manter o equilíbrio vegetativo da copa e conseguir o máximo aproveitamento da luz e ar e alargar o período produtivo de árvores adultas; *poda de renovação*, que visa substituir ramos velhos e decadentes; e *poda de regeneração*, que visa regenerar árvores improdutivas.

## **1.7. Descrição sumária de algumas variedades da oliveira**

Monteiro (1999) descreveu-se algumas variedades da oliveira encontradas na região mediterrânica:

### **1.7.1. Cobrançosa**

Esta variedade constitui 24% dos olivais da região. Ocupa uma área de cerca de 15.000 hectares. As árvores têm um porte pequeno ou médio, arborescência amoitada ou mediana, ramificações de comprimento médio e com folhas pequenas, compridas e estreitas. Os seus frutos, médios, elipsoidais e de diâmetro máximo na parte mediana. É uma variedade vocacionada para a produção de azeite. A sua multiplicação é fácil por estaca herbácea (90% de vingamento médio).

### **1.7.2. Madural**

Ocupa cerca de 14.000 hectares. As árvores desta variedade são de porte médio, arborescência mediana, ramificações de comprimento médio ou curto e com folhas médias, compridas e largas ou estreitas. Frutos médios (de 2,0 a 3,5 g). Apresentam alguma resistência ao desprendimento, mas queda acentuada no fim de maturação; variedade apropriada à colheita mecânica por vibração. Variedade suscetível à mosca, ferrugem e cochonilha. É bastante rústica, suportando frio intenso, produtiva, mas de frutificação não muito regular. É uma variedade com baixa capacidade de propagação por

estaca herbácea (15 a 20% de vingamento) e média por estaca lenhosa (50%). Variedade usada exclusivamente na produção de azeite.

### **1.7.3. Verdeal transmontana**

Variedade por excelência da Terra Quente Transmontana (60% do número de oliveiras). Ocupa uma área de cerca de 13.600 hectares. Árvore de porte médio, arborescência mediana, ramificações de comprimento médio ou curto e com folhas médias, compridas e largas ou estreitas. O fruto é médio (2,5 a 4,0 g), elipsoidal, de diâmetro máximo na parte mediana, com um bom rendimento em azeite, muito pobre em ácido linoleico. É atreita à tuberculose, traça e mosca e bastante atacada pela cochonilha. Aprecia solos fundos e férteis e não suporta secura. Apresenta mediana capacidade de propagação por estaca herbácea (40 a 70%). É usada principalmente na produção de azeite.

### **1.7.4. Negrinha de Freixo**

Existem na região cerca de 700.000 oliveiras. Árvore de porte pequeno a médio, arborescência mediana ou amoitada, ramificações de comprimento médio, com folhas pequenas, curtas e estreitas. Frutos médios, ovoides ou elipsoidais. Resistência à gafa e à mosca, mas suscetível à tuberculose e cochonilha, São árvores bastante produtivas, de frutificação regular e com boa capacidade de propagação, quer por estaca herbácea quer lenhosa (60 a 80%). Está reconhecida como uma das melhores variedades para azeitona de mesa.

## **1.8. Proteção fitossanitária do olival**

A cultura da oliveira está exposta a diversas pragas e doenças. Contudo, algumas destacam-se pela sua influência direta ou indireta sobre a produção. As pragas mais importantes são a traça-da-oliveira (*Prays oleae*), a mosca-da-azeitona (*Bactrocera oleae*), e a cochonilha-negra (*Saissetia oleae*). Como doenças destacam-se olho-de-pavão (*Spilotea oleagina*), gafa (*Gloesporium olivarum*) e tuberculose (*Pseudomonas savastanoi*) (Cabanas & Pavão, 2009).

### **1.8.1. Traça-da-oliveira (*Prays oleae*)**

É o inseto que causa mais dano ao olival depois da mosca da azeitona e dos mais difíceis de localizar. Podem-se-lhe atribuir perdas da ordem dos 30 a 40% das perdas totais, particularmente em locais ou quando a humidade relativa é alta (Monteiro, 1999). A traça-da-oliveira pertence à ordem Lepidóptera e é a segunda maior praga do olival na zona mediterrânica (Alvarado *et al.*, 2008; Cabanas *et al.*, 2009). O adulto é uma pequena borboleta que mede 13-14 mm de comprimento e 6 mm de largura. O ovo recém-posto mede 0,5 mm de diâmetro e é inicialmente de cor esbranquiçada ficando amarelo ao amadurecer (Alvarado *et al.*, 2008).

Esta praga desenvolve-se em quatro fases: ovo; larva; pupa; e adulto. Apresenta três gerações anuais, cada uma das quais desenvolvendo-se em diferentes órgãos do hospedeiro ao longo do ciclo deste.

A geração filófaga inicia-se com a postura nas folhas, quer na página inferior, quer na página superior, entre meados de setembro a outubro. A partir de fevereiro/março, com o aumento da temperatura, as larvas reiniciam a sua atividade e aumentam de tamanho. A fase de pupa que segue pode ocorrer nas folhas ou no solo. Findo este período dá-se a eclosão dos adultos, os quais procuram de imediato o acasalamento, nas primeiras 24 horas, iniciando-se uma nova geração (Torres, 2007; Cabanas *et al.*, 2009).

A geração antófaga inicia-se com a postura nos botões florais ainda fechados, normalmente no estado fenológico D (formação da corola). Após eclosão, a larva penetra diretamente no botão floral alimentando-se das anteras e do pólen e, à medida que as flores abrem, comem os estigmas e os ovários. No fim do desenvolvimento larvar passam à fase de pupa. Os adultos desta geração surgem normalmente desde o fim de maio ao início de junho dependendo das condições climáticas.

A geração carpófaga inicia-se com a postura dos ovos nos frutos recém-formados, na grande maioria dos casos sobre o cálice na proximidade da inserção do pedúnculo. Após a eclosão, as larvas penetram diretamente no fruto, na zona da inserção do pedúnculo e dirigem-se para o seu interior. Alimentam-se da amêndoa até completarem o seu desenvolvimento. No fim do desenvolvimento, as larvas saem pela zona do pedúnculo e pupam no solo (Cabanas *et al.*, 2009).

Os meios de proteção são o fomento da fauna auxiliar e uso de técnicas culturais adequadas, diminuindo a aplicação de produtos fitofarmacêuticos. Como medidas diretas

pode efetuar-se luta biológica com inseticidas à base de *Bacillus thuringiensis*. Contra a geração antófaga, luta biotécnica com recurso a feromonas sexuais para captura em massa e confusão sexual. Na luta biotécnica usam-se feromonas sexuais quer para a captura em massa quer para confusão sexual. Por último, a luta química, com base em inseticidas autorizados em produção integrada (Cabanas *et al.*, 2009).

### **1.8.2. Mosca-da-Azeitona (*Bactrocera oleae*)**

Segundo Alvarado *et al.*, (2008) e Cabanas *et al.*, (2009) a mosca-da-azeitona pode ser considerada a praga mais importante do olival. Pertence à ordem Díptera e encontra-se distribuída em toda zona mediterrânea e ainda nos EUA e na RSA. Os adultos são pequenas moscas que medem 4 a 5 mm, com cabeça de tonalidade amarela e olhos grandes (Fernández-Escobar *et al.*, (2008). Entre tórax e cabeça possui uma mancha chamada «escudete». As asas são transparentes e apresentam uma mancha negra e característica no extremo. Os ovos medem 0,7 mm de comprimento e 0,2 mm de largura e as larvas recém-nascidas medem 1 mm de largura, chegando a atingir 7-8 mm no final de desenvolvimento (Alvarado *et al.*, 2008).

De acordo com Torres (2007) e Cabanas *et al.*, (2009) esta praga passa o inverno no estado de pupa enterrada no solo. Uma pequena parte da população pode passar o Inverno no interior dos frutos atacados que ficam por colher. Os adultos emergem na Primavera, com o aumento das temperaturas, ávidos de substâncias açucaradas para se alimentarem. As temperaturas ótimas para o seu desenvolvimento situam-se entre 20 e 25 °C. Assim, dependendo da forma como decorre o ano pode desenvolver uma ou mais gerações.

Os meios de proteção sanitária do olival consistem na adoção de medidas de luta indiretas como escolha de variedades menos suscetíveis, proteção da fauna auxiliar, destruição de pupas no solo através de lavouras e antecipação de colheita para quebrar o ciclo biológico. Como medidas diretas de luta pode optar-se por luta biológica, luta biotécnica e luta química. Na luta biotécnica e química, é recomendável o uso de inseticidas autorizados em produção integrada da oliveira.

### **1.8.3. Cochonilha-negra (*Saissetia oleae*)**

A cochonilha-negra é um homóptero com reprodução partenogenética, em que os machos são muito raros. Pertence à ordem Homóptera e está distribuída em todos os continentes, mas sobretudo na região mediterrânea. Prefere locais húmidos e sombrios. A fêmea desta praga passa por três instares larvares antes de atingir o estado adulto, apresentando de seguida duas fases distintas: fêmea adulta jovem; e fêmea em postura. O adulto mede 3-4 mm e põe ovos de cor clara com formato ovoide cujas dimensões são 0,3 x 0,8 mm. As ninfas são muito pequenas com cerca de 0,6 x 0,3 mm também de cor clara (Alvarado *et al.*, 2008).

Segundo Torres (2007) e Cabanas *et al.*, (2009), este inseto hiberna geralmente no 2º e 3º instares. Completa o seu desenvolvimento na Primavera dando origem a fêmeas adultas. As ninfas do 1º instar surgem a partir do fim de julho/início de agosto, em função das condições ambientais. O número de gerações desenvolvidas e a importância anual desta praga está dependente do clima e de práticas culturais como a poda, a fertilização e a rega.

O meio de proteção sanitária aconselhável é o fomento da fauna auxiliar, arejamento da copa das árvores através de podas racionais, adubações equilibradas e, em olivais de regadio, rega moderada de acordo com as necessidades da planta.

### **1.8.4. Olho-de-pavão (*Spilocaea oleagina* Castagne)**

É a doença mais comum nos olivais. Os seus sintomas consistem no aparecimento de manchas circulares de tamanho variável e de cor castanha escura ou marrom (Trapero & Blanco, 2008). O início da Primavera e início de Outono são os períodos mais favoráveis para a infeção e desenvolvimento da doença, favorecida pela temperatura, humidade atmosférica e idade da folha (Torres, 2007; Cabanas *et al.*, 2009).

Como meio de proteção deve evitar-se a instalação de olivais em solos de baixas com má drenagem, adotar práticas culturais desfavoráveis ao desenvolvimento da doença como a poda, que promove o arejamento da copa e possibilita entrada de luz, e adubações azotadas na medida certa. Os tratamentos devem ser realizados no início de Outono e no fim do Inverno/início da Primavera (Cabanas *et al.*, 2009).

### **1.8.5. Gafa (*Gloesporium olivarum* Penzig)**

A gafa apresenta mais frequentemente os sintomas nos frutos embora também possam aparecer em ramos e folhas. O sintoma mais característico é a podridão e mumificação dos frutos ficando as azeitonas com manchas arredondadas e acastanhadas. O fungo desenvolve-se melhor em condições de humidade que atingem 90% (Torres, 2007; Cabanas *et al.*, 2009). Como medidas de prevenção aconselha-se poda, colheita antecipada e utilização de herbicidas autorizados para proteção integrada do olival (Cabanas *et al.*, 2009).

### **1.8.6. Tuberculose (*Pseudomonas savastanoi* Saccardo)**

A tuberculose também conhecida como verrugas, tumores, ronha ou galhas do olival encontra-se distribuída em todas áreas de cultivo do olival. Os seus sintomas consistem em aparecimento de galhas redondas nos troncos, ramos jovens e adultos (Trapero & Blanco, 2008). Segundo os referidos autores, as infeções aparecem durante o verão quando as chuvas são abundantes e/ou fornecimento de muita água.

Como medida de proteção devem privilegiar-se as medidas preventivas, de modo a evitar-se o aparecimento da doença. A principal medida de controlo consiste na redução do inóculo através da eliminação dos tecidos com tumores durante a poda. Esta efetuada em tempo seco para evitar infeções.

## **1.9. Colheita da azeitona**

Com o aproximar do Outono a safra parece estar definida. Contudo, muito poderá ser feito para valorizar a produção. O método de colheita utilizado, o estado de maturação da azeitona no momento da apanha e, também, o acondicionamento dos frutos antes da laboração influenciam significativamente a qualidade do azeite. A agressividade do método de colheita sobre a árvore e a data de realização podem exercer também influência sobre a safra do ano seguinte (Lopes *et al.*, 2009).

### **1.9.1. Influência da data de colheita na qualidade do azeite**

A maturidade da azeitona inicia-se quando os frutos mostram os primeiros tons violáceos e termina quando estes atingem a coloração típica da pele e polpa de cada variedade. O estado da maturação dos frutos depende da sua posição nos ramos e da posição destes na copa. O período de maturação dos frutos apresenta também diferenças entre variedades.

O conteúdo total em gordura aumenta com a maturação, atingindo o valor máximo quando todos os frutos da árvore se encontram bem maduros, apresentando a tonalidade típica da cultivar. Contudo, a qualidade do azeite de acordo com os melhores padrões obtém-se antes da maturação completa dos frutos, quando parte deles ainda não está completamente maduro.

Para conserva a colheita inicia-se em setembro, com a apanha da azeitona para as alcaparras.

### **1.9.2. Influência da data de colheita na safra e contra safra**

Colher cedo pode reduzir a tendência para a alternância. Alguns autores considerem que a permanência dos frutos na árvore pode inibir a diferenciação floral, influenciando negativamente a safra do ano seguinte.

Na prática, pode admitir-se que se a colheita for antecipada a árvore pode iniciar mais cedo a recuperação de reservas, preparando-se melhor para a floração da Primavera seguinte.

### **1.9.3. Influência do método de colheita na safra e contra safra da oliveira**

Diferentes métodos podem serem utilizados na colheita de azeitona:

#### ***1.9.3.1. Colheita por ripagem***

Este método é utilizado sobretudo em azeitona de conserva. É um método excessivamente caro e demorado não sendo viável a sua aplicação na azeitona para produção de azeite devido ao reduzido valor do produto obtido.

Na perspetiva da conservação das árvores, a ripagem é um excelente método da colheita, na medida em que se retiram apenas os frutos sem danificar folhas e ramos, ficando as árvores em melhores condições para produzir no ano seguinte. As principais variedades utilizadas em Portugal para azeitona de mesa, a Negrinha-de-Freixo, a Azeiteira, a Conserva-de-Elvas e a Redondal apresentam maior relação polpa/caroço que as cultivares de aptidão azeite (Lopes *et al.*, 2009).

### ***1.9.3.2. Colheita com vareja manual***

O método tradicional de colheita da azeitona para azeite é a vareja. São usadas varas e vareiros para provocar a queda dos frutos, que depois são recuperados do chão em lonas ou panais previamente estendidas. A vareja é um método muito utilizado em Trás-os-Montes, sobretudo em pequenas explorações que fazem a apanha recorrendo maioritariamente a mão-de-obra familiar.

Este método é particularmente agressivo para as árvores. Parte significativa dos ramos que vai suportar a produção do ano seguinte é destruída.

Quando a apanha é feita por vareja em árvores carregadas de frutos, o derrube da azeitona tende a originar quebra significativa de ramos, contribuindo para acentuar a redução já esperada na floração do ano seguinte (Lopes *et al.*, 2009).

### ***1.9.3.3. Colheita mecanizada***

Segundo Lopes *et al.*, (2009) os principais equipamentos disponíveis para a colheita mecanizada da azeitona baseiam-se na vibração do tronco ou pernadas, propagando-se a vibração a toda a planta, o que origina o derrube dos frutos.

Para colheita com vareja manual as copas têm de estar bem abertas no interior e devem ser baixas. Para a apanha mecânica com vibradores de tronco a copa deve ter uma estrutura perene de caules e as ramas ficarem orientadas entre 45 graus e a vertical.

A colheita por vibração de tronco é o método mais generalizado de apanha da azeitona, quer em olivais tradicionais de sequeiro quer em regadio.

## **1.10. Gestão da fertilidade do solo e do estado nutricional das culturas**

### **1.10.1. Análise de terras como técnica de diagnóstico da fertilidade do solo**

Segundo Arrobas *et al.*, (2009), o solo é o principal reservatório de nutrientes para as culturas. A análise de terras permite avaliar a disponibilidade potencial dos elementos no solo para o futuro próximo. Com os resultados da análise de terras, pode fazer-se uma recomendação de fertilização muito mais ajustada às necessidades das plantas.

Uma vez que o solo constitui, ainda hoje, o principal suporte físico e nutritivo das plantas, os fatores edáficos apresentam, naturalmente, o maior interesse no domínio da fertilização das culturas. À capacidade do solo em alimentar, no sentido mais amplo, as culturas nele instaladas dá-se, normalmente, a designação de fertilidade (Santos, 1983).

De entre as práticas agrícolas associadas à modificação, em sentido mais favorável, dos fatores ambientais, em particular no que se refere aos edáficos, a fertilização desempenha, sem dúvida, uma função de grande interesse. Efetivamente, as plantas, como seres vivos que são, não podem exibir o seu potencial genético de produção se não forem bem alimentadas, isto é, se não receberem, nas mais corretas quantidades e mais convenientes equilíbrios, os nutrientes essenciais ao seu crescimento. Ora acontece que os solos, de uma maneira geral, não apresentam reservas nutritivas suficientes para satisfazer as necessidades nutricionais das culturas (Santos, 2001).

Embora não se saiba bem quando nem onde os fertilizantes terão começado a ser usados, tudo leva a crer que a sua utilização será tão antiga como a própria agricultura. Segundo Santos (2001) os cuidados que se consagram à terra para a fazer produzir terão começado onde e quando o homem, ao passar de nómada a sedentário, começou a explorar, com carácter mais intensivo, os solos das regiões em que se fixou.

No presente, a avaliação da fertilidade do solo é um instrumento decisivo no sucesso da atividade agrícola. Segundo Rodrigues *et al.*, (2005) as análises de terras permitem avaliar a fertilidade do solo, sendo possível inferir sobre a disponibilidade potencial dos nutrientes para as plantas. Para uma dada produção esperada, e em condições ecológicas similares em que a eficiência do uso dos nutrientes seja idêntica, quanto maior a disponibilidade natural dos elementos no solo menor a necessidade de suplementar com a aplicação de fertilizantes. Rozane *et al.*, (2011) referem que esta prática é uma ferramenta consagrada na agricultura moderna, havendo, contudo, necessidade de usá-la

correctamente. A adoção de programas de adubação e calagem adequados é determinante para maximizar a produção e reduzir custos e impactes ambientais indesejados.

A análise de terras é um método de avaliação da fertilidade do solo que, embora apresentando várias limitações, é aquele que, dada a facilidade e rapidez com que pode ser aplicado, mais extensivamente é utilizado na prática. Este critério de avaliação da fertilidade pode dizer-se que se desenvolve, fundamentalmente, através das três seguintes fases (Santos, 1996):

- i) colheita e amostragem da terra;
- ii) operações preliminares de análise; e
- iii) realização das determinações

De acordo com Santos (1996) nas recomendações de fertilização baseadas nos resultados das análises de terras são tomados em conta nutrientes existentes no solo em formas capazes de serem utilizadas pelas plantas. A colheita de amostras deve ser efetuada quando o solo não está nem muito seco nem muito húmido. Devem ainda evitar-se locais perto de estradas ou caminhos, ou de sítios onde estiveram armazenados adubos, estrumes ou calcários. O número de amostras parciais para formar cada amostra compósita deve ser de pelo menos vinte. A amostra de terra sob a qual vai incidir a análise deverá representar, tanto quanto possível, a parcela de terreno em estudo. Uma amostra que, por deficiente colheita e/ou amostragem, não é representativa introduz, desde logo, uma causa de erro que já não poderá ser compensada, mesmo que se observe o maior rigor na realização das determinações.

### **1.10.2. Análise de tecidos vegetais**

Na oliveira a análise dos tecidos vegetais consiste, normalmente, na determinação laboratorial da composição mineral das folhas (Arrobas *et al.*, 2009).

Os primeiros trabalhos referentes à análise de plantas começaram a ser desenvolvidos ainda no século XIX. Nessa altura os investigadores procuravam um método que ao invés de fornecer apenas informações sobre a fertilidade do solo, fornecesse também informações sobre o estado nutritivo das plantas (Rodrigues, 1997). No diagnóstico do estado nutricional das plantas analisa-se a concentração de nutrientes em determinados tecidos, em estados fenológicos bem definidos. A folha é

frequentemente o órgão mais utilizado para esse fim, já que apresenta uma boa resposta à variação da disponibilidade de nutrientes no solo. Para se obter um bom diagnóstico do estado nutricional das plantas é importante identificar os principais fatores que influenciam na concentração dos elementos nos tecidos, principalmente com relação à época de amostragem, idade dos tecidos ou posição dos tecidos na planta, etc..

A análise de plantas pode ser realizada com diversas finalidades:

- i) diagnosticar problemas nutricionais, sobretudo deficiências ou toxicidades de micronutrientes e a presença de níveis elevados de outros elementos vestigiais;
- ii) obter recomendações de fertilização, sobretudo para culturas arbóreas e arbustivas; e
- iii) verificar *à posteriori* se a fertilização efetuada foi adequada para satisfazer as necessidades da cultura e calcular a quantidade de nutrientes exportados pela cultura.

### **1.10.3. Fatores que afetam a composição mineral das plantas**

Para avaliação do estado nutricional das culturas é importante identificar os principais fatores que influenciam na concentração dos elementos minerais nos tecidos, principalmente com relação ao estado fenológico das plantas e idade dos tecidos, escolha do tecido e sua posição na planta e ainda a época de amostragem

Rodrigues (1997) considera que um dos factores que mais causa interferência na interpretação dos resultados da análise de plantas é a idade fisiológica da planta, por ser um dos factores que mais afecta a concentração de nutrientes. Maia (2012) refere que, para contornar os efeitos da idade da planta sobre a concentração dos nutrientes nos tecidos, é necessário que a amostra da planta a ser analisada seja retirada de tecidos com a mesma idade fisiológica. Varennes (2003) considera também que o estado fenológico influencia o teor de nutrientes na planta, ainda que as espécies arbóreas apresentem menores variações nos níveis de nutrientes nas folhas do que as espécies anuais, devido ao efeito tampão dos ramos. Contudo, em todo o tipo de plantas, crescimento e produção dependem da concentração adequada de nutrientes.

No que se refere à parte da planta a analisar, deverá utilizar-se aquela que melhor represente o estado nutricional da planta (Santos, 1996; Rodrigues, 1997). O problema não é fácil de resolver visto que ocorre variação diferenciada entre cada um dos nutrientes.

Nos Estados Unidos, por exemplo, recomenda-se para o milho a utilização do caule principal para o azoto, das nervuras principais das folhas próximas das espigas para o fósforo e do limbo das folhas para o potássio. Em culturas arbóreas, como oliveiras e laranjeiras, têm sido verificadas variações na composição das folhas em função da sua posição na copa. É frequente a ocorrência de diferenças entre as partes interiores e as partes exteriores, entre as partes mais baixas e as partes mais altas e até em função da orientação (pontos cardeais). Para as culturas anuais, a posição física dos tecidos na planta é mais difícil de dissociar do efeito da idade fisiológica (Rodrigues, 1997).

Com relação a época de amostragem deve prestar-se atenção ao fato de os níveis de nutrientes serem mais baixos no período em que a utilização pela planta é máxima, como a época de floração ou frutificação (Santos, 1996). Varennes (2003) enfatiza que a colheita da amostra tem de ser realizada na época certa, de acordo com as orientações do laboratório de análises, visto que só desta forma poderão ser interpretadas com os valores padrão previamente estabelecidos.

#### **1.10.4. Nutrição mineral das plantas**

As plantas, como organismos vivos, necessitam de alimento para se desenvolver e produzirem. Assim, segundo Santos (1996), nutrição vegetal define-se como o conjunto de fenômenos através dos quais a planta retira do meio que a rodeia as substâncias ao seu metabolismo, potenciando o seu crescimento e produção.

As plantas, como seres foto-autotróficos, sintetizam as moléculas orgânicas necessárias ao seu metabolismo usando água, dióxido de carbono atmosférico, elementos minerais e utilizando a radiação solar como fonte de energia (Varennes, 2003).

Até ao presente, a ciência identificou dezasseis elementos como sendo essenciais às plantas. Um elemento nutriente para ser considerado essencial deverá satisfazer os seguintes requisitos (Santos, 1996; Varennes, 2003):

i) a sua presença é fundamental para que a planta possa concluir o seu ciclo vegetativo;

ii) deve desempenhar funções específicas na planta, não podendo ser substituído por outro; e

iii) deve estar envolvido no metabolismo da planta, seja de modo direto (constituente de substâncias vitais), seja indiretamente (catalisador, osmorregulador, etc.).

Para efeitos práticos, relacionados com a fertilização das culturas, os nutrientes são frequentemente divididos em macronutrientes principais, macronutrientes secundários e micronutrientes.

De acordo com Santos (1996), macronutrientes principais são elementos absorvidos em quantidades elevadas e que, normalmente, não existem no solo em quantidades adequadas ao desenvolvimento das plantas, sendo habitual a sua aplicação como fertilizante. Neste grupo incluem-se o azoto, fósforo e potássio. Os macronutrientes secundários são elementos que são ainda necessários em quantidades elevadas mas que, em muitas situações, existem no meio em quantidades adequadas, sendo menor a probabilidade da necessidade de os aplicar como fertilizante. Incluem-se neste grupo o cálcio, magnésio e enxofre.

Os micronutrientes são elementos essenciais necessários às plantas em quantidades reduzidas e que, frequentemente, existem no meio em quantidades adequadas para as plantas. A sua aplicação como fertilizante é menos regular que a aplicação de macronutrientes, em particular dos macronutrientes principais. Por outro lado são normalmente aplicados em quantidades reduzidas. Os elementos incluídos neste grupo são ferro, zinco, cobre, manganês, boro, cloro e molibdénio. Sobre muitos outros elementos sabe-se serem úteis às plantas mas não está ainda comprovado que sejam essenciais a todas as plantas superiores. Alguns exemplos são níquel, silício e alumínio.

O facto de, no meio em que as plantas se desenvolvem, não se encontrarem todos os elementos essenciais nas quantidades que permitam à planta expressar o potencial produtivo que o homem deseja levou ao desenvolvimento de estratégias de fertilização das culturas. Verifica-se também que, por vezes, o problema maior não é a quantidade total do nutriente no solo, mas sim a sua biodisponibilidade, isto é, os nutrientes existem no solo mas não em condições de serem absorvidos pelas plantas. Por vezes é necessário corrigir aspetos físicos, químicos e/ou biológicos para os nutrientes ficarem biodisponíveis.

Os fertilizantes são habitualmente divididos em dois grupos: corretivos e adubos. Os corretivos utilizam-se principalmente para modificar as propriedades do solo, enquanto os adubos se utilizam sobretudo para fornecer nutrientes (Santos, 1996). Assim,

podem usar-se corretivos minerais, como calcários, para alterar o pH do solo ou corretivos orgânicos para melhorar o teor de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Os adubos mais utilizados veiculam sobretudo macronutrientes principais, embora na agricultura das regiões agrícolas mais desenvolvidas cada vez se recorra mais a substâncias fertilizantes que introduzam macronutrientes secundários e micronutrientes.

Os macronutrientes e micronutrientes do solo nomeadamente azoto, fósforo, potássio, boro, cálcio, magnésio, sódio, etc. são os mais importantes à descrever.

#### ***1.10.4.1. Azoto***

O azoto é um elemento indispensável ao crescimento. Como é um elemento facilmente arrastado pela água da chuva, deve-se aplicar duas vezes ao ano: dois terços da dose na Primavera (Março) e um terço à floração (Maio), e é preferível aplicar um adubo nitroamoniaco, isto é, que tenha uma parte nítrica, de absorção imediata pela planta e outra parte amoniaco, de cedência gradual (Monteiro, 1999).

O azoto é muitas vezes encontrado em deficiência nos solos. Esta ocorrência leva a que o crescimento vegetal seja limitado. O azoto está integrado na estrutura de inúmeras moléculas orgânicas fundamentais ao metabolismo e multiplicação celular, tais como aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas e hormonas vegetais. As plantas absorvem este elemento principalmente pela raiz, podendo também ser absorvido pela parte aérea das plantas, pelos estomas e micróporos das folhas. Pela parte aérea, as formas de azoto absorvidas são principalmente o amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) e o dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ), que são absorvidos pelos estomas e metabolizados nas células vizinhas. Porém, este processo pode ser invertido, levando à libertação de amoníaco pelos estomas, nomeadamente aquando da fase de senescência. Na maioria dos solos, o azoto absorvido pelas raízes das plantas é, em grande parte, nas formas de iões nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) e amónio ( $\text{NH}_4^+$ ), devido à aplicação de azoto nestas formas ou à ação dos microrganismos do solo, que convertem o azoto orgânico em mineral. O ião amónio em solos ácidos e com temperaturas baixas prevalece sobre o ião nitrato, o que é provocado pela baixa atividade dos microrganismos em condições de baixas temperaturas. As concentrações do ião nitrato no solo diminuem no decorrer do ciclo cultural, pois é absorvido pelas plantas e perdido por lixiviação; já o ião amónio é libertado lentamente dos minerais argilosos e forma-se, gradualmente, através da mineralização dos compostos orgânicos. Assim, em

solos ácidos, frios ou fases mais avançadas do ciclo cultural, as plantas ficam diretamente dependentes da disponibilidade do ião amónio (Varenes, 2003).

Como o azoto entra na composição da clorofila, os sintomas de carência nas folhas das plantas traduzem-se por uma coloração amarelada (clorose). Isto verifica-se nas folhas mais velhas e acontece devido à capacidade da planta em hidrolisar os compostos orgânicos complexos, convertendo-os em substâncias mais simples e solúveis, que migram para as zonas de maior atividade merismática sendo utilizados na formação de novos tecidos (Santos, 1996).

Por outro lado, o azoto promove um resultado espetacular nas culturas, constatando-se um elevado vigor vegetativo e uma coloração verde intensa das plantas. Devido a este efeito do azoto na vegetação, por vezes, os agricultores aplicam este nutriente em excesso às culturas. As plantas possuem a capacidade de absorver esse azoto em excesso, fenómeno que segundo Santos (1996) se designa de “consumo de luxo”, ou seja, o nutriente pode ser absorvido em quantidades superiores às necessidades fisiológicas e funcionamento normal do seu metabolismo. Desta forma, podem surgir inconvenientes, sobretudo se essa disponibilidade de azoto não for acompanhada de quantidades proporcionais de outros nutrientes, nomeadamente de potássio. Boussadia *et al.*, (2010) concluíram que olivais com insuficiência de azoto para além de diminuir o seu conteúdo na clorofila e tecidos foliares, apresentam menor assimilação de carbono, resultando na menor acumulação de matéria seca e conseqüentemente a produção de frutos.

#### **1.10.4.2. Fósforo**

Segundo Santos (1996) o fósforo é absorvido pelas culturas em menores quantidades que o azoto. Contudo, sendo um macronutriente principal significa que, na maioria das situações, não se encontra disponível nos solos em quantidades adequadas às culturas, sendo necessário aplicá-lo como fertilizante.

Varenes (2003) refere que, logo a seguir ao azoto, normalmente é o fósforo o elemento que mais frequentemente limita a produção vegetal. O fósforo não origina formas gasosas, sendo o fenómeno de lixiviação o mecanismo que explica a perda do nutriente, bem como a erosão do solo. Contudo, a lixiviação de fósforo não tem a extensão do azoto devido à menor solubilidade em água.

Os níveis de fósforo no solo são normalmente baixos e o nutriente existe em formas pouco disponíveis para as plantas, ou seja, parte significativa do nutriente encontra-se adsorvido aos colóides do solo ou precipitado (Varenes, 2003).

O fósforo aparece no solo sob formas orgânicas e minerais. As formas orgânicas fosfatadas, devido a sua complexidade, não são diretamente utilizáveis pelas plantas, pois só após a mineralização é que o fósforo fica disponível para ser absorvido (Santos, 1996).

Em solos de regiões temperadas, como é o caso em estudo, a decomposição da matéria orgânica é mais lenta devido à temperatura do solo ser mais baixa, tendo estes solos menor capacidade de adsorção do fósforo, tornando as formas minerais mais importantes na nutrição vegetal (Varenes, 2003).

As formas minerais constituem a principal fração de fósforo no solo, em solos pobres em matéria orgânica. O fósforo mineral encontra-se, em grande parte, na forma de fosfatos de cálcio, ferro ou alumínio, entre outros. O fósforo aplicado ao solo pode ser bloqueado por fenômenos de adsorção ou precipitação, não possibilitando às plantas oportunidade de o absorver (Varenes, 2003), designando-se por fenômeno de retenção do fósforo, que representa o conjunto dos processos que ocorrem no solo e influenciam a disponibilidade do elemento para as plantas, englobando as reações de adsorção e precipitação. A adsorção está diretamente ligada ao pH. A precipitação ocorre em solos ácidos e envolve o ferro e o alumínio, enquanto nos solos calcários é precipitado sobretudo pelo cálcio (Varenes, 2003).

O fósforo é um elemento indispensável ao crescimento das plantas, assumindo maior interesse quando da instalação da cultura, pois provoca o rápido desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, vai permitir à planta uma maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo. A absorção deste elemento é limitada pelas baixas temperaturas do solo. O fósforo aplica-se normalmente ao solo, embora se possa aplicar por via foliar. Podem ser efetuadas aplicações foliares deste nutriente, embora em quantidades reduzidas. A eficiência de uso do nutriente aplicado por via foliar pode ser reduzida se existirem impurezas na superfície das folhas que possam levar à precipitação do fósforo (Santos, 1996).

Os sintomas de carência de fósforo podem ser verificados nas folhas, que frequentemente apresentam um tom arroxeado. Este elemento possui mobilidade dentro da planta, podendo em situações de falta de fósforo transferir-se dos tecidos mais velhos

para zonas merismáticas ativas, verificando-se carências nas folhas velhas devido à migração para as mais jovens. A carência deste elemento causa também um atrofiamento ao nível das zonas de crescimento, sobretudo no sistema radicular (Santos, 1996).

No que respeita à aplicação deste nutriente em excesso não deve existir qualquer receio já que não causa toxicidade nas plantas, podendo até reduzir os efeitos negativos provocados pela absorção excessiva de azoto (Santos, 1996).

#### **1.10.4.3. Potássio**

O potássio também é considerado um macronutriente principal devido à elevada quantidade absorvida pelas plantas e também porque a sua aplicação como fertilizante é frequente. O potássio surge nos solos agrícolas em níveis muito diversos. Enquanto alguns solos contêm teores satisfatórios para as culturas, em outros solos existe a necessidade de serem realizadas aplicações, de modo a complementar o disponível. Nos sistemas agrícolas, o potássio é absorvido e exportado em quantidades elevadas no material vegetal, promovendo o empobrecimento gradual do solo. Assim, se o solo não possuir capacidade natural de reposição do nutriente, vai ser necessário realizar fertilizações de potássio para suprir o que foi consumido (Varenes, 2003).

De acordo com Santos (1996), o potássio encontra-se nos solos em quatro *pools* principais, designadamente, parte da estrutura dos minerais primários, fixado entre as camadas 2:1 dos minerais de argila, adsorvido no complexo de troca e na solução do solo.

O potássio que faz parte da estrutura de minerais, como feldspatos e micas, não se encontra disponível para as culturas, pois apenas quando estes minerais sofrem alterações estruturais é que libertam o potássio, deixando o elemento com a capacidade de entrar em equilíbrio com o potássio da solução do solo. O potássio que se encontra sob esta forma é considerado uma forma de reserva, a mais abundante em relação a todas as outras, constituindo 90 % a 98 % do total (Santos, 1996).

Se existir em grande quantidade no solo, o potássio também pode ser absorvido pelas plantas em consumo de luxo, o que representa uma ineficiência do uso do nutriente, principalmente em culturas que além do fruto sofrem podas e o resíduo dessas podas não é repostado ao solo (Varenes, 2003).

O potássio na planta influencia o metabolismo de glúcidos e favorece a fotossíntese. Influencia também o metabolismo do azoto e a síntese proteica. O potássio possui grande

movilidade dentro da planta, podendo migrar facilmente para zonas de desenvolvimento de tecidos meristemáticos. Por outro lado, uma planta bem suprida de potássio torna-se mais resistente à seca. Devido à elevada capacidade de hidratação do potássio, as células tornam-se mais turgidas, perdendo menos água por transpiração, exercendo uma função de osmorregulador das células, o que permite à planta absorver água em solos com potencial osmótico baixo. Este nutriente pode ainda aumentar a conservação dos frutos e melhorar as suas características organolépticas (Santos, 1996).

As carências de potássio manifestam-se ao nível das folhas, apresentando manchas cloróticas junto à margem. Essas manchas provocam a morte dos tecidos causando necroses de cor acastanhada e, simultaneamente, o enrolamento da folha sobre a página superior. Devido à sua mobilidade, os sintomas de carência surgem nas folhas mais velhas (Santos, 1996).

#### ***1.10.4.4. Cálcio e magnésio***

*O cálcio* - É absorvido pelas plantas na forma iónica, isto é,  $\text{Ca}^{2+}$ , nas quais se encontra em quantidades que, embora muito variáveis com as espécies, são de um modo geral elevadas, situando-se normalmente, entre 0,5% e 3% na matéria seca (Santos, 2015)

Trata-se de um elemento essencial na medida em que desempenha um papel fundamental na estabilidade das membranas celulares, no controlo da absorção de vários outros elementos (nomeadamente do azoto, estando, portanto, associado ao metabolismo azotado), na translocação dos glúcidos dentro da planta, etc.

O cálcio apresenta no solo um comportamento algo semelhante ao do potássio, consequência de, tal como este, formar iões positivos (catiões). O cálcio ao contrário do potássio, não é, praticamente, fixado nos espaços interlamelares dos minerais de argila, fato que se atribui ao maior tamanho do seu ião hidratado. Ainda mais, o cálcio é suscetível de formar compostos de mais baixa solubilidade, tais como fosfatos, carbonatos e sulfatos (Santos, 2015).

*O magnésio* – É absorvido também como o cálcio, sob a forma de ião bivalente,  $\text{Mg}^{2+}$ , encontra-se nas plantas em quantidades que, na maior parte dos casos, são semelhantes às do fósforo, considerando-se mais prováveis teores da ordem de 0,1% a 0,4% da matéria seca.

De acordo com Santos (2015), o magnésio, único constituinte mineral da clorofila é desde logo, indispensável às plantas, principalmente por fazer parte daquela substância, na qual a sua representação é da ordem de 15%-20% do total de magnésio da planta. Por outro lado, o magnésio atua como estabilizador das partículas dos ribossomas, mantendo-as numa configuração necessária para a síntese das proteínas.

De salientar também, o importante papel que o magnésio, juntamente com o enxofre, desempenha no teor de óleo de diversas culturas. O magnésio naturalmente existente nos solos tem origem na decomposição de rochas formadas por minerais como a biotite, clorite, olivina e dolomite. Este último mineral, constituído essencialmente por carbonatos de cálcio e magnésio. As deficiências de magnésio serão sobretudo de esperar nos solos ácidos, de textura ligeira (arenosos), situados em regiões húmidas. Nos solos muito alcalinos, em que o complexo de troca se apresente dominado pelo sódio, podem também ocorrer deficiência de magnésio (Santos, 2015).

#### ***1.10.4.5. Boro***

Segundo Varennes (2003), as condições climáticas juntamente com a rocha-mãe vão determinar o teor de boro de um solo, apresentando teores de boro mais elevados os solos com origem marítima. O boro pode ser encontrado em horizontes superficiais de regiões áridas, mas também em climas húmidos e pode ser facilmente lixiviado. O boro encontra-se em minerais do grupo da turmalina, que apresenta elevada resistência à meteorização. Assim, mesmo que o solo possua quantidades totais de boro elevadas, isso não significa que se encontre disponível para ser assimilado pelas plantas. Em solos ácidos pode surgir boro disponível para as plantas, na forma de ácido bórico que, no entanto, apresenta elevadas perdas por lixiviação. A disponibilidade do boro é também reduzida posteriormente a uma calagem.

Em solos de textura fina, apresenta maior retenção que em solos de textura grosseira sendo, neste último, mais facilmente perdido. Mesmo assim, ao comparar dois solos com igual teor deste elemento, com diferentes texturas vai encontrar-se maior disponibilidade de boro nos solos de textura grosseira do que nos solos com mais coloides, que vão provocar adsorção. Os óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio apresentam ainda maior capacidade de adsorção que os minerais de argila. O movimento deste elemento nos solos acontece principalmente por fluxo de massa tendo a água uma enorme influência na disponibilidade para as plantas (Varennes, 2003).

No que diz respeito à mobilidade do boro na planta, esta depende da espécie vegetal, não possuindo grande mobilidade na maioria das plantas. Em plantas como o castanheiro e a figueira a sua translocação está relacionada com a taxa de transpiração (Varenes, 2003).

Nas culturas o boro participa na formação dos ácidos ribonucleicos, na síntese e translocação dos glúcidos e na proporção de mono e polissacarídeos. Associados ao teor de boro nas plantas, podem estar fenómenos como a redução da transpiração e a polinização. As aplicações de boro podem ser realizadas ao nível do solo mas também, de forma eficaz, ao nível foliar. Ao nível do solo pode ser aplicado qualquer sal de boro. No entanto, ao nível foliar convém aplicar um produto muito solúvel. Os sintomas de carência e excesso verificados ao nível das folhas são muito idênticos, por isso, as aplicações devem ser cautelosas (Santos, 1996). As carências podem ser verificadas através da morte dos ápices, os caules ficam quebradiços e as folhas ficam distorcidas com cloroses amareladas seguindo-se de necroses (Varenes, 2003).

### **1.11. Sistemas de gestão do solo em culturas arbóreas**

Sistemas de gestão do solo devem ser genericamente entendidos como métodos de gestão das infestantes. Em olivais de sequeiro, os objetivos principais consistem em eliminar a competição pela água e por nutrientes, facilitar a absorção de nutrientes e, eventualmente, melhorar a transitabilidade dos equipamentos e facilitar a colheita (Rodrigues *et al.*, 2007). De acordo com Monteiro (1999) o objetivo é a eliminação da vegetação espontânea, melhoria da permeabilidade e arejamento do solo e incorporação de fertilizantes. Faz-se através de escarificação e preferencialmente com vibrocultor, desde o fim das chuvas inverniais até às primeiras chuvas outonais, em sequeiro, 2/3 vezes por ano, em regadio, 3/4 vezes por ano.

Segundo Morgan (2005), o grande objetivo da gestão dos solos é procurar manter, ou se possível melhorar, a sua fertilidade (Morgan, 2005). Segundo Lal & Stewart (1990) a degradação do solo compromete a capacidade produtiva do ecossistema podendo ter influência no clima no seu todo, devido às alterações nos balanços energético e hídrico e ainda através de perturbações nos ciclos de carbono, azoto, enxofre e outros elementos.

Na agricultura moderna é, também, fundamental compreender as mudanças da condição do solo devido ao impacto que a maquinaria causa durante o cultivo (Raghavan *et al.*, 2001).

Segundo Pastor (2008), na região mediterrânea o olival é uma das culturas que gera maior perda de solo comparativamente às culturas herbáceas intensivas, prados e matorrais. Estas perdas podem ultrapassar 80 t/ha/ano e têm como causa principal as características intrínsecas do clima caracterizado por uma parte do período do ano seco e outra com excessiva precipitação a cerca de 70% da precipitação total. Os solos argilosos com baixa capacidade de infiltração e os sistemas de cultivo que eliminam sistematicamente a cobertura herbácea também contribuem para a perda de solo.

Entre os diferentes sistemas de cultivo existentes, as mobilizações foram o sistema de cultivo mais amplamente utilizado em olivicultura (Pastor, 2008). De acordo com Rodrigues & Cabanas (2009), as mobilizações constituem até hoje o sistema de manutenção do solo dominante em olival tradicional de sequeiro.

### **1.11.1. Mobilização tradicional em olival**

Consiste em mobilizar o solo várias vezes ao ano, durante a Primavera e início do Verão e por vezes também no Outono. A alfaia utilizada é normalmente o escarificador, com dentes simples ou equipado com aivequinhos (Rodrigues *et al.*, 2007).

Em muitas explorações, a mobilização é feita com recurso a uma grade de disco ou escarificador que atinge entre 15 a 25 cm de profundidade com objetivo de destruir ervas infestantes que, nesta fase se encontram já bem desenvolvidas (Pastor, 2008). Nos anos 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.

Em culturas perenes arbóreas incluindo olivais, a mobilização do solo tem por objetivo o controle das infestantes. Por vezes é também vista como o meio de incorporar estrumes e fertilizantes minerais. Entretanto, têm sido associados às mobilizações alguns problemas ecológicos que têm contribuído para que comecem a ser uma prática em desuso. Contudo, uma pequena percentagem de plantas infestantes, até 50 % do grau de cobertura do solo, pode reduzir o vigor das árvores e o tamanho dos frutos em culturas arbóreas (Robinson, 1986). Assim, o controlo mecânico e químico das infestantes têm sido alternativas para garantir as colheitas apesar dos problemas que também estas técnicas possam apresentar.

A mobilização do solo não é considerada um bom método de controlo de infestantes pelo impacte negativo na fertilidade do solo (Rodrigues *et al.*, 2010). Os solos mobilizados ficam vulneráveis à erosão hídrica laminar devido à ausência de cobertura,

com consequências na redução da espessura efetiva do solo. Para além da perda de solo, as mobilizações podem ter outros efeitos negativos como aumento da perda excessiva de água, compactação do solo em profundidade e a perda de matéria orgânica devido ao aumento da mineralização (Culpin, 1986; Raghavan *et al.*, 2001; Morgan, 2005; Pastor, 2008).

O teor de matéria orgânica tende a ser baixo devido ao arejamento excessivo do solo (Morgan, 2005; Rodrigues *et al.*, 2010). Isto porque o arejamento do solo incrementa a atividade respiratória do solo, contribuindo para a oxidação dos substratos orgânicos através da população de microrganismos heterotróficos do solo (Arrobas *et al.*, 2011).

Segundo Rodrigues *et al.*, (2010), em olivais mobilizados, a produção também é negativamente afetada devido à danificação que provoca nas raízes, o que dificulta a absorção de água e minerais. Deve ter-se em conta que as mobilizações são efetuadas principalmente na Primavera, próximo à floração, a fase em que um stresse ambiental mais negativamente pode influenciar a produtividade. A regeneração posterior das raízes ocorre à custa do consumo de carboidratos que, de outra forma, poderiam ser canalizados para os frutos e/ou novos ramos em crescimento. De acordo com Alcobaia & Ribeiro (2001) em olival biológico as mobilizações devem ser reduzidas ao mínimo e com menor intensidade possível para que não se misturem as diferentes camadas do solo e portanto as alfaias recomendadas para este caso são as de dentes no lugar da charrua. A figura 1 ilustra a mobilização tradicional em oliveira de sequeiro.



Figura 1. Mobilização de primavera como forma de controlo da vegetação herbácea.

### 1.11.2. Uso de herbicidas em olival

No passado, as mobilizações foram a única forma de controlar a vegetação espontânea e viabilizar a olivicultura. Contudo, o avanço do conhecimento foi pondo à disposição do agricultor, alternativas que podem e devem ser equacionadas. Os herbicidas são utilizados na agricultura moderna com um objetivo principal combater as infestantes dos campos de cultivo. Em muitos contextos agrícolas, como a olivicultura, os herbicidas são utilizados como métodos alternativos às mobilizações. Com o uso de herbicidas, a vegetação pode ser gerida de forma diversas (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Como aspetos técnicos mais relevantes do uso de herbicidas podem considerar-se: eficácia no combate de infestantes e aproveitamento da água variáveis, conservação do solo insatisfatória, boa eficiência no uso dos nutrientes, diminuição de custos e produção satisfatória. Os resultados obtidos no combate das infestantes são variáveis, na medida da eficácia do uso dos herbicidas. Do sucesso deste combate depende o sucesso do aproveitamento da água, devido ao consumo desta pelas infestantes. Por outro lado, em solos de textura fina tende a formar-se uma zona superficial compactada, fora da influência da copa, que limita a infiltração e a disponibilidade de água para as plantas (Toscano *et al.*, (2004).

O uso de herbicidas tende a melhorar a produtividade, pelo bom controlo da vegetação herbácea e por não danificar o sistema radicular. Por outro lado, quando se utilizam herbicidas de ação residual, que se aplicam no outono para prevenir a germinação das infestantes, o solo é mantido nu, favorecendo o processo de erosão. Nesta situação, tal como com as mobilizações, perde-se solo, reduzindo a sua fertilidade e contribuindo para o assoreamento do leito dos rios e das albufeiras e para a eutrofização das águas (Rodrigues *et al.*, 2010; Arrobas *et al.*, 2011). Estes sistemas, como não permitem o desenvolvimento da vegetação herbácea, originam solos com teores muito baixos de matéria orgânica.

O uso de herbicidas pós-emergência é menos problemático já que se aplicam à saída do Inverno e, desta forma, o solo fica protegido por vegetação herbácea durante o Inverno, o que reduz a erosão, e a vegetação herbácea que se desenvolve melhora os teores de matéria orgânica do solo (Rodrigues *et al.*, 2010; Arrobas *et al.*, 2011).

Segundo Cara *et al.* (1991), a eficácia dos herbicidas é favorecida por uma persistência suficientemente grande, sendo porém um inconveniente o excesso de

persistência que pode prejudicar as possibilidades de uma rápida alternância de culturas no mesmo talhão. Para obter melhores resultados no uso dos herbicidas, é necessário obedecer a certas regras gerais:

- i) considerar a espécie das ervas daninhas e o seu grau de desenvolvimento;
- ii) escolher bem a época mais conveniente, na altura da máxima sensibilidade das ervas daninhas e da máxima resistência das culturas;
- iii) obter bem as doses aconselhadas;
- iv) não poupar água na preparação das soluções: são geralmente necessários 600-800 litros de solução por hectare.
- v) não fazer o tratamento com vento;
- vi) manusear os produtos com cuidado e limpar bem todo o equipamento.

A figura 2 mostra um solo nu resultante da aplicação de herbicida residual no Outono.

#### ***1.11.2.1. Herbicidas pré-emergência ou de ação residual***

São herbicidas que se aplicam antes da emergência das infestantes, ou pouco tempo após a sua germinação, destruindo-as nas primeiras fases de crescimento. Aplicam-se sobre solo nu ou com pouca vegetação, desde as primeiras chuvas de Outono até ao Inverno. São também designados de herbicidas de ação residual, significando que a substância permanece ativa no solo durante vários meses não permitindo, assim, a emergência das infestantes que lhe são suscetíveis durante esse tempo (Rodrigues *et al.*, 2009).



Figura 2. Solo nu resultante da aplicação de herbicida residual no Outono.

Segundo Froud-William (1988), Zimdahl (1993) e Nalewaja (2001), o uso de herbicidas de pré-emergência tende a ocorrer a inversão da flora. As espécies resistentes ganham importância relativa e ocupam os nichos ecológicos deixados pelas espécies suscetíveis. Tende-se para um reduzido número de espécies de elevada importância e difícil combate.

#### ***1.11.2.2. Herbicidas pós-emergência***

São herbicidas cuja aplicação é dirigida às infestantes em pleno crescimento. Aplicam-se preferencialmente a partir do fim do Inverno e durante a Primavera. Não apresentam ação residual, isto é, destroem a vegetação presente mas não controlam a emergência futura de novas plantas (Rodrigues *et al.*, 2009).

#### ***1.11.2.3. Herbicidas não seletivos***

São substâncias que destroem toda a vegetação que contractam. Não há plantas no olival que lhe sejam resistentes, incluindo a própria oliveira. Logo as caldas com estes herbicidas não devem tocar a rama durante a aplicação (Rodrigues & Cabanas., 2009).

#### ***1.11.2.4. Herbicidas sistémicos***

São substâncias que uma vez absorvidas pelas plantas circulam na sua seiva. Esta característica é principalmente importante nos herbicidas pós-emergência, pois permite atingir órgãos subterrâneos de sobrevivência das infestantes como rizomas, bolbos e tubérculos, características das espécies perenes (Rodrigues *et al.*, 2009).

#### **1.11.2.5. Herbicidas de contacto**

São herbicidas pós-emergência cujo princípio ativo não circula no interior da planta. Destrói os órgãos que a calda atinge. Não destrói órgãos subterrâneos, como por exemplo, os rizomas da grama.

Atualmente estão autorizadas para uso em olival várias substâncias herbicidas. Cada herbicida apresenta um conjunto de características próprias que o demarcam dos restantes. O resultado que se obtém com a aplicação de um dado herbicida pode ser completamente díspar daquele que se obtém com um outro, nomeadamente em relação ao tipo de infestantes que eliminam, o momento e as condições ótimas de aplicação (Rodrigues *et al.*, 2009).

#### **1.11.3. Gestão do solo com cobertos vegetais.**

As coberturas vegetais apresentam um objetivo principal evidente: a proteção do solo contra a erosão hídrica, cuja importância é decisiva em olivais com declives acentuados. Segundo Alves & Suzuki, 2001; Fleskens & De Graaff, 2001; Pastor *et al.*, (2001), as coberturas vegetais tornam as perdas de solo negligenciáveis. No Verão, o *mulching* constituído pela vegetação morta reduz a temperatura do solo e a evaporação, e dificulta a emergência de infestantes.

O desenvolvimento de vegetação espontânea é o único meio de introduzir matéria orgânica no solo em quantidades relevantes.

A versão mais consensual consiste em manter as infestantes vivas durante o período Outono/Inverno com destruição da vegetação por meio de herbicidas de pós-emergência no fim do período húmido, em Abril (Pastor *et al.*, 2001).

De acordo com Oliveira & Mervin (2001), com uma cobertura permanente do solo com vegetação herbácea a taxa de infiltração de água aumenta e a compactação do solo diminui.

Os cobertos vegetais vivos são dos processos mais eficazes para reduzir o risco de erosão do solo (Alcobaia *et al.*, 2001). Entretanto, no olival de sequeiro a introdução de coberturas vegetais não é tão simples uma vez que a vegetação herbácea consome água (Rodrigues *et al.*, 2011). Sabe-se que as ervas infestantes competem pelos recursos, designadamente pela água e pelos nutrientes, o que prejudica o crescimento da cultura. Estudos levados a cabo por Rodrigues *et al.*, (2011) durante 10 anos em Bragança e

Mirandela comprovaram que a aplicação de glifosato na luta contra ervas infestantes originou melhores produtividades em relação à mobilização do solo e à gestão da vegetação com pastoreio, devido ao controlo mais eficaz da vegetação herbácea. Assim, os cobertos vegetais naturais ou semeados podem reduzir a produtividade. Contudo, eles podem trazer outras vantagens, designadamente a proteção do solo contra a erosão, incremento do teor de matéria orgânica e do azoto no solo (Rodrigues *et al.*, 2013a). Enquanto em regadio parece não persistirem dúvidas inequívocas da utilização de cobertos, em sequeiro parece que os estudos têm de continuar. Uma ilustração do solo com cobertos vegetais observa-se na figura 3.



Figura 3. Coberto de trevo subterrâneo de uma variedade de ciclo curto semeada estreme (*Trifolium subterraneum* L. ssp *subterraneum* Katzn. e Morley cv. Dalkeith).

#### ***1.11.3.1. Gestão de espécies pratenses com pastoreio***

Pastoreio é o processo pelo qual os herbívoros colhem e ingerem vegetação natural ou semeada pelo homem para esse fim, extraíndo dela energia, minerais e vitaminas (Mannetje, 2000). No manejo de espécies pratenses através do pastoreio há que considerar o efeito do pastoreio nas plantas. Este efeito depende da intensidade de pastoreio ou carga animal, espécie animal considerada e época de pastoreio. O pastoreio afeta de diferente forma as espécies pratenses e a sua persistência, pelo dano direto devido à remoção da biomassa, tolerância das plantas ao pisoteio, reciclagem de nutrientes devido à excreção animal, criação de zonas descobertas e mudança da capacidade competitiva das plantas (Bullock & Mariott, 2000). Uma ilustração da gestão de espécies pratenses com pastoreio é apresentada na figura 4.



Figura 4. Gestão do solo de espécies pratenses com pastoreio.

#### ***1.11.3.2. Persistência das espécies semeadas***

A persistência das espécies semeadas consiste na sua capacidade de se reproduzirem e imporem ano após ano na competição com a vegetação espontânea nativa de cada local. A introdução de leguminosas semeadas origina, ao fim de alguns anos, uma melhoria da fertilidade do solo, em particular a *pool* de carbono e azoto orgânico, o que pode, entre outras coisas, aumentar a disponibilidade biológica de azoto no solo. Nestas circunstâncias, as leguminosas perdem as vantagens sobre os outros grupos de espécies por o azoto deixar de ser fator limitante. As gramíneas e outras plantas não leguminosas tendo azoto no solo tornam-se mais competitivas e podem reduzir a persistência das leguminosas semeadas.

#### ***1.11.3.3. Gestão da vegetação pelo corte***

Segundo Rodrigues *et al.*, (2009) o solo dos olivais pode ser mantido sem mobilização e sem aplicação de herbicidas. A vegetação pode ser controlada através do corte com capinadeiras ou destroçadores. Desta forma é mantida uma cobertura vegetal permanente sobre o solo. Sempre que a vegetação atinge um desenvolvimento que lhe confere elevada competição pela água e pelos nutrientes procede-se ao corte. O coberto vegetal pode ser constituído pela flora natural do olival ou resultar da sementeira de espécies cultivadas. A vegetação natural apresenta como principal vantagem o facto de não ter custos. A introdução de espécies cultivadas apresenta custos com a aquisição da semente e com a sementeira. Contudo, a sementeira permite que o coberto seja dominado por espécies a que se reconheçam vantagens para se atingir qualquer objetivo previamente

estabelecido. Os cobertos vegetais geridos com corte constituem-se como um método adequado para controlar a erosão, na medida em que um tapete de vegetação protege o solo durante todo o ano. Esta forma de manter o solo também não interfere com o normal desenvolvimento do sistema radicular, permitindo uma boa nutrição da planta. Pelo facto de ser mais permissivo com o desenvolvimento da vegetação será dos sistemas que melhor cumpre o objetivo de promover o aumento do teor de matéria orgânica no solo. Pelo contrário, o corte não assegura controlo satisfatório da transpiração das plantas, sobretudo quando o coberto é dominado por espécies que se regeneram rapidamente após o corte, como as gramíneas e espécies perenes. Assim, será sempre um método de eficácia duvidosa para implementar em olivais de sequeiro. Outra pequena limitação será o facto dos equipamentos de corte não funcionarem adequadamente se aparecem pedras, obstáculos ou declives pronunciados.

#### ***1.11.3.4. Gestão do solo com calor***

A luta térmica por chama ou radiação infravermelha é também possível. Este método tem sido algum incremento sobretudo em agricultura biológica (Ascard, 1998).

A vegetação pode ser também controlada através do calor. O calor é produzido pela queima de gás propano. Os equipamentos mais comuns utilizam chama ou vapor de água a temperatura muito elevada. São métodos muito utilizados em espaços públicos, canais de rega, etc., onde possa haver risco elevado de contaminação ambiental pelo uso de herbicidas. São, contudo, métodos com muitas limitações para serem usados em larga escala nos olivais. A sua eficácia sobre as infestantes é reduzida, particularmente sobre espécies perenes e sobre vegetação muito desenvolvida. São ainda métodos caros e demorados. Os equipamentos que utilizam chama devem ser usados com precaução devido ao risco de provocarem incêndios (Rodrigues *et al.*, 2009).

## II. Material e métodos

### 2.1. Caracterização edafoclimática do local de estudo

O olival onde decorreu o presente trabalho localiza-se em Bragança, Nordeste de Portugal. É um olival da cv. Cobrançosa, com mais de 60 anos de idade e plantado numa densidade próxima das 200 árvores/ha. Está instalado num Leptossolo, com espessura efetiva que não ultrapassa os 30 cm. A parcela apresenta um declive inferior a 2%. As características químicas do solo são objeto de estudo neste trabalho e apresentam-se à frente. Os valores da temperatura média do ar e precipitação anual acumulada da normal climatológica 1971-2000 são, respetivamente, 12,3 °C e 758 mm.

### 2.2. Instalação do ensaio e delineamento experimental

Durante dezasseis anos consecutivos (2001-2016) estudou-se o efeito de sistemas de gestão do solo no estado nutricional das árvores e na produção de azeitona em um olival de sequeiro localizado na proximidade de Bragança em Trás-os-Montes, Portugal. O olival foi gerido antes de 2001 como uma pastagem natural sob coberto.

Em 2001 foi dividido em três parcelas onde se implementaram os sistemas de gestão do solo: pastagem sob coberto; mobilização; e aplicação de herbicidas não seletivo. 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. Foi usado neste ensaio o modelo completamente casualizado com 3 tratamentos e 10 repetições.

A produção de azeitona no ano zero (2001) e nos anos subsequentes foi registada por árvore. Durante o período experimental, os olivais foram fertilizados 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. Os olivais foram podados 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 na modalidade gerida com glifosato. O talhão mantido

sob pastoreio originou as produtividades mais baixas, tendo o talhão mobilizado apresentou resultados intermédios. Os resultados estão publicados em Ferreira *et al.* (2013).

Após este período inicial de 10 anos 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.

Assim, de 2012 até ao presente, o ensaio manteve três formas de gestão do solo:

- Mobilização (tal como desde 2001);
- Herbicida não seletivo pós-emergência (antigo talhão gerido com pastoreio); e
- Vegetação natural gerida com pastoreio (antigo talhão gerido com herbicida).

O regime de poda também sofreu alteração. A partir de 2012 passou a efetuar-se anualmente uma poda ligeira removendo-se 15 a 20% da biomassa aérea da planta.

Neste trabalho reportam-se os resultados deste ensaio correspondentes ao período compreendido entre Maio de 2016 e Abril de 2017.

## **2.3. Produção de azeitona**

Foi avaliada a produção de azeitona a partir das 10 árvores marcadas em cada talhão experimental em dezembro 2016. Na colheita foi utilizado um sistema de vibração mecânico dos troncos, tendo previamente sido colocadas lonas debaixo da copa para recuperação dos frutos. Foi posteriormente pesada a produção de cada árvore marcada nos três talhões.

## **2.4. Análise de terras**

### **2.4.1. Colheita de amostras de terra**

Em dezembro de 2016 procedeu-se a colheita de amostras de solos em três profundidades distintas, 0-5; 5-10 e 10-20 cm, dentro e fora da copa e em todos os tratamentos e em 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. Depois de secas, as amostras foram

crivadas com auxílio de um crivo de malha de 2 mm, sendo as determinações analíticas efetuadas na fração terra fina (< 2mm).

As determinações efetuadas nas amostras de solos foram: Carbono orgânica; pH; fósforo e potássio extraíveis; capacidade de troca catiónica; acidez de troca; e boro. Todas as análises foram feitas no laboratório de solos da Escola Superior Agrária de Bragança, seguindo as metodologias que se descrevem de seguida.

*Matéria orgânica* - Foi determinada pelo método Walkley-Black, que consiste numa oxidação crómica 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. O cálculo da matéria orgânica assume que a matéria orgânica do solo contém 58% de carbono.

*pH* - Os valores do pH foram determinados numa suspensão de solo: solução de água e KCl 1 M, de 1:2,5, após duas horas de contacto com agitação ocasional (van Reeuwijk, 2002). O equipamento usado foi um potenciómetro *Inolab Level 1 WTW*.

*Fósforo e potássio extraíveis* - Estes elementos 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 é 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*.

*Capacidade de troca catiónica* - Consiste no somatório dos catiões designados de bases de troca ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$ ) e acidez de troca ( $\text{Al}^{3+}$  e  $\text{H}^{+}$ ). 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  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$  e  $\text{Na}^{+}$ ,

determinados no extrato filtrado, por espectrofotometria de absorção atômica (Jones, 2001) num equipamento *PYE Unicam PU 9100X*.

Para a determinação da *acidez de troca* uma amostra de solo (10 gramas de solo) 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 própria 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**

No campo procedeu-se a colheita dos tecidos vegetais (folhas e frutos) nos três tratamentos. No caso dos frutos foi retirada uma amostra aleatória de 10 frutos por árvore imediatamente após a colheita em dezembro 2016. As folhas foram também colhidas em dezembro de 2016, no repouso vegetativo. Colheram-se folhas jovens dos ramos do ano em todos os quadrantes da copa e em número de 80 a 100 folhas por árvore.

As amostras de folhas e frutos foram colocados em sacos plásticos identificados e levados para o laboratório. No laboratório as amostras foram pesadas antes e após secagem numa estufa ventilada a 65 °C até peso constante para as folhas. Posteriormente foram moídas num moinho *Cyclotec* da marca *Foss* com um crivo de 1 mm de malha. Na matéria seca moída procedeu-se à análise elementar dos nutrientes. Os frutos foram pesados e descaroçados antes de serem levados numa estufa ventilada a 65 °C até peso constante. Após secagem as polpas foram trituradas assim como os caroços para serem analisados.

## 2.5.2. Determinação da concentração de nutrientes nos tecidos vegetais

*Determinação da concentração em azoto* - Para a determinação da concentração em azoto nos tecidos foi pesado 1 grama 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 *Kjeltec 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 (verde de bromocresol e vermelho de metilo) (Bremner, 1996).

*Determinação da concentração em boro* - O boro foi determinado após incineração da amostra com óxido de cálcio numa mufla a 500 °C. Após a diluição das cinzas com ácido sulfúrico diluído, o desenvolvimento de cor foi feito pelo método da azometina-H (Jones, 2001).

*Determinação da concentração em o fósforo, cálcio, magnésio e potássio* - Foram determinados após a mineralização de 0,25 gramas de amostra com 10 ml de ácido nítrico num digestor por micro-ondas da marca MarsXpress. O fósforo foi determinado por espectrofotometria da gama visível e os restantes elementos em espectrofotómetro de absorção atómica em procedimentos já referidos anteriormente.

## 2.6. Análise estatística de dados

A análise dos resultados foi efetuada no programa estatístico JMP. Na análise estatística dos resultados procedeu-se à análise de variância. As médias com diferenças significativas foram separadas com o teste Tukey HSD ( $\alpha = 0,05$ ).



### III. Resultados

#### 3.1. Produção de azeitona

A figura 15 mostra a produção cumulativa de azeitona no período 2012-2015 e 2016 em função dos três tratamentos de gestão do solo, designadamente: pastoreio (antiga modalidade com herbicida); mobilização; e herbicida pós-emergência (antiga modalidade com pastoreio). A produção média de azeitona em 2016 nas três modalidades, nomeadamente pastagem; mobilização e herbicida foi de 25,58 kg/árvore; 26,34 kg/árvore e 24,79 kg/árvore, respetivamente, não sendo estes valores significativamente diferentes entre si. Após cinco colheitas (2012-2016), a produção cumulativa média foi mais elevada no novo talhão com herbicida (110,2 kg/árvore), seguida do talhão pastoreado (105,9 kg/árvore) e por último do talhão mobilizado (97,4 kg/árvore), embora estas diferenças não tenham ainda significado estatístico.

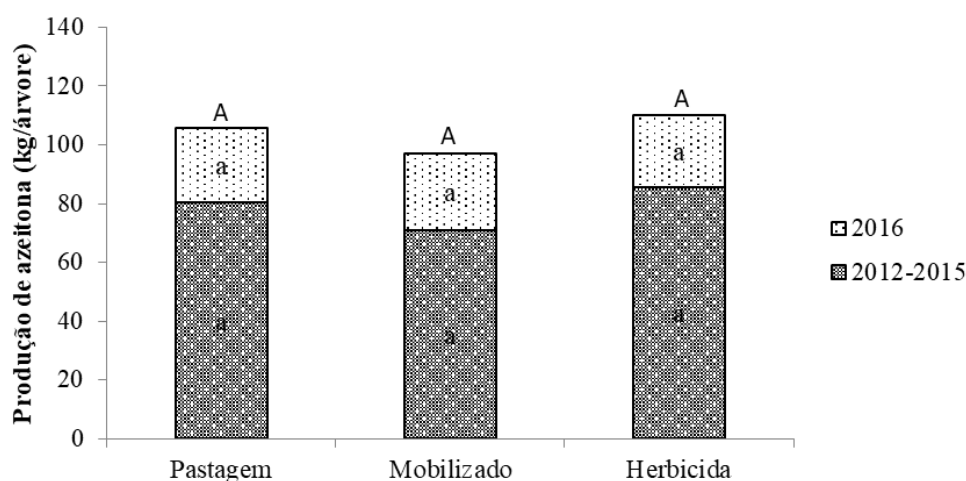


Figura 5. Produção acumulada de azeitona no período 2012-2015 e 2016 nas novas modalidades de gestão do solo, nomeadamente pastagem (antiga modalidade com herbicida); mobilizado e herbicida pós-emergência (antiga modalidade com pastoreio). As letras minúsculas nas colunas são os resultados do teste Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ) para o período respetivo. As letras maiúsculas sobre as colunas referem-se à comparação da produção acumulada de azeitona para os cinco anos de ensaio.

#### 3.2. Fertilidade do solo

Na figura 6 são apresentados os resultados do teor médio do carbono orgânico debaixo da copa em função dos três tratamentos de gestão do solo e da profundidade de

amostragem (0-5 cm; 5-10 cm e 10-20 cm). O talhão com pastoreio na profundidade de 0-5 cm apresenta os valores mais elevados ( $47,4 \text{ g kg}^{-1}$ ) embora sem diferenças significativas para o glifosato na mesma profundidade. No talhão mobilizado e nas restantes profundidades os valores foram significativamente mais baixos, tendo o valor médio mais baixo ( $11 \text{ g kg}^{-1}$ ) sido registado no talhão mobilizado na profundidade de 10-20 cm.

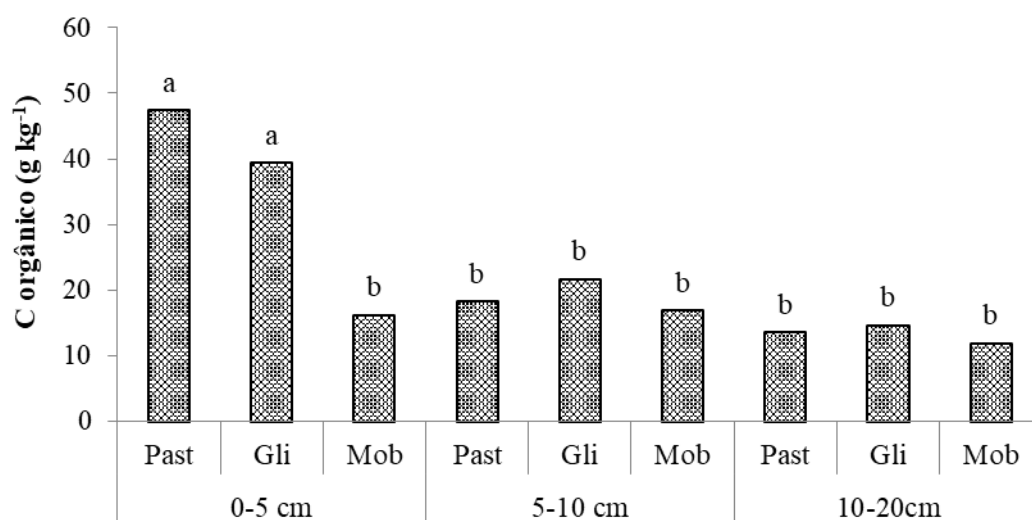


Figura 6. Teor médio de carbono orgânico debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

A figura 7 mostra que o teor médio de carbono orgânico no solo fora da copa no talhão com glifosato e na profundidade de 0-5 cm foi o mais elevado ( $47,2 \text{ g kg}^{-1}$ ), embora sem diferença significativa para a pastagem na mesma profundidade mas diferiu significativamente para os demais tratamentos. Os valores médios mais baixos ( $7,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) surgem no talhão de glifosato na profundidade de 10-20 cm.

Nas figuras 8 e 9 são apresentados os resultados do pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) debaixo e fora da copa, respetivamente.

A comparação múltipla de médias revelou que o pH ( $\text{H}_2\text{O}$ ) debaixo de copa nos três tratamentos e nas três profundidades não diferiu significativamente entre eles. Os valores médios mais elevados foram observados no talhão com mobilização com  $\text{pH}=5,4$  na profundidade de 0-5 cm e os mais baixos se encontram no talhão de pastagem com  $\text{pH}=4,4$  na profundidade de 5-10 cm.

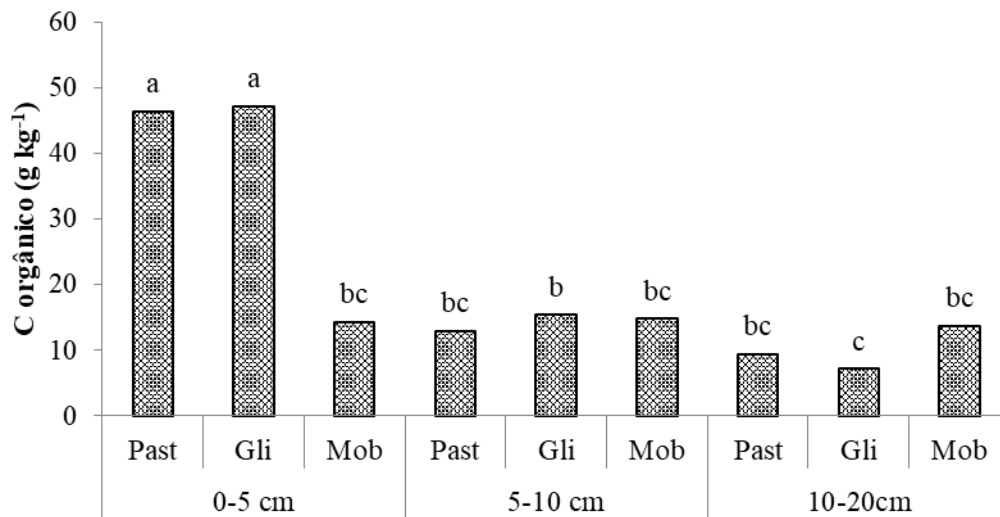


Figura 7. Teor médio de carbono orgânico fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

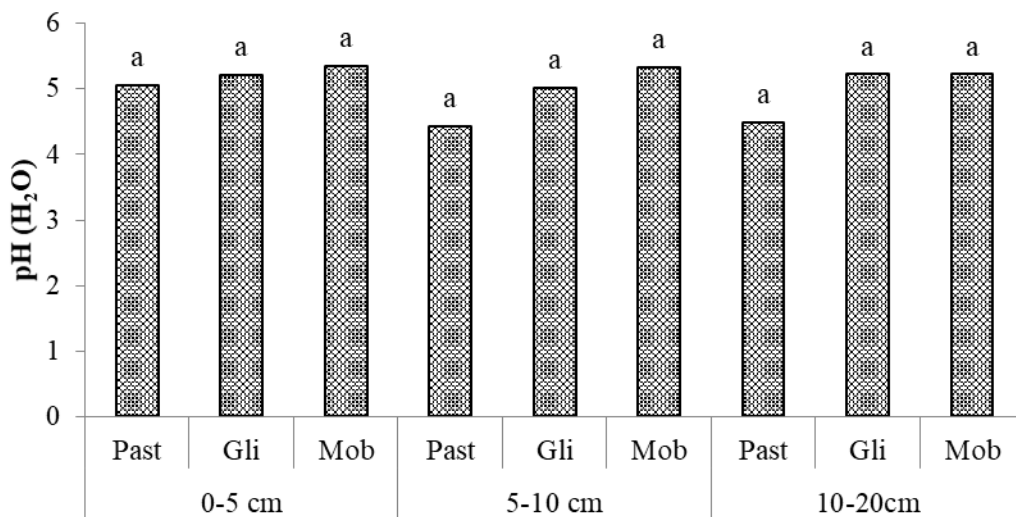


Figura 8. pH (H<sub>2</sub>O) debaixo da copa em função dos sistemas de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

O pH (H<sub>2</sub>O) fora da copa foi mais elevado no talhão de glifosato com pH=5,7 na profundidade de 0-5 cm e não diferiu significativamente de outras profundidades entre os talhões de glifosato. Os valores médios mais baixos foram registrados no talhão de pastagem com pH=4,8 na profundidade de 10-20 cm.

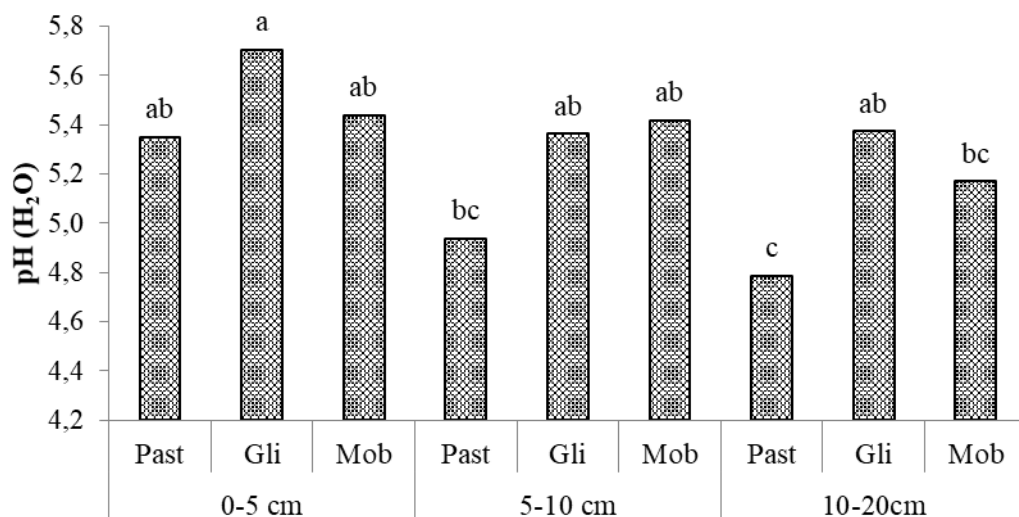


Figura 9. pH (H<sub>2</sub>O) fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Os valores de pH (KCl) debaixo da copa não registaram diferenças significativas entre tratamentos nem entre profundidades (Figura 10), tal como observado para o pH em água. Os valores médios mais elevados foram registados no talhão de mobilização com pH=4,4 na profundidade de 0-5 cm. Os mais baixos foram observados no talhão de pastagem com pH=3,5 na profundidade de 5-10 cm.

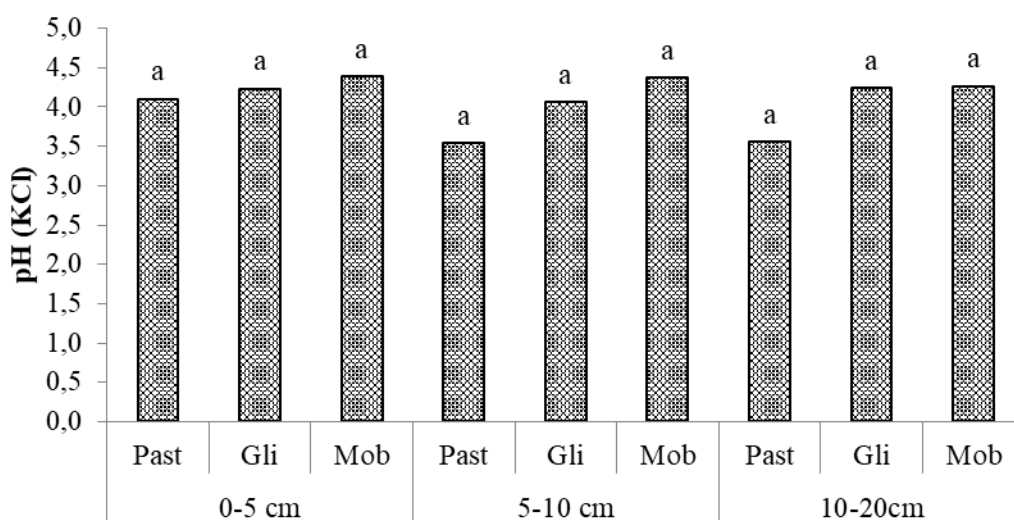


Figura 10. pH (KCl) debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Os valores médios mais elevados de pH (KCl) fora da copa foram registados no talhão de glifosato com pH=4,7 na profundidade de 0-5 cm mas sem diferenças

significativas para outros tratamentos (Figura 11). Os valores médios mais baixos foram observados no talhão pastagem com pH=3,9 na profundidade de 10-20 cm.

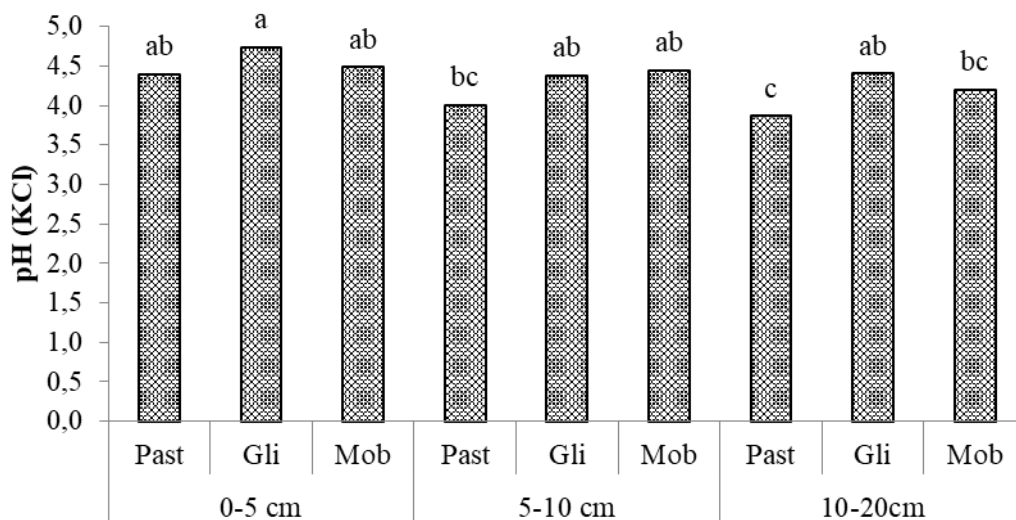


Figura 11. pH (KCl) fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

A figura 12 mostra um teor médio de fósforo extraível debaixo da copa mais elevado ( $524,6 \text{ mg kg}^{-1}$ ) no talhão de pastagem na profundidade de 0-5 cm e com diferenças significativas para alguns tratamentos e profundidades. As camadas mais superficiais mostraram maiores teores de fósforo que as camadas mais profundas. Os valores mais baixos ( $175,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) foram registados no talhão de mobilização na profundidade de 10-20 cm mas sem diferenças significativas para as outras profundidades.

Fora da copa, os valores médios de fósforo no solo foram mais elevados ( $288,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) no talhão de glifosato na profundidade de 5-10 cm sem diferenças significativas relativamente a outros tratamentos e profundidades (Figura 13). Os valores médios mais baixos ( $54 \text{ mg kg}^{-1}$ ) foram observados no mesmo tratamento na profundidade de 10-20 cm.

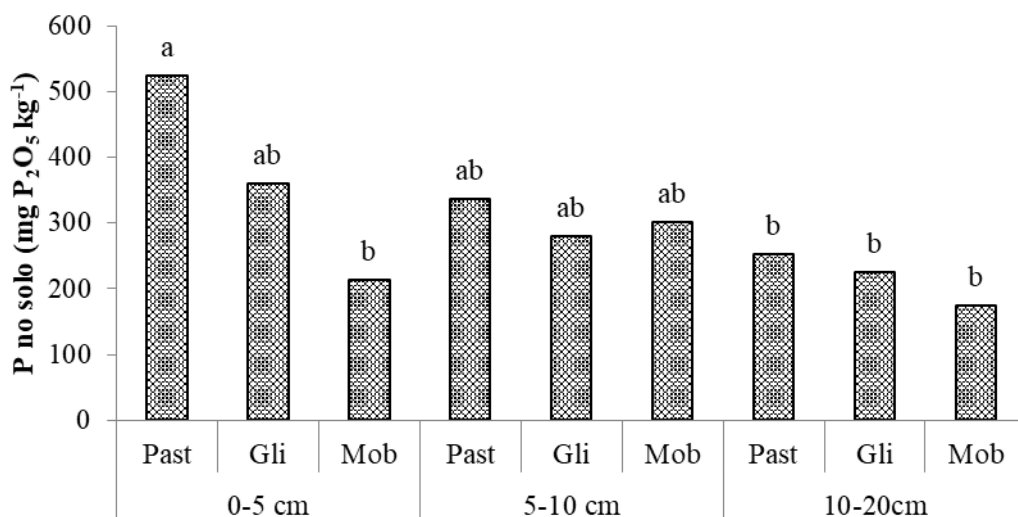


Figura 12. Teor médio de fósforo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

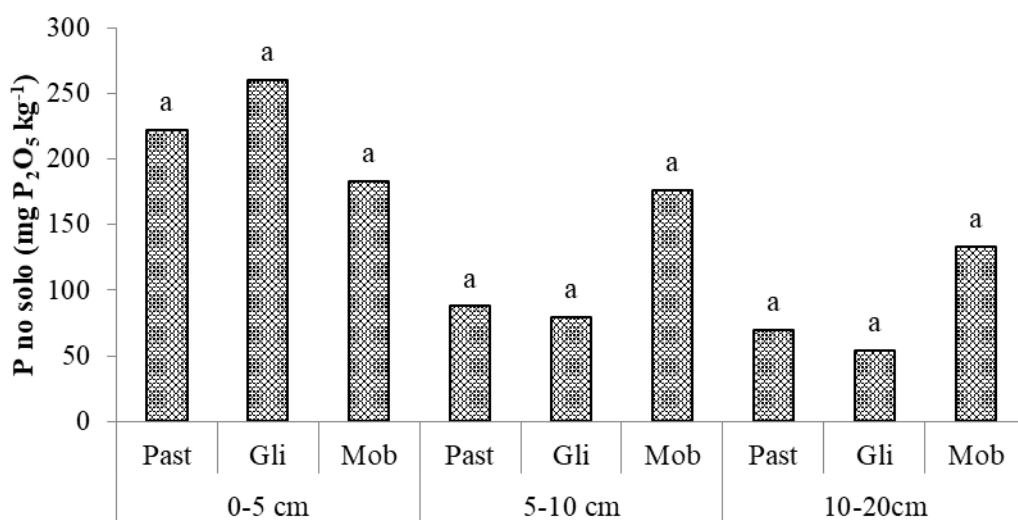


Figura 13. Teor médio de fósforo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Os valores médios mais elevados de teor de potássio no solo debaixo da copa ( $404 \text{ mg kg}^{-1}$ ) foram registados no talhão de pastagem na profundidade de 0-5 cm com diferenças significativas comparados aos outros tratamentos (Figura 14). Os valores médios mais baixos ( $77,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) são observados no talhão de glifosato na profundidade de 10-20 cm.

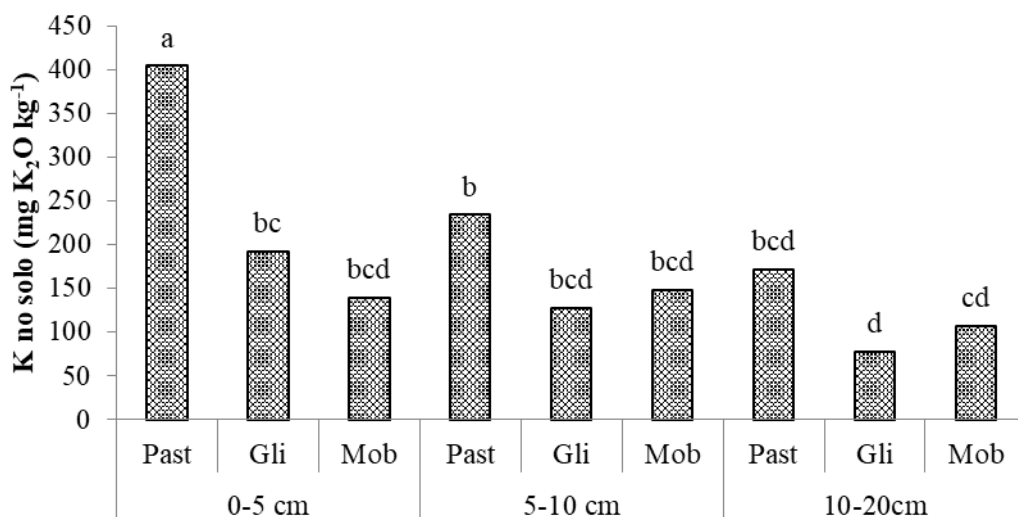


Figura 14. Teor médio de potássio debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Fora da copa o teor de potássio no solo mais elevado foi observado no talhão de pastagem com  $174 \text{ mg kg}^{-1}$  na profundidade de 0-5 cm sem diferir significativamente com os outros tratamentos (Figura 15). Os valores médios baixos ( $57,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) foram registados no talhão de glifosato na profundidade de 10-20 cm.

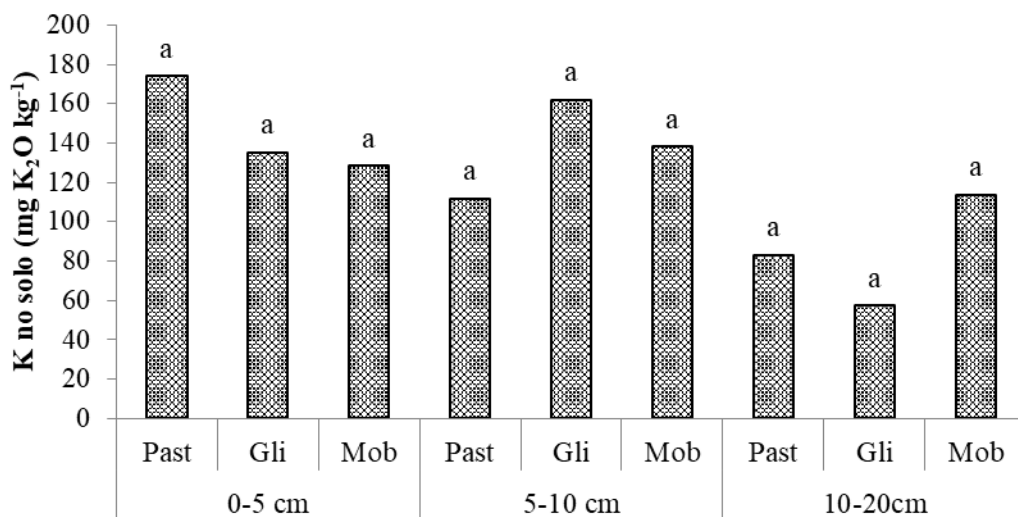


Figura 15. Teor de potássio fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Os valores médios mais elevados de cálcio no solo debaixo da copa ( $16 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) foram observados no talhão de glifosato na profundidade de 0-5 cm com diferenças significativas para outros tratamentos (Figura 16). Os valores mais baixos ( $7,3 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) observaram-se no talhão de pastagem na profundidade de 10-20 cm.

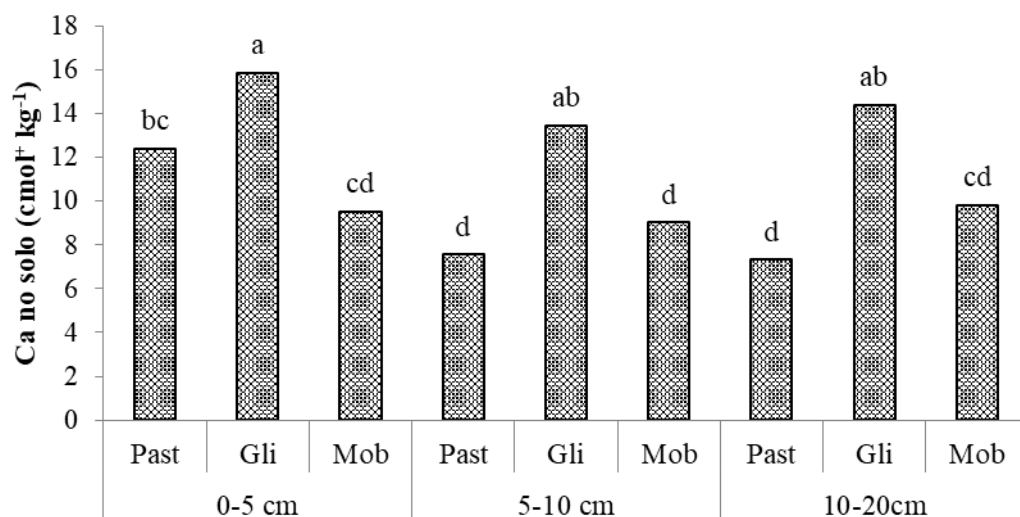


Figura 16. Teor de cálcio no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Os valores médios mais elevados de cálcio fora da copa foram observados no talhão do glifosato (14,8 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>) na profundidade de 10-20 cm e com diferenças significativas para outros tratamentos e profundidades (Figura 17). Os valores médios mais baixos (7,1 cmol<sup>+</sup> kg<sup>-1</sup>) apresentam-se no talhão de pastagem na profundidade de 10-20 cm.

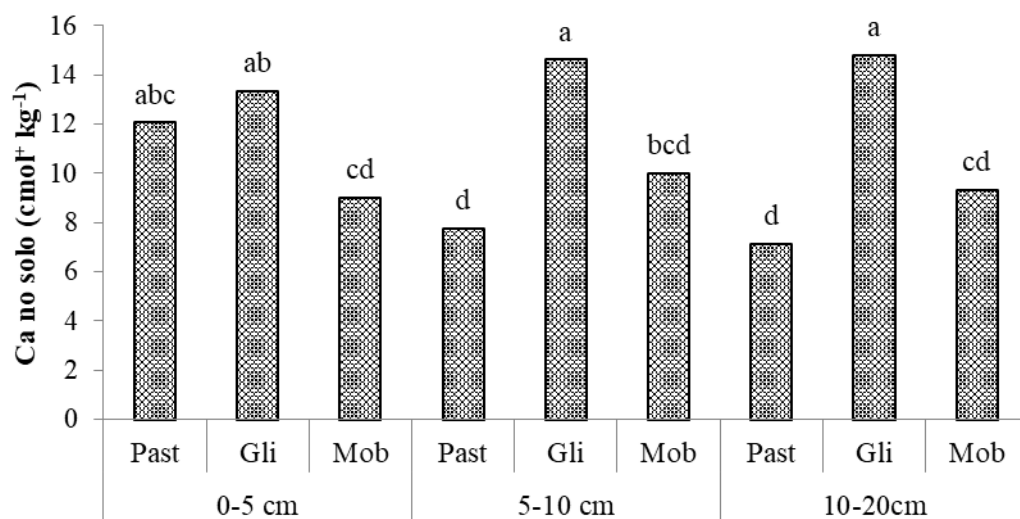


Figura 17. Teor de cálcio no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Os valores mais elevados de magnésio no solo debaixo da copa ( $2,96 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) foram registados no talhão glifosato na profundidade de 0-5 cm e com diferenças significativas para outros tratamentos e profundidades (Figura 18). Os valores mais baixos ( $1,41 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) se mostram no talhão pastagem na profundidade de 5-10 cm.

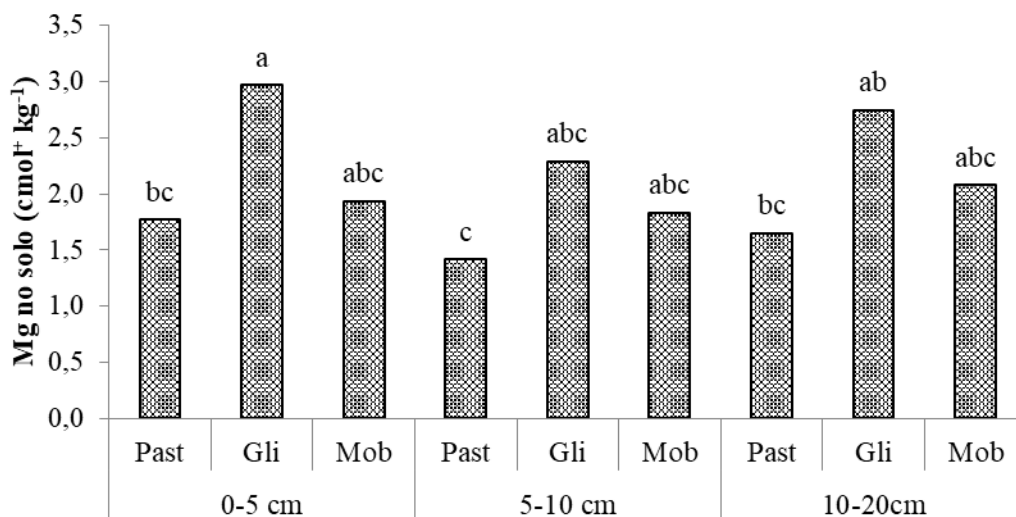


Figura 18. Teor de magnésio no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Os valores médios mais elevados de magnésio fora da copa ( $3,50 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) foram observados no talhão de glifosato na profundidade de 10-20 cm e com diferenças significativas para outros tratamentos e profundidades (Figura 19). Os valores mais baixos ( $1,74 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) foram observados no talhão pastagem na profundidade de 10-20 cm.

O teor de sódio no solo debaixo da copa não mostrou diferenças significativas entre tratamentos e entre profundidades (Figura 20). Os valores de sódio mais elevados ( $1,16 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) se encontram no talhão de glifosato na profundidade de 0-5 cm e de 10-20 cm. Os valores mais baixos ( $0,9 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) podem-se observar no talhão de pastagem na profundidade de 10-20 cm.

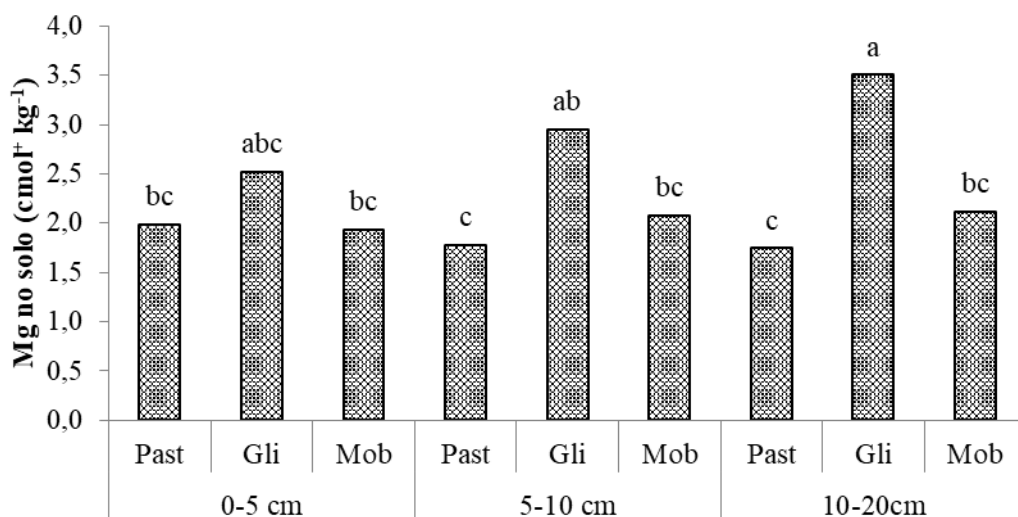


Figura 19. Teor de magnésio no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

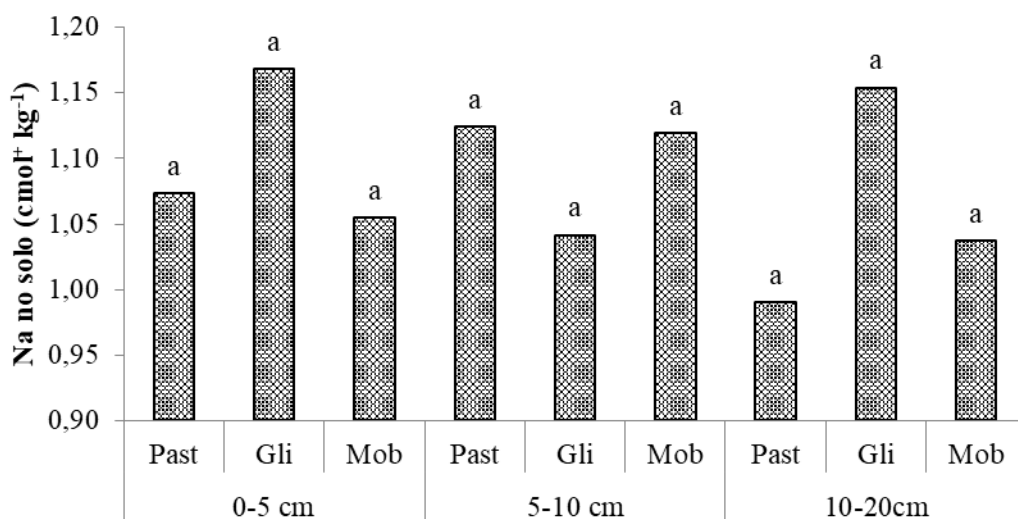


Figura 20. Teor de sódio no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

A figura 21 mostra que a concentração do sódio no solo fora da copa não difere significativamente entre tratamentos e nas diferentes profundidades. Os valores médios do sódio mais elevados ( $1,18 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) encontram-se no talhão de glifosato na profundidade de 10-20 cm. Os mais baixos ( $1,01 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) podem-se observar no talhão de pastagem na profundidade de 10-20 cm.

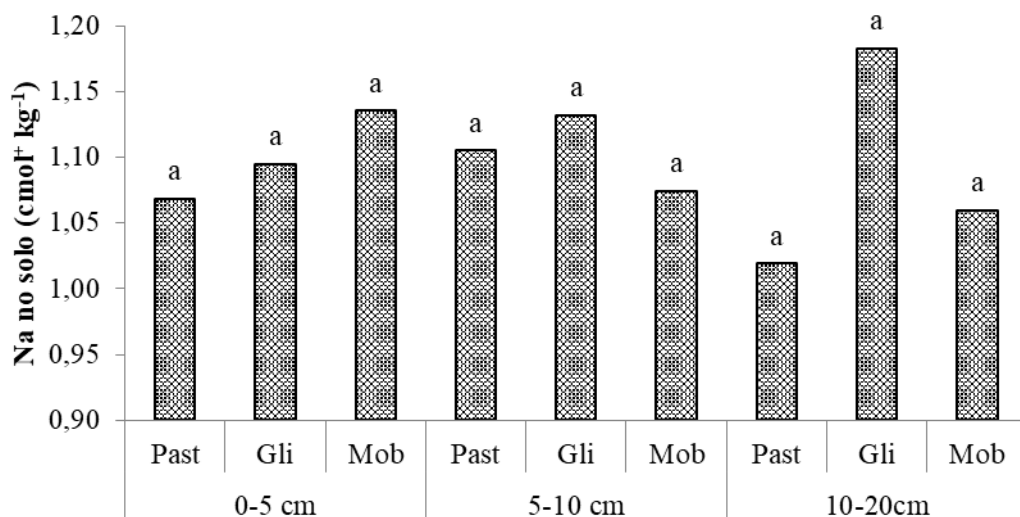


Figura 21. Teor de sódio no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

A acidez de troca debaixo da copa é mais elevada ( $0,5 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) no talhão de pastagem na profundidade de 0-5 cm mas sem diferença significativa com os outros tratamentos (Figura 22). Os valores médios mais baixos ( $0,2 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) são registados no talhão glifosato na profundidade de 10-20 cm.

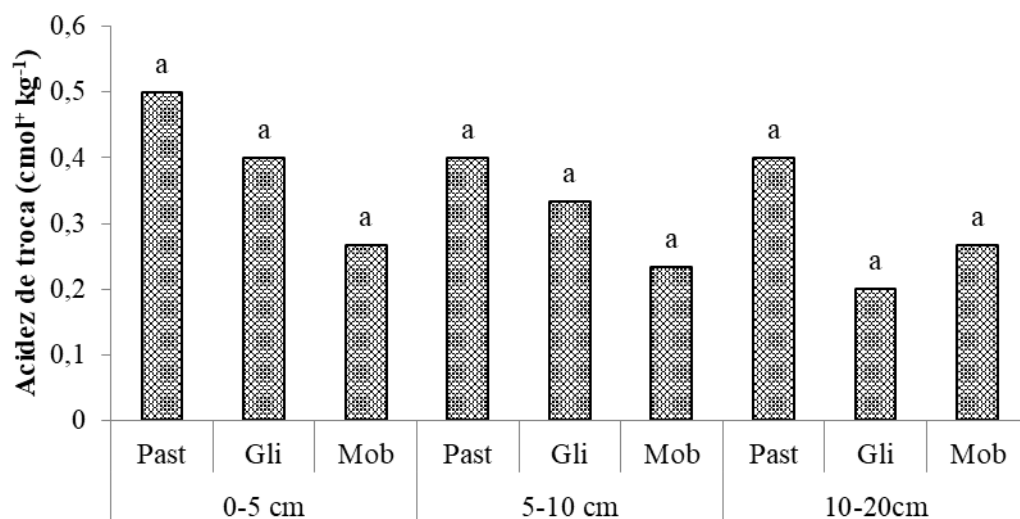


Figura 22. Acidez de troca no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

A acidez de troca fora da copa foi mais elevada ( $0,33 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) no talhão pastagem na profundidade de 5-10 cm mas sem diferença significativa entre tratamentos (Figura

23). Os valores médios mais baixos ( $0,16 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) se encontraram no talhão mobilização na profundidade de 10-20 cm.

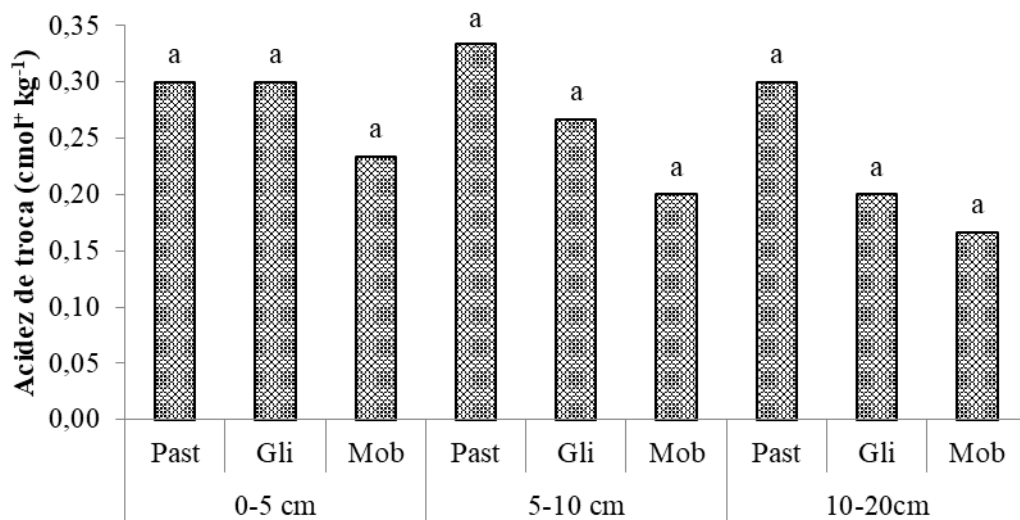


Figura 23. Acidez de troca no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

O talhão de glifosato na profundidade de 0-5 cm mostra valores médios de capacidade de troca catiónica mais elevados ( $21 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) do que os demais tratamentos e com diferença significativa (Figura 24). Os valores mais baixos ( $11 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) são registados no talhão de pastagem na profundidade de 5-10 cm e 10-20 cm.

Os valores médios mais elevados da capacidade de troca catiónica fora da copa ( $20 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) foram registados no talhão de glifosato na profundidade de 10-20 cm e com diferenças significativas para os outros tratamentos e profundidades (Figura 25). Os valores médios baixos ( $11 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) se mostram no talhão de pastagem na profundidade de 10-20 cm.

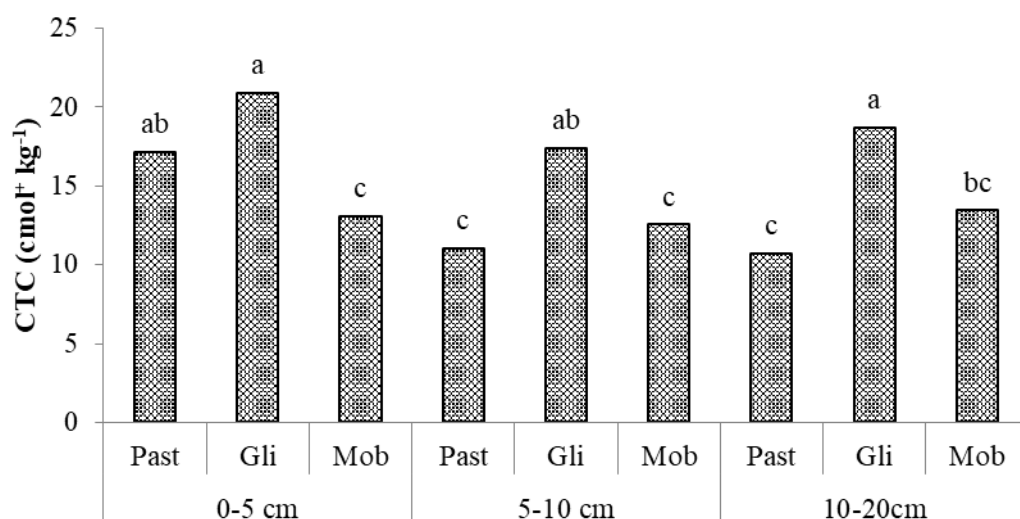


Figura 24. Capacidade de troca catiónica no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

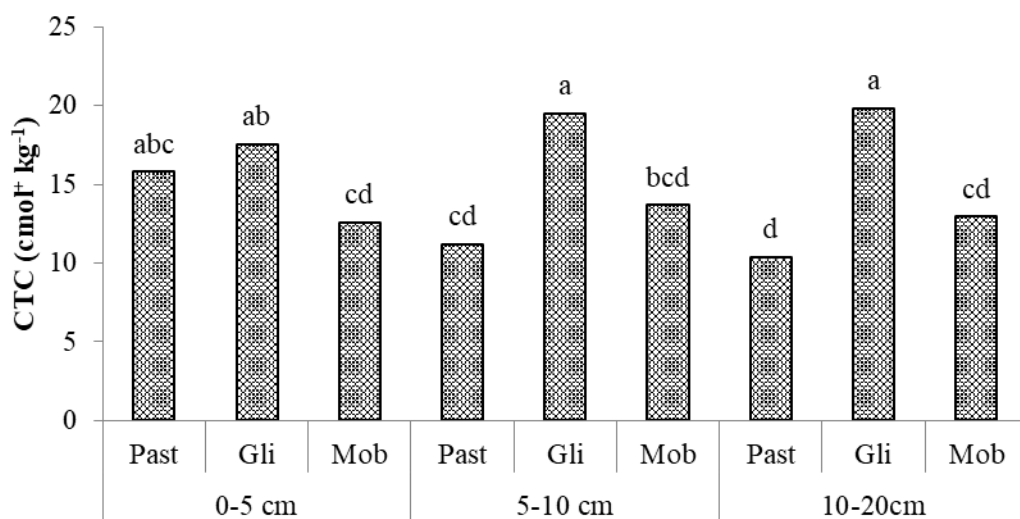


Figura 25. Capacidade de troca catiónica no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

A figura 26 mostra valores médios mais elevados de boro no solo debaixo da copa ( $4,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) no talhão pastagem na profundidade de 0-5 cm e com diferença significativa para outros tratamentos e profundidades. Os valores mais baixos ( $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$ ) se encontram no talhão de mobilização na profundidade de 0-5 cm.

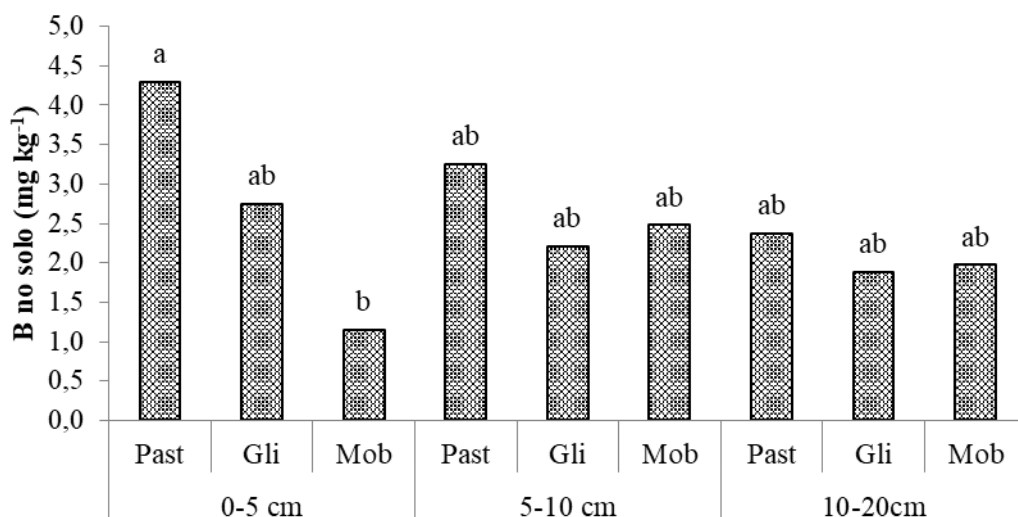


Figura 26. Boro no solo debaixo da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

Os valores médios mais elevados de boro no solo fora da copa ( $2,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) são registados no talhão de glifosato, seguida de pastagem na profundidade de 0-5 cm e com diferenças significativas para o outro tratamento e todas as outras profundidades (Figura 27). Os valores mais baixos ( $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$ ) são registados no talhão pastagem na profundidade de 10-20 cm.

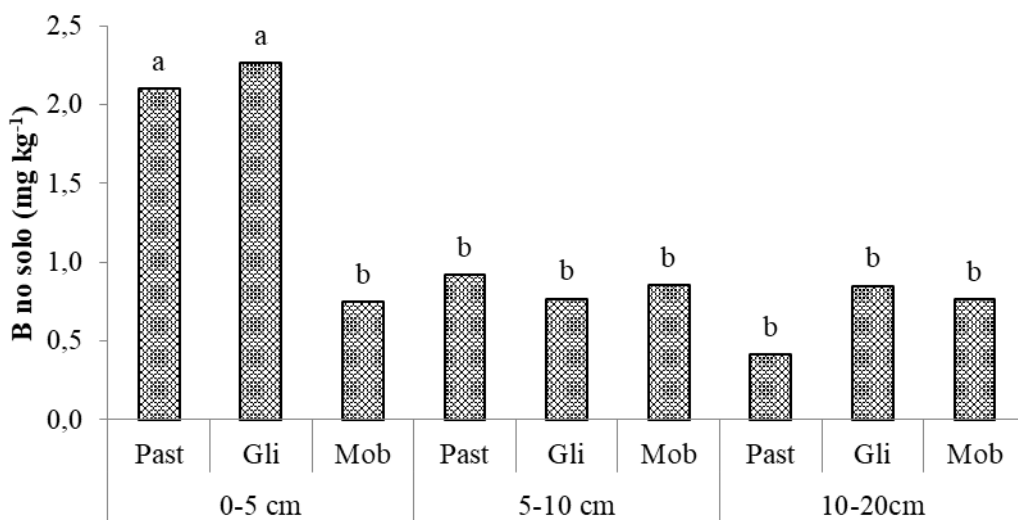


Figura 27. Boro no solo fora da copa em função do sistema de gestão do solo e da profundidade de amostragem. Médias a que correspondam letras iguais não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

### 3.3. Concentração de nutrientes nos tecidos vegetais

No quadro 1 foi apresentada a concentração de nutrientes nas folhas nos três tratamentos de gestão do solo. A comparação múltipla de médias revelou que a concentração do azoto nas folhas é mais elevada ( $19,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) no talhão de pastagem com diferença significativa para os demais tratamentos. A concentração mais baixa foi de  $17,3 \text{ g kg}^{-1}$  no talhão de glifosato. A concentração do fósforo mais elevada encontra-se ainda no talhão de pastagem com valores estatisticamente diferentes relativamente aos demais tratamentos, não sendo estes diferentes entre si. Os valores médios do potássio nos talhões pastagem e glifosato não são significativamente diferentes entre si, mas foram significativamente superiores ao mobilizado. A concentração do cálcio dos talhões pastagem e glifosato não diferem estatisticamente entre eles, mas ambos diferem do talhão mobilizado e a mesma situação observa-se no caso de magnésio. A concentração do boro nas folhas não mostra diferença significativa em todos tratamentos.

Quadro 1. Concentração de nutrientes nas folhas em função do sistema de gestão do solo.

Nutrientes	Pastagem	Glifosato	Mobilizado
Azoto ( $\text{g kg}^{-1}$ )	19,5a*	17,3c	18,3b
Fósforo ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,3a	1,1b	1,2b
Potássio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	6,1a	5,6a	4,4b
Cálcio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	6,0b	6,4b	7,7a
Magnésio ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,4b	1,5b	1,7a
Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	15,6a	15,8a	15,6a

(\*) As médias a que correspondam letras iguais na linha não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ ).

No quadro 2 foi apresentada a concentração de azoto e boro na polpa de azeitona dos três tratamentos. A comparação múltipla das médias revelou que os valores da concentração do azoto na polpa não diferem significativamente entre eles nos três tratamentos. Isto acontece também no caso do boro onde não se observam diferenças significativas entre tratamentos.

Quadro 2. Concentração de azoto e boro na polpa com base em amostra aleatória de 10 azeitonas em função do sistema de gestão do solo

Nutriente	Pastagem	Glifosato	Mobilizado
Azoto ( $\text{g kg}^{-1}$ )	6,7a*	6,3a	6,7a
Boro ( $\text{mg kg}^{-1}$ )	19,1a	18,0a	20,8a

(\*) As médias a que correspondam letras iguais na linha não são significativamente diferentes pelo teste de Tukey HSD ( $\alpha=0,05$ )

## IV. Discussão dos resultados

### 4.1. Produção de azeitona

Os resultados da produção de azeitona em 2016 nos três sistemas de gestão do solo, nomeadamente pastagem, mobilizado e glifosato não mostraram diferenças significativas, bem como a produção cumulativa dos últimos cinco anos a partir de 2012. Contudo, a produção cumulativa mostrou tendência a ser mais elevada no novo talhão com herbicida (110,2 kg/árvore), seguida do talhão pastoreado (105,9 kg/árvore) e por fim o talhão mobilizado (97,4 kg/árvore). Os resultados iniciais publicados em Ferreira *et al.*, (2013) mostram maior produtividade no talhão com herbicida, sendo este seguido pelo talhão mobilizado e por último o talhão pastoreado. Esta tendência pode explicar-se pelo facto do uso de herbicida apresentar um melhor controlo da vegetação herbácea e por não danificar o sistema radicular. O uso de herbicidas pós-emergência que se aplicam na saída do Inverno originam uma boa proteção do solo por vegetação herbácea durante o Outono e o Inverno o que reduz a erosão e contribui para melhorar os teores de matéria orgânica do solo (Rodrigues *et al.*, 2010; Arrobas *et al.*, 2011). Como se sabe, a matéria orgânica é considerada a base da fertilidade dos solos agrícolas. Condiciona a estrutura do solo e melhora a retenção de água, a atividade biológica, a disponibilidade de nutrientes, etc. (Black, 1993; Santos, 1996; Varennes, 2003).

### 4.2. Fertilidade do solo

#### 4.2.1. Carbono orgânico

Os resultados do teor do carbono orgânico no solo em função dos três tratamentos de gestão do solo e da profundidade de amostragem (0-5 cm; 5-10 cm e 10-20 cm) mostraram que o teor médio do carbono orgânico mais elevado observou-se na profundidade de 0-5 cm no talhão com pastagem (47,4 g kg<sup>-1</sup>) debaixo da copa e no talhão de glifosato (47,2 g kg<sup>-1</sup>) fora da copa, embora sem diferenças significativas entre eles. O teor mais baixo do carbono orgânico observou-se na profundidade de 10-20 cm no talhão de mobilizado debaixo da copa (11 g kg<sup>-1</sup>) e fora da copa (7,16 g kg<sup>-1</sup>).

Os resultados devem-se ao facto dessa superfície do solo ter maior atividade biológica do que as camadas a maior profundidade. Segundo Varennes (2003) a camada

superficial do solo tem maior atividade biológica devido à ação de raízes e à fauna do solo. Vasta literatura tem mostrado também que o teor do carbono orgânico no solo tende a decrescer com a profundidade devido a redução da deposição dos substratos orgânicos (Castro *et al.*, 2008, Aranda *et al.*, 2011).

#### 4.2.2. pH

O pH (H<sub>2</sub>O) registou os valores mais elevados na profundidade de 0-5 cm nos talhões mobilizado (pH=5,4) e glifosato (pH=5,7) debaixo e fora da copa respetivamente. Os teores mais baixos ou seja mais ácidos debaixo (pH=4,4) e fora (pH=4,8) da copa observaram-se na profundidade de 5-10 cm no talhão de pastagem e de 10-20 cm do mesmo talhão debaixo e fora da copa respetivamente. Observou-se que o teor do pH (H<sub>2</sub>O) debaixo e fora da copa foi mais ácido na profundidade do que na superfície no talhão de pastagem. Esta acidificação pode-se explicar devido a lixiviação do ião NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e mineralização de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Tang *et al.*, 1999). Os valores de pH deste solo confirmam-no como sendo ácido por natureza, tal como foi classificado por Rodrigues *et al.*, (2013a). Os valores de pH determinados com KCl seguiram a tendência observada para o pH em água.

#### 4.2.3. Fósforo e potássio extraíveis

O teor médio mais elevado de fósforo no solo extraível debaixo de copa foi de 524 mg kg<sup>-1</sup> na profundidade de 0-5 cm no talhão de pastagem e o teor mais baixo foi de 175,1 mg kg<sup>-1</sup> na profundidade de 10-20 cm no talhão de mobilização. Observa-se que o teor mais elevado foi registado na camada superficial de 0-5 cm. Este teor de fósforo do solo extraível debaixo da copa que foi significativamente mais alto no talhão de pastagem na profundidade de 0-5 cm pode ter origem na maior dinâmica do carbono orgânico do solo neste talhão. Segundo Gosling *et al.*, (2013) e Schmid *et al.*, (2011) a decomposição da matéria orgânica está frequentemente correlacionada com a disponibilidade de nutrientes no solo. Fora da copa, também o teor mais elevado foi observado na profundidade de 0-5 cm no talhão de glifosato (288,7 mg kg<sup>-1</sup>) e o mais baixo na profundidade de 10-20 cm no talhão de glifosato (54 mg kg<sup>-1</sup>). Contudo, o teor de fósforo extraível do solo debaixo da copa foi mais elevado do que o fósforo extraível do solo fora da copa. Isto poderá ser

devido às aplicações localizadas de adubo debaixo da copa e à reciclagem de nutrientes das folhas que caem ao solo. Alguns dos valores registados são muito altos ( $> 200 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de acordo com o sistema de classificação da fertilidade do solo em Portugal (Santos, 1996; LQARS, 2006).

Quanto ao teor do potássio debaixo e fora da copa, observou-se uma situação similar como no caso do fósforo. Quer dizer, o teor mais elevado foi na profundidade de 0-5 cm debaixo da copa no talhão de pastagem ( $404 \text{ mg kg}^{-1}$ ), o mais baixo ( $77,7 \text{ mg kg}^{-1}$ ) do mesmo talhão, enquanto fora da copa o teor mais elevado de potássio extraível foi de  $174 \text{ mg kg}^{-1}$  na profundidade de 0-5 cm no talhão de pastagem e o mais baixo foi de  $57,3 \text{ mg kg}^{-1}$  na profundidade de 10-20 cm no talhão de glifosato. Podemos dizer que o teor mais alto de potássio extraível observou-se na camada superficial de 0-5 cm no talhão de pastagem e o mais baixo na profundidade de 10-20 cm no talhão de glifosato fora da copa. A aplicação localizada dos fertilizantes debaixo da copa e a reciclagem do nutriente na vegetação herbácea e nas folhas de oliveira poderão justificar estes resultados.

#### **4.2.4. Cálcio e magnésio**

O teor médio do cálcio debaixo da copa na profundidade de 0-5 cm no talhão de glifosato ( $16 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) foi mais elevado do que o teor de cálcio fora da copa ( $14 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) na profundidade de 10-20 cm no talhão de glifosato. Observou-se que o teor de cálcio não variou de forma significativa entre profundidades debaixo e fora da copa.

O magnésio mostrou um valor mais elevado debaixo da copa ( $2,96 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) no talhão de glifosato na profundidade de 0-5cm e um teor mais baixo, de  $1,41 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ , na profundidade de 5-10 cm no talhão de pastagem, enquanto o teor mais elevado fora da copa ( $3,50 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) observou-se na profundidade de 10-20 cm do mesmo talhão e o mais baixo foi de  $1,74 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$  na profundidade de 10-20 cm no talhão de pastagem. Contudo, como o cálcio, o teor do magnésio não variou de forma significativa entre profundidades debaixo e fora da copa.

#### **4.2.5. Acidez de troca**

A acidez de troca debaixo e fora da copa não mostrou diferenças significativas entre tratamentos e profundidades. Todavia, o valor mais elevado ( $0,5 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) observou-se

no talhão de pastagem na profundidade de 0-5 cm abaixo da copa e de 5-10 cm de profundidade fora da copa do mesmo tratamento ( $0,33 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ). O valor mais baixo abaixo da copa ( $0,2 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) observou-se na profundidade de 10-20 cm no talhão de glifosato e fora da copa o valor mais baixo observou-se na profundidade de 10-20 cm no talhão de mobilização ( $0,16 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ).

#### **4.2.6. Capacidade de troca catiónica**

O valor da capacidade de troca catiónica abaixo da copa mostrou diferenças significativas entre tratamentos e profundidades. O valor mais alto ( $21 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) observou-se no talhão de glifosato na profundidade de 0-5 cm e o mais baixo ( $11 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$ ) no talhão de pastagem na profundidade de 5-10 cm e de 10-20 cm.

Fora da copa, observou-se também uma diferença significativa entre tratamentos e profundidades. O valor mais elevado foi de  $20 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$  na profundidade de 10-20 cm no talhão de glifosato e o mais baixo foi de  $11 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$  no talhão de pastagem na profundidade de 10-20 cm. Os valores da capacidade de troca catiónica abaixo e fora de copa não diferiram entre si. Geralmente num solo ácido, a capacidade de troca é baixa devido à presença de cargas negativas permanentes dos minerais de argila e uma pequena quantidade de carga variável (Varenes, 2003). Como o solo em estudo é ácido, pode ter dificultado a percepção da variação dos catiões de troca em função dos sistemas de gestão do solo.

#### **4.2.7. Boro**

O boro no solo abaixo da copa mostrou o valor médio mais elevado ( $4,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na profundidade de 0-5 cm no talhão de pastagem com diferença significativa para os demais tratamentos. O mais baixo teor do boro no solo abaixo da copa foi de  $1,1 \text{ mg kg}^{-1}$  na profundidade de 0-5 cm no talhão de mobilização.

Fora da copa, o boro apresentou valor mais alto ( $2,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ) na profundidade de 0-5 cm no talhão de glifosato com diferença significativa para demais tratamentos. O valor médio do boro foi de  $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$  na profundidade de 10-20 cm no talhão de pastagem.

### 4.3. Concentração de nutrientes nos tecidos vegetais

Para o azoto, a comparação múltipla das médias mostrou uma concentração mais elevada no talhão de pastagem ( $19,5 \text{ g kg}^{-1}$ ) com diferença significativa para os demais tratamentos. O teor mais baixo observou-se no talhão de glifosato ( $17,3 \text{ g kg}^{-1}$ ). Segundo Erel *et al.*, (2008), Fernández-Escobar *et al.*, (2008a) e Rouina *et al.*, (2002), o azoto estimula a floração do olival e incrementa a produção de azeitona. Neste ensaio, aos teores mais elevados de azoto nas folhas corresponderam as menores produções. Talvez o efeito mais importante seja a competição pela água e menos pelos nutrientes.

O fósforo mostrou valor médio superior no talhão de pastagem ( $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ ) com diferença significativa para os outros tratamentos. O teor mais baixo foi de  $1,1 \text{ g kg}^{-1}$ . O potássio apresentou valor médio superior no talhão de pastagem ( $6,1 \text{ g kg}^{-1}$ ) sem diferença significativa com o talhão de glifosato mas com diferença significativa com o talhão de mobilização. O teor mais baixo foi de  $4,4 \text{ g kg}^{-1}$  no talhão de mobilização. O cálcio e o magnésio mostraram situação semelhante onde os valores médios mais relevantes se encontraram no talhão de mobilização com valores de  $7,7 \text{ g kg}^{-1}$  e  $1,7 \text{ g kg}^{-1}$  sucessivamente mas com diferença significativa para os demais tratamentos. Os valores mais baixos do cálcio e magnésio foram de  $6 \text{ g kg}^{-1}$  e  $1,4 \text{ g kg}^{-1}$  respetivamente. A concentração do boro nas folhas não mostrou diferença significativa entre tratamentos com valores muito similares (ver quadro 1).

## V. Conclusões

Os resultados obtidos mostraram que após cinco colheitas (2012 até 2016) a produção acumulada média de azeitona foi mais elevada no novo talhão com herbicida (110,2 kg/árvore), seguida do talhão pastoreio (105,9 kg/árvore) e por último do talhão mobilizado (97,4 kg/árvore), embora estas diferenças não tenham ainda significado estatístico.

As análises laboratoriais de amostras de terras mostraram variações do teor médio do carbono orgânico em função dos três tratamentos de gestão do solo e da profundidade de amostragem (0-5 cm; 5-10 cm e 10-20 cm), sendo os valores mais elevados registados na profundidade de 0-5 cm no talhão de pastagem (47,4 g kg<sup>-1</sup>) debaixo da copa e no talhão de glifosato (47,2 g kg<sup>-1</sup>) fora da copa mas sem diferenças significativas entre eles. O teor médio mais baixo do carbono orgânico observou-se na profundidade de 10-20 cm no talhão de mobilização debaixo da copa (11 g kg<sup>-1</sup>) e de 7,16 g kg<sup>-1</sup> fora da copa da mesma profundidade e do mesmo talhão. Assim, a gestão do solo parece importante na dinâmica da matéria orgânica e da atividade biológica do solo.

Relativamente a diversos outros parâmetros da fertilidade do solo determinados não foram ainda claras as tendências de evolução em função do sistema de gestão do solo. A maior parte são propriedades que se modificam de forma lenta, sendo necessários estudos de longa duração para as avaliar corretamente.

As árvores mostraram tendência para apresentar teores de azoto, fósforo e potássio nas folhas mais elevados no talhão com pastagem, embora tenha sido no talhão gerido com glifosato que se obteve a maior produção de azeitona. Isto pode significar que outros fatores ecológicos que não a disponibilidade de nutrientes no solo podem ser mais determinantes na produtividade, como a eficiência de uso da água. As árvores geridas com glifosato, que controla melhor a vegetação herbácea, parece levar vantagem.



## Referências

- Alcobaia, M.D., & Ribeiro, J. R. (2001). *Manual do Olival em Agricultura Biológica*. Mirandela: Terra Sã.
- Alvarado, M., Civantos, M., & Durán, J. M. (2008). Plagas. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., & Rallo, L. (Eds.), *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. p. 508-593.
- Alves, M.C. & Suzuki, L. (2001). Water infiltration in a Latossolo Vermelho (Oxisol) effect of two tillages and diferente green manures. Proceed. *I World Congresso in Conservation Agriculture*. Madrid: 155-159.
- Aranda, V., Ayora-Cañada, M.J., Domínguez-Vidal, A., Martín- García, J.M., Calero, J., Delgado, R., Verdejo, T., & González-Vila, F.J. (2011). *Effect of soil type and management (organic vs. conventional) on soil organic matter quality in olive groves in a semi-arid Environment in Sierra Magina Natural Park (S Spain)*. *Geoderma*, vol.164, p.54-63.
- Arrobas, M., & Moutinho-Pereira, J. (2009). Fertilização do olival. In: M. Â. Rodrigues, & J. E. Cabanas, *Manual de safra e contra safra do olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. p. 21-39.
- Arrobas, M., Ferreira, I. Q., Marília, C., Rodrigues, M. Â., Correia, M. C., & Moutinho-Pereira, J. (2011). Introdução de Cobertos de Leguminosas anuais em Olival. Bragança: *Vida Rural*, Outubro 2011: 32-34.
- Ascard, J. (1998). Comparison of flaming and infrared radiation techniques for termal weed control. *Weed Research*, 38: 69-76
- Bacelar, E., Gonçalves, B., Moutinho-Perreira, J., & Correia, C. (2009). Botânica e morfologia da oliveira. In: Rodrigues, M.A & Cabanas, J.E. *Manual da Safra e Contra Safra do Olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. p. 9-15.
- Black, C.A. (1993). *Soil Fertility Evaluation and control*. Lewis Publishers. Florida. 746 p.
- Bremner, J.M. (1996). Nitrogen Total. In: *Methods of Soil Analysis. Part 3 - Chemical Methods*. SSSA Book Series. 5: 1085-1121.

- Bullock, J.M., & Marriott, C.A. (2000). Plant responses to grazing, and opportunities for manipulation. In: Society, B.G., Rook, A.G., & Penning, P.D (Eds.), *Grazing Management*, Devon: British Grassland Society. p.17-25.
- Boussadia, O., Steppe, K., Zgallai, H., Ben El Hadj, S., Braham, M., Lemeur, R., & Van Labeke, M. C. (2010). Effects of nitrogen deficiency on leaf photosynthesis, carbohydrate status and biomass production in two olive cultivars ‘Meski’ and ‘Koroneiki’. *Scientia Horticulturae*, 123:336 – 342.
- Cabanas, J. E., & Pavão, F. (2009). Pragas e Doenças do olival. In: Rodrigues, M.A, Correia, C.M, Rodrigues, M.Â & Correia, C.M. (Eds.), *Manual de safra e contra safra do olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. p. 79-88
- Cara, P., Marino, M., & Munarini, M. (1991). Agricultura geral, agropecuária, 1ª série. Ministério da Educação de Angola e Ministério dos Negócios Estrangeiros Itália. p.161-162.
- Castro, J., Fernández-Ondoño, E., Rodríguez, C., Lallena, A.M., Sierra, M., & Aguilar, J. (2008). Effects of different olive-grove management systems on the organic carbon and nitrogen content of the soil in Jaén (Spain). *Soil and Tillage Research* 98: 56-67.
- Culpin, C. (1986). *Farm Machinery*. London: Willian Collins Sons & Co. Ltd.
- Erel, R., Dag, A., Ben-Gal, A., Schwartz, A., & Yermiyahu, U. (2008). Flowering and fruit set of olive trees in response to nitrogen, phosphorus, and potassium. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 133 (5): 639-647.
- FAO, (2017). <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/compare/Q/QC/E>. Obtido de FAOSTAT: <http://www.fao.org> .Consultado ao 22 de Maio de 2017.
- Ferreira, I.Q., Arrobas, M., Claro, A.M., & Rodrigues, M.A. (2013). Soil management in rainfed olive orchards may result in conflicting effects on olive production and soil fertility. *Spanish Journal of Agricultural Research* 11 (2): 472-480.
- Fernández-Escobar, R., Ortiz-Urquiza, A., Prado, M., & Rapoport, H. F. (2008b). Nitrogen status influence on olive tree flower quality and ovule longevity. *Environmental and Experimental Botany*, 64 (2):113-119.

- Fernández-Escobar, R. (2008a). Fertilización. In: Brarranco, D., Fernadéz-Escobar, R., Rallo, L., Brarranco, D., Fernadéz-Escobar, R., & Rallo, L (Eds.), *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. p. 229-336.
- Fleskens, L. & De Graaff, J. (2001). Soil conservation options for olive orchards on sloping land. Proceed. I World Congresso on conservation Agriculture. Madrid, p. 231-235.
- Froud-Williams, R.S. (1988). Changes in weed flora with diferente tillage and agronomoic management systems. In: Altieri, M.A. & Liebman, M. (Eds). *Weed Management in Agrosystems: ecological approaches*. CRC Press, Florida, p. 213-236
- Garcia-Ortiz, A., Humanes, J., Pastor, M., Morales, J., & Fernández, A. (2008). Poda. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L., Barranco, D., Fernández-Escobar, R., & Rallo, L. (Eds.), *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa
- Gosling, P., Parsons, N., & Bending, G. D. (2013). What are the primary factors controlling the light fraction and particulate soil organic matter content of agricultural soils? *Biology and Fertility of Soils* (49): 1001 – 1014.
- Guerrero, A. (2000). *Nueva Olivicultura* (4 ed.). (M.-P. Libros, Ed.) Madrid: Artes Gráficas Cuesta, S.A - Seseña.
- Jones, J.J. (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. London, New York, Washington, DC: CRC Press, Boca Raton.
- Lal, R., & Stewart, B. A. (1990). Soil Degradation. In: Lal, R., & Stewart, B.A., Eds.) *Advances in Soil Science, XI*, p. xiii-xvii.
- Lopes, J. I., Pinto, J., & Rodrigues, M. A. (2009). Condução e poda. In: Rodrigues, M. Â., & Correia, C. M., *Manual de safra e contra safra do olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. p. 69-78
- LQARS (2006). *Manual de Fertilização de Culturas*. INIAP, Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva. Lisboa, Portugal.
- Maia, C.E. (2012). *Época de Amostragem Foliar para Diagnóstico*. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. *Revista Brasileira de Ciências do solo*, 36 (3): 859-864.

- Mannetje, L. (2000). The importance of grazing in temperate grasslands. Society. In: B.G., Rook, A.J., & Penning, P.D (Eds), *Grazing Management*. Devon: British Grassland Society. p.3-13.
- MAP, (1977). Ministério de Agricultura e Pescas. Laboratório de Química Agrícola "Rebelo da Silva" *Sector de Fertilidade de solo: Documentação 2. Série Divulgação*. Lisboa, Portugal: DGSA.
- Monteiro, A.M. (1999). *A Oliveira*. (Guerra, T. Ed.) Mirandela.
- Morgan, R. P. (2005). *Soil Erosion and Conservation*. Australia: Backwell Science Ltd, third edition.
- Moutinho-Pereira, J., Bacelar, E., Gonçalves, B., & Correia, C. (2009). Gestão da Água no Olival. In: Rodrigues, M. A., Correia, C. M., Rodrigues, M. A., & Correia, C.M (Eds.), *Manual de safra e contra safra no olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. p. 59-68.
- Navarro, C., & Parra, M. Á. (2008). Plantación. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., & Rallo, L., (Eds). *El Cultivo del Olivo*. Madrid: Mundi-Prensa. p,189-295.
- Nalewaja, J.D. 2001. Weeds and conservation agriculture. *Proceed. I world Congress on Conservation Agriculture*. Madrid: 191-200.
- Oliveira, M.T. & Mervin, I.A. (2001). Soil physical conditions in a New York orchard after eight years under different groundcover management systems. *Plant and Soil*, 234: 233-237.
- Orgaz, F., & Fereres, E. (2008). Riego. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., & Rallo, L. (Eds). *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. p. 337-361.
- Pastor, M., & Castro, J., Veja, V. & Humanes, M.D. (2001). Sistemas de manejo del suelo. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Eds). *El cultivo del olivo*. 4ª Ed. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid: 214-254.
- Pastor, M. (2008). Sistemas de Manejo del suelo. In: Brarranco, D., Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. *El Cultivo del olivo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Raghavan, G. S., Alvo, P. & Mckyes, E. (2001). Soil Compaction in Agriculture: A view toward managing the problem. In: Lal, R. & Stewart, B. (Eds.). p. 2-36.

- Rallo, L. & Cuevas, J. (2008). Frutificación e producción. Botânica y morfología. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Eds.). *El cultivo del olivo*. Mundi Prensa. Madrid: Junta de Andalucía, p.626-662.
- Rapoport, H. F. (2008). Botânica y morfología. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Eds.). *El cultivo del olivo*. Mundi-Prensa. Madrid: p.37-62.
- Robinson, D.W. (1986). Zero Tolerance for Weeds-A possible goal for perennial crops? In: Cavalloro, R. & Cavalloro, R. (Ed.), *Weed Control in Vegetable Production*. Luxemburgo: Rotondó, P.P, Commission of the European Communities. p. 117-123
- Rodrigues, M.A. (1997). *Análise de plantas; potencialidades e limitações*. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. Serie Seminários nº 5, 17 p.
- Rodrigues, M.A., Arrobas, M., & Bonifácio, N. (2005). Análise de terras em olivais de sequeiro. O efeito da aplicação localizada de fertilizantes. *Revista de Ciências Agrárias*, XXVIII (2):168-176.
- Rodrigues, M.A. & Cabanas, J.E. (2007). As infestantes. In: Manual da proteção integral do olival. Torres, L. (ed.), João Azevedo Editor, Viseu, 357-376.
- Rodrigues, M. A., & Cabanas, J. E. (2009). Manutenção do solo. In: Rodrigues, M. A. & Cabanas, J. E. (Eds.), *Manual da safra e contra safra do olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. p. 41-57.
- Rodrigues, M. A., & Correia, C. (2009). Ciclo bienal de oliveira. In: Rodrigues, M. A. & Correia, C.M. (Eds.). *Manual de Safra e Contra Safra do Olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, p.17-20.
- Rodrigues, M. A., Pavão, F., Oliveira, J., & Arrobas, M. (2010,). Gestão da vegetação herbácea em Olival em modo de produção biológico. (Ferreira, M. E. Ed.) *Revista da Associação Portuguesa de Horticultura*, 102: 17-20.
- Rodrigues, M. A, Lopes, J. I., Pavão, F.M., & Arrobas, M. (2011). Efeito da manutenção do solo na produção e crescimento das árvores em olival de sequeiro. In: V Simpósio Nacional de olivicultura. Santarém: *Atas Portuguesas de Horticultura*, 14 (48-55)

- Rodrigues, M.A., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., Barbosa, J.C., Moutinho-Perreira, J. M., & Fernández-Silva, A.A. (2013a). Soil nitrogen availability in olive orchards after mulching legumecover crop residues. *Scientia Horticulturae*:45-51.
- Rodrigues, M. A., Pires, J. M., Claro, M., Ferreira, I. Q., Barbosa, J. C., & Arrobas, M. (2013b). Instalação de leguminosas anuais de ressementeira natural como cobertos vegetais em olivais de sequeiro. *Pastagens e Forragens*, 32/33:85-95.
- Rodrigues, M. A, Lopes, J. I., Pavão, F.M., & Arrobas, M. (2011). Efeito da manutenção do solo na produção e crescimento das árvores em olival de sequeiro. In: V Simpósio Nacional de olivicultura. Santarém: *Atas Portuguesas de Horticultura*, 14 (48-55)
- Rouina, B. B., Trigui, A., & Boukris, M. (2002). Effects of tree growth and nutrient status of «Chemlali des fax» olive trees in their productivity. *Acta horticulturae*, 586 (1): 349-352.
- Rozane, D.E., Romualdo, L.M., Centurion, J.F., & Barbosa, J.C. (2011). Dimensionamento do número de amostras para avaliação da fertilidade do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, 32: 111-118.
- Santos, J.Q. (1983). *Fertilizantes fundamentos e aspetos da sua utilização*. (Castro, F. L. Ed.). Publicações Europa-América.
- Santos, J. Q. (1996). *Fertilização: Fundamentos da utilização dos adubos e corretivos*. 2ª ed. Pub. Europa-América, Mem-Martins.
- Santos, J. Q. (2001). *Fertilização e Ambiente*. Publicações Europa-América.
- Santos, J.Q. 2015. *Fertilização: Fundamentos agroambientais da utilização dos adubos e corretivos*. Publindústria.
- Schmid, S. W., Torn, M. S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, I. A., & Trumbor, S. E. (2011). Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. *Perspective*, 478 (49).
- Schulte, E.E. (1980). Recommended soil organic matter tests. In: Dahnke, W.C. (Ed.). Recommended chemical soil test procedures for the North Central Region. NCR publ No 221. North Dakota State University, Fargo, p. 29-31

- Sims, J.T. (1996). *Lime requirement*. In. *Methods of Soil Analysis*. Part 3 – Chemical Methods. SSSA Book Series: 5. p. 491-515.
- Spreer, W., Ongprasert, S., Hegele, M., Wunsche, J. N., & Muller, J. (2009). Yield and fruit development in mango (*Mangifera indica* L.). *Agricultural water Management*, 96: 574-584.
- Tang, C., Unkovich, M. J., & Bowden, J. W. (1999). Factors affecting soil acidification under legumes. III. Acid production by N-fixing by legumes as influenced by nitrate supply. *New Phytology*, 143: 513 – 521.
- Torres, L. (2007). As Pragas, doenças e infestantes do olival e seu combate. In: Torres, L. (Ed.), *Manual de Proteção Integrada do Oliva*, p.129-238.
- Toscano, P., Bricoli-Bati, C., Godino, G., De Simone, C., Ragliones, M., Lorenzoni, P., Angelini, R. & Antonuccio, S. (2004). Efectos agronómicos y edafológicos dos sistemas distintos de manejo del suelo en un olivar de colina del sur de Itália. *Olivae*, 102: 21-26.
- Trapero, A., & Blanco, M. Á. (2008). Enfermedades. In: Barranco, D., Fernández-Escobar, R., Rallo, L., Barranco, D., Fernández-Escobar, R. & Rallo, L. (Eds.), *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. p. 594-656.
- Van Reeuwijk, L.P. (2002). *Procedures for soil analysis. Technical Paper 9* (Sixth ed.). ISRIC, FAO of the United Nations.
- Varenes, A. (2003). *Produtividade dos solos e ambiente*. Escolar editora.
- Zimdahl, R.L. (1993). *Fundamentals of Weed Science*. Academic Press. California, 450p.