

Introdução de cobertos vegetais de leguminosas pratenses em olivais de sequeiro

Paulo Júlio Dimande

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

Orientado por

Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues

Co-orientado por

Professora Doutora Margarida Maria Pereira Arrobas Rodrigues

Esta dissertação inclui as críticas e sugestões feitas pelo Júri

Bragança

2014

*Ao meu filho Reiner,
dedico*

Agradecimento

Aos meus orientadores Professor Doutor Manuel Ângelo Rosa Rodrigues e Professora Doutora Margarida Arrobas Pereira Rodrigues pela disponibilidade, apoio e amizade dedicados desde os preliminares até a concretização deste trabalho.

À equipa do laboratório de solos da Escola Superior Agrária de Bragança nomeadamente a Eng^a Isabel Ferreira, Eng^a Ana Pinto, a técnica Rita Dinis e a Eng^a Sara Freitas pelo incansável apoio prestado.

À Escola Superior de Desenvolvimento Rural - Universidade Eduardo Mondlane pela oportunidade concedida para continuação dos estudos.

Ao Professor Doutor Mário António Teófilo Mungoi da Faculdade de Veterinária - Universidade Eduardo Mondlane, pelo incentivo.

Ao Ministério de Ciência e Tecnologia de Moçambique, pelo apoio financeiro prestado.

À minha família em especial a minha esposa Rossana Xahid, e ao meu amigo dr. Amândio David Zimba pelo incansável apoio moral prestado ao longo do percurso.

A todos, o meu *Kanimambo!*¹

¹ Obrigado

Índice

1	A cultura da oliveira	1
1.1	Origem, importância e distribuição geográfica.....	1
1.2	Taxonomia e aspetos botânicos	2
1.3	Ciclo biológico da oliveira.....	4
1.3.1	Safra e contra safra da oliveira	5
1.4	Adaptação agroecológica da oliveira	5
1.4.1	Clima	5
1.4.2	Solo.....	6
1.5	Técnica cultural.....	6
1.5.1	Preparação do terreno para a instalação do olival	6
1.5.2	Densidade de plantação	6
1.5.3	Manutenção do solo em olivais em produção	7
1.5.4	Fertilização do olival	8
1.5.5	Podas do olival	9
1.5.6	Rega do olival.....	10
1.5.7	Proteção fitossanitária.....	10
2	Gestão do solo em culturas arbóreas	14
2.1	Mobilização do solo <i>versus</i> uso de herbicidas em olival	14
2.2	Gestão do solo com cobertos vegetais	15
2.3	Maneio de espécies pratenses com pastoreio.....	17
2.3.1	Persistência de espécies semeadas.....	17
3	Material e métodos	18
3.1	Ensaio de campo	18
3.1.1	Localização	18
3.1.2	Clima	18
3.1.3	Solo.....	19
3.1.4	Delineamento experimental.....	19
3.2	Experiência 1: Sistemas de manutenção do solo	20
3.2.1	Ensaio em vasos	20
3.2.2	Análises de solos	21
3.2.3	Análises aos tecidos vegetais.....	23
3.2.4	Indicadores do potencial de mineralização.....	23

3.3	Experiência 2: Avaliação da performance agronômica de onze espécies/variedades de leguminosas pratenses cultivadas em estreme como coberto vegetal.....	25
3.4	Tratamento estatístico	25
4	Resultados	27
4.1	Experiência 1: Comparação de diferentes sistemas de cobertura do solo	27
4.1.1	Produção de azeitona	27
4.1.2	Massa de polpa e caroço e composição elementar	28
4.1.3	Concentração de azoto nas folhas.....	32
4.1.4	Fertilidade do solo	35
4.2	Experiência 2: Comportamento agronômico de onze leguminosas pratenses semeadas em estreme como culturas de cobertura em olival	48
4.2.1	Grau de cobertura do solo.....	48
4.2.2	Estados fenológicos	51
4.2.3	Produção de matéria seca e azoto contido na biomassa aérea.....	54
5	Discussão dos resultados.....	56
5.1	Experiência 1: Comparação de diferentes sistemas de cobertura do solo	56
5.1.1	Produção de azeitona na colheita de 2013.....	56
5.1.2	Concentração de azoto nas folhas.....	57
5.1.3	Fertilidade do solo	58
5.2	Experiência 2: Comportamento agronômico de onze leguminosas pratenses semeadas em estreme como culturas de cobertura em olival	62
5.2.1	Evolução do grau de cobertura do solo	62
6	Conclusões.....	64
7	Referências bibliográficas.....	65

Índice de figuras

Figura 1. Distribuição da produção de azeitona por continente (FAO, 2013)	1
Figura 2. Evolução da produção de azeitona nos 5 maiores produtores mundiais e em Portugal 2002-2012 (FAO, 2013).....	2
Figura 3. Ciclo bienal da oliveira (extraído de Rallo et al., 2008).	4
Figura 4. Esquema dos sistemas de cultivo no olival (adaptado de Pastor, 2008).	7
Figura 5. Temperatura e precipitação médias anuais em Mirandela (1971-2000).	18
Figura 6. Produção média de azeitona por tratamento na colheita de 2013 quatro anos após o início do estudo.	27
Figura 7. Massa seca da polpa (esquerda) e caroço (direita) de 10 azeitonas.	29
Figura 8. Distribuição percentual do teor de humidade no caroço (esquerda) e relação polpa caroço (direita).....	30
Figura 9. Concentração de azoto nas folhas expressa na matéria seca na amostragem de janeiro de 2013.	32
Figura 10. Concentração de azoto nas folhas expressa na matéria seca na amostragem de julho de 2013.	33
Figura 11. Concentração de azoto nas folhas expressa em matéria seca na amostragem de janeiro de 2014.....	33
Figura 12. Concentração média dos macronutrientes nas folhas das oliveiras durante as três épocas de amostragem. As linhas verticais representam o intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$).	34
Figura 13. Concentração média dos micronutrientes nas folhas das oliveiras nas três épocas de amostragem. As linhas verticais representam o intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$).	34
Figura 14. Variação da concentração de azoto (esquerda) e da matéria orgânica (direita) em função da profundidade do solo.....	38
Figura 15. Concentração média de nitratos em função dos sistemas de gestão do solo, em extratos obtidos com membranas de troca aniónica inseridos em amostras de solo incubada em vasos na primeira data de amostragem em novembro de 2013 (esquerda) e na segunda data de amostragem em março de 2014 (direita).....	41
Figura 16. Concentração média de nitratos em função da profundidade, em extratos obtidos com membranas de troca aniónica inseridos em amostras de solo incubada em vasos na primeira data de amostragem em novembro de 2013 (esquerda) e na segunda data de amostragem em março de 2014 (direita).....	41
Figura 17. Concentração azoto amoniacal (esquerda) e azoto nítrico (direita) extraídos com KCl a quente em função da profundidade do solo.....	44
Figura 18. Produção de matéria seca (esquerda) e concentração de azoto na matéria seca (direita) do centeio em função da profundidade de recolha do solo.....	46
Figura 19. Grau de cobertura do solo de leguminosas semeadas, vegetação natural e solo nu em quatro datas de amostragem, desde 5 de fevereiro a 24 de abril de 2014. As linhas verticais representam o intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$).	49
Figura 20. Grau de cobertura (%) em 5 de fevereiro de 2014.....	50
Figura 21. Grau de cobertura (%) em 20 de fevereiro de 2014.....	50
Figura 22. Grau de cobertura (%) em 21 de março de 2014.	51

Figura 23. Grau de cobertura (%) em 24 de abril de 2014.	51
Figura 24. Produção de matéria seca (kg ha ⁻¹).	54
Figura 25. Azoto acumulado na biomassa aérea (kg ha ⁻¹).	54

Índice de quadros

Quadro 1. Características do solo no momento da instalação da experiência em 2009	19
Quadro 2. Espécies e cultivares de leguminosas pratenses utilizadas no ensaio	20
Quadro 3. Concentração de nutrientes na polpa e no caroço com base em amostra aleatória de 10 azeitonas.....	30
Quadro 4. Resultados da análise granulométrica e classificação da textura do solo	36
Quadro 5. pH, matéria orgânica (MO) e teor de diversos elementos nutrientes no solo	36
Quadro 6. Parâmetros associados ao complexo de troca	37
Quadro 7. Azoto Kjeldhal e MO determinados pelos métodos de Walkley-Black e incineração.....	37
Quadro 8. Diferenças da concentração de azoto e teor de matéria orgânica determinada por incineração em função da profundidade do solo.....	39
Quadro 9. Comparação múltipla de médias de algumas variáveis das características químicas do solo	40
Quadro 10. Concentração de azoto nítrico e amoniacal obtidos em extratos em função do sistema de gestão do solo	43
Quadro 11. Diferenças das concentrações de azoto amoniacal e nítrico em função da profundidade do solo	45
Quadro 12. Produção de matéria seca e concentração de azoto no centeio em função do sistema de gestão do solo	46
Quadro 13. Diferenças na produção de MS e concentração de azoto na biomassa do centeio em função da profundidade de recolha do solo	47
Quadro 14. Classificação dos estados fenológicos das leguminosas semeadas ao longo das cinco datas em que foram observadas	53

Abreviaturas

ANOVA – *Analyse of Variance*

BBCH – *Biologische Bundesanstalt Bundessortnamt and CHemical*

DPV – Défice de pressão de vapor

EUA – Estados Unidos de América

FAO – *Food and Agriculture Organization*

FDR – *Ferequency Domain Reflectrometry*

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosféra

Legs – Leguminosas

MANOVA – *Multivariate Analyse of Variance*

MO – Matéria orgânica

MS – Matéria seca

MTA – Membranas de troca aniónica

OTO – Outono

PRD – *Partial root drying*

PRIM – Primavera

Prof. – Profundidade

RDI – *Regulated Deficit Irrigation*

RSA – República Sul Africana

SPSS – *Statistical Package for Social Science*

TDR – *Time Domain Reeflectrometry*

VER – Verão

VN +N – Vegetação natural com azoto

VN -N – Vegetação natural sem azoto

Resumo

Os cobertos vegetais protegem o solo da erosão e incrementam o sequestro de carbono com aumento favorável do teor de matéria orgânica. Se forem utilizados cobertos de leguminosas semeadas, para além do efeito reforçado do sequestro de carbono, devido à maior produção de biomassa, acresce o aumento da *pool* de azoto (N) orgânico com consequências muito positivas na fertilidade do solo. Neste trabalho apresentam-se resultados de um ensaio cujo objetivo foi comparar o efeito de um coberto vegetal de leguminosas semeadas (uma mistura de 11 espécies/cultivares de leguminosas anuais de ressementeira natural de ciclo curto a médio) com um coberto de vegetação natural sem fertilização (tal como o coberto de leguminosas semeadas) e outro coberto de vegetação natural em que se aplicaram 60 kg N ha⁻¹ ano⁻¹.

A recolha de dados decorreu durante o período de 2013-2014 no concelho de Suções em Mirandela num olival jovem da cultivar Cobrançosa. O arranjo experimental foi um delineamento completamente casualizado com 3 tratamentos: talhão sob leguminosas pratenses; talhão sob vegetação natural com adubação azotada; e talhão sob vegetação natural sem adubação azotada. Foi avaliada a produção, o estado nutritivo das árvores, a disponibilidade de azoto no solo e a performance competitiva das 11 espécies/cultivares de leguminosas.

Os resultados mostraram um efeito benéfico das leguminosas pratenses na produção de azeitona (17,8, 11,5 e 6,8 kg/árvore, respetivamente nos talhões leguminosas, vegetação natural fertilizada com azoto e vegetação natural não fertilizada), no estado nutritivo azotado das árvores e na disponibilidade de azoto no solo. Em função disso, pode concluir-se que os cobertos vegetais de leguminosas pratenses originaram resultados mais interessantes que a aplicação de 60 kg N ha⁻¹ ano⁻¹. As diferentes espécies de leguminosas pratenses apresentaram maturação diferenciada. Dalkeith e Nungarin foram as cultivares mais interessantes por fixarem azoto em quantidades relevantes e apresentarem ciclo curto, aspeto muito benéfico para os pomares de sequeiro, em que a disponibilidade de água é o principal fator limitante.

Palavras-chave: cobertos vegetais, leguminosas pratenses, oliveira, *Olea europaea*, azoto.

Abstract

The use of cover crops in orchards may reduce soil erosion and increase carbon sequestration and soil organic matter. If legume species were used as cover crops, carbon sequestration and also the pool of organic nitrogen can be reinforced, due to the ability of legume species to access atmospheric N₂, leading to an increase in dry matter yield which in turn may have a positive effect in soil fertility. In this work, results were presented from a field trial which the main objective was to compare the effect of a cover of legume species (eleven self-reseeding, early and medium maturing cultivars) with covers of natural vegetation fertilized with nitrogen (60 kg N ha⁻¹) and not fertilized (control).

The experiment took place during 2013-2014 in Suçães, Mirandela (Northwest Portugal), in a rainfed orchard of *Cobrançosa* cultivar. The field trial was organized in a completely randomized design with three treatments, consisting in a mixture of eleven self-reseeding legume species, natural vegetation fertilized with nitrogen and natural vegetation without nitrogen fertilization. The main data recorded were olive yields, tree nitrogen nutritional status, soil nitrogen availability and the competitive performance of the different legume species/varieties used.

The results showed a positive effect of the cover of legumes on olive yield, even over the plot fertilized with mineral nitrogen (17.8, 11.5 and 6.8 kg/tree, respectively in legume, natural vegetation with nitrogen and natural vegetation without nitrogen plots), and also a positive effect on the nitrogen nutritional status of trees. Soil nitrogen availability was also higher under legume cover crops. The early-maturing cultivars (Nungarin and Dalkeith) appeared very promising to be used in rainfed orchards since they can fix interesting amounts of nitrogen with less use of soil water.

Keywords: cover crops, legumes, olive trees, *Olea europaea*, nitrogen.

1 A cultura da oliveira

1.1 Origem, importância e distribuição geográfica

A semelhança da cultura de trigo e outros cereais, a origem da oliveira (*Olea europaea L.*) é amplamente associada às regiões do mundo onde predominam espécies selvagens botanicamente parecidas. A oliveira é originária da bacia do Mediterrâneo onde sofreu hibridização e tem sido extensivamente cultivada (Lumaret *et al.*, 1997; Breton *et al.*, 2012). A sua domesticação iniciou na antiguidade, durante o III e IV milénios DC a partir de um grupo de espécies nativas denominadas “oleasters”, num processo que culminou com a selecção de melhores características (Lumaret *et al.*, 1997). Segundo este autor, as “oleasters” diferenciam-se das espécies cultivadas pelos seus frutos possuírem menor tamanho e menor teor em óleo e as folhas serem relativamente pequenas. Os dois grupos apresentam, contudo, o mesmo número de cromossomas ($2n = 46$).

No presente, 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%) (figura 1).

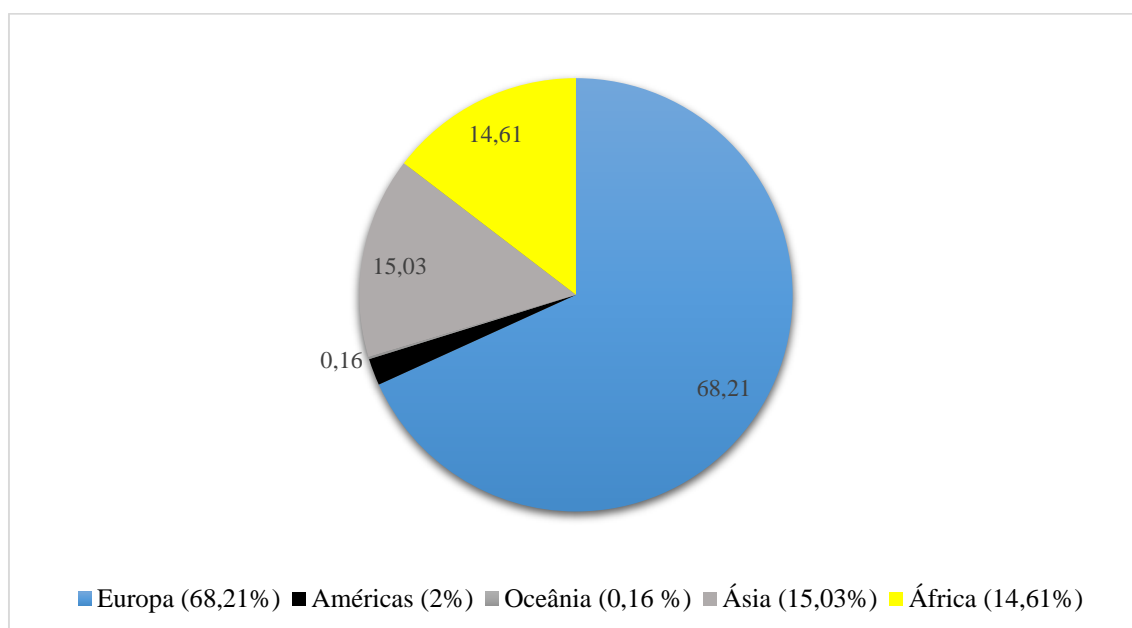


Figura 1. Distribuição da produção de azeitona por continente (FAO, 2013).

De acordo com as estatísticas da FAO, os maiores produtores mundiais por país são Espanha, Itália, Grécia, Turquia e Tunísia. Em 2012 a produção nestes países e em Portugal foi: Espanha 3 626 600 t; Itália 2 992 330 t; Grécia 3 626 600 t; Turquia 1 820 000 t; Tunísia 963 000 t; e Portugal 389 900 t. A variação na produção de azeitona nestes seis países nos últimos 10 anos variou conforme o que se apresenta na figura 2.

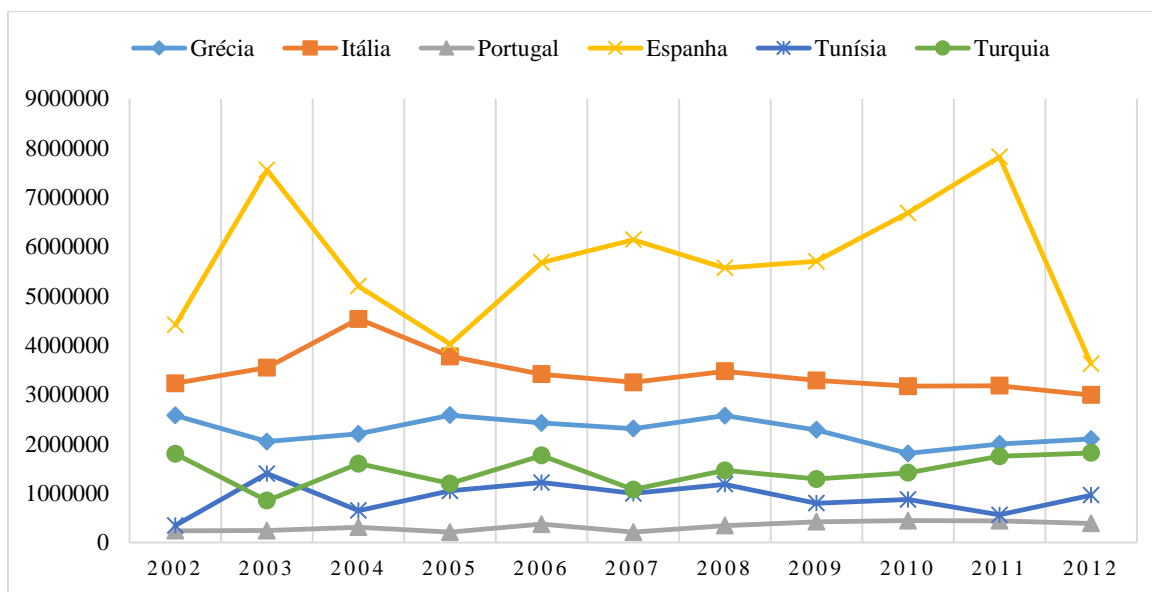


Figura 2. Evolução da produção de azeitona nos 5 maiores produtores mundiais e em Portugal 2002-2012 (FAO, 2013).

1.2 Taxonomia e aspetos botânicos

Em termos taxonómicos a oliveira enquadra-se na família das Oleáceas, na ordem Lingustrales, género *Olea* e espécie *Olea europaea* L. (Lumaret *et al.*, 1997). Segundo o mesmo autor, o género *Olea* é composto por 30 espécies diferentes subdivididas em 3 grandes subespécies nomeadamente Euromediterrânea, Laperrini e Cuspidata. A subespécie Euromediterrânea compreende as séries Oleaster e Sativa. A primeira surge de forma espontânea e distribui-se pela bacia mediterrânica. A sativa inclui as oliveiras cultivadas. A subespécie Laperrini ocorre na África setentrional de forma espontânea e a subespécie Cuspidata encontra-se no noroeste dos imaláias e Afeganistão (Guerrero, 2000).

A oliveira cultivada é uma árvore de tamanho médio com cerca de 4 a 8 metros de altura consoante a variedade. Possui caule lenhoso e copa redonda com ramificação densa. Possui folhas simples lanceoladas, limbo com comprimento de 3 a 9 cm e largura a variar de 1 a 1,8 cm. A nervura central é muito marcada em relação às secundárias, o pecíolo é curto, e a inserção das folhas oposta (Rapoport, 2008).

A morfologia do sistema radicular da oliveira depende das condições do solo e da origem da planta (tipo de propagação). Quando a árvore nasce a partir de uma semente forma-se uma raiz principal que domina o sistema radical durante os primeiros anos sem que ocorra a formação de raízes secundárias. Quando provém de estacaria, forma-se um conjunto de raízes adventícias que se comportam como principais (Monteiro, 1999). A extensão e o desenvolvimento do sistema radicular são limitados pela natureza e fertilidade do solo e em particular pela sua espessura efetiva (Rapoport, 2008). As raízes mais jovens são de cor branca, passando a castanho à medida que envelhecem e apresentam um estatuto dinâmico, renovando-se constantemente (Monteiro, 1999).

Segundo Rapoport (2008), as inflorescências da oliveira são panículas que se desenvolvem nas axilas das folhas dos ramos provenientes do desenvolvimento vegetativo do ano anterior. Cada inflorescência pode ter 10 a 40 flores, dependendo da cultivar e das condições fisiológicas e ambientais em que a árvore se encontra. A oliveira forma cachos largos e flexíveis com flores pequenas constituídas por 4 sépalas, 4 pétalas, 2 estames e 2 carpélos (Monteiro, 1999). 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 origem à formação de fruto (Bacelar *et al.*, 2009).

O fruto é uma drupa ovóide ou sub-ovóide composta por três estruturas principais: endocarpo (caroço), mesocarpo (polpa) e exocarpo (epiderme e película). O conjunto destes tecidos denomina-se pericarpo e tem origem na parede do ovário. Normalmente mede 1-4 cm de comprimento e 0,6-2 cm de diâmetro e o seu peso oscila entre 1-2 g em frutos de pequeno tamanho e 10-20 g nos de tamanho grande (Bacelar *et al.*, 2009).

A oliveira é uma planta autogâmica, podendo encontrar-se algumas variedades alogâmicas. Em condições particulares pode surgir partenocarpia (Monteiro, 1999). 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 (Rapoport, 2008).

1.3 Ciclo biológico da oliveira

Segundo Rallo e Cuevas (2008), tanto o crescimento dos ramos como o desenvolvimento dos frutos são fenómenos cíclicos no olival. Ambos se repetem com carácter anual. Contudo, o crescimento dos ramos completa-se dentro do mesmo ano com um ou mais fluxos, enquanto os processos necessários à frutificação requerem duas estações de crescimento consecutivas. Na primeira (n) ocorre indução floral a que se segue a entrada em dormência (endodormência). Em seguida, na segunda estação (n+1) ocorre a diferenciação floral e o desenvolvimento das inflorescências, a que se segue a fecundação, o vingamento dos frutos e o seu crescimento até se atingir a maturação. O ciclo bianual da oliveira encontra-se representado na figura 3.

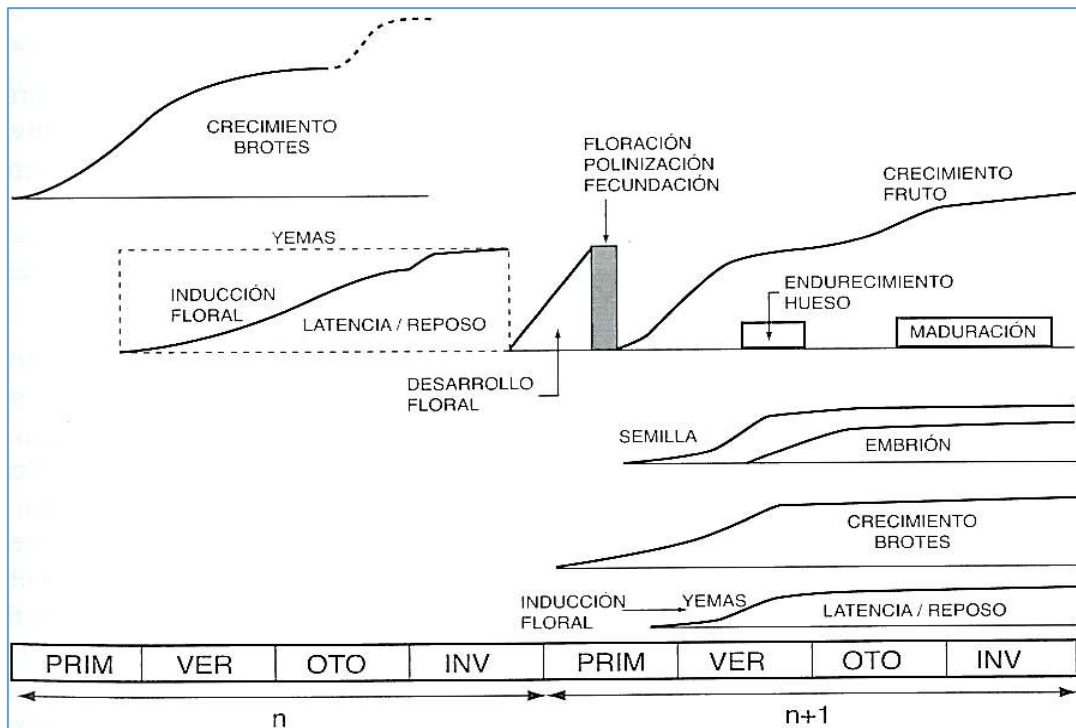


Figura 3. Ciclo bianual da oliveira (extraído de Rallo *et al.*, 2008).

Em Trás-os-Montes e Alto Douro, de acordo com Monteiro (1999), a floração ocorre entre maio e junho e o vingamento dos frutos nas três a quatro semanas seguintes. Os frutos atingem o seu tamanho máximo no início do Outono (setembro/outubro) seguindo-se a maturação, sendo esta muito dependente da precocidade das cultivares.

A sobreposição de dois ciclos reprodutivos da oliveira durante parte do ano origina um fenómeno designado de alternância ou safra e contra safra, que origina a que a seguir a um ano de boa produção se siga invariavelmente uma má colheita e vice-versa.

1.3.1 Safra e contra safra da oliveira

A oliveira tem tendência particular a acentuar a alternância. Esta deve-se sobretudo à competição pelos fotoassimilados entre a parte reprodutiva, que assegura a produção no ano em curso, e a parte vegetativa, que assegura a produção no ano seguinte (Rodrigues e Correia, 2009). A competição faz com que no ano de safra o efeito das flores e dos frutos em crescimento reduza o desenvolvimento vegetativo dos novos ramos o que reduz o número de flores no ano seguinte. Pelo contrário, o maior desenvolvimento vegetativo no ano de contra safra, permite que maior número de flores seja produzido no ano seguinte (Monselise *et al.*, 1982). A elevada carga de frutos num dado ano reduz a capacidade da árvore em regenerar a parte vegetativa por competição pelos fotoassimilados, comprometendo a produção no ano seguinte (Rodrigues *et al.*, 2012). Em função disto, uma produção regular desejada só é possível se a interação de fatores climáticos permitir um delicado balanço entre o crescimento vegetativo e reprodutivo de forma quantitativa e qualitativa (Monselise *et al.*, 1982).

1.4 Adaptação agroecológica da oliveira

1.4.1 Clima

O olival requiere um clima com invernos suaves. É uma cultura bem adaptada a verões quentes e secos. Durante o período de crescimento e 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 (Navarro *et al.*, 2008). Segundo Monteiro (1999), as temperaturas adequadas para floração e fecundação situam-se entre 12° C e 25° C. Em situações extremas, a oliveira suporta temperaturas acima de 40° C. A gama

de precipitação mais usual nas regiões onde a oliveira é cultivada situa-se entre 450 e 800 mm. No limite pode suportar regimes hídricos com precipitação abaixo de 200 mm por ano. Em Trás-os-Montes cultiva-se predominantemente na Terra Quente (entre 100 a 600 m de altitude), embora se encontrem olivais instalados até altitudes próximas de 800 m.

1.4.2 Solo

Solos franco-argilosos com boa estrutura e drenagem são considerados os mais favoráveis pois é muito suscetível a asfixia radicular. O pH ótimo varia de 6,0 – 7,5. No entanto, suporta solos com valores de pH superiores e inferiores à gama referida, desde que não se excedam os limites 4,5 e 8,5. Em Trás-os-Montes cultiva-se numa gama variada de solos, mas o olival encontra-se predominantemente em solos de encosta pouco evoluídos (Leptosolos), com predomínio de texturas francas (Monteiro, 1999).

1.5 Técnica cultural

1.5.1 Preparação do terreno para a instalação do olival

Segundo Monteiro (1999) a preparação do solo para a instalação do olival inclui na primeira etapa uma mobilização profunda (ripagem) porque grande parte da massa radical das árvores adultas situa-se entre 20 cm e 80 cm de profundidade e estende-se a uma distância de 2-3 vezes a projeção da copa. Na segunda etapa realiza-se a fertilização de fundo, cujas quantidades de fertilizantes devem seguir a recomendação de um laboratório feita com base na análise de terras. A terceira etapa consiste na incorporação dos fertilizantes recorrendo a uma mobilização que atinja 30 a 40 cm de profundidade.

1.5.2 Densidade de plantação

Segundo Monteiro (1999), para a plantação do olival aconselham-se compassos em torno de 6 m x 6 m, 6 m x 7 m e 7 m x 7 m em regadio e 8 m x 7 m ou 8 m x 8 m em sequeiro. Assim, obtêm-se em regadio densidades a variar entre 204 e 278 árvores/ha e em sequeiro 156 a 179 árvores/ha. Em azeitona de mesa é mais frequente o compasso 6 m x 6 m e o cultivo em regadio, usando-se densidades de 278 árvores/ha.

1.5.3 Manutenção do solo em olivais em produção

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. De acordo com o mesmo autor, entre os diferentes sistemas de cultivo existentes (figura 4), as mobilizações foram o sistema de cultivo mais amplamente utilizado em olivicultura e, segundo Rodrigues e Cabanas (2009), constituem-se até hoje o sistema de manutenção do solo dominante em olival tradicional de sequeiro.

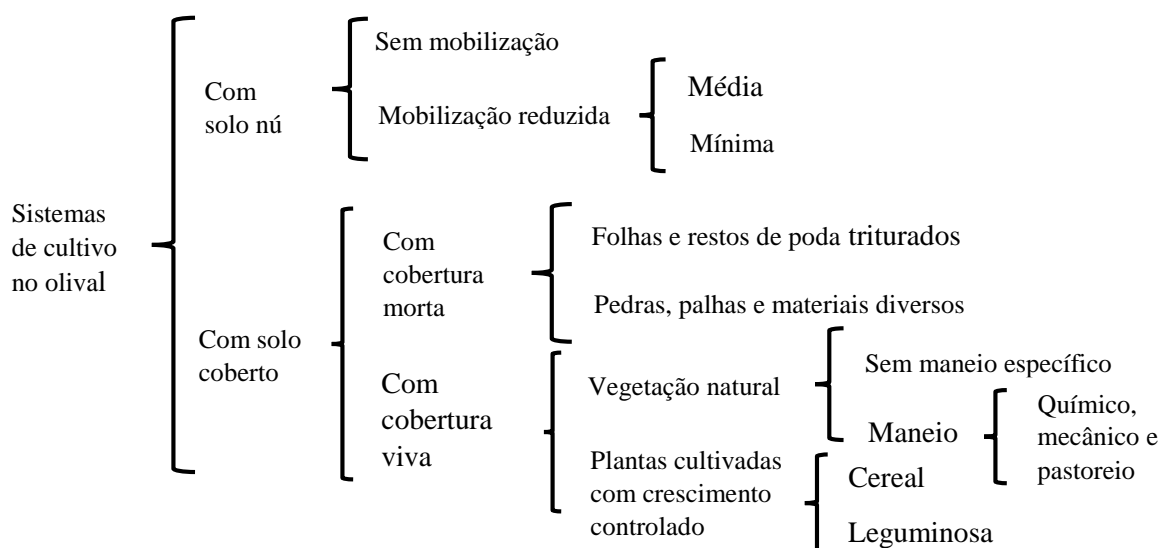


Figura 4. Esquema dos sistemas de cultivo no olival (adaptado de Pastor, 2008).

Em muitas explorações, a mobilização é feita durante a primavera 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.

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).

Em olival biológico, as mobilizações devem ser reduzidas ao máximo e com a menor intensidade possível, para que não se misturem as diferentes camadas do solo, recomendam-se para o efeito alfaias de dentes no lugar da charrua de discos (Alcobaia e Ribeiro, 2001).

1.5.4 Fertilização do olival

As análises de terras e de material vegetal são instrumentos de grande importância para conceber o plano de fertilização das culturas, incluindo do olival. De acordo com Fernandez-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. Segundo o referido autor, estas análises em conjunto permitem também detetar a toxicidade de sódio, cloro e boro uma vez que o olival é pouco tolerante a salinidade.

1.5.4.1 Fertilização na instalação do olival

Segundo Arrobas e Moutinho-Pereira (2009), na instalação do olival deve proceder-se à aplicação de corretivos minerais sempre que os resultados da análise de terras o aconselham. Corretivos orgânicos, na forma de estrumes bem curtidos, são sempre favoráveis pois melhoram as propriedades físicas do solo. Os nutrientes devem aplicar-se em quantidades que assegurem o normal desenvolvimento das plantas. Em plantação de sequeiro, ou sempre que não se efectue fertirrigação, devem aplicar-se adubos foliares que contenham grande parte dos elementos essenciais nos dois primeiros anos a seguir à instalação.

1.5.4.2 Fertilização no olival instalado

Segundo Arrobas e 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 que 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.

1.5.5 Poda do olival

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 reduzindo a alternância (García-Ortiz *et al.*, 2008).

De acordo com García-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*, visa manter o equilíbrio vegetativo da copa e conseguir máximo aproveitamento da luz e ar, alargar o período produtivo de árvores adultas; *poda de renovação*, visa substituir ramos velhos e decadentes; e *poda de regeneração*, visa regenerar árvores improdutivas. 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 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 (García-Ortiz *et al.*, 2008).

1.5.6 Rega do olival

À semelhança de outras culturas de regiões semiáridas, a sobrevivência da oliveira afigura-se num dilema fisiológico em como captar, através dos estomas, o máximo de CO₂ necessário para a realização da fotossíntese e ao mesmo tempo evitar a perda de vapor de água através dos estomas (Orgaz e Fereres, 2008). Segundo os referidos autores, 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 déficite de pressão de valor (DPV) é mínimo. Este comportamento reduz significativamente a perda de água por transpiração e confere ao olival uma capacidade natural de se adaptar ao déficite hídrico aumentando a eficiência de uso da água.

Para a sustentabilidade ambiental e económica da cultura, o método de rega mais aconselhável ao olival consiste na rega gota-a-gota com recurso a irrigação deficitária regulada (RDI) ou humedecimento parcial da zona radicular (PRD) (Moutinho-Pereira *et al.*, 2009). A RDI consiste na reposição da água através da rega correspondente a uma certa percentagem daquilo que se evapora, e a PRD consiste no humedecimento de metade do sistema radical deixando outra metade em stress hídrico e vice-versa (Spreer *et al.*, 2009). Contudo, a eficiência de cada uma destas técnicas para além de boa avaliação do estado hídrico requiere 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 eléctrica, sonda de neutrões, TDR - *Time Domain Reflectometry*, FDR - *Frequency Domain Reflectometry*, ou sensores de dissipação do calor) e de 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).

Em Trás-os-Montes, a maior parte das culturas é mantida em sequeiro devido a não existência de infraestruturas de regadio e o elevado declive dos terrenos.

1.5.7 Proteção fitossanitária

As principais pragas da oliveira são mosca da azeitona (*Batrocera oleae*), traça da oliveira (*Prays oleae*) e cochonilha negra (*Saissetia oleae*). As principais doenças são olho de pavão (*Spilotea oleagina*), gafa (*Gloesporium olivarum*), e tuberculose

(*Pseudomonas savastanoi*) (Monteiro, 1999; Alcobaia e Ribeiro, 2001). Estas doenças foram classificadas por Trapero e Blanco (2008) como sendo de importância elevada a média no olival.

1.5.7.1 Mosca de azeitona

A mosca da azeitona (*Batrocera oleae*) pertencente à ordem Diptera e é a praga mais importante do olival. Encontra-se distribuída em toda zona mediterrânea e ainda nos EUA e na RSA (Alvarado *et al.*, 2008; Cabanas *et al.*, 2009). Os adultos são pequenas moscas que medem 4 a 5 mm, com cabeça de tonalidade amarela e olhos grandes. 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. As temperaturas ótimas para o seu desenvolvimento situam-se entre 20 e 25 °C. Dependendo da forma como decorre o ano pode desenvolver uma ou mais gerações.

A proteção sanitária consiste na adoção de medidas de luta indiretas como escolha de variedades menos susceptíveis, 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.

1.5.7.2 Traça da oliveira

A traça da oliveira (*Prays oleae* Bernard) pertence à ordem Lepidoptera 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).

Tem três gerações por ano, desenvolvendo-se cada uma delas em diferente parte da planta. Segundo Torres (2007) e Cabanas *et al.* (2009), a geração filófaga inicia-se com a postura na página inferior da folha em meados de setembro a outubro. Após a eclosão, as larvas penetram no interior da folha fazendo galerias, onde passam o Inverno. A fase de pupa pode ocorrer nas folhas ou no solo. A geração antófaga inicia-se com a postura nos botões florais. Após eclosão, as larvas penetram nos botões florais e alimentam-se de anteras, pólen, estigmas e ovários. A geração carpófaga inicia-se com a postura nos frutos recém formados ou sobre o cálice na proximidade de inserção do pedúnculo. Após eclosão alimentam-se da polpa do fruto e da amêndoa até completar o ciclo.

As medidas de proteção indiretas consistem no fomento da fauna auxiliar e no uso de técnicas culturais com pouca aplicação de produtos fitofarmacêuticos. Como medidas diretas pode efetuar-se luta biológica com inseticidas à base de *Bacillus thuringiensis*. Contra a geração atófaga, luta biotécnica com recurso a feromônas sexuais para captura em massa e confusão sexual. Por último, a luta química, com base em inseticidas autorizados.

1.5.7.3 Cochonilha negra

A cochonilha negra (*Saissetia oleae* Olivier) pertence à ordem Homoptera e está distribuída em todos os continentes, mas sobretudo na região mediterrânea. Prefere locais húmidos e sombrios. O adulto mede 3-4 mm e põem 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 iberna geralmente nos 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.

1.5.7.4 Olho do pavão

O olho do pavão (*Spilotea oleagina* Castagne) é considerada doença mais importante no olival. Os seus sintomas consistem no aparecimento de manchas circulares de tamanho variável e de cor castanha escura ou marrom (Trapero e 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, adoptar 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).

1.5.7.5 Gafa

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

1.5.7.6 Tuberculose

A tuberculose (*Pseudomonas savastanoi* Saccardo) também conhecida como verrugas, tumores 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 e Blanco, 2008). Segundo os referidos autores, as infeções aparecem durante o verão quando as chuvas são abundantes e/ou fornecimento de muita água. 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.

2 Gestão do solo em culturas arbóreas

O grande objetivo da gestão dos solos é procurar manter, ou se possível melhorar, a sua fertilidade (Morgan, 2005). Segundo Lal e Stewart (2001) 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).

2.1 Mobilização do solo *versus* uso de herbicidas em olival

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 considerado um bom método de controlo de infestantes pelo impacte negativo na fertilidade do solo (Rodrigues *et al.*, 2010). Os solos mobilizados ficam vulneráveis a erosão hídrica laminar devido à ausência de cobertura, com consequências na redução da espessura efetiva do solo. 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 stress 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 e 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.

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).

2.2 Gestão do solo com cobertos vegetais

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.

Outra aproximação ao problema é a introdução de espécies pratenses da família das leguminosas. As leguminosas podem conferir boa proteção ao solo e como fixam azoto atmosférico, através da simbiose que estabelecem com microrganismos da família das rizobiáceas, melhoram a disponibilidade de azoto no solo (Rodrigues *et al.*, 2013a), podendo reduzir a necessidade de fertilizantes. Por outro lado, as leguminosas estabelecem-se facilmente nos solos dos olivais de Trás-os-Montes, devido à reduzida fertilidade natural destes e às vantagens das leguminosas por terem acesso ao azoto atmosférico. Devido a seu efeito favorável na fertilidade do solo, as leguminosas pratenses têm vindo a ser utilizadas na gestão do solo em pomares, vinhas, lúpulo e outras culturas perenes.

Segundo Rodrigues *et al.* (2013b) em sequeiro deve ser dada atenção ao tipo de espécies e cultivares a usar num coberto. Do ponto de vista teórico, há também as vantagens em usar cobertos semeados de leguminosas, devido ao seu papel na cobertura do solo, mas também por fixarem azoto. Contudo, os cobertos devem exercer reduzida competição pela água. Assim, de entre as espécies e variedades disponíveis no mercado devem ensaiar-se as que apresentem ciclo curto, procurando o compromisso entre a capacidade de fixação de azoto e de perda de água por transpiração.

Um dos problemas dos cobertos semeados é que podem encarecer o processo de cultivo com a aquisição das sementes. A ideia é usar plantas que façam ressementeira natural.

Acontece que existem diversos estudos sobre gestão de espécies pratenses com animais em pastoreio. Contudo, em olivais tem de conseguir a gestão dos cobertos sem animais, pois na região os olivicultores normalmente não possuem rebanhos. Assim, deve desenvolver-se esta nova área de trabalho que consiste em aprender a gerir cobertos vegetais semeados sem pastoreio.

2.3 Maneio 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 e Mariott, 2000).

2.3.1 Persistência de 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. Este é o enquadramento teórico que se faz deste tópico e um dos componentes em estudo nesta tese.

3 Material e métodos

3.1 Ensaio de campo

3.1.1 Localização

O ensaio de campo relativo à introdução de cobertos vegetais no olival foi instalado em Suçães, concelho de Mirandela, nas coordenadas 41° 29' N e 7° 15' W. Na altura da instalação da experiência em 2009, o olival possuía cerca de 20 anos de idade, árvores pertencentes à cultivar *cobrançosa* e estava instalado no compasso 7m x 7m. O olival encontra-se em regime de sequeiro.

3.1.2 Clima

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, as regiões de Bragança e Mirandela estão sob clima Temperado ou Mesotérmico do tipo C, com os subtipos **Csa** em Mirandela com temperatura média mensal superior a 10°C e a do mês mais quente superior a 22°C o que define «terra quente»; **Csb** em Bragança com temperatura média mensal superior a 10°C e do mês mais quente inferior a 22°C que define «terra fria» (Agroconsultores e Coba, 1991; IPMA, 2014). A figura 5 ilustra as variações médias diárias da temperatura e precipitação no período de referência de trinta anos de 1971-2000. As médias anuais de temperatura e precipitação em Mirandela são 14,3° C e 509 mm respetivamente.

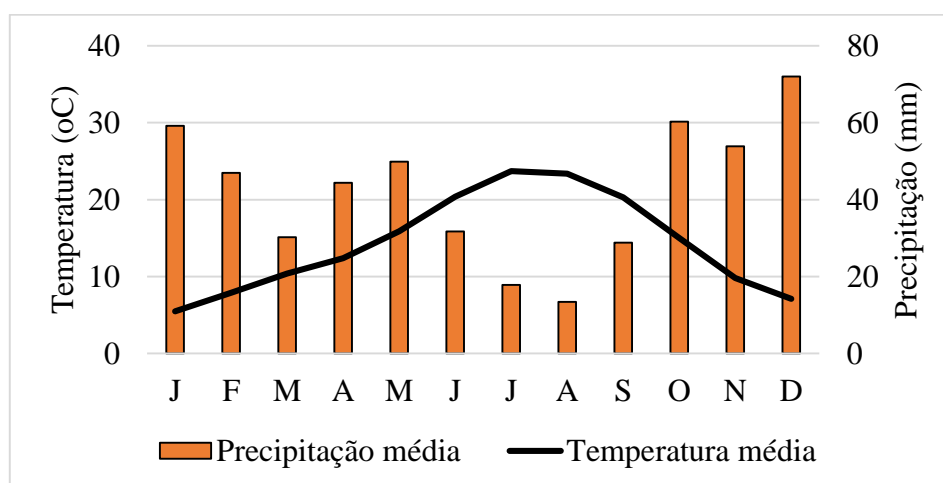


Figura 5. Temperatura e precipitação médias mensais em Mirandela (1971-2000).

De acordo com a figura 5 o período seco na região de Mirandela situa-se entre os meses de maio a outubro.

3.1.3 Solo

O solo onde foi instalado o ensaio pertence a classe Leptosol derivado de xisto ou seja trata-se de solos delgados limitados por rocha dura contínua e coerente (Agroconsultores e Coba, 1991) com as características apresentadas no quadro 1.

Quadro 1. Características do solo no momento da instalação da experiência em 2009.

Características físicas		Características químicas	
Areia (%)	60,3	pH (H ₂ O)	4,1
Argila (%)	13,1	Fósforo (Egner-Riehm)	21 mg kg ⁻¹
Limo (%)	26,6	Potássio (Egner-Riehm)	96,3 mg kg ⁻¹
		Carbono (Walkley-Black)	7,9 g kg ⁻¹

Extraído de Rodrigues *et al.* (2013a).

O ensaio foi instalado em 2009. Neste trabalho reportam-se resultados recolhidos no período 2013-2014. Antes da instalação do ensaio, o solo era gerido com aplicação de um herbicida à base de glifosato para o controle de infestantes, aplicado durante o mês de maio. Os fertilizantes eram distribuídos de forma localizada debaixo da copa das árvores. Aplicaram-se 60 kg de N, P₂O₅, K₂O e 15 g de B por árvore.

Na preparação do solo para os ensaios foram aplicadas 1500 kg de calcário (88% de CaCO₃ e 5% de MgCO₃) e 250 Kg de superfosfato (18% de) por hectare. As infestantes passaram a ser geridas com corte mecânico de vegetação com um destroçador de correntes.

3.1.4 Delineamento experimental

O trabalho desenvolvido em Suções, Mirandela, tem por base duas experiências. Numa das experiências (experiência 1) comparam-se três sistemas de gestão do solo, e na segunda experiência (experiência 2) comparam-se as performances de 11 espécies/variedades de leguminosas pratenses semeadas em estreme. As espécies utilizadas encontram-se no quadro 2.

Quadro 2. Espécies e cultivares de leguminosas pratenses utilizadas no ensaio.

Nome científico/variedade

Trifolium subterraneum L cvs. Nungarim, Denmark, Seaton Park e Dalkeith

Trifolium resupinatum Gib e Belli cv Prolific

Trifolium michelianum Savi cv. Frontier

Trifolium incarnatum L. cv. Contea

Biserrula pelecinus L. cv. Mauro

Ornithopus sativus Brot. cv Margurita

Ornithopus sativus Brot. cv Erica

Ornithopus compressus L. cv. Charano

3.2 Experiência 1: Sistemas de manutenção do solo

Foram instalados três sistemas de manutenção do solo: *i*) aplicação de uma mistura de 11 espécies/variedades de leguminosas anuais de ressementeira natural (Legs); *ii*) vegetação natural fertilizada com 60 kg N ha⁻¹ ano⁻¹ (VN +N); e *iii*) vegetação natural não fertilizada (VN -N). A mistura de leguminosas pratenses é composta pelas espécies/variedades descritas no quadro 2.

Foi avaliado o efeito dos tratamentos no estado nutricional das árvores (por análise foliar clássica), na produção de azeitona (calibre dos frutos, e composição mineral dos frutos). Para o contexto do trabalho que se apresenta, e para esta experiência, é usada informação relativa a: *i*) produção de azeitona obtida na colheita de 2013; e *ii*) estado nutricional das árvores, baseado na análise foliar de colheitas efetuadas em julho de 2013 e janeiro de 2014.

Em Outubro de 2013 foram colhidas amostras de solos nas camadas 0 a10 e 10 a 20 cm de profundidade de cada tratamento a fim de se avaliar o potencial de mineralização de azoto nos diferentes tratamentos. As amostras colhidas foram congeladas quando chegaram ao laboratório, com a finalidade de se travar a atividade microbiana do solo.

3.2.1 Ensaio em vasos

Parte das amostras de solo colhidas em outubro de 2013 foi utilizada para avaliar a disponibilidade de azoto, através de métodos biológicos, designadamente recorrendo a ensaios em vasos e usando plantas indicadoras da disponibilidade de azoto no solo. O ensaio em vasos foi instalado nas estufas da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Bragança, na latitude 41° 47' 47" N e Longitude 6° 46' 5.72 W.

As plantas utilizadas foram centeio (*Secale cereale* L.) e nabiça (*Brassica rapa* L.), ambas semeadas a 16 de Outubro de 2013 em um conjunto de três tratamentos correspondentes aos sistemas de gestão do solo (Legs, VN +N e VN -N) e dois blocos correspondentes à profundidade de recolha do solo (0 a 10 e 10 a 20 cm). De cada tratamento foram feitas seis repetições. Aos vasos não foi adicionado qualquer fertilizante. As plantas foram regadas com água destilada em função das necessidades das plantas. A colheita de nabiça ocorreu três meses depois, em 20 de Janeiro de 2014 quando esta já estava quase a florir. A colheita do centeio ocorreu cinco meses depois, em 12 de Março de 2014.

Em paralelo foram preparados vasos com terra de cada tratamento de manutenção do solo e cada profundidade, com 4 repetições para avaliação da disponibilidade de azoto e fósforo por métodos químicos. Em cada um destes vasos foi colocada em cada vaso uma membrana de resina de troca aniónica (40 mm x 20 mm de área) cortada a partir de folhas de 125 x 125 mm (Produto 551642S, VWR, BDH, PROLABO). O procedimento foi repetido no final da experiência em 14 de março de 2014. A aplicação destas resinas teve como objetivo avaliar a disponibilidade de nitratos e fosfatos na solução do solo no início (04 de novembro de 2013) e no fim da experiência (14 de março de 2014). As resinas eram previamente saturadas durante 24 horas com o ião NaHCO_3^- proveniente de uma solução de NaHCO_3 0,5M. Foram depois colocadas no solo e retiradas ao fim de 4 dias (Rodrigues e Arrobas, 2010). Depois de lavadas em água destilada eram colocadas em 20 ml de HCl 0,5M durante 4 horas para a eluição das mesmas. Neste estrato foram determinadas as concentrações em fosfatos e nitratos.

3.2.2 Análises de solos

Textura. Após agitação de uma porção de solo (fração inferior a 2 mm) com um agente dispersante, a areia é separada do limo e argila com um crivo de 50 μm de malha. O limo e argila foram determinados pelo método da pipeta. A suspensão é colocada numa proveta de 1000 mL. As partículas sedimentam ao longo do tempo de acordo com o seu tamanho e posicionam-se em diferentes profundidades da proveta. A pipeta serve para recolher uma amostra de solo e argila nos primeiros centímetros a contar da superfície e depois para recolher limo + argila. As suspensões são depois secas a 105 °C e avaliada a proporção de cada fração na amostra de solo (van Reeuwijk, 2002).

pH. O pH do solo foi avaliado 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*.

Matéria orgânica. Foi seguido o procedimento de Walkley-Black para determinação do carbono (C) facilmente oxidável. Este método consiste numa digestão húmida da matéria orgânica do solo com uma mistura de dicromato de potássio e ácido sulfúrico durante 30 minutos. O dicromato residual é titulado com sulfato de ferro e o teor de matéria é estimado multiplicando a percentagem de carbono pelo fator 1,72, associado à suposição de que a matéria orgânica do solo contém cerca de 58% de C (van Reeuwijk, 2002).

Fósforo e Potássio. 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 (van Reeuwijk, 2002). O potássio é quantificado por fotometria de chama (MAP, 1977) num equipamento *Jenway*.

Capacidade de Troca. Uma amostra de solo é percolada com uma solução de acetato de amónio tamponizada a pH 7 e os catiões Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ , determinados no extrato filtrado, por espectrofotometria de absorção atómica (Jones, Jr, 2001) num equipamento *PYE Unicam PU 9100X*.

Azoto Kjeldhal. Um grama de solo foi digerido com ácido sulfúrico na presença de um catalisador num bloco de digestão em alumínio à temperatura de 400 °C durante 40 minutos. Na amostra digerida é determinado o conteúdo em azoto pelo método kjeldhal totalmente automatizado, descrição detalhada no ponto 3.2.3 sobre análise de tecidos vegetais.

Micronutrientes. A extração dos micronutrientes do solo foi efetuada de acordo com a metodologia de Lakanen e Erviö (1971). Uma amostra de solo é agitada com uma solução constituída por acetato de amónio, ácido acético e EDTA, tamponizada a pH 4,65 numa relação solo: solução de 1:5. Após meia hora de contacto com agitação a suspensão é filtrada e os micronutrientes cobre, ferro, zinco e manganês são determinados por espectrofotometria de absorção atómica. 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 e ácido ascórbico. A cor desenvolvida em função da concentração em boro é depois determinada num espectrofotómetro UV/VIS a 430 nm (Jones, Jr., 2001).

3.2.3 Análises aos tecidos vegetais

A biomassa produzida nas diferentes partes experimentais deste trabalho, designadamente vegetação natural, leguminosas, nabiça, centeio, folhas de oliveira e azeitonas (polpa e caroço) foi, depois de colhida, seca a 60 °C numa estufa de ventilação forçada e registado o teor de matéria seca. A matéria seca foi depois moída num moinho *Cyclotec* da empresa FOSS, com um crivo de 1 mm de malha.

Para a determinação da concentração em azoto foi pesada uma quantidade de matéria seca num frasco de digestão para equipamentos kjeldhall. A digestão é feita em meio sulfúrico em presença de um catalisador. Findo o período de digestão, o tubo foi colocado num equipamento automático *Kjeltec TM 8400 Analyser unit FOSS* e 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).

Uma outra porção de matéria seca, 0,25 g, foi digerida num digestor por micro-ondas *MARS, CEM corporation* na presença de ácido nítrico e na solução obtida foi feita a determinação dos iões, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre, ferro, zinco e manganês, por metodologias abordadas anteriormente (ver ponto 3.2.2). O boro foi determinado após incineração da amostra com óxido de cálcio e após a diluição das cinzas com ácido sulfúrico diluído. O desenvolvimento de cor foi feito pelo método da azometina (Jones, Jr, 2001).

3.2.4 Indicadores do potencial de mineralização

3.2.4.1 Extração de azoto com KCl a quente e a frio

A uma quantidade de solo foi adicionada uma quantidade de KCl 2 M (em geral numa relação de solo: solução de 1:4. Os recipientes com solo e KCl foram colocados numa estufa a 100°C durante 4 horas. Ao fim deste tempo deixou-se arrefecer

as amostras, filtrou-se e no extrato e determinou-se a concentração dos iões NH_4^+ . Em paralelo procedeu-se da mesma forma sem introduzir as amostras em estufa e após filtração procedeu-se à determinação da concentração de iões NH_4^+ no extrato frio. O potencial de NH_4^+ libertado por mineralização, ou a quantidade de azoto amoniacal hidrolisável, encontra-se pela diferença entre NH_4^+ extraído a quente e extraído a frio (Rodrigues, 2000).

A concentração de iões H-NH_4^+ determina-se pelo método do fenato que tem como princípio a formação de um composto de cor azul, indofenol, pela reação da amónia, hipoclorito e fenol, catalisado pelo nitroprussido de sódio (Clescerl *et al.*, 1998).

3.2.4.2 Determinação da absorvância UV/VIS (205 e 260 nm) em extratos preparados com NaHCO_3

Uma amostra de solo foi tratada com uma solução de NaHCO_3 0,5M durante meia hora. Ao fim deste tempo a suspensão foi filtrada e avaliada a absorvância das amostras nos comprimentos de onda 205 e 260 nm num espectrofotómetro UV/VIS (Rodrigues, 2000).

3.2.4.3 Determinação de nitratos no solo

Este método é adequado para amostras filtradas, com baixo teor de matéria orgânica. A medição da absorção UV a 220 nm facilita a determinação rápida de NO_3^- . Porque a matéria orgânica dissolvida também absorve a 220 nm e o ião nitrato não absorve a 275 nm, fez-se uma segunda medição a 275 nm para corrigir o valor de NO_3^- (Clescerl *et al.*, 1998).

3.3 Experiência 2: Avaliação da performance agronômica de onze espécies/variedades de leguminosas pratenses cultivadas em estreme como coberto vegetal

Cada uma das espécies/variedades incluídas na mistura referida no ponto anterior foi semeada em estreme. A experiência foi organizada em blocos casualizados com três repetições. Cada unidade experimental representa uma área de 49 m², o compasso em que se encontra instalado o olival (7m x 7m). Nesta experiência é avaliado o grau de cobertura pela espécie semeada usando o método do ponto quadrado *pin-point* (Damgaard *et al.*, 2011). Foram registados 50 pontos em cada unidade experimental por data de amostragem, 150 em cada espécie/variedade e um total de 1650 na totalidade do ensaio. Ao longo do inverno e primavera de 2014 foram efetuados registos em 5 e 20 de fevereiro, 21 de março, 24 de abril e 14 de maio.

Nas datas referidas anteriormente foi ainda registado o estado fenológico das plantas usando a escala fenológica BBCH (Biologische Bundesanstalt, Bundessortnamt and CHEMICAL industry) (Meier, 2001). Em 15 de maio, foi efetuado um corte da vegetação para avaliar a produção de biomassa e o azoto exportado após determinação da concentração de azoto nos tecidos das plantas.

3.4 Tratamento estatístico

Os dados foram tratados com recurso ao *SPSS Statistics* (v.20, IBM SPSS Chicago, IL). Os dados recolhidos no pomar (amostras de azeitona e folha) e os provenientes da cobertura de leguminosas pratenses para avaliação da persistência de espécies foram tratados segundo um delineamento completamente casualizado. Foi testado o efeito de 3 tratamentos no rendimento do fruto e na exportação de azoto para folha e fruto. Os tratamentos correspondem a: um talhão sob leguminosas semeadas de ressementeira natural; talhão sob vegetação natural com adubação azotada (VN +N) e talhão sob vegetação natural sem adubação azotada (VN -N).

Os dados do ensaio em vaso foram tratados segundo um delineamento de blocos casualizados em que o bloco representa as profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm onde foi recolhido o solo nos 3 tratamentos com 6 repetições cada. Os testes efetuados consistem na realização do teste MANOVA seguido de comparação de médias com recurso ao teste Tukey HSD ($\alpha = 0,05$).

O fundamento deste procedimento segundo Petersen (1985) reside no fato de, a aleatorização do experimento permitir: *i*) eliminação do viés para que não haja discriminação das unidades experimentais; *ii*) garantir que os dados observados sejam independentes para obtenção de uma válida significância nos testes e nos intervalos de estimação.

Os casos em que não se verificaram os pressupostos da MANOVA aplicaram-se os testes alternativos não paramétricos e para este caso foi o de Kruskal-Wallis. Outros testes utilizados para análise estatística foram o t-student para comparar médias do solo proveniente de duas profundidades. O Wilcoxon para testar a significância do aumento do teor de NO_3^- medidos através de membranas de troca aniônica inseridas em vasos em novembro de 2013 e em maio de 2014. A correlação bivariada de Pearson para testar a associação entre os teores de azoto e matéria orgânica do solo determinada pelos dois métodos, a produção de matéria seca e a quantidade de azoto acumulado pela biomassa aérea dos cobertos de leguminosas pratenses.

4 Resultados

O presente capítulo apresenta os resultados obtidos nas experiências 1 e 2 descritas no capítulo anterior de materiais e métodos. Na experiência 1 comparam-se três sistemas de gestão do solo, designadamente um coberto de leguminosas pratenses de ressementeira natural, vegetação natural fertilizada com 60 kg ha⁻¹ de azoto e vegetação natural não fertilizada.

4.1 Experiência 1: Comparação de diferentes sistemas de cobertura do solo

Na experiência 1 inclui-se a informação relativa a produção de azeitona nos três diferentes sistemas de gestão do solo, relação polpa/caroço e composição química dos frutos, concentração em azoto nas folhas da oliveira e parâmetros diversos da fertilidade do solo em amostras colhidas no olival a duas profundidades.

4.1.1 Produção de azeitona

O teste Kruskal-Wallis indica que ocorreu um efeito significativo do sistema de gestão do solo na produção de azeitona ($X^2_{KW}(2) = 14,345$; $N = 24$; $p = 0,001$). Os resultados são apresentados na figura 6.

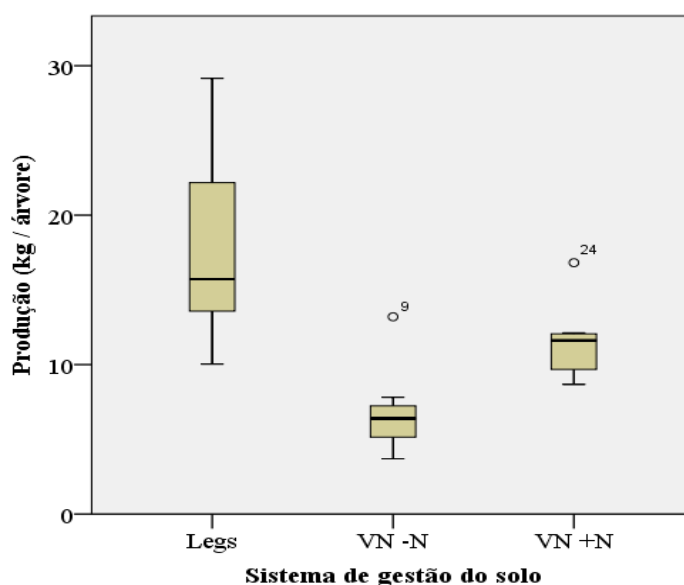


Figura 6. Produção média de azeitona por tratamento na colheita de 2013 quatro anos após o início do estudo.

A produção média de azeitona foi de 17,8 6,8 e 11,5 kg por árvore respetivamente nos talhões de leguminosas, vegetação sem azoto e vegetação com azoto. A comparação múltipla das médias das ordens revela que existiram diferenças estatisticamente significativas na produção de azeitona entre os talhões sob leguminosas semeadas e vegetação natural sem azoto ($p < 0,001$). Por outro lado, existiram diferenças significativas entre vegetação natural com azoto e vegetação natural sem azoto ($p = 0,04$), sendo as diferenças entre leguminosas semeadas e vegetação natural com azoto não significativas ($p = 0,08$).

4.1.2 Massa de polpa e caroço e composição elementar

O teste Kruskal-Wallis indica que ocorreu um efeito significativo do sistema de gestão do solo no peso seco da polpa ($X^2_{KW}(2) = 8,295$; $N = 24$; $p = 0,016$), peso seco do caroço ($X^2_{KW}(2) = 10,816$; $N = 24$; $p = 0,004$), teor de humidade no caroço ($X^2_{KW}(2) = 7,601$; $N = 24$; $p = 0,022$) e relação polpa caroço ($X^2_{KW}(2) = 11,511$; $N = 24$; $p = 0,003$). Não foi encontrado um efeito significativo no peso médio de 100 azeitonas ($X^2_{KW}(2) = 5,045$; $N = 24$; $p = 0,08$) e no teor de humidade na polpa ($X^2_{KW}(2) = 2,940$; $N = 24$; $p = 0,230$).

As médias da massa seca da polpa apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre o talhão de leguminosas semeadas comparativamente com o talhão de vegetação natural com azoto ($p = 0,04$) e com o talhão de vegetação natural sem azoto ($p = 0,03$), sendo as diferenças entre vegetação natural com azoto e vegetação natural sem azoto não significativas ($p = 1,00$) (Figura 7).

Quanto à massa seca do caroço, ocorreram diferenças significativas entre o talhão com vegetação natural sem azoto comparativamente com o talhão com vegetação natural com azoto ($p = 0,04$) e com leguminosas semeadas ($p = 0,005$), sendo as diferenças entre os talhões de leguminosas semeadas e vegetação natural com azoto não significativas ($p = 1,00$) (Figura 7).

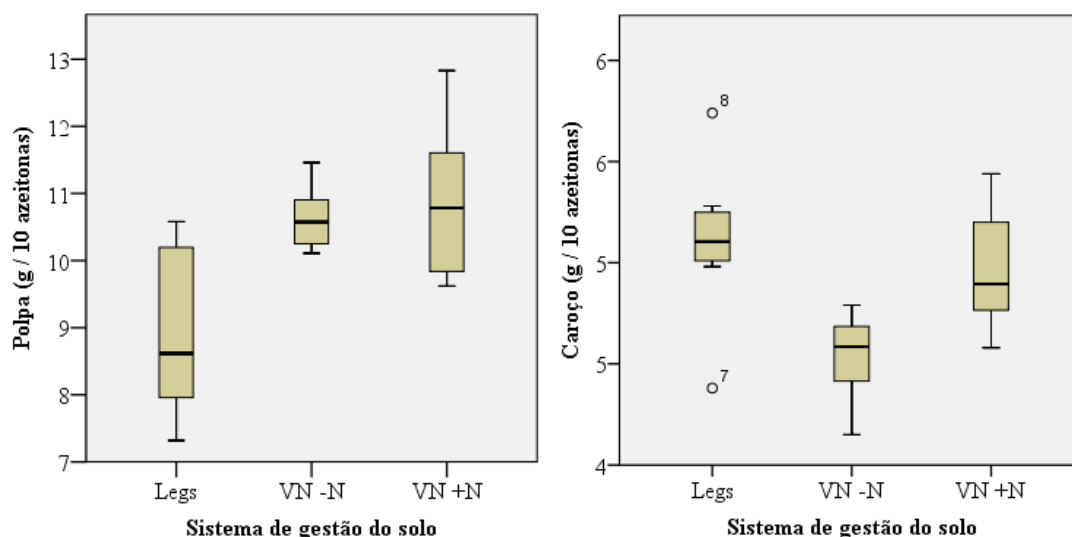


Figura 7. Massa seca da polpa (esquerda) e caroço (direita) de 10 azeitonas.

O teor de humidade no caroço proveniente do talhão sob leguminosas semeadas diferiu significativamente do talhão vegetação natural com azoto ($p = 0,03$) mas não diferiu do talhão vegetação natural sem azoto ($p = 0,09$). Entre os talhões vegetação natural com azoto e vegetação natural sem azoto não ocorreram diferenças significativas ($p = 1,00$) (Figura 8).

A comparação múltipla de médias revelou que ocorreram diferenças significativas na relação polpa/caroço entre os frutos provenientes do talhão de leguminosas semeadas comparativamente com os talhões de vegetação natural com azoto ($p = 0,03$) e vegetação natural sem azoto ($p = 0,002$), sendo a diferença entre vegetação natural com azoto e vegetação natural sem azoto não significativa ($p = 0,243$) (Figura 8).

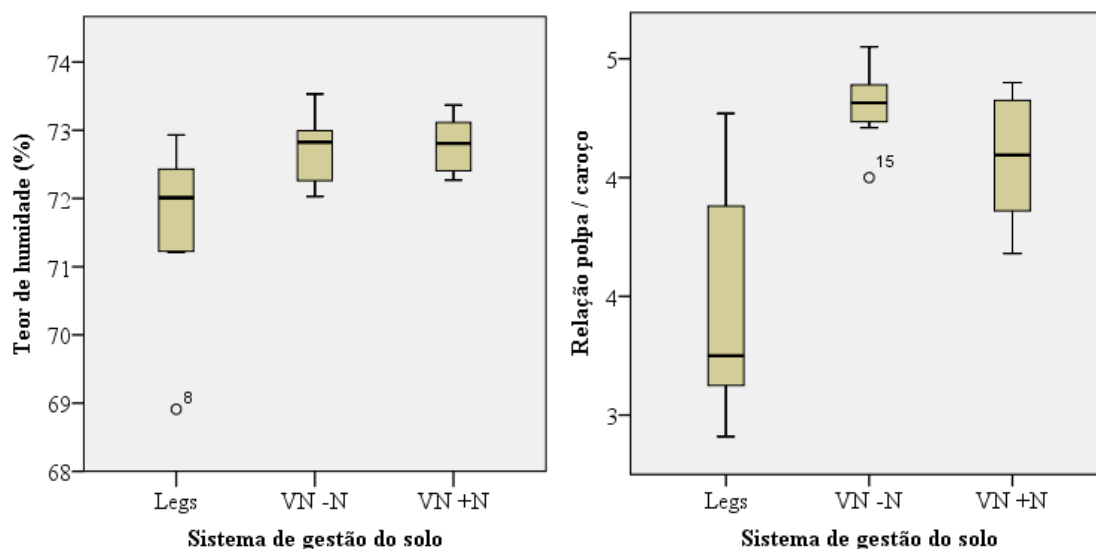


Figura 8. Distribuição percentual do teor de humidade no caroço (esquerda) e relação polpa caroço (direita).

A polpa apresentou concentrações mais elevadas da maior parte dos nutrientes que o caroço. No quadro 3 encontram se resumidas as concentrações médias dos nutrientes obtidos na análise laboratorial.

Quadro 3. Concentração de nutrientes na polpa e no caroço com base em amostra aleatória de 10 azeitonas.

	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn	Mn
	----- g kg ⁻¹ -----					----- mg kg ⁻¹ -----				
Polpa	4,5	0,7	12,2	0,9	0,5	10,1	9,9	38,8	20,7	5,0
Caroço	3,3	0,4	2,2	0,8	0,3	11,5	2,1	40,8	11,4	11,0

Relativamente aos resultados da polpa, o teste Kuskal-Wallis indica que ocorreu um efeito significativo do sistema de gestão do solo na concentração de azoto ($X^2_{KW}(2) = 9,984$; $N = 24$; $p = 0,007$), fósforo ($X^2_{KW}(2) = 10,165$; $N = 24$; $p = 0,006$), cálcio ($X^2_{KW}(2) = 11,625$; $N = 24$; $p = 0,003$), boro ($X^2_{KW}(2) = 16,690$; $N = 24$; $p < 0,001$) e manganês ($X^2_{KW}(2) = 6,089$; $N = 24$; $p = 0,048$). Sendo que não há efeito significativo nas concentrações de potássio ($X^2_{KW}(2) = 4,955$; $N = 24$; $p = 0,084$), magnésio ($X^2_{KW}(2) = 2,375$; $N = 24$; $p = 0,305$), cobre ($X^2_{KW}(2) = 2,348$; $N = 24$; $p =$

0,309), ferro ($X^2_{KW}(2) = 0,045$; $N = 24$; $p = 0,978$) e zinco ($X^2_{KW}(2) = 1,206$; $N = 24$; $p = 0,547$).

A comparação múltipla das médias das ordens revela que a concentração de azoto na polpa proveniente do talhão de leguminosas diferiu significativamente dos talhões de vegetação natural com azoto ($p = 0,02$) e sem azoto ($p = 0,024$), sendo que não houve diferenças significativas entre vegetação natural com azoto e vegetação natural sem azoto ($p = 1,00$). A concentração de fósforo na polpa proveniente do talhão de leguminosas diferiu significativamente da vegetação natural sem azoto ($p = 0,001$) sendo que não houve diferenças significativas com vegetação natural com azoto e entre vegetação natural com azoto e sem azoto. A concentração de cálcio na polpa proveniente do talhão de leguminosas diferiu significativamente da vegetação natural com azoto ($p = 0,001$) e não diferiu da vegetação natural sem azoto ($p = 0,50$) sendo que entre vegetação natural com azoto e sem azoto não houve também diferenças significativas ($p = 0,258$). A concentração de boro na polpa proveniente do talhão de leguminosas difere significativamente da vegetação natural com azoto ($p < 0,001$) e sem azoto ($p = 0,05$) sendo que, não houve diferenças significativas entre vegetação natural com azoto e sem azoto ($p = 0,258$).

Relativamente aos resultados do caroço, o teste Kruskal-Wallis indica que ocorreu um efeito significativo do sistema de gestão do solo na concentração do azoto ($X^2_{KW}(2) = 7,735$; $N = 24$; $p = 0,021$), fósforo ($X^2_{KW}(2) = 7,231$; $N = 24$; $p = 0,027$) e zinco ($X^2_{KW}(2) = 14,955$; $N = 24$; $p = 0,001$) sendo que não houve efeito significativo na concentração de potássio ($X^2_{KW}(2) = 1,605$; $N = 24$; $p = 0,448$), cálcio ($X^2_{KW}(2) = 3,514$; $N = 24$; $p = 0,173$), magnésio ($X^2_{KW}(2) = 5,759$; $N = 24$; $p = 0,056$), boro ($X^2_{KW}(2) = 5,70$; $N = 24$; $p = 0,078$), cobre ($X^2_{KW}(2) = 5,271$; $N = 24$; $p = 0,072$), manganês ($X^2_{KW}(2) = 2,160$; $N = 24$; $p = 0,340$) e ferro ($X^2_{KW}(2) = 2,088$; $N = 24$; $p = 0,35$).

A comparação múltipla das médias das ordens revelou que a concentração de azoto no caroço proveniente do talhão de leguminosas diferiu significativamente da vegetação natural sem azoto ($p = 0,007$) e não diferiu da vegetação natural com azoto ($p = 0,426$) e não houve diferenças significativas entre vegetação natural com azoto e sem azoto ($p = 0,056$). A concentração de fósforo proveniente no talhão de leguminosas diferiu significativamente da vegetação natural com azoto ($p = 0,008$) e não diferiu da vegetação natural sem azoto ($p = 0,089$). A concentração de zinco proveniente do talhão

de leguminosas diferiu significativamente da vegetação natural com azoto ($p = 0,015$) e sem azoto ($p < 0,001$) sendo que não houve diferenças significativas entre vegetação natural com azoto e sem azoto ($p = 0,168$).

4.1.3 Concentração de azoto nas folhas

O teste Kruskal-Wallis indica que ocorreu um efeito significativo do sistema de gestão do solo na concentração de azoto nas folhas das oliveiras durante as épocas de amostragem de janeiro e julho de 2013 ($X^2_{KW}(2) = 7,577$; $N = 12$; $p = 0,011$) e ($X^2_{KW}(2) = 9,615$; $N = 12$; $p < 0,001$) respetivamente, e janeiro de 2014 ($X^2_{KW}(2) = 8,375$; $N = 12$; $p = 0,002$). As figuras 9, 10 e 11 mostram a concentração de azoto nas folhas, respetivamente nas três datas de amostragem referidas.

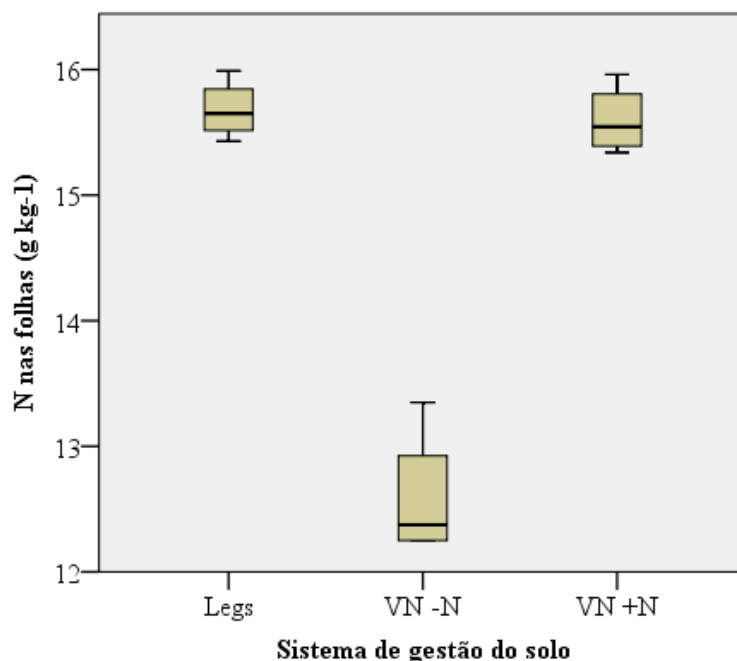


Figura 9. Concentração de azoto nas folhas expressa na matéria seca na amostragem de janeiro de 2013.

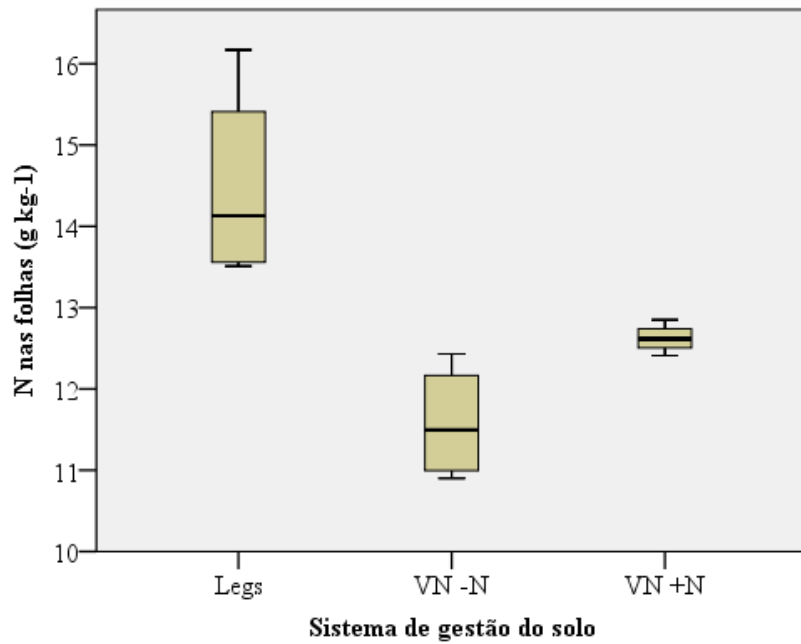


Figura 10. Concentração de azoto nas folhas expressa na matéria seca na amostragem de julho de 2013.

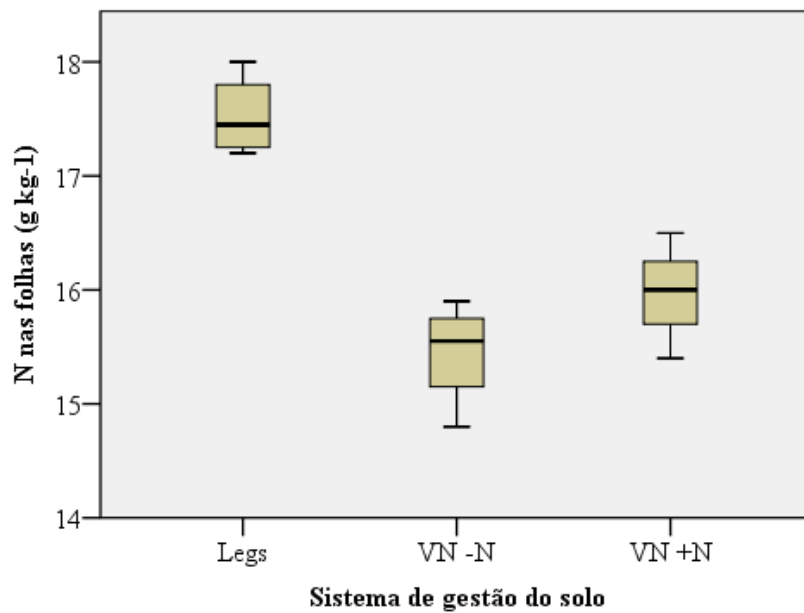


Figura 11. Concentração de azoto nas folhas expressa em matéria seca na amostragem de janeiro de 2014.

Em quase todas as datas de amostragem, a concentração de azoto nas folhas foi superior no talhão de leguminosas semeadas, sendo aproximadamente igual à do talhão de vegetação natural com fertilização azotada apenas na amostragem de janeiro de

2013. As figuras 12 e 13 ilustram a concentração média dos nutrientes nas folhas dos olivais.

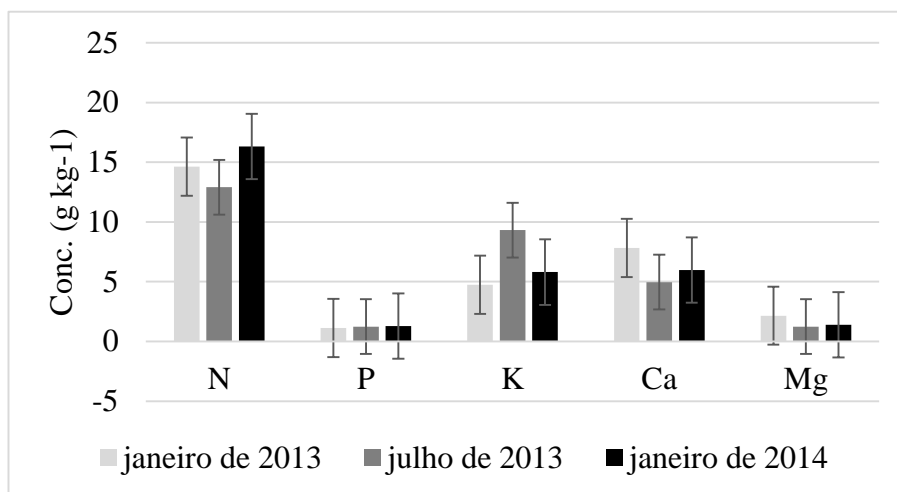


Figura 12. Concentração média dos macronutrientes nas folhas das oliveiras durante as três épocas de amostragem. As linhas verticais representam o intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$).

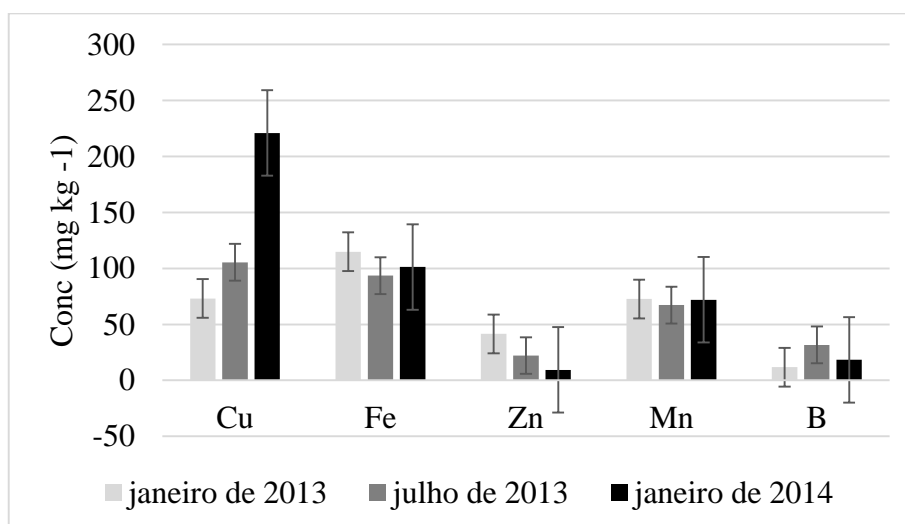


Figura 13. Concentração média dos micronutrientes nas folhas das oliveiras nas três épocas de amostragem. As linhas verticais representam o intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$).

Em janeiro de 2013 a concentração de fósforo foi maior no talhão de vegetação natural com azoto e estatisticamente diferente dos talhões de leguminosas semeadas e vegetação natural sem azoto.

A concentração de cálcio nas folhas em julho de 2013 e janeiro de 2014 foi maior no talhão de leguminosas semeadas e estatisticamente diferente dos talhões de vegetação com azoto e vegetação sem azoto.

A concentração de magnésio nas folhas em julho de 2013 foi maior no talhão de leguminosas semeadas e não diferiu estatisticamente do talhão da vegetação com azoto sendo que ambas diferiram do talhão de vegetação sem azoto.

A concentração de cobre, apesar das diferenças estatisticamente significativas observadas nas três épocas seguidas de amostragem, não mostrou uma tendência clara acerca do tratamento que provavelmente a influenciou. Visto que na primeira época foi maior no talhão da vegetação natural sem azoto, na segunda no talhão de vegetação natural com azoto e na última no talhão de leguminosas semeadas. O mesmo aconteceu com o zinco que foi maior no talhão de vegetação com azoto e em seguida no talhão de leguminosas semeadas.

A concentração de manganês foi sempre maior no talhão de leguminosas semeadas e estatisticamente diferente comparativamente ao talhão de vegetação natural com azoto e sem azoto.

4.1.4 Fertilidade do solo

4.1.4.1 Textura e análises químicas laboratoriais

Apesar dos sistemas de gestão do solo, por princípio, não interferirem com a composição granulométrica, procedeu-se à análise mecânica nos solos dos três tratamentos colhidos em duas profundidades (0-10 cm e 10-20 cm). A classificação da textura foi feita com base no diagrama triangular de Atterberg descrito em Varennes (2003). O quadro 4 mostra os resultados que permitiram atribuir uma dada classificação textural ao solo do olival.

Quadro 4. Resultados da análise granulométrica e classificação da textura do solo.

	Prof. (cm)	Areia (%)	Limo (%)	Argila (%)	Textura
Legs	0 a 10	45,57	36,59	17,84	Franco-Limoso
	10 a 20	52,32	33,18	14,50	
VN -N	0 a 10	46,16	35,62	18,22	
	10 a 20	53,60	32,74	13,66	
VN +N	0 a 10	49,61	31,27	19,12	
	10 a 20	54,96	28,54	16,49	

A classificação textural identifica um solo de textura franco-limoso. A camada superficial possui menor percentagem de areia e maior percentagem de limo e argila comparativamente com a camada inferior. Diversos outros parâmetros de natureza química foram determinados nas amostras de solos e apresentados nos quadros 5 e 6.

Quadro 5. pH, matéria orgânica (MO) e teor de diversos elementos nutrientes no solo.

	Prof. (cm)	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	MO (%)	----- mg kg ⁻¹ -----						
					P ₂ O ₅	K ₂ O	Cu	Fe	Zn	Mn	B
Legs	0 a 10	5,1	4,3	2,4	74,8	120,7	6,8	43,7	1,0	76,7	2,0
	10 a 20	4,6	4,0	0,7	42,0	38,7	2,6	37,7	0,3	60,7	1,7
VN -N	0 a 10	5,1	4,3	1,3	69,5	68,7	5,7	23,7	0,4	29,9	2,0
	10 a 20	4,6	4,2	0,7	31,5	36,2	3,0	25,0	0,3	21,8	1,9
VN +N	0 a 10	5,5	4,5	2,3	92,8	117,9	7,0	32,5	0,7	56,7	2,3
	10 a 20	4,7	4,0	0,9	33,8	37,2	2,9	35,0	0,4	42,3	2,1

Quadro 6. Parâmetros associados ao complexo de troca.

	Prof (cm)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	AT	CTC	Al ³⁺
		----- cmol c kg ⁻¹ -----						
Legs	0 a 10	3,4	0,8	0,5	0,3	0,8	5,8	0,5
	10 a 20	2,2	0,4	0,2	0,3	1,5	4,6	1,0
VN -N	0 a 10	2,9	0,8	0,3	0,2	0,8	5,1	0,5
	10 a 20	2,5	0,4	0,2	0,3	2,2	5,6	1,3
VN +N	0 a 10	3,4	1,0	0,5	0,3	0,5	5,7	0,2
	10 a 20	2,3	0,5	0,2	0,3	1,7	5,0	1,1

A MANOVA indica que existe uma interação significativa entre os fatores sistema de gestão e profundidade do solo sobre o compósito multivariado azoto e MO (Traço de Pillai = 1,750; F = 21,020; $p < 0,001$; $n^2_p = 0,857$; Potência (π) = 1,00). O sistema de gestão do solo tem um efeito de grande dimensão e significativo (Traço de Pillai = 1,793; F = 25,987; $p < 0,001$; $n^2_p = 0,857$; Potência (π) = 1,00) sobre as variáveis estudadas. A profundidade do solo também exerce um efeito de grande dimensão e altamente significativo (Traço de Pillai = 0,994; F = 460,863; $p < 0,001$; $n^2_p = 0,994$; Potência (π) = 1,00) nas variáveis.

A ANOVA individual indica que há uma interação significativa dos fatores na concentração de azoto ($p < 0,001$), no teor de matéria orgânica determinados por Walkley-Black ($p < 0,001$), e determinados por incineração ($p < 0,001$) (O quadro 7).

Quadro 7. Azoto Kjeldhal e MO determinados pelos métodos de Walkley-Black e incineração.

	N (mg kg ⁻¹)	MO (g kg ⁻¹)	
		Incineração	Walkley-Black
Legs	186a†	36c	15a
VN +N	142b	48a	16a
VN -N	132b	40b	10b

† Médias seguidas da mesma letra na coluna não são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

A comparação múltipla das médias revela que a concentração de azoto no solo proveniente do talhão de leguminosas foi maior e diferente significativamente do proveniente dos talhões de vegetação natural com azoto ($p = 0,02$) e sem azoto ($p < 0,001$) sendo que não houve diferenças significativas ($p = 0,638$) entre os solos recolhidos nos talhões de vegetação com azoto e sem azoto.

O teor de matéria orgânica por incineração foi maior nos talhões de leguminosas e vegetação natural com azoto e as diferenças em relação ao talhão de vegetação natural sem azoto são significativas ($p < 0,001$), sendo que não houve diferenças entre os talhões de leguminosas e vegetação natural com azoto ($p = 0,195$). Relativamente às determinações pelo método Walkley-Black, o teor de MO foi maior no talhão de vegetação natural com azoto e este difere significativamente do talhão de leguminosas e vegetação natural sem azoto ambos com valor ($p < 0,001$). As diferenças entre os talhões leguminosas e vegetação sem azoto são também significativas ($p = 0,006$).

Analisando as diferenças ao longo da profundidade, segundo o teste t-student houve diferenças significativas entre as duas profundidades tanto para a variável concentração de azoto ($t(13,329) = 3,523; p = 0,004$) como para o teor de matéria orgânica ($t(11,767) = 8,637; p < 0,002$) (figura 14).

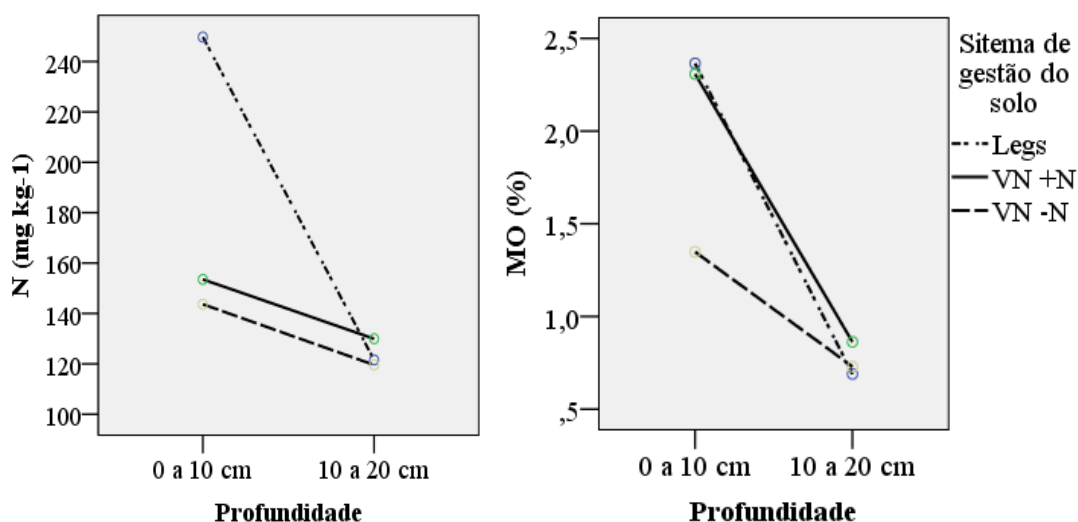


Figura 14. Variação da concentração de azoto (esquerda) e da matéria orgânica (direita) em função da profundidade do solo.

Quadro 8. Diferenças da concentração de azoto e teor de matéria orgânica determinada por incineração em função da profundidade do solo.

Profundidade	Contrastes	N (mg kg ⁻¹)	MO (%)
0 a 10 cm	Legs vs VN +N	96,2 *	0,06
	Legs vs VN -N	106,1 *	1,02 *
	VN +N vs VN -N	9,9	0,96 *
10 a 20 cm	Legs vs VN +N	-8,4	-0,17 *
	Legs vs VN -N	2,0	-0,04
	VN +N vs VN -N	10,4	0,13 *

*Diferenças significativas a ($p < 0,05$)

De acordo com a correlação bivariada efetuada para estas variáveis, existe uma associação forte e altamente significativa entre a concentração de azoto no solo e o teor de MO determinada por incineração e pelo método Walkley-Black ambos com coeficiente (Correlação de Pearson = 0,718; $p < 0,001$). Por outro lado existe uma associação forte e altamente significativa entre o teor de matéria orgânica determinada pelos dois métodos (Correlação de Pearson = 0,740; $p < 0,001$).

Analisada a significância dos fatores nas características químicas do solo nomeadamente pH, fósforo, potássio, magnésio e potássio de troca, A MANOVA indica que existe uma interação significativa entre os dois fatores (Traço de Pillai = 1,958; $F = 57,649$; $p < 0,001$; $n^2_p = 0,979$; Potência (π) = 1,00). Os fatores sistema de gestão e profundidade de recolha do solo exercem um efeito de grande dimensão e altamente significativo com potência do teste de 100% sobre o compósito multivariado das características químicas do solo (Traço de Pillai = 1,971; $F = 82,515$; $p < 0,001$; $n^2_p = 0,985$; Potência (π) = 1,00) e (Traço de Pillai = 0,999; $F = 1212,292$; $p < 0,001$; $n^2_p = 0,999$; Potência (π) = 1,00) respetivamente.

Procedendo às ANOVA individuais, os fatores exerceram interação significativa em todas as variáveis ($p < 0,001$) com exceção do sódio trocável ($p = 0,695$). O sistema de gestão do solo exerceu um efeito significativo em todas as variáveis ($p < 0,001$) com exceção do cálcio de troca ($p = 0,361$) e sódio de troca ($p = 0,793$). No quadro 9 encontra-se resumida a comparação múltipla de médias.

Quadro 9. Comparação múltipla de médias de algumas variáveis das características químicas do solo.

	pH (H ₂ O)	pH (KCl)	P ₂ O ₅ ----- mg kg ⁻¹ -----	K ₂ O -----	Mg ²⁺ ---- cmol c kg ⁻¹ ----	K ⁺ ----
Legs	4,9b†	4,1b	58,4a	79,8a	0,58b	0,35a
VN -N	4,8b	4,2a	50,5b	52,5b	0,63b	0,24b
VN +N	5,1a	4,2a	63,3a	77,5a	0,76a	0,32a

† Médias seguidas da mesma letra na coluna não são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

A comparação múltipla de médias revelou que a acidez real pH (H₂O) no talhão de leguminosas e da vegetação sem azoto não diferem significativamente entre eles ($p = 0,193$) mas ambas diferiram da vegetação natural com azoto ($p < 0,001$). Quanto à acidez potencial pH (KCl), o talhão de leguminosas semeadas diferiu significativamente ($p < 0,001$) da vegetação natural com azoto e sem azoto sendo que não houve diferenças significativas entre os talhões de vegetação com azoto e sem azoto ($p = 0,074$).

Os macronutrientes fósforo e potássio apresentaram valores elevados no talhão de leguminosas semeadas. A concentração de fósforo neste talhão diferiu significativamente da vegetação natural sem azoto ($p < 0,001$) e da vegetação natural com azoto ($p = 0,019$). A concentração de potássio no talhão de vegetação natural sem azoto foi menor e diferiu estatisticamente do talhão de leguminosas semeadas ($p < 0,001$) e vegetação natural com azoto ($p < 0,001$) sendo que não houve diferenças significativas entre leguminosas semeadas e vegetação natural com azoto ($p = 0,734$).

Quanto às bases de troca, a concentração do magnésio de troca no talhão vegetação natural com azoto diferiu significativamente ($p < 0,001$) do talhão com leguminosas semeadas e vegetação natural sem azoto, sendo que não houve diferenças significativas ($p = 0,119$) entre o talhão de leguminosas e vegetação natural sem azoto. O potássio de troca no talhão de vegetação natural sem azoto diferiu significativamente dos talhões de leguminosas semeadas ($p < 0,001$) e vegetação natural com azoto ($p = 0,005$) sendo que não houve diferenças entre leguminosas semeadas e vegetação natural com azoto ($p = 0,031$).

4.1.4.2 Membranas de troca aniónica

As figuras 15 e 16 ilustram as variações na concentração de nitratos em extratos de membranas inseridas em vasos em função dos tratamentos e da profundidade do solo nas duas datas de amostragem, em novembro de 2013 e março de 2014.

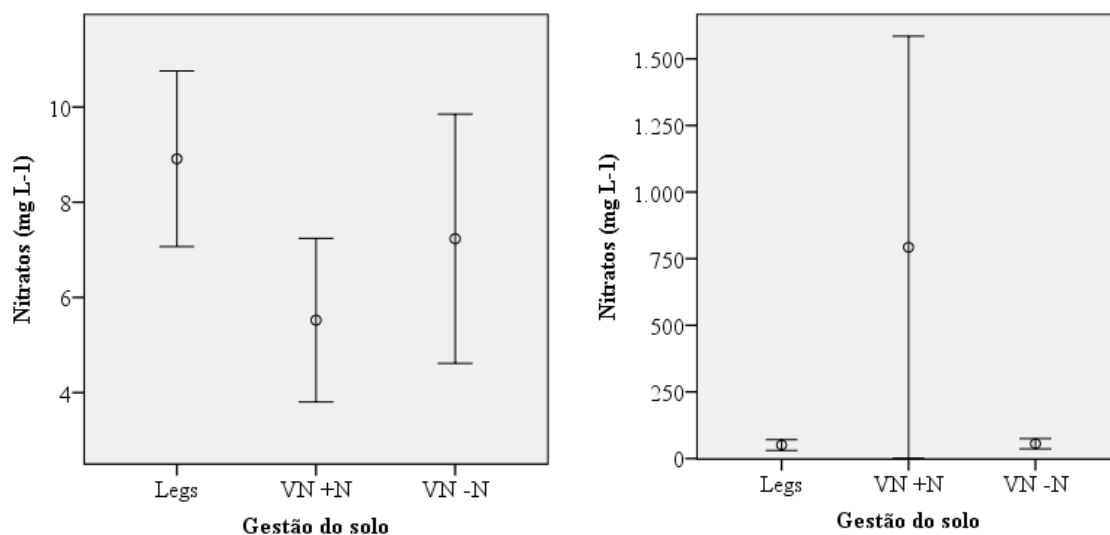


Figura 15. Concentração média de nitratos em função dos sistemas de gestão do solo, em extratos obtidos com membranas de troca aniónica inseridos em amostras de solo incubada em vasos na primeira data de amostragem em novembro de 2013 (esquerda) e na segunda data de amostragem em março de 2014 (direita).

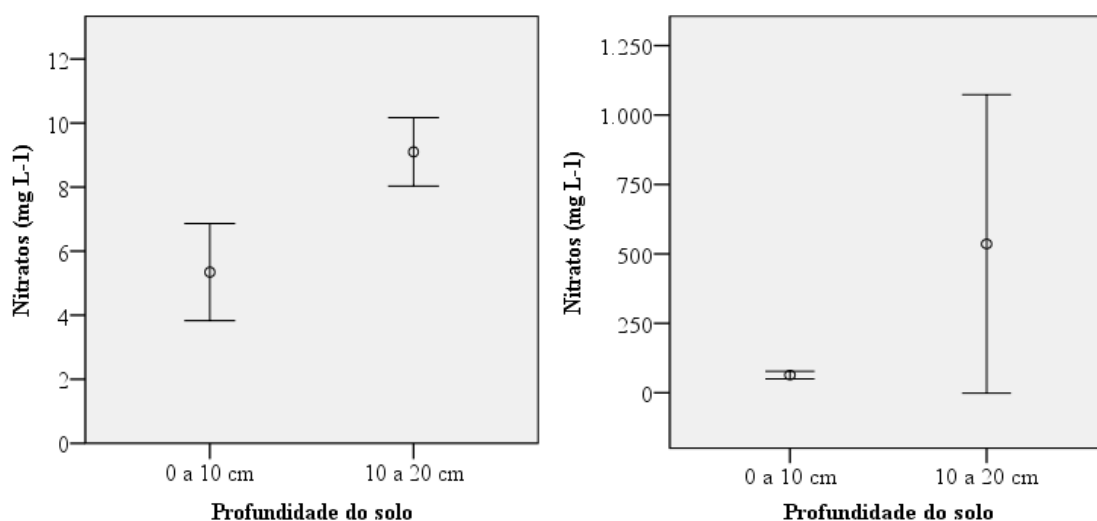


Figura 16. Concentração média de nitratos em função da profundidade, em extratos obtidos com membranas de troca aniónica inseridos em amostras de solo incubada em vasos na primeira data de amostragem em novembro de 2013 (esquerda) e na segunda data de amostragem em março de 2014 (direita).

Segundo a MANOVA não paramétrica, existem diferenças estatisticamente significativas entre as distribuições do sistema de gestão do solo que se refletiu na concentração de nitratos em novembro de 2013 ($X^2_{KW}(2) = 8,00$; $N = 12$; $p = 0,005$) e em março de 2014 ($X^2_{KW}(2) = 7,423$; $N = 12$; $p = 0,013$). Não houve diferenças significativas entre os sistemas de gestão do solo na concentração de fosfatos tanto em novembro de 2013 ($X^2_{KW}(2) = 4,269$; $N = 12$; $p = 0,122$), como em março de 2014 ($X^2_{KW}(2) = 3,038$; $N = 12$; $p = 0,234$). A figura 15 mostra a distribuição média da concentração de nitratos em extratos obtidos com membranas de troca aniônica (MTA) inseridas em amostras de solo incubadas em vasos, nas datas de amostragem respectivas.

A comparação múltipla das médias das ordens revelou que a concentração de nitratos nos extratos em novembro de 2013 no talhão de leguminosas semeadas diferiu significativamente do recolhido nos talhões de vegetação natural com azoto ($p = 0,001$) e vegetação natural sem azoto ($p = 0,008$), sendo que não houve diferenças significativas entre os solos recolhidos nos talhões de vegetação natural com azoto e sem azoto ($p = 0,207$).

Em março de 2014, o solo recolhido do talhão vegetação natural com azoto diferiu significativamente do que foi recolhido no talhão de leguminosas semeadas ($p = 0,004$) e do talhão de vegetação natural sem azoto ($p = 0,006$) sendo que não houve diferenças significativas entre o solo recolhido do talhão de leguminosas semeadas e vegetação natural sem azoto ($p = 0,763$).

O teste *t-student* revela que houve diferenças significativas na concentração de nitratos em função da profundidade na amostragem de novembro de 2013 ($F = 1,920$; $t(22) = -4460$; $p < 0,001$) e não houve diferença significativa na amostragem de março de 2014 ($F = 29,836$; $t(22) = -1,933$; $p = 0,066$). Por outro lado o aumento da concentração de nitratos observado da primeira à segunda amostragem foi considerado significativo com base no teste *Wilcoxon* para amostras emparelhadas ($p < 0,001$).

4.1.4.3 Azoto potencialmente mineralizável

MANOVA revelou que os fatores sistema de gestão do solo e profundidade do solo tiveram um efeito de grande dimensão e altamente significativo sobre o composto multivariado (Traço de Pillai = 1,021; $F(5,912)$; $p < 0,001$; $n^2_p = 0,511$; Potência (π) =

0,993) e (Traço de Pillai = 0,834; F (26,703); $p < 0,001$; $n_p^2 = 0,834$; Potência (π) = 1,00) respetivamente.

Observada a ANOVA individual dos fatores sistema de gestão do solo e profundidade sobre as variáveis, há uma interação significativa ($p < 0,001$) dos fatores, simultaneamente nas variáveis NH_4^+ determinado a frio e a quente, e no teor de nitratos (figura 16). Todas as três variáveis responderam significativamente ao sistema de gestão dos solo, NO_3^- ($p < 0,001$); NH_4^+ a frio ($p = 0,02$) e NH_4^+ a quente ($p = 0,07$). Em relação ao fator profundidade do solo existe um efeito significativo no NH_4^+ a quente e a frio ($p < 0,001$) sendo que a variável teor de NO_3^- não respondeu significativamente ($p = 0,058$). O quadro 10 mostra as comparações múltiplas de médias efetuadas nas variáveis.

Quadro 10. Concentração de azoto nítrico e amoniacal obtida em extratos de KCL em função do sistema de gestão do solo.

	NH_4^+ KCl quente	NH_4^+ KCl frio	NO_3^- KCl frio
	----- mg kg ⁻¹ -----		
Legs	29,8a†	18,5a	36,8a
VN +N	25,1b	13,0b	26,2b
VN -N	24,4b	12,8b	22,4c

† Médias seguidas da mesma letra na coluna não são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey HSD ($\alpha=0,05$).

A concentração de nitratos e amónio foi maior no talhão de leguminosas semeadas comparativamente aos restantes talhões. A comparação múltipla das médias indica que a concentração média do amónio extraído a quente no talhão de leguminosas foi significativamente diferente do talhão de vegetação com azoto ($p = 0,024$) e vegetação sem azoto ($p = 0,009$) sendo que não houve diferenças significativas entre os talhões de vegetação com azoto e sem azoto ($p = 0,892$). O amónio extraído a frio também foi significativamente diferente no talhão das leguminosas comparativamente aos talhões de vegetação com azoto ($p = 0,04$) e vegetação sem azoto ($p = 0,03$) não

havendo diferenças significativas entre os talhões de vegetação com azoto e sem azoto ($p = 0,989$). Quanto à concentração de nitratos, as diferenças foram significativas em todos talhões sendo as probabilidades ($p < 0,001$) entre leguminosa e a vegetação natural com azoto e sem azoto, e entre vegetação com azoto e sem azoto ($p = 0,019$).

Foi feita análise da interação através de contrastes planejados, com objetivo de avaliar a significância das variações das concentrações de NH_4^+ e NO_3^- em função dos sistemas de gestão do solo e da profundidade de recolha do solo (figuras 17).

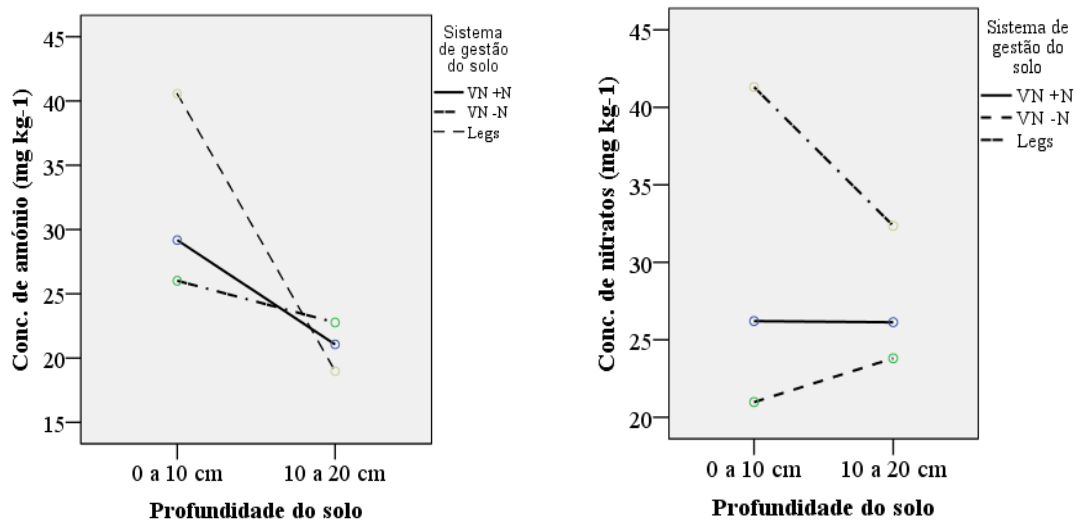


Figura 17. Concentração azoto amoniacal (esquerda) e azoto nítrico (direita) extraídos com KCl a quente em função da profundidade do solo.

Quadro 11. Diferenças das concentrações de azoto amoniacal e nítrico, extraídos com KCl em função da profundidade do solo.

Profundidade	Comparação	NH ₄ ⁺ (quente)	NO ₃ ⁻ (frio)
0 a 10 cm	VN +N vs VN -N	3,2	5,2 *
	VN +N vs Legs	-11,4 *	-15,1 *
	VN -N vs Legs	-14,6 *	-20,3 *
10 a 20 cm	VN +N vs VN -N	-1,7	2,3
	VN +N vs Legs	2,1	-6,2 *
	VN -N vs Legs	3,8	-8,6 *

*Diferenças significativas a (p <0.05).

4.1.4.4 Produção de biomassa de centeio e nabiça cultivados em vasos

Os ensaios biológicos envolveram o cultivo de centeio e nabiça em vasos a partir de solos colhidos nos três sistemas de gestão do solo. Nestes ensaios foi avaliada a produção de matéria seca, concentração de azoto nos tecidos e azoto exportado na biomassa aérea.

Os fatores sob estudo tiveram um efeito estatisticamente significativo sobre o compósito produção de matéria seca por vaso e quantidade de azoto exportado na biomassa aérea da cultura de centeio. A MANOVA revelou que o sistema de gestão do solo teve um efeito de grande dimensão, altamente significativo e com potência do teste 100% sobre o compósito multivariado (Traço de Pillai = 1,420; F = 23,694; p <0,001; n²_p = 0,770; Potência (π) = 1,00). Relativamente ao fator profundidade do solo, o efeito observado foi de grande dimensão, altamente significativo e com potência do teste 100% (Traço de Pillai = 0,949; F = 172,702; p <0,001; n²_p = 0,949; Potência (π) = 1,00). A interação entre os fatores teve um efeito de grande dimensão e altamente significativo sobre o compósito multivariado (Traço de Pillai = 1,345; F = 18,835; p <0,001; n²_p = 0,672; Potência (π) = 1,00).

Observada a significância multivariada dos fatores procedeu-se à ANOVA univariada para cada uma das variáveis dependentes tendo em conta o comportamento do fator tratamento ao longo da profundidade do solo, seguido do teste *post-hoc* HSD Tukey.

Os resultados indicam que existiu uma interação significativa ($p < 0,001$) entre os fatores proveniência do solo e profundidade onde o mesmo foi recolhido (figura 18). Existe um efeito significativo da proveniência do solo na produção de matéria seca ($p < 0,001$) e na quantidade de azoto exportado ($p < 0,001$) pelo centeio.

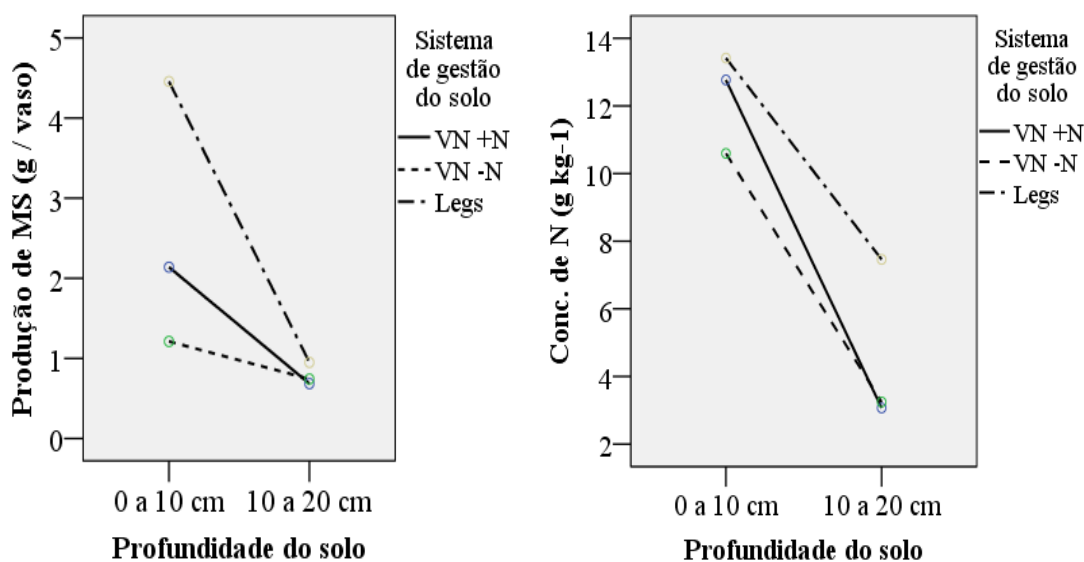


Figura 18. Produção de matéria seca (esquerda) e concentração de azoto na matéria seca (direita) do centeio em função da profundidade de recolha do solo.

Segundo o gráfico 15, a produção de matéria seca e concentração de azoto na matéria seca foi maior na camada 0 a 10 cm comparativamente à camada 10 a 20 cm. No quadro 12 resume-se as produções médias obtidas em função da proveniência do solo.

Quadro 12. Produção de matéria seca e concentração de azoto no centeio em função do sistema de gestão do solo.

	Produção de matéria seca (g/vase)	Concentração de azoto (mg kg ⁻¹)	Azoto exportado (mg/vase)
Legs	2,7 a†	34,0 a	0,14 a
VN +N	1,4 b	15,5 b	0,03 b
VN -N	1,0 c	7,7 b	0,01 b

† Médias seguidas da mesma letra na coluna não são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey HDS ($\alpha=0,05$).

A comparação múltipla das médias revela que a quantidade de matéria seca produzida e a concentração do azoto foram maiores no solo recolhido do talhão de leguminosas semeadas comparativamente aos restantes talhões. A produção de matéria seca obtida a partir do solo recolhido do talhão de leguminosas semeadas foi significativamente diferente do recolhido da vegetação natural com azoto ($p < 0,001$) e vegetação natural sem azoto ($p < 0,001$). A produção de matéria seca nos vasos com solo recolhido do talhão vegetação natural com azoto e sem azoto foram também significativamente diferentes entre si ($p = 0,002$). A concentração de azoto no solo recolhido do talhão de leguminosas semeadas foi significativamente diferente do recolhido nos talhões vegetação natural com azoto ($p < 0,001$) e vegetação natural sem azoto ($p < 0,001$), sendo que não houve diferença significativa entre vegetação natural com azoto e sem azoto ($p = 0,094$). A maior quantidade de azoto exportado pelo centeio ocorreu no solo proveniente do talhão de leguminosas e esta foi significativamente diferente ($p < 0,001$) dos restantes talhões, não houve diferenças significativas entre o azoto exportado dos solos provenientes dos talhões de vegetação natural com e sem azoto ($p = 0,465$). O quadro 13 resume a análise da produção de matéria seca e concentração do azoto na biomassa aérea em função da profundidade solo feita com base em contrastes planeados.

Quadro 13. Diferenças na produção de MS e concentração de azoto na biomassa do centeio em função da profundidade de recolha do solo.

Profundidade	Comparação	Produção de MS	Concentração de Azoto	Azoto exportado
0 a 10 cm	VN +N vs VN -N	0,9 *	2,0	0,04
	VN +N vs Legs	-2,3 *	-0,7	-0,12*
	VN -N vs Legs	-3,2 *	-2,8	-0,25*
10 a 20 cm	VN +N vs VN -N	-0,6	-0,2	0,001
	VN +N vs Legs	-0,3	-4,4 *	-0,001
	VN -N vs Legs	-0,2	-4,2 *	-0,006

*Diferenças significativas a ($p < 0,05$).

O teste ANOVA indica que não houve interação significativa entre a proveniência e profundidade do solo ($F = 2,031$; $p = 0,149$), mas houve um efeito significativo da proveniência do solo na produção de matéria seca pela nabiça ($F = 33,067$; $p < 0,001$) e houve também um efeito significativo da profundidade do solo na produção de matéria seca ($F = 250,328$; $p < 0,001$). Quanto à concentração de azoto, os resultados indicam que não houve interação significativa entre a proveniência e a profundidade do solo ($F = 0,750$; $p = 0,493$), mas houve um efeito significativo da proveniência do solo no teor de azoto na matéria seca da nabiça ($F = 23,250$; $p < 0,001$) e houve também um efeito significativo da profundidade no teor de azoto na matéria seca ($F = 182,250$; $p < 0,001$).

A comparação múltipla de média das ordens revelou que a produção de matéria seca no solo recolhido do talhão das leguminosas semeadas diferiu significativamente do talhão de vegetação natural sem azoto ($p < 0,001$) e não diferiu do talhão de vegetação natural com azoto ($p = 0,051$). Quanto à concentração de azoto, o solo recolhido do talhão de leguminosas semeadas diferiu significativamente da vegetação natural com ($p = 0,03$) e sem azoto ($p < 0,001$) sendo que entre vegetação natural com azoto e sem azoto não houve diferenças significativas ($p = 0,073$).

4.2 Experiência 2: Comportamento agronómico de onze leguminosas pratenses semeadas em estreme como culturas de cobertura em olival

Na experiência 2 inclui-se a informação relativa as performances agronómicas de onze leguminosas pratenses cultivadas em estreme como coberturas vegetais no olival. Considerou-se o grau de cobertura do solo, a evolução do estado fenológico das plantas ao longo da primavera e a produção de matéria seca e a quantidade de azoto contido na biomassa aérea.

4.2.1 Grau de cobertura do solo

A figura 19 mostra a evolução do grau de cobertura e o domínio relativo das leguminosas pratenses semeadas sobre a vegetação natural desde 5 de fevereiro 24 de abril de 2014.

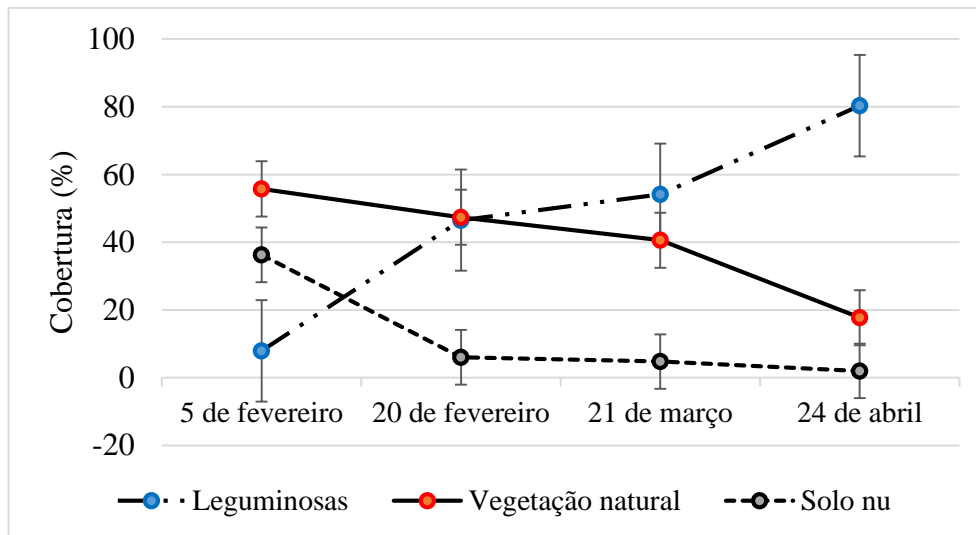


Figura 19. Grau de cobertura do solo de leguminosas semeadas, vegetação natural e solo nu em quatro datas de amostragem, desde 5 de fevereiro a 24 de abril de 2014. As linhas verticais representam o intervalo de confiança da média ($\alpha = 0,05$).

A cobertura do solo em 5 de fevereiro de 2014 encontrava-se dominada pela vegetação espontânea (60%), ocupando as leguminosas semeadas menos de 10% da área total. Em 20 de fevereiro registou-se um equilíbrio entre leguminosas semeadas e vegetação natural, sendo a soma das duas componentes superior a 90% do grau de cobertura do solo. Em 21 de março e 24 de abril as leguminosas semeadas dominavam o coberto, tendo chegado a representar mais de 80% da área total do solo.

A análise ao grau de cobertura por espécie e por data de amostragem encontra-se ilustrada nas figuras 20, 21, 22 e 23. As cultivares Mauro e Charano tiveram uma rápida ocupação do solo com cerca de 20% em 05 de fevereiro de 2014. Frontier, Contea e Denmark foram as leguminosas semeadas que apresentaram maior domínio do coberto. O trevo vermelho (cv. Contea) destacou-se pela sua capacidade em contaminar os talhões vizinhos, sendo mais abundante em alguns deles que a própria leguminosa semeada.

Os talhões de Prolific, Frontier e Mauro apresentaram-se particularmente contaminados com Contea. Os talhões de Nungarin, Seaton Park, Margurita, Erica e Charano também estavam bastante contaminados, sendo os talhões de Denmark e Dalkeith os que se apresentam com menor presente de plantas de Contea. O elevado nível de contaminação não permitiu separar a leguminosa semeada das restantes, tendo-

se optado, nas datas de 21 de março e 24 de abril, por avaliar apenas se o grau de cobertura se devia a uma leguminosa ou a uma espécie espontânea não leguminosa.

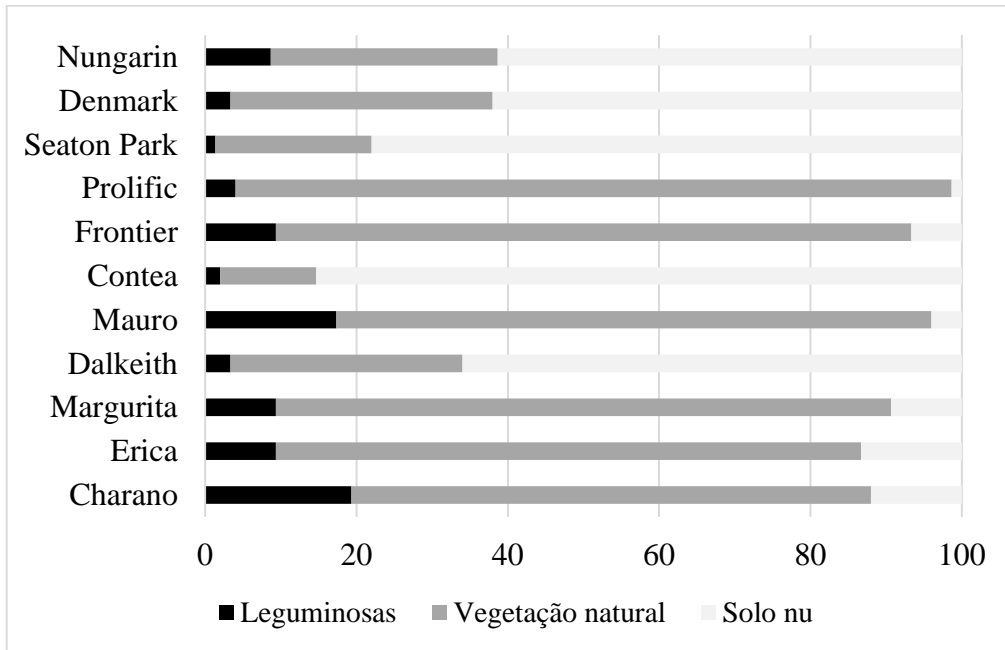


Figura 20. Grau de cobertura (%) em 5 de fevereiro de 2014.

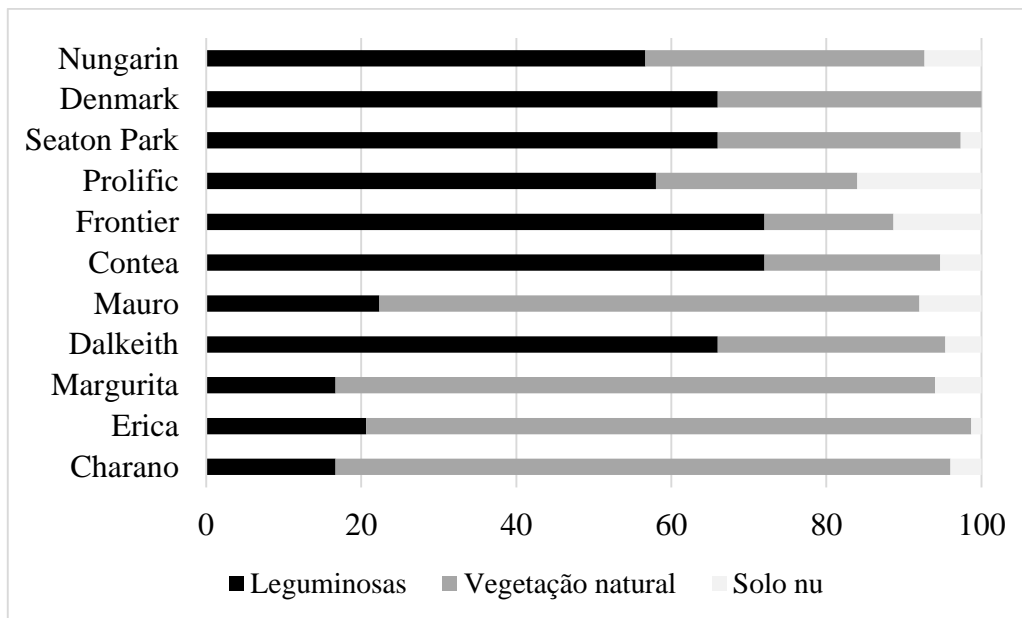


Figura 21. Grau de cobertura (%) em 20 de fevereiro de 2014.

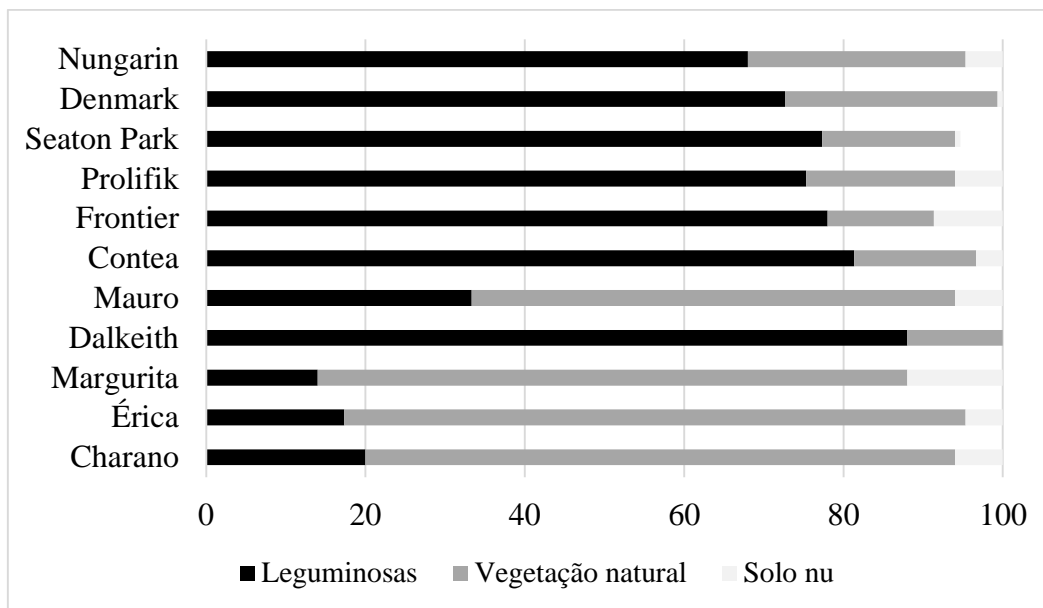


Figura 22. Grau de cobertura (%) em 21 de março de 2014.

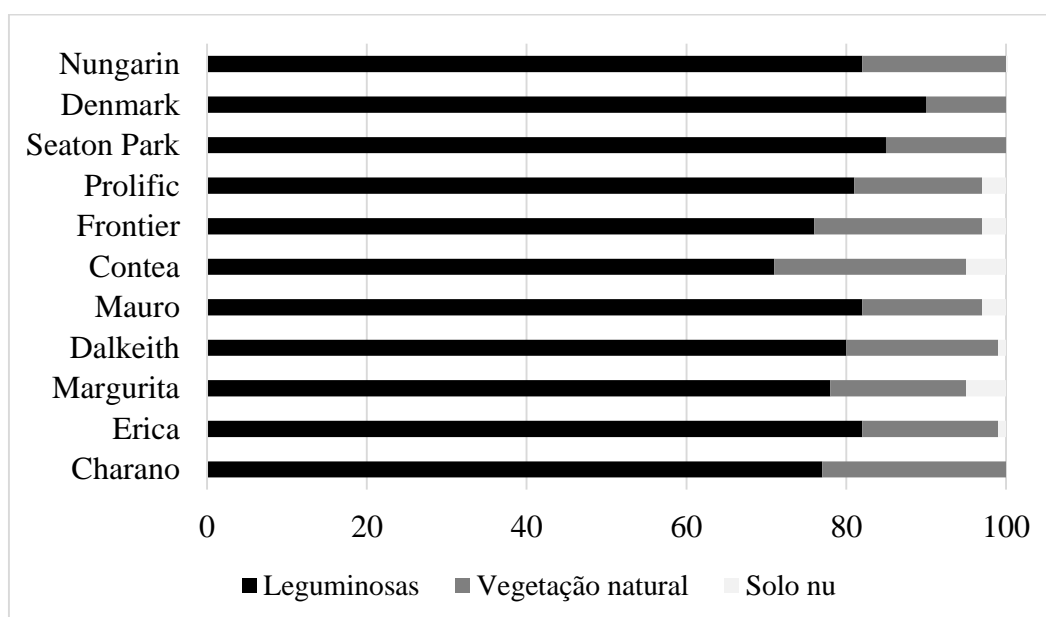


Figura 23. Grau de cobertura (%) em 24 de abril de 2014.

4.2.2 Estados fenológicos

Em 5 e 20 de fevereiro todas as leguminosas semeadas se encontravam numa fase vegetativa. Em 21 de março Mauro, Contea, Frontier, Prolifik e Denmark ainda se mantinham numa fase exclusivamente vegetativa, sendo que Charano já possuía flores abertas no caule principal. Erica e Margurita apresentavam flores abertas no caule

principal e também na ramificação fenologicamente mais avançada. Dalkeith e Seaton Park apresentavam as primeiras flores e Nungarin encontrava-se já no início da formação da semente. Em 24 de abril todas as leguminosas semeadas se encontravam em plena ou com a floração próxima do seu fim. Nungarin apresentava sementes na fase pastosa avançada. Denmark já possuía sementes no início da fase pastosa. Seaton Park encontrava-se em plena floração e Frontier com 2/3 das flores abertas e 1/3 de vagens com semente de consistência leitoso-pastoso. Contea apresentava ainda flores em alguns cachos, mas em outros apresentava sementes no estado leitoso-pastoso. Mauro encontrava-se no fim da floração e com sementes de consistência líquida a pastosa. Dalkeith estava no fim da floração e com sementes em fase pastosa avançada. Margurita encontrava-se com floração abundante e as vagens mais avançadas com sementes em consistência leitosa. Erica apresentava dois cachos em floração e sementes em estado leitoso. Charano encontrava-se praticamente sem flor e com sementes de consistência pastosa. Em 14 de maio de 2014, Prolific, Frontier e Mauro encontravam-se no fim do ciclo, com sementes integralmente maduras, estando as plantas praticamente secas. Nungarin apresentava algumas folhas verdes e grande parte das suas sementes maduras. Denmark com muitas folhas verdes muitas flores abertas e semente fisiologicamente maduras. Seaton Park e Dalkeith com algumas folhas verdes, últimas flores abertas e sementes maduras. Contea apresentava espigas com sementes completamente maduras. Margurita e Charano com floração terminada, vagens com ¼ da semente madura e a restante em desenvolvimento. Erica encontrava-se com 70 a 80 % de sementes maduras.

A aplicação da escala BBCH de acordo com Meier (2001) ao descritivo anterior permitiu a classificação dos estados fenológicos que constam no quadro 14.

Quadro 14. Classificação dos estados fenológicos das leguminosas semeadas ao longo das cinco datas em que foram observadas.

	5 de fevereiro	20 de fevereiro	21 de março	24 de abril	14 de maio
Nungarin	30	40	70	79	96
Denmark	30	40	49	70	77
Seaton Park	30	40	61	65	79
Prolific	30	40	49	73	80
Frontier	30	40	49	73	80
Contea	30	40	49	73	89
Mauro	30	40	49	71	80
Dalkeith	30	40	61	79	96
Margurita	30	40	60	73	81
Erica	30	40	60	73	89
Charano	30	40	60	75	81

Os códigos descritos na tabela 13 foram aproximadas à cultura de soja e correspondem precisamente aos seguintes estados fenológicos: 30 alongamento e desenvolvimento do caule principal, 40 desenvolvimento dos órgãos vegetais aptos para serem colhidos, 49 órgãos vegetais aptos para serem colhidos no estágio final de desenvolvimento, 60 primeiras flores abertas esporadicamente na população, 61 início da floração, 70 primeira vagem com tamanho final alcançado, 71 início do desenvolvimento das vagens, 73 início do enchimento das vagens, 75 continuação do enchimento das vagens, 77 cerca de 70% das vagens com tamanho final já alcançado, 79 aproximadamente todas as vagens com tamanho final já alcançado, 80 primeira vagem madura, sementes secas, duras e com coloração final, 81 início da maturação das vagens e sementes, 89 maturação final, todas vagens aproximadamente maduras, secas duras e com coloração final, 96 senescência com cerca de 60% das folhas secas e caídas.

4.2.3 Produção de matéria seca e azoto contido na biomassa aérea

Em 24 de Abril efetuou-se o corte da biomassa aérea produzida em cada um dos cobertos de leguminosas semeadas. As figuras 24 e 25 mostram a produção de matéria seca e a quantidade de azoto acumulado na biomassa aérea. Existe uma correlação forte e significativa entre a produção da matéria seca e a quantidade de azoto acumulado pela biomassa total que se desenvolveu nos talhões cultivados com cobertos (Correlação de Pearson = 0,844; $p < 0,001$).

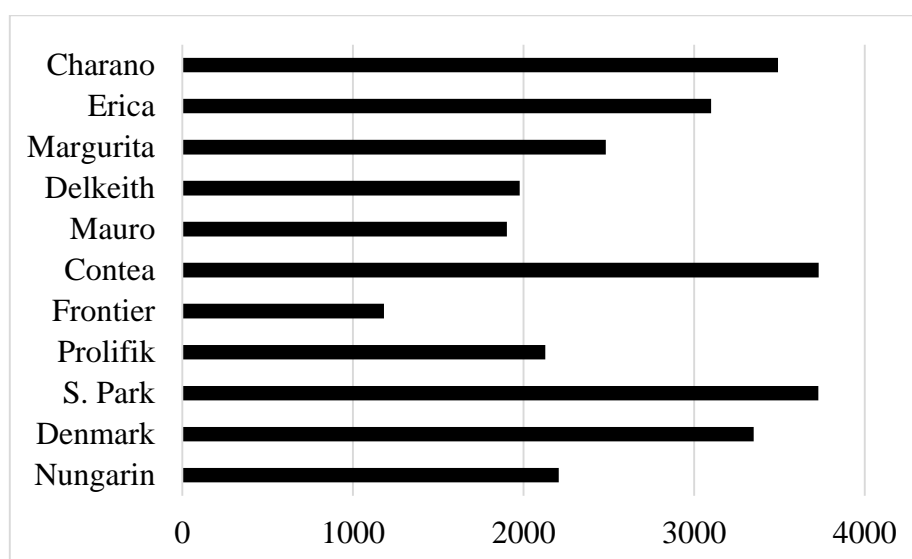


Figura 24. Produção de matéria seca (kg ha⁻¹).

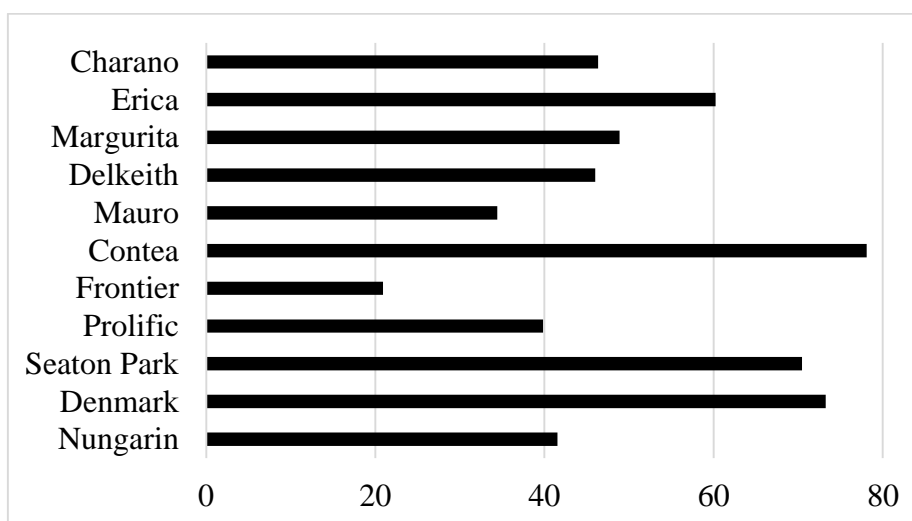


Figura 25. Azoto acumulado na biomassa aérea (kg ha⁻¹).

Os talhões inicialmente semeados com Contea, Seaton Park e Denmark foram os que apresentam maior quantidade de azoto acumulado na biomassa aérea, com valores superiores a 70 kg ha^{-1} . Frontier acumulou menos de 20 kg ha^{-1} , sendo que as restantes leguminosas acumularam valores entre 35 e 60 kg ha^{-1} de azoto.

5 Discussão dos resultados

O presente capítulo faz referência à discussão dos principais resultados apresentados no capítulo anterior começando pela experiência 1 e de seguida a experiência 2.

5.1 Experiência 1: Comparação de diferentes sistemas de cobertura do solo

5.1.1 Produção de azeitona na colheita de 2013

Os três sistemas de gestão do solo em comparação tiveram um efeito pronunciado e diferenciado na produção. Estudos similares em olivais por Ferreira *et al.* (2013), Rodrigues *et al.* (2011) e Fountas *et al.* (2010) mostraram que os olivais de sequeiro respondem aos sistemas de gestão do solo. A elevada produção de azeitona no talhão de leguminosas semeadas comparativamente aos talhões de vegetação natural com azoto e vegetação natural sem azoto, deve-se naturalmente à disponibilidade do azoto no solo para a nutrição das árvores com origem à partir da fixação biológica e da matéria orgânica dos resíduos destrocados das leguminosas. Resultados obtidos por Fernandez-Escobar *et al.* (2008) mostram que as dozes de azoto adequadas e altas no olival estão associadas ao incremento da percentagem de inflorescência e de flores férteis e do volume do mesocarpo dos frutos, parâmetros que, por sua vez, podem justificar os aumentos de produção. Por outro lado, 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.

A significativa diferença obtida na massa seca da polpa nos frutos provenientes do talhão de leguminosas, que foi inferior em relação aos dos talhões com vegetação com azoto e sem azoto pode ter origem na produção de maior carga de frutos por árvore neste talhão. Assim, os talhões que produziram menor carga de frutos tiveram possibilidade de investir na qualidade física dos mesmos daí que, comparada a massa seca dos caroços, os talhões de vegetação natural com e sem azoto são os que produziram menor massa seca do caroço e maior relação polpa/caroço comparativamente ao talhão de leguminosas. A falta de significância no peso de 100 azeitonas sugere um efeito menor dos sistemas de gestão do solo no calibre dos frutos estando este parâmetro dependente de outros fatores. Dados relatados por Martín-

Vertedor *et al.* (2011), Roussos *et al.* (2010) e Van Sch *et al.* (2006) mostram uma tendência decrescente do peso das azeitonas com o aumento da carga dos frutos na árvore, estando também o parâmetro dependente de diferentes doses de fornecimento de água.

Relativamente à composição química da polpa e caroço das azeitonas, a maior concentração de nutrientes obtida na polpa em relação ao caroço é devida ao fato da polpa ser, por natureza, a parte nutritiva do fruto, sendo que concentra a maior parte dos minerais. A concentração de azoto significativamente diferente e ainda maior no talhão de leguminosas em relação aos talhões de vegetação natural com azoto e sem azoto respetivamente na polpa (5,0, 4,4 e 4,0 g kg⁻¹) e no caroço (3,7, 3,4 e 2,7 g kg⁻¹), sugere que a disponibilidade de azoto neste talhão permitiu que as árvores efetuassem a absorção e translocação do nutriente durante a estação de crescimento. Resultados similares foram obtidos por Rodrigues *et al.* (2013) em um estudo similar no mesmo olival.

5.1.2 Concentração de azoto nas folhas

A concentração de azoto nas folhas foi sempre significativamente maior no talhão de leguminosas durante as três datas de amostragem relativamente aos restantes talhões, com exceção da amostragem de janeiro de 2013 em que o resultado não diferiu do talhão de vegetação natural com azoto. Os valores da concentração de azoto nas folhas estiveram próximos de 16 g kg⁻¹, valores que são apresentados por Rodrigues *et al.* (2012) como estando dentro da zona de concentrações adequadas para esta cultura. As diferenças obtidas na concentração de azoto nas folhas reforçam mais uma vez o papel das leguminosas semeadas no aumento da disponibilidade de azoto no solo relativamente aos restantes talhões. Resultados similares são relatados por Rodrigues *et al.* (2013) em amostragens consecutivas no mesmo olival nas datas de amostragem de julho de 2011 e janeiro de 2012 e também por Erel *et al.* (2008) num estudo sobre diferentes doses de azoto em um olival em Israel. Por outro lado, estes resultados justificam também as maiores produções observadas no talhão de leguminosas semeadas. Segundo Erel *et al.* (2008), Fernandez-Escobar *et al.* (2008) e Rouina *et al.* (2002) o azoto estimula a floração do olival e incrementa a produção de azeitona. A maior concentração de azoto nas folhas observada na amostragem de janeiro comparativamente à de julho do mesmo ano deve-se ao fato de julho coincidir com a

fase de maior atividade vegetativa e crescimento dos frutos, sendo que ocorre um efeito de diluição dos nutrientes móveis na planta. Por seu lado, o mês de janeiro coincide com o repouso vegetativo, o que faz com que as folhas adultas tendam a ficar mais concentradas em azoto.

5.1.3 Fertilidade do solo

As diferenças observadas na concentração de azoto total (kjeldhal) nas amostras de terra colhidas nos diferentes sistemas de gestão do solo mostram que a introdução de cobertos vegetais de leguminosas pratenses em olival teve um efeito favorável significativo no incremento de azoto no solo. Resultados similares foram encontrados por Hurisso *et al.* (2013), Neal *et al.* (2013) e Campiglia *et al.* (2011). A contribuição das leguminosas foi superior à aplicação de 60 kg ha⁻¹ de azoto por ano, visto que o teor de azoto no solo no talhão de leguminosas foi de 186 mg kg⁻¹ enquanto no talhão em que se aplicou azoto mineral foi de apenas 142 mg kg⁻¹. Os valores mais elevados de matéria orgânica determinada pelos métodos de Walkley-Black e incineração estiveram associados ao talhão de vegetação natural com fertilização azotada. Este resultado em que a aplicação de azoto mineral originou solos com menor teor de azoto total relativamente ao cultivo de leguminosas semeadas deve-se às diferenças na composição florística dos talhões. Isto é, as leguminosas originaram um substrato orgânico com maior teor em azoto, devido à concentração do nutriente nos seus tecidos, relativamente ao coberto que recebeu azoto mineral em que a vegetação é dominada por gramíneas, de menor concentração em azoto nos tecidos. Assim, no talhão de leguminosas a menor razão carbono/azoto do substrato orgânico originou mais mineralização líquida e, conseqüentemente, menos carbono orgânico no solo, embora o substrato orgânico permaneça mais rico em azoto devido à presença do tecido das leguminosas em decomposição.

A profundidade 0-10 cm apresentou teores de matéria orgânica e azoto total mais elevados que a camada mais profunda, 10-20 cm. O resultado deve-se naturalmente ao fato de a superfície do solo ter maior atividade biológica. Segundo Varennes (2006) a camada superficial do solo tem maior atividade biológica devido à ação de raízes e à fauna do solo. Nos diferentes sistemas de gestão do solo, as diferenças foram notáveis na camada superficial, sendo que na camada mais profunda não houve diferenças significativas ainda que o talhão de vegetação natural com azoto tenha

apresentado teor de azoto com maior média que os restantes tratamentos. Jung *et al.* (2011) referem que o efeito das doses de azoto no teor de matéria orgânica em profundidade é influenciado pelas plantas dominantes no ecossistema. No seu estudo, verificou que *Panicum virgatum* L. reduziu significativamente o comprimento das raízes com aplicação de doses elevadas de azoto.

O menor valor de pH obtido no talhão de leguminosas terá tido a ver com o fato de as leguminosas no geral estarem associadas a acidificação do solo, devido à lixiviação do ião NO_3^- e mineralização de NH_4^+ (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).

As concentrações de fósforo e potássio foram significativamente mais elevadas nos talhões de leguminosas e vegetação natural com azoto. Os resultados podem ter origem na maior dinâmica da matéria orgânica nestes talhões. Segundo Gosling *et al.* (2013) e Schmid *et al.* (2011) a decomposição de matéria orgânica está frequentemente correlacionada com a disponibilidade de nutrientes no solo.

Quanto aos catiões de troca, há que reiterar que num solo ácido a capacidade de troca é geralmente baixa, devido à presença de cargas negativas permanentes dos minerais de argila e uma pequena quantidade de carga variável (Varenes, 2006). O solo estudado é ácido, o que pode ter dificultado a percepção da variação dos catiões de troca em função dos sistemas de gestão do solo. A maior quantidade de potássio de troca nos talhões de leguminosa e vegetação natural com azoto pode ter origem na contribuição individual da matéria orgânica ao complexo de troca do solo, sendo que no talhão de vegetação natural sem azoto o complexo de troca que se espera deverá ser prevalentemente constituído pela matriz mineral. Este fenómeno pode explicar a diferença de magnésio de troca ocorrida entre os talhões de vegetação natural com azoto e sem azoto.

5.1.3.1 Azoto extraído por membranas de troca aniónica

A concentração de nitratos nos extratos das membranas de troca aniónica obtidos no talhão de leguminosas na amostragem de novembro de 2013 distinguiu-se dos restantes talhões por ser a mais alta, com valor acima de 8 mg L^{-1} . Os valores mais baixos foram inferiores a 6 mg L^{-1} e registados no talhão de vegetação natural com

azoto. Esta diferença pode ter origem no fato do talhão de leguminosas semeadas apresentar maior teor de azoto Kjeldahl e matéria orgânica, resultado já comentado anteriormente. A amostragem de março de 2014 mostra um aumento geral da concentração de nitratos nos extratos em função dos tratamentos, tendo-se registado a maior concentração no talhão de vegetação natural com azoto, com valores acima de 750 mg L⁻¹. A menor concentração de nitratos foi registada nos talhões de leguminosas e vegetação natural sem azoto. O aumento geral da concentração de azoto nos extratos pode estar associado à melhoria das condições favoráveis para atividade microbiana do solo, sobretudo o aumento de temperatura. As taxas de mineralização dos substratos orgânicos tendem a ser menores a baixas temperaturas (Gutiñas *et al.*, 2012; Dessureault-Rompré *et al.*, 2009; Morecroft *et al.*, 1992). Segundo os boletins climatológicos mensais do IPMA, o mês de novembro teve como média das mínimas 1,9 °C e média das máximas 13 °C, enquanto que em março os respetivos valores foram 3,2 °C e 15,5 °C. (IPMA, Boletim Climatológico Mensal: Portugal continental, 2014).

Nas duas datas de amostragem, foi o solo proveniente da camada mais profunda que registou a maior quantidade de nitratos extraídos pelas membranas, com valores próximos de 8 mg L⁻¹ em novembro de 2013 e 500 mg L⁻¹ em março de 2014. Na camada superficial registaram-se pouco menos de 6 mg L⁻¹ em novembro de 2013 e mais de 60 mg L⁻¹ em março de 2014. Apesar das médias terem sido pouco diferentes, essas diferenças não foram estatisticamente significativas na amostragem de novembro de 2014. Num estudo similar, Pereira *et al.* (2009) registou também uma grande variabilidade nos resultados da extração de nitratos por membranas de troca aniónica. As maiores concentrações de nitratos nas amostras colhidas a maior profundidade podem ter surgido devido a um fenómeno de imobilização biológica de azoto, decorrente da maior quantidade de substrato orgânico aí existente. O trabalho de Morecroft *et al.* (1992) sobre a variação da taxa de mineralização e libertação de azoto em regiões de altitude na Escócia mostrou que a taxa de mineralização é influenciada pela concentração de compostos mineralizáveis. Por um lado não se exclui a possível predominância de nitratos lixiviados da camada superficial e sua concentração na camada profunda no momento da recolha do solo até a data primeira amostragem pois, segundo Rodrigues (2000) a mineralização e imobilização biológica ocorrem em simultâneo e podem ocorrer de tal forma que o saldo líquido do azoto disponível seja

nulo. Este fenómeno pode ter contribuído para uma menor concentração de nitratos na camada superficial do solo determinados com as membranas de troca aniónica.

5.1.3.2 *Azoto potencialmente mineralizável*

A concentração de azoto amoniacal e nítrico no solo foi mais elevada no talhão de leguminosas em comparação com os restantes tratamentos. Esta diferença confirma, por sua vez, o efeito favorável dos cobertos vegetais no incremento do azoto no solo. O azoto potencialmente mineralizável reduziu-se com a profundidade por ser dependente do teor de matéria orgânica. Resultados similares foram obtidos por Ros (2012) e Ros *et al.* (2011). Estes autores verificaram que existe uma estreita relação entre o azoto potencialmente mineralizável e a matéria orgânica do solo. Relativamente ao azoto nítrico, as diferenças entre tratamentos foram significativas quer na camada superficial quer na mais profunda. Este resultado pode dever-se à possibilidade de no momento da colheita das amostras de solo parte dos nitratos já terem sido lixiviados para a camada de 10 a 20 cm a partir da camada superficial. Sabe-se que o ião NO_3^- é muito móvel no solo podendo percorrer distâncias apreciáveis já que não está sujeito a processos de retenção química e física (Rodrigues, 2000). O azoto amoniacal do talhão de leguminosas diferiu entre tratamentos apenas na camada superficial devido à sua menor mobilidade no solo, não sendo lixiviado com tanta facilidade.

5.1.3.3 *Produção de biomassa e azoto exportado por nabiça e centeio*

As diferenças observadas relativamente à produção de matéria seca, concentração de azoto no centeio e nabiça, e quantidade de azoto exportado reforçam a constatação de que a disponibilidade de azoto no solo foi maior no talhão de leguminosas comparativamente aos restantes. Por outro lado justificam as observações anteriores relativamente ao fato de este talhão ter observado maior produção por árvore, maior concentração de azoto nas folhas das árvores e maior concentração de azoto no solo. Por último confirma a utilidade do método no diagnóstico da fertilidade do solo.

5.2 Experiência 2: Comportamento agronómico de onze leguminosas pratenses semeadas em estreme como culturas de cobertura em olival

5.2.1 Evolução do grau de cobertura do solo

A percentagem de cobertura do solo por leguminosas pratenses ao longo das datas de amostragem evoluiu de forma inversa às percentagens de solo nu e da vegetação natural espontânea. Isto sugere que houve um domínio das leguminosas na competição pelo espaço ao longo do tempo, desde 5 de fevereiro até 24 de maio de 2014. Os valores aumentaram de 5 a 80% de grau de cobertura. Por outro lado, houve uma diminuição de solo descoberto ao longo do tempo durante a primavera, tendo esta diminuição sido devida sobretudo ao aumento da presença de leguminosas. Estes resultados estão de acordo com outros anteriormente publicados por Rodrigues *et al.* (2013b) que indicam que as leguminosas anuais de ressementeira natural fornecem uma boa proteção ao solo. Numa perspectiva de controlo de erosão hídrica laminar, e segundo o monograma esquematizado em Wishmeier & Smith (1978), com esta variação da percentagem de cobertura a perda de solo é reduzida de valores acima de 70% para cerca de 10%, o que é particularmente benéfico para os solos erodíveis incluindo o desta experiência em Suções.

Cada uma das leguminosas apresentou capacidade competitiva diferente, sendo umas mais efetivas que as outras. O trevo encarnado (Contea) contaminou praticamente todos os talhões da vizinhança com as suas sementes. Os cobertos com espécies do género *Ornithopus* (Erica, Charano e Margurita) foram dos menos competitivos, visto que até 21 de março apresentavam uma cobertura do solo inferior a 20%. O resultado pode ser atribuído à menor densidade dos cobertos, permitindo que outras espécies compitam de forma mais eficiente pela luz, água e nutrientes.

Relativamente aos estados fenológicos, Nungarin e Dalkeith até 14 de maio já se encontravam no fim do desenvolvimento o que mostra que estavam prontas para o corte e destroçamento. Erica e Contea encontravam-se também bastante avançados, com praticamente todas as sementes maduras. Prolific, Frontier, Mauro, Margurita e Charano, pelo estado em que se encontravam tudo indica que demorariam pelo menos até meados de junho para atingirem as condições de maturação para o corte. Denmark e Seaton Park apresentaram-se como as mais tardias, pelo que precisariam mais de tempo para atingirem o amadurecimento e conseqüentemente serem cortadas.

Partindo do princípio de que os melhores cobertos para pomares de sequeiro da bacia mediterrânea são aqueles capazes de atingir a maturação das sementes antes do início do verão (Grant *et al.*, 2006; Rodrigues *et al.*, 2010), Nungarim e Dalkeith seriam os preferidos pois apresentam ciclos mais curtos. Em um estudo realizado por Campiglia *et al.* (2011) concluiu-se que os cobertos que permaneçam em campo durante o verão requerem cuidados específicos, como um bom controle da irrigação, para evitar a lixiviação de nitratos ou perda excessiva de água por evapotranspiração.

A relação linear positiva entre a produção da biomassa e o azoto exportado informa sobre as espécies com maior capacidade individual em disponibilizar azoto. Porém, em pomares de sequeiro, elevada produção de biomassa pode não interessar ao produtor, devido à maior quantidade de água que é transpirada. Assim, em função das condições locais de cultivo entre eles solo e clima, os aspetos determinantes na escolha da espécie/cultivar são duração do ciclo, porte, persistência e fixação de azoto. Em pomares de sequeiro cultivados na região mediterrânea as plantas devem ter ciclo curto, baixo porte, elevada persistência e fixação de azoto razoável.

6 Conclusões

O uso de cobertos vegetais de leguminosas pratenses foi melhor que aplicação de 60 kg ha⁻¹ ano uma vez que a produção variou significativamente em resposta aos três métodos de cobertura vegetal experimentados no pomar. O talhão sob coberto de leguminosas pratenses produziu 17,8 kg árvore⁻¹, valor mais elevado que o registrado nos talhões que estiveram sob vegetação natural com fertilização azotada e sem fertilização azotada, cuja produção foi 11,5 e 6,8 kg árvore⁻¹ respectivamente, isto na quarta colheita após o início da experiência.

A concentração de azoto nas folhas dos olivais sob coberto de leguminosas pratenses foi na maioria dos casos superior comparativamente a dos olivais sob coberto de vegetação natural com fertilização azotada e sem fertilização azotada. Também as análises laboratoriais de terras através do método Kjeldhal e extração química de azoto amoniacal e nítrico, e os indicadores biológicos de disponibilidade baseados no crescimento de nabiça e centeio comprovaram por sua vez que as leguminosas adicionaram azoto no solo.

O grau de cobertura do solo conferido individualmente por cada uma das onze espécies/cultivares de leguminosas pratenses variou de 10 até 80 % durante janeiro a maio de 2014. Erica, Charano e Margurita revelaram-se menos competitivas tendo sido dominadas pela vegetação natural. Nungarin e Dalkeith possuem maturação muito precoce parecendo ser o seu uso como cobertos vegetais em pomares de sequeiro bastante interessante.

7 Referências bibliográficas

- Agroconsultores e Coba. (1991). *Carta dos solos, carta do uso actual da terra e carta da aptidão da terra do nordeste de portugal*. Lisboa: UTAD.
- 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 D. Barranco, R. Fernández-Escobar, & L. Rallo (Eds.), *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. (pp. 508-593)
- Amaro, P. (2003). *A Proteção Integrada* (ISA/Press ed.). Lisboa, Portugal: AGRO 12.
- 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. (pp. 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.
- Bacelar, E., Gonçalves, B., Moutinho-Perreira, J., & Correia, C. (2009). *Manual da Safra e Contra Safra do Olival*. (M. Â. Rodrigues, & C. M. Correia, Eds.) Bragança: Casa de Trabalho-Bragança.
- Blair, G. (1997). Matching pastures to the Australian environment. In J. V. Lovett, J. M. Scott, J. V. Lovett, & J. M. Scott (Eds.), *Pasture Production and Management*. Melbourne: Inkata Press. (pp. 88-109)
- 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*, 336–342.
- Bremner, J. M. (1996). *Nitrogen-Total*. In *Methods of Soil Analysis. Part 3 Methods*. SSSA Boock series: 5.
- Breton, C. M., Warnock, P., & Berville, A. J. (2012). *Olive Germplasm - The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy: Origin and History of the Olive*. (I. Muzzalupo, Ed.) Italy: Intech Journals.
- Bullock, J. M., & Marriott, C. A. (2000). Plant responses to grazing, and opportunities for manipulation. In B. G. Society, A. G. Rook, & P. D. Penning (Eds.), *Grazing Management*. Devon: British Grassland Society. (pp. 17-25)
- Cabanas, J. E., & Pavão, F. (2009). Pragas e Doenças do olival. In M. Â. Rodrigues, C. M. Correia, M. Â. Rodrigues, & C. M. Correia (Eds.), *Manual de safra e contra safra do olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. (pp. 79-88)
- Campiglia, E., Mancinelli, R., Radicetti, E., & Marinari, S. (2011). Legume cover crops and mulches: effects on nitrate leaching and nitrogen input in a pepper crop

- (*Capsicum annum* L.). (S. Science+Business, Ed.) *Nutr Cycl Agroecosyst*(68), 399–412.
- Cavalloro, R. (1986). Opening address-The CEE policy on weed population control. In R. Cavalloro, & R. Cavalloro (Ed.), *Weed Control in Vegetative Production* Luxemburgo: P.P.Rotondó Commission of the European Communities. (pp. 3-8).
- Clescerl, L., Greenberg, A. E., & Eaton, A. D. (1998). *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater)* (20 ed.). APHA, AWWA, WEF.
- Culpin, C. (1986). *Farm Machinery*. London: Willian Collins Sons & Co. Ltd.
- Damgaard, C., Merlin, A., Mesléard, F., & Bonis, A. (2011). *The demography of space occupancy: measuring plant colonization and survival probabilities using repeated pin-point measurements*. *Methods in Ecology and Evolution* 2.
- Dessureault-Rompré, J., Zebarth, B. Z., Georgallas, A., Burton, D. L., Grant, C. A., & Drury, C. F. (2009). Temperature dependence of soil nitrogen mineralization rate: Comparison of mathematical models, reference temperatures and origin of the soils. *Geoderma*, 97-108.
- 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. (05 de janeiro de 2013). <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/compare/Q/QC/E>. Obtido de FAOSTAT: <http://www.fao.org>
- Fernandez-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*, 113-119.
- Fernandez-Escobar, R. (2008a). Fertilización. In D. Barranto, R. Fernadéz-Escobar, L. Rallo, D. Barranto, R. Fernadéz-Escobar, & L. Rallo (Eds.), *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. (pp. 229-336)
- 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*, 472-480.
- Fountas, S., Aggelopoulou, K., Bouloulis, C., Nanos, G. D., Wulfsohn, D., Gemtos, T. A., . . . Galanis, M. (2010). Site-specific management in an olive tree plantation. *Springer*, 179-195.
- Frame, J. (2005). *Forrage Legumes For Temperete Grasslands*. (FAO, Ed.) Rome: Science Publishers, INC.
- García-Ortiz, A., Humanes, J., Pastor, M., Morales, J., & Fernández, A. (2008). Poda. In D. Barranto, R. Fernández-Escobar, L. Rallo, D. Barranto, R. Fernández-Escobar, & L. Rallo (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? *Biol Fertil Soils*(49), 1001–1014.
- Grant, J., Anderson, K. K., Prichard, T., Hasey, J., Bugg, R. L., Thomas, F., & Johnson, T. (2006). *Cover Crops for Walnut Orchards* (Vol. 21627). California: Regents of the University of California.
- Guerrero, A. (2000). *Nueva Olivicultura* (4 ed.). (M.-P. Libros, Ed.) Madrid: Artes Gráficas Cuesta, S.A - Seseña.
- Hurisso, T. T., Norton, J. B., & Norton, U. (2013). Soil profile carbon and nitrogen in prairie, perennial grass–legume mixture and wheat-fallow production in the central High Plains, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*(181), 179–187.
- IPMA. (2013). *Boletim Climatológico Mensal: Portugal continental, novembro de 2013*. Lisboa: Instituto português do mar e da atmosfera.
- IPMA. (2014). *Boletim Climatológico Mensal: Portugal continental, março de 2014*. Lisboa: Instituto português do mar e da atmosfera.
- IPMA. (08 de janeiro de 2014). *Normas Climatológicas*. Obtido de O Clima: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/>
- Jones, J. J. (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. . London, New York, Washington, DC: CRC Press, Boca Raton.
- Jung, J. Y., Lal, R., Jastrow, J. D., & Tyler, D. D. (2011). Nitrogenous fertilizer effects on soil structural properties under switchgrass. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 215-220.
- Lakanen, E., & Ervio, R. (1971). A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agr. Fenn*(123), 223-232.
- Lal, R., & Stewart, B. A. (2001). Soil Degradation. (R. Lal, & B. A. Stewart, Eds.) *Advances in Soil Science*, XI.
- Lawson, H. M. (1986). Cost-effective use of Herbicides in Vegetables. Em R. Cavalloro, & R. Cavalloro (Ed.), *Weed Control in Vegetable Production* (pp. 137-142). Luxemburgo: P.P Rotondó, Commission of the European Communities.
- Lopes, J. I., Pinto, J., & Rodrigues, M. Â. (2009). Condução e poda. In M. Â. Rodrigues, & C. M. Correia, *Manual de safra e contra safra do olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. (pp. 69-78)
- Lumaret, R., Ouazzani, N., Michaud, H., & Villemur, P. (1997). Cultivated olive and oleaster: two very closely connected partners of. *Bocconea*, 39-42.

- Mannetje, L. (2000). The importance of grazing in temperate grasslands. Em B. G. Society, A. J. Rook, & P. D. Penning (Edits.), *Grazing Management*. Devon: British Grassland Society. (pp. 3-13)
- MAP. (1977). *Ministério de Agricultura e Pescas. Laboratório de Química Agrícola "Rebello da Silva" Sector de Fertilidade de solo: Documentação 2. Série Divulgação*. Lisboa, Portugal: DGSA.
- Martín-Vertedor, A. I., Martín-Vertedor, J. M., Losada, H. P., & Castie, E. F. (2011). Interactive responses to water deficits and crop load in olive (*Olea europaea* L., cv. Morisca). II: Water use, fruit and oil yield. *Agricultural Water Management*, 950–958.
- Meier, U. (2001). *Growth stages of mono-and dicotyledonous plants*. Berlim: Federal Biological Research Centre for Agriculture and Forestry.
- Monselise, S. P., & Goldschmidt, E. E. (1982). *Alternate Bearing in Fruit Trees*. Rehovot: Binational Agriculture Research and Development Fund (BNAR).
- Monteiro, A. M. (1999). *A Oliveira*. (T. Guerra, Ed.) Mirandela: João Azevedo.
- Morecroft, M. D., Mars, R. H., & Woodward, F. I. (1992). Altitudinal and seasonal trends in soil nitrogen mineralization rates in the Scotch Highlands. *Journal of ecology*(80), 49-56.
- 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 M. Â. Rodrigues, C. M. Correia, M. Â. Rodrigues, & C. M. Correia (Eds.), *Manual de safra e contra safra no olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança. (pp. 59-68)
- Navarro, C., & Parra, M. Á. (2008). Plantación. In D. Barranco, R. Fernández-Escobar, & L. Rallo, *El Cultivo del Olivo* (pp. 189-295). Madrid: Mundi-Prensa Libros, s.a.
- Neal, J. S., Eldridge, S. M., Fulkerson, W. J., Lawrie, R., & Barchia, I. M. (2013). Differences in soil carbon sequestration and soil nitrogen among forages used by the dairy industry. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 542–548.
- Orgaz, F., & Fereres, E. (2008). Riego. In D. Barranco, R. Fernández-Escobar, & L. Rallo, *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. (pp. 337-361)
- Pastor, M. (2008). Sistemas de Manejo del suelo. In D. Barranco, R. Fernandez-Escobar, & L. Rallo, *El Cultivo del olivo*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Pereira, A., Rodrigues, M. A., & Arrobas, M. (2009). Avaliação da libertação de azoto a partir de correctivos orgânicos utilizando membranas de troca aniónica e um medidor de clorofila SPAD-502. *I Congresso Ibérico de Ciência do solo e II Congresso Ibérico de Ciência do solo*, 28-39.

- Raghavan, G. S., Alvo, P., & Mckyes, E. (2001). Soil Compaction in Agriculture: A view Toward Managing the Problem. (R. Lal, & B. Stewart, Eds.) (0176-9340), pp. 2-36.
- Rallo, L., & Cuevas, J. (2008). *El cultivo del Olivo* (Mundi Prensa Libros ed.). (D. Barranco, R. Fernández-Escobar, & L. Rallo, Eds.) Madrid: Junta de Andalucía.
- Rapoport, H. F. (2008). *El Cultivo del Olivo* (VI ed.). (D. Barranco, R. Fernández-Escobar, & L. Rallo, Eds.) Madrid: Mundi-Presnsa Libros.
- Robinson, D. W. (1986). Zero Tolerance for Weeds-A possible goal for perennial crops? In R. Cavalloro, & R. Cavalloro (Ed.), *Weed Control in Vegetable Production*. Luxemburgo: P.P.Rotondó, Commission of the European Communities. (pp. 117-123)
- Rodrigues, M. Â., & Cabanas, J. E. (2009). Manutenção do solo. In M. Â. Rodrigues, & J. E. Cabanas (Eds.), *Manual da safra e contra safra do olival*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança.
- Rodrigues, M. Â., & Correia, C. (2009). *Manual de Safra e Contra Safra do Olival*. (M. Â. Rodrigues, & C. M. Correia, Eds.) Bragança: Casa de Trabalho-Bragança.
- Rodrigues, M. Â., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Arrobas, M. (2012). *Safra e contrassafra no olival e medidas para a sua mitigação*. (A. Bento, & J. Alberto, Eds.) Mirandela: Associação Portuguesa de Horticultura (APH).
- Rodrigues, M. Â., Correia, C. M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., Barbosa, J. C., Moutinho-Pereira, J. M., . . . Fernandes-Silva, A. A. (2013a). Soil nitrogen availability in olive orchards after mulching legumecover crop residues. *Scientia Horticultura*, 45-51.
- 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: Actas Portuguesas de Horticultura. (Vol. 14, pp. 48-55)
- Rodrigues, M. Â., Pavão, F., Oliveira, J., & Arrobas, M. (2010, Julho). Gestão da Vegetação Herbácea em Olival em modo de Produção Biológico. (M. E. Ferreira, Ed.) *Revista da Associação Portuguesa de Horticultura*, 17-20.
- Rodrigues, M. Â., 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, pp. 85-95.
- Rodrigues, M. R. (2000). *Gestão do azoto na cultura da batata: Estabelecimento de indicadores do estado nutritivo das plantas e da disponibilidade de azoto no solo*. Tese de doutoramento. Vila Real: Uiversidade de Tas-os-Montes e Alto Douro. 329 p.
- Rodrigues, M., & Arrobas, M. (2010). Optimizing the time of incubation of an anion exchange membrane inserted into the soil to use in studies of monitoring soil

- nitrate levels. *AGRO 2010 the XIth ESA congress*, Motipallier, France. (pp. 239-240)
- Ros, G. (2012). Predicting soil N mineralization using organic matter fractions and soil properties: A re-analysis of literature data. *Soil Biology and Biochemistry*, 132–135.
- Ros, G. H., Hanegraaf b, M. C., Hofflanda, E., & van Riemsdijk, W. H. (2011). Predicting soil N mineralization: Relevance of organic matter and soil properties. *Soil Biology & Biochemistry*, 1714–1722.
- 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*, 349-352.
- Roussos, P. A., Denaxa, N.-K., Damvakaris, T., Stournaras, V., & Argyrokastritis, I. (2010). Effect of alleviating products with different mode of action on physiology and yield of olive under drought. *Scientia Horticulturae*, 700-7011.
- 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).
- Spreer, W., Ongprasert, S., Hegele, M., Wunsche, J. N., & Muller, J. (2009). Yield and fruit development in mango *Mangifera indica*. *Agricultural water Management* (96), pp. 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 Phytol*, 513–521.
- Torres, L. (2007). As Pragas, doenças e infestantes do olival e seu combate. In L. Torres (Ed.), *Manual de Protecção Integrada do Olival* (pp. 129-238). Guarda: João Azevedo Editor.
- Trapero, A., & Blanco, M. Á. (2008). Enfermedades. In D. Barranco, R. Fernández-Escobar, L. Rallo, D. Barranco, R. Fernández-Escobar, & L. Rallo (Eds.), *El cultivo del olivo*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. (pp. 594-656)
- van Reeuwijk, L. P. (2002). *Procedures for soil analysis. Technical Paper 9* (Sixth ed.). ISRIC, FAO of the United Nations.
- van Sch, G. S., Ferreyra E., R., Selles M., I., & Lemus S., G. (2006). Efecto de Diferentes Regímenes de Riego Sobre la Carga Frutal, Tamaño de Fruta y Rendimiento del Olivo cv. Sevillana. *Agricultura Técnica*, 66 n.1, 48-56.
- Varenes, A. d. (2006). *Produtividade dos solos e Ambiente* (1ª ed.). Lisboa: Editora escolar.