

Propriedades e processos físicos do solo em olival: efeitos da vegetação herbácea na entrelinha

Cristiano Ceita Pires dos Santos

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

Orientado por

Professor Doutor Tomás D`Aquino de Figueiredo (ESA_IPB)

Professora Doutora Felícia Maria da Silva Fonseca (ESA_IPB)

**Bragança
2023**

Agradecimentos

Primeiramente, sou grato a Deus por me oferecer a fé e a força necessárias para superar os desafios que surgiram ao longo dessa jornada acadêmica. Gostaria de agradecer de coração aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado, me apoiando e encorajando em todas as decisões da minha vida. Também gostaria de expressar minha profunda gratidão a todos os professores do Instituto Politécnico de Bragança, em especial ao meu orientador, Prof. Dr. Tomás D’Aquino Rosa de Figueiredo, pelo seu tempo, dedicação e orientação preciosos que me permitiram concluir este trabalho. Não posso deixar de mencionar minha coorientadora, Felícia Maria da Silva Fonseca, pelo seu valioso contributo na elaboração desta tese.

Quero agradecer de modo especial a Renecleide dos Santos e a todos os meus colegas, pela colaboração na elaboração e análise deste trabalho. Gostaria de agradecer também aos meus irmãos e amigos verdadeiros, por estarem presentes em minha vida, compartilhando momentos de alegria e apoiando-me nos momentos mais difíceis.

Por fim, quero expressar minha gratidão ao meu filho recém-nascido, Lucas, por ser a minha maior fonte de inspiração e motivação. Seu nascimento durante a elaboração desta tese me trouxe uma nova perspectiva de vida, e sua presença sempre foi uma fonte de conforto e alegria para mim. Obrigado, Lucas, por ser a luz da minha vida. A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, agradeço sinceramente.

Resumo

O cultivo do olival tem uma importância significativa na região do Trás-os-Montes. No entanto, a gestão inadequada do solo nesse sistema agrícola pode levar a problemas de degradação e perda de fertilidade do solo. Nesse contexto, a vegetação herbácea mantida na entrelinha do olival tem sido investigada como uma prática de gestão sustentável para melhorar as propriedades do solo e aumentar a produtividade. No entanto, os efeitos dessa prática em propriedades e processos físicos do solo ainda não estão completamente elucidados.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar os atributos físicos dos solos sob o efeito de diferentes práticas culturais utilizadas na região Norte de Portugal, a fim de identificar estratégias eficazes para reduzir a erosão do solo.

O estudo foi realizado em Suções, Mirandela. Foram monitorizadas oito parcelas de erosão, instaladas na entrelinha do olival, submetidas a diferentes práticas, comparando-se parcelas mobilizadas e não mobilizadas, dentro das quais se compararam ainda parcelas semeadas e não semeadas com vegetação herbácea.

Os resultados indicam que a presença de vegetação herbácea no olival teve efeitos positivos e significativos nas propriedades físicas do solo. Parcelas com vegetação herbácea semeada apresentaram maior porosidade do solo, o que favoreceu a infiltração de água e reduziu a erosão do solo.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a manutenção da vegetação herbácea na entrelinha pode ser uma estratégia eficaz para melhorar as propriedades e processos físicos do solo. Essa prática de gestão do solo pode assim contribuir para a sustentabilidade da produção olivícola assegurando a conservação do recurso solo.

Abstract

Olive grove cultivation is of significant importance in the Trás-os-Montes region. However, inadequate soil management in this agricultural system can lead to problems with soil degradation and loss of fertility. In this context, herbaceous vegetation maintained between olive groves has been investigated as a sustainable management practice to improve soil properties and increase productivity. However, the effects of this practice on soil physical properties and processes are not yet completely elucidated.

Given this scenario, this work aims to analyze the physical attributes of soils under the effect of different cultural practices used in the Northern region of Portugal, in order to identify effective strategies to reduce soil erosion.

The study was carried out in Suçães, Mirandela. Eight erosion plots were monitored, installed between the olive groves, subjected to different practices, comparing tilled and non-tilled plots, within which plots sown and not sown with herbaceous vegetation were also compared.

The results indicate that the presence of herbaceous vegetation in the olive grove had positive and significant effects on the physical properties of the soil. Plots with sown herbaceous vegetation had higher soil porosity, which favored water infiltration and reduced soil erosion.

Based on the results obtained, it is concluded that maintaining herbaceous vegetation between rows can be an effective strategy to improve soil physical properties and processes. This soil management practice can therefore contribute to the sustainability of olive production by ensuring the conservation of soil resources.

Índice

Índice	vii
Lista de figuras	ix
Lista de tabelas	xi
1. Introdução	12
2. Revisão Bibliográfica.....	14
2.1. A cultura de oliveira	14
2.1.1. Origem, propagação e efeitos benéficos da oliveira.....	14
2.1.2. Enquadramento taxonómico e aspeto botânicos	15
2.1.3. Descrição botânica da oliveira.....	15
2.1.4. Troncos, ramos frutíferos e não frutíferos	16
2.1.5. Inflorescência, flores e frutos.....	17
2.2. Importância do olival em Trás-os-Montes.....	17
2.3. Solos de Trás-os-Montes e solos dos olivais de Trás-os-Montes	18
2.4. Manutenção do solo	19
2.5. Mobilização do solo.....	20
2.6. Utilização de herbicidas.....	21
2.6.1. Herbicidas com componente de ação residual	22
2.6.2. Herbicidas pós-emergência.....	23
2.7. Vegetação gerida por corte	24
2.8. Outros métodos de gestão da vegetação: O pastoreio e Calor	28
2.9. Solos dos olivais de Trás-os-Montes	29
2.10. Ameaças ao recurso solo em Trás-os-Montes: erosão e perda de matéria orgânica.	30
2.11. Erosão	31
2.11.1. Efeito do Clima.....	33
2.11.2. Efeito das propriedades do Solo	33
2.11.3. Efeito da Morfologia do Terreno.....	34
2.11.4. Efeito do Uso da Terra	35
2.11.5. Efeito da Cobertura Vegetal	36
2.12. Efeito erosão e medição da erosão.....	37
2.12.1. Medições de Campos.	38
2.12.2. Dispositivos de medição de Respingos	39
2.12.3. Armadilhas de Sedimentos.....	40
2.12.4. Parcelas de erosão	41

2.13. Solos, Propriedades e Processos Físicos do Solo	43
2.13.1. Textura.....	43
2.13.2. Densidade do Solo	45
2.13.3. Estrutura.....	46
2.13.4. Porosidade	46
2.13.5. Estabilidade de Agregados.....	47
2.14. Medição das propriedades do solo relacionadas à erosão de escoamento.	48
2.14.1. Infiltração e permeabilidade do solo.....	48
2.14.2. Uso, gestão do solo e efeito sobre as propriedades físicas do solo ..	49
3. Materiais e Métodos	50
3.1. Localização e Caracterização da área experimental	50
3.2. Condições climáticas.....	51
3.3. Delineamento experimental	51
3.4. Instalação das micro parcelas de erosão.....	52
3.5. Quantificação da perda de solo.....	53
3.6. Análise dos dados analíticos do solo.....	54
3.7. Métodos analíticos (Análise das propriedades físicas)	54
3.7.1. Elementos grosseiros	55
3.7.2. Permeabilidade.....	55
3.7.3. Densidade aparente	58
3.7.5. Capacidade de armazenamento de água no solo	59
3.7.6. Perda de solo por erosão	59
4. Resultados e Discussão	61
4.1. Perda de solo.....	61
4.2. Escoamento.....	63
4.3. Concentração de sedimentos.....	65
4.4. Impacto das práticas de Não Mobilização do solo na redução da erosão: avaliação de indicadores de Eficácia.....	66
4.5. Permeabilidade.....	67
5. Conclusão	93
6. Referencia	95

Lista de figuras

Figura 1: Mobilização solo (Fonte: Adaptado de “Processos de Degradação do Solo – Medidas de Prevenção”, J. Casimiro Martins e Rui Fernandes, INIAV, I.P. 2017).....	22
Figura 2: Solo gerido com herbicida de ação residual e de pós-emergência (Fonte: Adaptado de “Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica”, Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A., 2011.).....	24
Figura 3: A) Aspeto de um olival no início da Primavera e B) um mês após a aplicação de um herbicida pós-emergência (Fonte: Adaptado de “Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica”, Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A., 2011.....	25
Figura 4: Olival com vegetação (Fonte: Adaptado de “Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica”, Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A., 2011.).....	26
Figura 5: Coberto semeado com trevo subterrâneo de ciclo curto (Fonte: Adaptado de “Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica”, Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A., 2011.)	28
Figura 6: Coberto vegetal gerido com rebanho de ovelhas (Fonte: Google Imagem 2024,)	29
Figura 7: Várias formas de declives (Fonte: Adaptado de “Runoff erosion”, Evelpidou.)	35
Figura 8: Respingo instalado numa experiência de micro parcela ao ar livre (Fonte: Adaptado de “Runoff erosion”, Evelpidou)	41
Figura 9: Um exemplo instalado em campo (Fonte: Fonte: Adaptado de “Runoff erosion”, Evelpidou.)	42
Figura 10: Foto do ensaio	43
Figura 11: Localização da área de estudo em Suçães, Mirandela (Fonte: Adaptado de "Desempenho de controlo da erosão através de uma gestão melhorada do solo em olivais: um estudo experimental de campo no nordeste de Portugal" por Santos, R., Fonseca, F., Baptista, P., Paz-González, A., & Figueiredo, T. (2023).)	52
Figura 12: Fotos do ensaio	54
Figuras 13: Agitador de peneiros para solos	56
Figura 14: Vista superior e frontal do permeâmetro	57

Figura 15: Fotos detalhadas ao tocar no nível da água	58
Figura 16: Média e a variabilidade entre parcelas ao fim de cinco colheitas: comparação entre tratamentos. Legenda: MOB- solo mobilizado, NMOB – solo não mobilizado, S- o solo semeado, o NS- corresponde ao solo não semeado.....	62
Figura 17: Pedra de solo acumulada nos tratamentos mobilizado e não mobilizado (médias de 4 parcelas) ao longo de 5 colheitas (expressas em termos de precipitação acumulada). Legenda M- Solo Mobilizado e NM- Solo Não Mobilizado.....	63
Figura 18: Médias e variabilidade entre parcela ao fim de cinco colheitas. Análise de escoamento em parcelas mobilizada e não mobilizada. Legenda MOB- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado, NS- Solo Não Semeado.....	64
Figura 19: Dinâmica temporal do Escoamento: Impactos da Mobilização do Solo e Considerações Sazonais na Prevenção da Erosão (evolução ao 5 colheita). Legenda M- Solo Mobilizado; NM- Solo Não Mobilizado.....	65
Figura 20: Concentração de sedimento vs. concentração em suspensão. Legenda MOB- Solo Mobilizado NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado; NS- Solo Não Semeado.....	67
Figura 21: Resultado Kinicial. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	71
Figura 22: Kfinal. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	74
Figura 23: Resultado Dap. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	77
Figura 24: Resultado CMA. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	80
Figura 25: Resultado CC. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	83
Figura 26: Resultado P. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	85
Figura 27: Resultado MicroP. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	88
Figura 28: Resultado MacroP. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	90
Figura 29: Resultado Dr. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.....	92

Lista de tabelas

Tabela 1: Descrição botânica da Oliveira	16
Tabela 2: Delineamento experimental	53
Tabela 3: Classificação da permeabilidade dos Solos	58
Tabela 4: Indicadores de eficácia de redução	68
Tabela 5: Resultado da ANOVA	69
Tabela 6: Resultado da ANOVA (DC)	70
Tabela 7: Resultado ANOVA EL	71
Tabela 8: Resultado ANOVA (DC vs. EL)	72
Tabela 9: Resultado da ANOVA (DC)	73
Tabela 10: Resultado ANOVA EL	74
Tabela 11: Resultado ANOVA (DC vs. EL)	75
Tabela 12: Resultado da ANOVA (DC)	76
Tabela 13: Resultado ANOVA EL	76
Tabela 14: Resultado ANOVA (DC vs. EL)	78
Tabela 15: Resultado ANOVA (DC)	79
Tabela 16: Resultado ANOVA EL	79
Tabela 17: Resultado ANOVA (DC vs. EL)	81
Tabela 18: Resultado da ANOVA (DC).....	82
Tabela 19: Resultado da ANOVA (EL)	82
Tabela 20: Resultado ANOVA (DV vs.EL).....	84
Tabela 21: Resultado ANOVA (DC)	84
Tabela 22: Resultado da ANOVA (EL)	85
Tabela 23: Resultado ANOVA (DC vs EL)	86
Tabela 24: Resultado ANOVA (DC)	87
Tabela 25: Resultado da ANOVA (EL)	88
Tabela 26: Resultado ANOVA (DC vs EL)	89
Tabela 27: Resultado ANOVA (DC)	90
Tabela 28: Resultado da ANOVA (EL)	90
Tabela 29: Resultado ANOVA (DC vs EL)	91
Tabela 30: Resultado ANOVA (DC)	92
Tabela 31: Resultado da ANOVA (EL)	92

1. Introdução

O solo é um dos recursos naturais mais importantes do planeta, sendo responsável por uma ampla gama de funções-chave, como a produção de alimentos, a conservação da matéria orgânica, da água e dos nutrientes, além de ser um habitat para uma grande variedade de organismos e registrar a atividade humana passada (Morgan, 2005). No entanto, a erosão é uma ameaça significativa ao recurso solo em todo o mundo, e em Portugal, particularmente nas regiões do Norte, as condições topográficas favoráveis tornam o solo especialmente vulneráveis a essa ameaça (Figueiredo, 2013; Fonseca et al., 2012). Para além disso, as práticas culturais também podem contribuir para a erosão do solo, especialmente em solos pedregosos e delgados, onde a erosão é mais evidente.

Nesse contexto específico do Nordeste de Portugal, a olivicultura desponta como um elemento crucial para a região. A azeitona não apenas contribui para a economia local, mas também desempenha um papel significativo na dinâmica do solo. É importante considerar que os solos das áreas olivícolas são particularmente suscetíveis à erosão, especialmente devido às condições topográficas envolvidas no Norte do país. Segundo Cerdan et al. (2010) essas áreas apresentam uma média de erosão, medida numa escala de parcela de campo, de $1.7 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para vinhas.

Contudo, é importante ressaltar que, de acordo com Gómez et al. (2014), no seu estudo no sul de Espanha, onde estimativas baseadas na Equação Universal Revisada de Perda de Solo (RUSLE) adaptada para olivais, previram taxas de erosão superiores a $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esses valores são além da tolerância à perda de solo e indicam a necessidade premente de implementar estratégias de gestão de solo para mitigar os riscos associados à olivicultura na região.

Ao explorar as características específicas da olivicultura, é essencial destacar a entrelinha de plantação no olival como uma zona mais exposta à erosão. Nesse contexto, as práticas culturais desempenham um papel crucial (Cerdan et al., 2010). Em solos pedregosos e delgados, onde a erosão é mais evidente, a gestão adequada do solo torna-se imperativa para garantir a sustentabilidade da olivicultura na região.

Neste sentido, a necessidade de proteger os solos dos olivais é evidente, e isso pode ser realizado através da implementação de práticas de gestão do solo com base na manutenção da vegetação herbácea na entrelinha. Essa estratégia não apenas atenua os riscos de erosão, mas também contribui para a preservação da biodiversidade local.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo analisar os atributos físicos dos solos sob o efeito de diferentes práticas culturais utilizadas na região Norte de Portugal, a fim de identificar estratégias eficazes para reduzir a erosão do solo.

Para cumprir este objetivo, foi acompanhado e um ensaio experimental de campo em olival situado em Suções, Mirandela, que constituiu a área de estudo para a avaliação de propriedades e processos físicos do solo submetido a práticas de gestão do solo. Compararam-se parcelas mobilizadas e não mobilizadas, dentro das quais se compararam ainda parcelas semeadas e não semeadas com vegetação herbácea. A avaliação das propriedades físicas do solo foi realizada em laboratório em amostras colhidas na área de estudo.

O presente trabalho está organizado em seis capítulos, os quais são especificamente descritos a seguir:

I. Introdução:

- Apresenta uma visão geral das problemáticas abordadas no estudo e delinea os objetivos da pesquisa.

II. Revisão Bibliográfica:

- Explora fontes de informação e conhecimento relacionadas aos principais elementos do problema em estudo, oferecendo uma base teórica sólida.

III. Matérias e Métodos:

- Detalha minuciosamente as metodologias empregadas neste estudo, proporcionando uma compreensão clara dos processos utilizados na pesquisa.

IV. Resultados e Discussão:

- Apresenta e analisa os resultados do trabalho experimental e laboratorial, proporcionando uma abordagem crítica para uma compreensão mais profunda dos dados obtidos.

V. Conclusões:

- Destaca os resultados mais revelantes e conclusivos do trabalho, consolidando as descobertas ressaltando sua importância.

VI. Referencia:

- Lista todas as referências mencionadas ao longo do texto, fornecida aos leitores uma fonte para explorar.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A cultura de oliveira

2.1.1. Origem, propagação e efeitos benéficos da oliveira

A oliveira (*Olea europaea*) é uma árvore antiga cuja utilização pelo homem é registada há milhares de anos. As primeiras evidências de domesticação datam de 7000 anos antes do presente, no vale do Jordão, no território atual de Israel (Langgut & Garfinkel, 2022).

Diversas civilizações antigas reconhecem a importância da oliveira e suas propriedades benéficas, no Antigo Egito, por exemplos, a oliveira já era cultivada há mais de quatro mil anos e era conhecida como “Tat” na VII dinastia. Na Grécia, Homero já citava o cultivo da oliveira em suas obras. Na Síria, desde o III milénio a.c., produzia-se óleo a partir de azeitonas.

Na Bíblia, a oliveira é mencionada diversas vezes, sendo mais cultivada na Palestina do que a videira e a figueira, designando a Terra Prometida como o país das oliveiras. Um fato curioso é que, quando a pomba enviada por Noé retornou à arca, ela trouxe consigo um ramo de oliveira, anunciador da misericórdia divina.

Com o passar dos anos, a cultura da oliveira se espalhou por diversas regiões do mundo, graças às conquistas e trocas comerciais. Hoje, a oliveira é amplamente cultivada em países como Itália, Tunísia, Argélia, Marrocos, sul da França e Península Ibérica, entre outros.

Ao analisarmos a origem e a propagação da oliveira, podemos compreender melhor sua importância cultural, histórica e ecológica, assim como os efeitos benéficos que sua presença traz para o meio ambiente.

Segundo Monteiro (1999), o notável desenvolvimento da cultura da oliveira deu-se nos finais do séc. II e início do séc. III. No séc. XVI formam primeiramente as caravelas espanholas que levaram a oliveira para o Novo Mundo e depois de 1560 já se encontrava no México, Califórnia, Chile, Argentina, Peru e Antilhas. Nos dias de hoje, podemos encontrar oliveiras na África do Sul, Austrália e Japão.

As propriedades nutricionais e benefícios para a saúde do azeite são variados, destacando-se:

- a) Sua riqueza em vitaminas A, D e E;

- b) Regulador da atividade sanguínea e ser bem tolerado em caso de doença do aparelho circulatório;
- c) Tem efeitos benéficos nas doenças cardíacas, evita a arteriosclerose;
- d) Tem ação preventiva contra cancro devido aos antioxidantes e a vitamina E;
- e) Pode reduzir as necessidades de insulina fazendo com que seja bem tolerado pelos diabéticos;
- f) Tem influência significativa no desenvolvimento ósseo e sistema nervoso (por isso pode ser consumido pelas mães durante a amamentação);

2.1.2. Enquadramento taxonómico e aspeto botânicos

A oliveira cultivada é uma oleácea, uma família com cerca de 700 espécies distribuídas por 28 géneros botânicos (Dupin et al., 2020). Na revisão de Green (2002) são reconhecidas 32 espécies âmbito do género *Olea*. A *Olea europaea* é a única espécie da família com frutos comestíveis; atualmente é em dividida em sete subespécies, uma das quais a *O. europaea* subsp. *europaea*, a oliveira cultivada (Julca et al., 2023). Os indivíduos indígenas ou assilvestrados ocorrentes em Portugal são enquadrados na subsp. *sylvestris*. Um resumo da taxonomia oliveira está explicitado na tabela 1.

Tabela 1- Descrição botânica da oliveira (Bacelar et al., 2009)

Divisão	Spermatophyta
Subdivisão	Magnoliophytina (Angiosperne)
Classe	Magnoliopsida (Dicotyledoneae)
Ordem	Lamiales
Família	Oleaceae
Género	<i>Olea</i>
Espécies	<i>Olea europea</i> L.

2.1.3. Descrição botânica da oliveira

São árvores baixas de tronco retorcido de grande longevidade e com crescimento lento, normalmente. O tamanho da oliveira cultivada é mediano, oscilando entre os 4 e os 8 m de altura, podendo ter as mais antigas com mais de 15 ou 20 m de alturas com o

tronco de 1,5 a 2 m de diâmetro (Bacelar et al., 2009). É uma árvore de folha persistente com disposição oposta nos ramos, simples, inteiras, sem estímulas e com o pecíolo curto. As folhas podem variar na forma e nas dimensões de acordo com a variedade, podendo ser lanceoladas, elípticas, pequena, medias, grandes, curtas e largas, curtas e estreitas, largas e estreitas. Flores radiadas e tetrâmeras, com estames em número de dois, ovário súpero dicarpelar e sincárpico, seu fruto é uma drupa com pericarpo rico em lípidos.

O desenvolvimento do sistema radicular é determinado fundamentalmente pela sua origem (estaca ou semente) tanto como pelas características físico-químicas do solo.

Quando a oliveira resulta de uma semente temos uma raiz principal, que são chamadas de “gavião” ou raiz mestre que vai dominar o sistema radicular nos primeiros anos, sem que ocorra a formação de raízes lateais, enquanto que as que foram produzidas por via de enraizamento de estacas, o que sucede com a maioria das oliveiras comerciais, desenvolvem-se na zona basal da estaca, múltiplas raízes adventícias que se comportam como raízes principais múltiplas na planta (Bacelar et al., 2009). Normalmente a maior parte de sistema radicular da oliveira estende-se dos 15 ou 20 cm até 80 cm de profundidade.

O desenvolvimento das raízes é influenciado pela prática cultural nomeadamente a manutenção do solo “sem mobilização”. O sistema radicular desenvolve-se também de acordo com a disponibilidade de água: quando é baixa, as raízes das oliveiras aprofundam-se mais, na busca pela água nas camadas mais profundas do solo e quando é alta as raízes aprofundam menos.

2.1.4. Troncos, ramos frutíferos e não frutíferos

De acordo com Bacelar et al., (2009) é comum que o tronco da oliveira seja grosso e tortuoso, com uma casca cinzenta ou verde acinzentada. Ele pode ser distinguido em duas partes, sendo a inferior mais grossa, ao nível do solo, e a superior que parte do tronco e se subdivide em ramos. Os ramos principais são responsáveis pela formação da estrutura principal das árvores, enquanto a ramificação secundária se desenvolve sobre a principal e forma a copa, originando ramos com flores e frutos.

É importante notar que os ramos frutíferos nas oliveiras são aqueles que se desenvolveram entre a Primavera e o Outono do ano precedente, apresentando flores e, posteriormente, frutos. Além disso, é comum que as oliveiras tenham um crescimento lento e que suas raízes sejam profundas e espalhadas. Isso permite que a árvore seja

resistente à seca e capaz de extrair nutrientes do solo de forma eficiente, resultando em azeitonas saborosas e de alta qualidade.

2.1.5. Inflorescência, flores e frutos

De acordo com Bacelar et al., (2009), as oliveiras apresentam um florescimento que varia de acordo com a região, geralmente ocorrendo entre o fim de abril e o princípio de junho. As inflorescências surgem nas axilas dos nós de crescimento vegetativo do ano anterior à floração e apresentam um eixo central com ramificações que também podem ser ramificadas. As inflorescências apresentam dois tipos de flores: as hermafroditas ou bissexuais, formadas por estames e pestilos bem desenvolvidos, e as estaminíferas ou masculinas, que apresentam um ovário rudimentar ou ausente e, portanto, não podem dar origem ao fruto.

As flores das oliveiras são pequenas, actinomorfas, com simetria regular e composta por quatro sépalas, quatro pétalas, dois estames e um pistilo. Após a polinização, o fruto se desenvolve e se transforma em uma drupa de mesocarpo carnudo ou polpa, rica em lipídios. A drupa apresenta um pericarpo ou pele que, durante a maturação, passa de uma cor verde pálida para uma cor violeta ou roxa e, em seguida, para uma cor negra.

É interessante observar que o processo de maturação do fruto pode variar de acordo com a variedade da oliveira, com alguns frutos permanecendo verdes mesmo quando maduros. Além, disso, a colheita das azeitonas pode ocorrer em diferentes momentos, dependendo da finalidade da produção, podendo ser realizada tanto manualmente quanto com o auxílio de máquinas específicas (Bacelar et al., 2009).

2.2. Importância do olival em Trás-os-Montes

A produção de azeite em Portugal, e em particular na região de Trás-os-Montes, tem vindo a evoluir ao longo dos anos. A olivicultura é uma cultura que tem uma forte tradição nesta região, remontando ao século XVI, e que tem vindo a ganhar cada vez mais importância na economia local. O olival representa cerca de 27,6% da superfície agrícola utilizável em Trás-os-Montes, com uma área total de 73.500 hectares (Figueiredo et al., 2002). Em Trás-os-Montes segundo, Campos et al., (2022), é a segunda maior região produtora de azeite em Portugal, o olival tradicional constitui o principal sistema de

produção, sendo que os pomares tradicionais, com mais de 50 anos, têm em média 120 árvores por hectare, enquanto os olivais mais recentes apresentam uma densidade média de 200 árvores por hectare. As variedades de azeitona mais importantes nesta região são a "Cobrançosa", a "Madural" e a "Verdeal" (Figueiredo et al., (s.d.).

A produção de azeite em Portugal tem passado por diversas transformações nas últimas décadas. Inicialmente, o aumento do consumo de outros óleos vegetais e o êxodo rural levaram a uma diminuição da área do olival, o que obrigou os produtores a apostar na mecanização. A partir dos anos 90, a ciência e a Organização Mundial da Saúde destacaram a importância do azeite como um componente nutritivo e saudável, o que levou a um aumento da procura e, conseqüentemente, da produção e das áreas de cultivo.

Para além disso, surgiram as certificações DOP - Denominação de Origem Protegida, com o objetivo de proteger e diferenciar a exclusividade dos azeites com base nas suas características únicas, adquiridas graças à sua localização, solo e clima únicos. Atualmente, existem seis origens protegidas (DOP) para a produção de azeite em Portugal: "Azeite de Moura", "Azeite de Trás-os-Montes", "Azeite da Beira Interior", "Azeite do Norte Alentejano", "Azeite do Ribatejo" e "Azeite do Alentejo Interior".

Com o objetivo de maximizar o rendimento por hectare e minimizar a necessidade de mão-de-obra, surgiram novos olivais designados como intensivos. Estes olivais são caracterizados pela elevada densidade de plantação e pela mecanização de grande parte das operações, tais como a poda e a colheita. O olival intensivo concentra-se sobretudo na região do Alentejo, em municípios como Beja, Serpa, Moura, Avis, Vidigueira e Aljustrel (Reis, 2014).

Em resumo, a produção de azeite em Portugal e em Trás-os-Montes é uma cultura tradicional com grande importância económica na região. A olivicultura tem passado por diversas transformações ao longo dos anos.

2.3. Solos de Trás-os-Montes e solos dos olivais de Trás-os-Montes

O solo é um recurso natural indispensável para a vida terrestre, uma vez que serve como substrato básico para o crescimento das plantas e atividade microbiana. Além disso, o solo é um recurso natural essencial para a produção de alimentos e para a manutenção da biodiversidade. De fato, o solo desempenha um papel fundamental na regulação do ciclo hidrológico e na mitigação das mudanças climáticas. Além disso, o solo é um elemento vital para a manutenção das paisagens culturais (Figueiredo, 2013).

No entanto, apesar de sua importância, o solo é um recurso não renovável em escala de tempo humano, e sua degradação é um problema crítico e urgente, uma vez que pode por em causa a fertilidade do solo e a produtividade das terras agrícolas (Santos et al., 2023). A conservação do solo é, portanto, uma necessidade vital, e é fundamental entender as características e propriedades dos solos de cada região, a fim de identificar a potencialidade, limitações e riscos associados (Figueiredo, 2013).

Na região de Trás-os-Montes, em Portugal, a maioria dos solos é pouco profunda, ácida e pobre em matéria orgânica, cobrindo predominantemente encostas íngremes, com textura média e argiloso (Figueiredo et al., 2002). Essas características tornam os solos suscetíveis à erosão, um processo que pode ter consequências graves na qualidade do solo, na perda de nutrientes e na degradação dos ecossistemas locais. De fato, os olivais são uma cultura importante na região, mas a maior parte deles está localizada em áreas de risco de erosão potencial (Figueiredo et al., 2015)

Portanto, é essencial adotar técnicas de conservação do solo adequadas a cada localidade, a fim de reduzir a erosão e proteger a produtividade da terra. Essas técnicas podem incluir a construção de terraços, a plantação de cobertura vegetal, o uso de práticas agrícolas conservacionistas e outras medidas de conservação do solo (Figueiredo et al., 2015).

Em suma, o conhecimento dos solos é um elemento essencial para a gestão sustentável dos recursos naturais da região de Trás-os-Montes. Ele permite a identificação de potencialidades, limitações e riscos associados à produção agrícola e à preservação da biodiversidade e dos ecossistemas locais. Segundo Figueiredo et al., (2015) a conservação do solo é uma tarefa coletiva e de responsabilidade de todos, uma vez que o solo é um recurso valioso e finito que precisa ser protegido para garantir um futuro sustentável para a região e para o planeta como um todo.

2.4. Manutenção do solo

Na região de Trás-os-Montes, a maioria dos solos é pouco profunda, ácida e pobre em matéria orgânica, cobrindo predominantemente encostas íngremes, com textura média e argilosa (Rodrigues et al., 2009). A maior parte dos olivais está localizada em áreas de risco de erosão potencial, o que torna indispensável o uso de técnicas de conservação do solo adaptadas a cada local, com o objetivo de reduzir a erosão.

Em ambientes mediterrâneos, como é o caso dessa região, a produtividade do olival cultivado em sequeiro é limitada pelo estresse hídrico estival causado pela longa estação quente e seca (Rodrigues et al., 2009). Por isso, a gestão do coberto vegetal herbáceo deve procurar minimizar a competição pela água e nutrientes, ao mesmo tempo em que protege o solo, especialmente da erosão hídrica (Rodrigues, 2013). Existem várias formas de manutenção do solo, tais como mobilização do solo, uso de herbicidas, gestão da vegetação por corte, destroçamento ou pastoreio. É importante escolher a técnica adequada para cada situação, considerando-se as condições do solo e do clima.

2.5.Mobilização do solo

A mobilização do solo é uma prática agrícola antiga que tem sido amplamente utilizada na preparação do solo para plantio, na cobertura das sementes e no controle de ervas daninhas (Rodrigues & Correia, 2009). Em olivais tradicionais conduzidos em sequeiro, a mobilização do solo é realizada principalmente para eliminar a vegetação herbácea que compete com as oliveiras por água e nutrientes (Arrobas et al., 2011). Além disso, a mobilização do solo ajuda a incorporar esterco e outro fertilizante no solo, o que pode melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade das oliveiras.

No entanto, é importante notar que a mobilização do solo também pode ter alguns efeitos negativos no solo e nas oliveiras. A passagem do escarificador pode danificar o sistema radicular das árvores, especialmente em solos com pouca espessura (Arrobas et al., 2011). Também, a mobilização do solo pode torna-lo mais vulneráveis à erosão, o que pode levar à perda de fertilidade do solo e a outros impactos ambientais negativos (Barros, 2020; Rodrigues et al., 2009).

Desta forma, é importante realizar a mobilização do solo com cuidado e seguindo algumas boas práticas. Segundo Alcobia & Ribeiro (2001), as mobilizações devem ser realizadas seguindo as curvas de nível do terreno, com especial atenção às áreas onde os riscos de erosão são maiores. Além disso, é recomendável realizar a mobilização do solo com a menor intensidade possível e reduzir ao máximo a mistura das diferentes camadas do solo, realizando a mobilização apenas nas camadas mais profundas quando necessário para descompactar.

Também é importante escolher a época certa do ano para realizar a mobilização do solo. As mobilizações devem ser realizadas em épocas do ano em que as perdas de água

e os danos para a oliveira sejam mínimos, como no final do inverno (quando o solo não está encharcado) e no final do verão.

Alem disso, com o aumento da temperatura global, é necessário considerar os impactos da mobilização do solo na mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Segundo Rodrigues et al., (2009), o aquecimento global pode aumentar a vulnerabilidade do solo à erosão, o que torna ainda mais importante a adoção de práticas de manejo do solo que minimizem os efeitos negativos no ambiente. A incorporação de cobertura vegetal permanente pode ser uma alternativa interessante, pois protege o solo da erosão (Rodrigues et al., 2009; Arrobas et al., 2011).



Figura 1: Mobilização solo

Fonte: Adaptado de “Processos de Degradação do Solo – Medidas de Prevenção”, J. Casimiro Martins e Rui Fernandes, INIAV, I.P. 2017.

2.6. Utilização de herbicidas

Com o passar do tempo, a mobilização do solo deixou de ser a única opção para controlar o crescimento de plantas invasoras e viabilizar a produção de azeitonas (Rodrigues, 2013). Com o avanço do conhecimento, novas alternativas foram disponibilizadas e precisam ser consideradas. Nesse sentido, os herbicidas surgiram como uma opção na agricultura moderna, tendo como objetivo principal combater as infestantes no campo de cultivo (Rodrigues & Cabanas, 2009).

Segundo Arrobas et al.,(2011), o uso de herbicidas exige um conhecimento mínimo sobre a infestante a ser controlada, bem como sobre os tipos de herbicidas existentes no mercado e as substâncias ativas mais adequadas para controlar a infestante presente no

olival. É importante também saber qual é a melhor época de aplicação para garantir a eficácia da ação.

O solo dos olivais pode ser mantido nu, livre de infestantes durante todo o ano, ou, em alternativa, pode-se manter sob uma cobertura vegetal permanente. Se o objetivo é deixar o solo nu, sem vegetação, aplicam-se herbicidas durante o período de Outono/Inverno, que impedem a emergência das infestantes. Por outro lado, se o objetivo for deixar o solo com uma cobertura permanente, permite-se o desenvolvimento da vegetação durante o mesmo período.

Manter a vegetação no solo apresenta inúmeras vantagens. Conforme afirma Rodrigues & Correia (2009), a vegetação pode ser viva ou morta, mas em ambos os casos, é eficaz na redução da erosão hídrica, uma vez que dificulta o escoamento superficial da água, apoia a infiltração e impede que o solo seja arrastado. É importante ressaltar que o solo vulnerável à erosão pode levar à perda de fertilidade dos campos de cultivo, bem como impactos ambientais nos cursos de água e nas albufeiras a jusante (Barros, 2020).

Atualmente, estão autorizadas para uso em olivais várias substâncias herbicidas. Cada herbicida apresenta um conjunto de características próprias que o demarcam dos restantes. Assim, não é suficiente apenas decidir aplicar um herbicida. É preciso avaliar qual herbicida usar, o melhor momento e quais as condições de aplicação mais adequadas. É fundamental certificar-se de que o herbicida adquirido faz exatamente aquilo que se tem em mente (Arrobas et al., 2011) e ter a noção que quando utilizado estamos a aumentar a probabilidade dos gases de efeito de estufa (GEE), (dióxido de carbono, metano e outros), contribuindo para o aumento da temperatura, pois estas aumentam o risco de erosão, e danificam mais a microflora e microfauna, interna do solo (Malheiro 2021).

2.6.1. Herbicidas com componente de ação residual

O uso de herbicidas com componente de ação residual é uma forma de manter a superfície do solo permanentemente nua durante todo o ano, pois estes são aplicados em pré-emergência. Na bacia mediterrânica, durante muitos anos, a simazina foi utilizada como principal herbicida residual. Entretanto, essa substância foi abandonada devido à dificuldade de controle de algumas infestantes e aos problemas ambientais decorrentes do seu uso (Arrobas et al., 2011).

Atualmente, o uso de herbicidas que contenham apenas componentes de ação residual não é muito comum. Em geral, os herbicidas mais utilizados são aqueles que associam componentes de ação residual com um componente de aplicação pós-emergência, a fim de prevenir emergências futuras de infestantes. Dessa forma, é importante avaliar as opções disponíveis no mercado e escolher o herbicida mais adequado para cada situação, levando em consideração não apenas a sua eficácia no controle das infestantes, mas também seus possíveis impactos ambientais.



Figura 2: Solo gerido com herbicida de ação residual e de pós-emergência

Fonte: Adaptado de “Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica”,
Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A., 2011.

A utilização de herbicidas de ação residual, em combinação com um componente pós-emergência, é uma técnica eficaz para controlar a vegetação em campos de cultivo, porém, é importante ressaltar que essa prática pode levar à vulnerabilidade do solo à erosão, uma vez que mantém a superfície do solo constantemente nua (Pastor et al., 2001). Além disso, essa técnica não contribui para o aumento da matéria orgânica no solo, mas não danifica o sistema radicular das plantas, permitindo uma maior produção em comparação com olivais mobilizados (Rodrigues et al., 2011).

2.6.2. Herbicidas pós-emergência

Herbicidas pós-emergência surgem como uma escolha comum na gestão de solos em olivais. Geralmente contendo substância ativas não seletivas, como glifosato, esses herbicidas são eficazes na erradicação tanto de espécies anuais quanto perenes com mecanismo de multiplicação vegetativa (Abreu et al., 2015; Arrobas et al., 2011). Em contraste com os herbicidas de ação residual, os pós-emergência não deixam efeitos

duradouros no solo, permitindo a manutenção da cobertura vegetal durante o outono/inverno e com “mulching” “vegetação morta” após a aplicação do herbicida no período primavera/verão.



Figura 3: A) Aspetto de um olival no início da Primavera e B) um mês após a aplicação de um herbicida pós-emergência.

Fonte: Adaptado de “Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica”, Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A., 2011.

2.7. Vegetação gerida por corte

De acordo com Barros (2020), a presença de vegetação no solo é considerada positiva. O controle da cobertura vegetal viva na entrelinha do olival é, sem sombra de dúvidas, o sistema mais eficaz para reduzir significativamente sua erosão (Alcobia & Ribeiro, 2001) e melhorar a estrutura do solo, aumentando a matéria orgânica, dentre outros benefícios (Margarida et al., 2011). O solo dos olivais pode ser mantido sem mobilização e sem aplicação de herbicidas, sendo que o controle da vegetação é por corte com capinadeiras ou destroçadores (Osbone et al., 2004; Pisante et al., 2004).

Esta prática permite prevenir a erosão, mantendo o solo coberto ao longo do ano. A maior tolerância com o desenvolvimento da vegetação herbácea e a não mobilização do solo permitem que o teor de matéria orgânica aumente (Osbone et al., 2004; Pisante et al., 2004). No entanto, essa prática não elimina completamente a vegetação, podendo haver recrescimento e continuação do coberto a transpirar água. Esse aspecto faz com que este sistema de manutenção do solo origine menores produções quando comparado ao uso de herbicidas pós-emergência (Montemurro et al., 2002).

A vegetação no solo contribui para prevenir a erosão, reduzindo o impacto das gotas das chuvas e aumentando o teor de matéria orgânica, que atua na estabilização dos agregados de solo, melhorando a porosidade e a infiltração, além de reduzir o escoamento (Alcobia & Ribeiro, 2001). Essa prática de gestão por corte é muito utilizada em olivais

biológicos, onde as mobilizações não são recomendadas e o uso de herbicidas não é permitido.

No entanto, a cobertura vegetal pode ter um efeito negativo, que é a competição pela água, principalmente em olivais de sequeiro (Barros, 2020).

Com essa prática, é possível manter a vegetação na entrelinha do olival, protegendo o solo da erosão e aumentando o seu teor de matéria orgânica, além de contribuir para a biodiversidade local. No entanto, é importante considerar as limitações dessa técnica, principalmente em relação à competição pela água em olivais de sequeiro.



Figura 4: Olival com vegetação

Fonte: Adaptado de “Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica”, Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A., 2011.

Com base em estudos recentes, é possível afirmar que a cobertura vegetal em olivais pode ser constituída por espécies espontâneas ou espécies semeadas (Rodrigues & Arrobas, 2018). As espécies espontâneas apresentam a vantagem de não ter custos na compra das sementes e na sementeira, o que reduz os custos para o agricultor. No entanto, devido à grande diversidade de espécies com ciclos diferentes, a cobertura espontânea pode ser irregular e de difícil na sua gestão. Além disso, as espécies com ciclos mais longos competem com a cultura por nutrientes e água.

Para contornar esses problemas, podem-se semear leguminosas pratenses de ressementeira natural e ciclo curto como alternativa à manutenção da vegetação herbácea natural (Arrobas et al., 2011).

As espécies de ciclo curto apresentam vantagens relativamente à vegetação natural, na medida em que transpiram menos água no fim da Primavera (Arrobas et al., 2011).

Segundo Rodrigues & Arrobas (2018), estudos recentes mostraram que as leguminosas melhoram a fertilidade do solo e o seu estado nutricional das árvores, além de aumentar a produção de azeitona em olivais de sequeiro.

A gestão da vegetação espontânea por meio de cortes tende a favorecer o domínio de espécies perenes, as quais demonstram uma adaptação eficaz a esse método de gestão de solo. No entanto, a competitividade dessas espécies por recursos pode gerar efeitos negativos.

Esse impacto adverso pode ser atenuado pela implementação de estratégias como cortes frequentes na primavera ou pelo corte do material em estágios avançados, depositando-o superficialmente no solo para criar um efeito de “mulching”. Essa prática inibe o crescimento de plantas indesejadas, evitando assim a manipulação da cobertura vegetal (Barros, 2020).

Em consonância, Resende et al., (2004) concluíram, em seu estudo, que a aplicação de cobertura morta não representa apenas uma prática vantajosa para o cultivo de verão da cenoura. Essa técnica melhora as características hidrotérmicas do solo e reduz a incidência de plantas invasoras, entre outros benefícios.

Por outro lado, a cobertura vegetal semeada permite que seja dominada por espécies a que se reconhecem vantagem, como as leguminosas de ciclo curto que transpiram menos água no fim da Primavera e aumentam a fertilidade do solo através da simbiose que esta espécie estabelece com microrganismos capazes de fixar azoto e de o transferir para as plantas (Rodrigues et al., 2013).

As coberturas vegetais semeadas na região do mediterrâneo normalmente são constituídas por leguminosas, como os trevos subterrâneos de ciclo curto. Segundo Barros (2020), o trevo subterrâneo apresenta muitos benefícios, como por exemplo, enterrar as sementes, as quais irão germinar a seguir às primeiras chuvas de outono, ter um porte prostrado e raízes pouco profundas, fazendo uma boa cobertura do solo no inverno, produzir sementes até no máximo finais de maio, o que é importante uma vez que evita a competição com a cultura pela água, e ser capaz de fixar simbioticamente o azoto atmosférico.

Em olivais de regadio, é possível manter a cobertura até mais tarde na entrelinha, efetuando cortes com frequência e fertilização de manutenção. No entanto, em olivais de sequeiro, a gestão da cobertura vegetal é mais difícil, e requer cuidados específicos. É necessário selecionar espécies de cobertura que se adaptem bem às condições de sequeiro, e que apresentem um ciclo curto, para que não concorram com a cultura por água e

nutrientes. Além disso, é importante gerir a cobertura vegetal através de cortes regulares, de forma a controlar o seu crescimento e impedir que as espécies perenes dominem a vegetação.

Por conseguinte, a gestão da cobertura vegetal em olivais é um fator importante para garantir a sustentabilidade da produção e a preservação do solo e do ambiente. A utilização de coberturas vegetais é uma técnica eficaz para reduzir a erosão do solo, melhorar a fertilidade e a saúde do solo, reduzir a necessidade de fertilizantes químicos e herbicidas, e aumentar a biodiversidade. A escolha das espécies de cobertura deve ser feita com base nas condições climáticas e edáficas locais, e deve ter em conta os objetivos da gestão do olival. A gestão adequada da cobertura vegetal é uma prática sustentável que contribui para a conservação dos recursos naturais e para a melhoria da qualidade dos produtos agrícolas.



Figura 5: Coberto semeado com trevo subterrâneo de ciclo curto.

Fonte: Adaptado de “Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica”, Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A., 2011.

Com o objetivo de conservar o solo e evitar a erosão, é fundamental garantir a máxima infiltração de água no solo, evitando o escoamento superficial. Em solos agrícolas, as taxas de erosão são geralmente mais altas do que em condições naturais, uma vez que muitas vezes o homem permite o desenvolvimento de plantas de seu interesse, deixando o solo descoberto e também realizando práticas culturais que podem causar danos ao solo.

Para combater esse problema, é de extrema importância manter um coberto vegetal adequado, que é um fator crucial na redução da perda do solo (Petter, 1992). Além de proteger o solo contra a ação das gotas das chuvas, o coberto vegetal aumenta o grau de infiltração de água no solo, mantém a rugosidade da superfície do solo, reduz a velocidade do escoamento superficial, liga mecanicamente o solo e diminui flutuações microclimáticas nas camadas mais superficiais do solo (Petter, 1992).

A vegetação também melhora as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, como afirma Petter (1992). A presença de um coberto vegetal apropriado promove a formação de agregados estáveis no solo, o que aumenta sua resistência à erosão e à compactação, bem como promove a infiltração da água no solo, garantindo sua disponibilidade para as plantas. Além disso, segundo Figueiredo, Hernandez, Fonseca e Poesen (2018), a manutenção de coberto vegetal em áreas agrícolas é uma medida eficaz na prevenção da erosão, tendo sido verificado em simulações para a viticultura do Douro, Portugal. A presença de cobertura vegetal em áreas agrícolas pode contribuir significativamente para a conservação do solo e para a manutenção da produtividade agrícola. Para garantir a sustentabilidade da agricultura e a qualidade do solo ao longo do tempo, é essencial adotar práticas de conservação do solo, tais como o cultivo de plantas de coberturas e a manutenção de cobertura vegetal em áreas agrícolas. (Figueiredo et al., 2018; Petter, 1992).

2.8. Outros métodos de gestão da vegetação: O pastoreio e Calor

Além do uso de herbicidas, existem outras técnicas que podem ser utilizadas para o controle da vegetação em olivais. O pastoreio é uma dessas técnicas, principalmente em olivais tradicionais de sequeiro adultos, que são conduzidos com copas altas. Segundo Arrobas et al., (2011), o pastoreio é capaz de controlar a vegetação herbácea e, conseqüentemente, reduzir a competição pela água entre a vegetação herbácea e as árvores. No entanto, é importante destacar que a eficácia do pastoreio pode ser afetada pela falta de controle da vegetação herbácea pelos animais, especialmente no final da primavera, quando a vegetação se desenvolve com maior intensidade.



Figura 6: Coberto vegetal gerido com rebanho de ovelhas

Fonte: Google Imagem 2024, [link da imagem](#)

Outra técnica que pode ser utilizada para o controle da vegetação em olivais é o uso do calor. O calor pode ser produzido pela queima de gás propano, e os equipamentos mais comuns utilizam chama ou vapor de água a temperaturas elevadas. De acordo com Carmona et al., (2006), o uso de calor pode ser uma alternativa aos herbicidas, especialmente em áreas onde há risco elevado de contaminação ambiental pelo uso desses produtos, como em espaços públicos ou canais de rega. No entanto, é importante ressaltar que o uso do calor apresenta algumas limitações quando se trata de olivais. A eficácia do método é reduzida em relação às infestantes, principalmente em espécies perenes e em vegetações muito desenvolvidas. Além disso, o uso do calor é mais caro e demorado em comparação com o uso de herbicidas (Rodrigues & Correia 2009; Carmona et al., 2006).

Portanto, o uso de técnicas alternativas ao uso de herbicidas pode ser uma opção viável para o controle da vegetação em olivais, como o pastoreio e o uso do calor. No entanto, é importante considerar as limitações e desvantagens de cada método antes de decidir qual técnica utilizar.

2.9. Solos dos olivais de Trás-os-Montes

Os olivais são um elemento importante nas paisagens regionais e em alguns municípios podem chegar mais de 20% da área, os solos sob olivais são geralmente pouco profundos, ácidos e pobres em matérias orgânicas, cobrindo predominantemente encostas íngremes, esses solos também são de textura média e grave (Figueiredo et al., 2016; Alcobia & Ribeiro 2001)

A maioria dos solos sob oliveiras aparentemente não são adequados para agricultura. No entanto os olivais estão bem-adaptados às condições edafoclimáticas reais e os azeites regionais são de boa qualidade (Figueiredo et al., 2016). Em alguns casos em que os olivais estão sendo cultivados em encostas marginais e muitas íngremes, a erosão pode ser acelerada se não forem aplicadas técnicas de conservação adequadas como por exemplo criação de terraços em encostas íngremes a utilização da cobertura morta e alternância de culturas pode reduzir significativamente a erosão do solo.

2.10. Ameaças ao recurso solo em Trás-os-Montes: erosão e perda de matéria orgânica.

A região de Trás-os-Montes possui um grande número de olivais, que representam uma parte significativa da paisagem regional, com mais de 20% da área em alguns municípios. No entanto, esses olivais estão em risco devido à erosão e perda de matéria orgânica do solo. De acordo com Felícia et al., (2012), a maioria dos olivais em Trás-os-Montes ocupa áreas de risco de erosão potencial elevado a muito elevado, o que torna fundamental a aplicação de técnicas de conservação do solo para evitar a perda desse recurso valioso. A matéria orgânica do solo é uma componente chave no ecossistema, contribuindo para a nutrição das plantas e as propriedades biológicas, físico-químicas e de sustentabilidade agrícola do solo, a diminuição da qualidade e quantidade de matéria orgânica pode comprometer a produtividade agrícola e a segurança alimentar. A matéria orgânica do solo é composta por restos de plantas e outros seres vivos, parcial ou totalmente decompostos.

No olival convencional, os solos são mobilizados repetidamente, o que resulta em teores de matéria orgânica muito baixos (Arrobas & Rodrigues, 2002). O arejamento estimula a atividade dos microrganismos heterotróficos que mineralizam a matéria orgânica (Arrobas et al., 2011), o que pode levar à diminuição da fertilidade do solo. Por outro lado, as técnicas de mobilização reduzida ou nula envolvem diferentes estratégias de controle da vegetação herbácea, como o corte ou destroçamento na Primavera, ou como a monda química, que são limitadas no caso de olivais biológicos. Segundo Figueiredo et al.,(2016), essas técnicas apontam para menor risco de erosão nessas condições.

A gestão da vegetação herbácea complementar é crucial para o controle da erosão nos olivais, pois ajuda a proteger o solo em boa parte da área das parcelas (Figueiredo et al., 2016). A matéria orgânica também desempenha um papel importante na estruturação do solo, com um papel importante na criação e estabilização de agregados, tornando o solo mais poroso e permitindo uma melhor circulação de água, nutrientes e ar (Cerdeira & Robichaud, 2009). A matéria orgânica também regula o ciclo biogeoquímico de nutrientes e fornece a principal fonte de energia para os microrganismos do solo.

Nesse sentido, a ameaça à perda de solo e de matéria orgânica nos olivais de Trás-os-Montes destaca a necessidade de aplicação de técnicas de conservação do solo e de gestão da vegetação complementar para evitar a erosão e manter a fertilidade do solo.

2.11. Erosão

O reconhecimento de que os solos desempenham uma série de funções-chaves, incluindo a produção de alimentos, o armazenamento da matéria orgânica, da água, nutrientes, a provisão de um habitat para uma grande variedade de organismo e a preservação de um registro da atividade humana passada (Morgan, 2005) fez com que haja uma maior procura de estudo científico sobre a erosão e a conservação do solo. A união Europeia (EU) identifica a erosão como uma grande ameaça para os solos europeus (Tribunal de Contas Europeu, 2018).

A erosão juntamente com a diminuição das matérias orgânicas, a salinização, a compactação, a perda da biodiversidade, a impermeabilização, os deslizamentos de terras e as inundações foram identificados pela a Comissão Europeia como os oito principais tipos de degradação dos solos na união Europeia, e foi apresentada ao Parlamento, em 2002, como uma estratégica temática de proteção do solo (COM (2002)179), (Santos et al., 2020).

A erosão é um fenómeno natural, a nível mundial, que mais afeta os solos (Rocha, 2016), em razão de diversas ações antrópicas, vem sendo intensificado, o que pode afetar diretamente o meio ambiente: aumentar as taxas de perda de solo assim como reduzir a sua produtividade e a disponibilidade de água (Gomes et al., 2017; Wang et al., 2022).

A erosão dos solos assume várias formas, envolve diversos mecanismos, os quais comportam sempre dois processos:

1. Destacamento de partículas;
2. Transporte para local diferente do destacamento, aonde ocorre a deposição ou sedimentação daquelas partículas;

A erosão pode ser classificada em diferentes categorias, dependendo do fator que a inicia, podendo se destacar a ação do vento, a água, a gravidade e os uso da terra (Evelpidou et al., 2013).

Segundo Figueiredo (2007), a erosão pode classificar de acordo com o agente que a desencadeia:

1. Erosão hídrica- tento como agente a água da precipitação e do escoamento superficial;

2. Erosão eólica- devida à ação do vento, as partículas de dimensões entre o limo e a areia estão sujeitas a este tipo de erosão (Imeson & Curfs, 2014 citado por Rocha, 2016);
3. Erosão glacial- tanto como agente os glaciares;
4. Erosão marinha- devida à ação das ondas e das correntes marítimas sobre as zonas costeiras;
5. Erosão por ação da gravidade- traduzindo-se no destacamento e transporte de materiais, em partículas individuais ou em massa, ao longo de um declive, sem outra força motriz para além da gravidade;
6. Erosão antrópica (em sentido estrito) - cujo agente é o trabalho de máquinas sobre os terrenos, as quais levam a cabo a remoção e o transporte de materiais de um ponto para outro da paisagem.

A erosão hídrica é o processo geomórfico dominante para a maior parte da superfície terrestre. A sedimentação e a erosão hídrica incluem os processos de desprendimento, rastejamentos, transporte e deposição das partículas do solo (Evelpidou et al., 2013). As forças que determinam esses processos são: as tensões de cisalhamentos, que são ativadas com impactos das gotas de chuvas e o escoamento superficial.

As consequências dessas forças dão origem a erosão hídrica, que relaciona com a resistência do solo aos processos de desprendimentos (Evelpidou et al., 2013). Após a erosão hídrica, as partículas do solo se comportam como sedimentos, a deposição de sedimentos é a quantidade de material erodido, que se espalha em uma determinada área e pode ter início tanto nas secções erodidas de um talude (perda de solo) como em uma bacia de drenagem (produção de sedimentos) e o transporte desses sedimentos através do escoamento superficial igualmente está relacionada às tensões de cisalhamento aplicado no solo, tanto ao tamanho e à densidade das partículas sedimentares. Quando a quantidade de sedimentos disponível é maior que a capacidade de transferência há sedimentação, tendo um acúmulo de sedimentos na superfície do solo (Evelpidou et al., 2009).

As propriedades do solo pode determinar a vulnerabilidade de um solo à erosão, as forças aplicadas ao solo são afetadas pela a sua morfologia, pela vegetação, formação de superfície, pela presença de material biogénico e pelos usos de terra e que definem o grau de vulnerabilidade do solo à erosão. Evelpidou et al., (2009), fala dos principais fatores que controlam a erosão do solo são: clima, solo, morfologia, usos de terra, cobertura vegetal e o manejo do solo.

2.11.1. Efeito do Clima

O clima é um fator determinante na erosão do solo, afetando tanto diretamente quanto indiretamente as condições meteorológicas ao longo do tempo. A precipitação e sua intensidade são variáveis climáticas particularmente importantes que afetam o escoamento superficial, enquanto a vegetação tem um papel crucial na proteção do solo contra a erosão causada pelas forças das gotas de chuva e do escoamento superficial.

Além disso, a matéria orgânica e os produtos da decomposição também aumentam a resistência do solo à erosão. A precipitação, temperatura, evapotranspiração e humidade do solo são algumas das variáveis que afetam a biomassa e a decomposição dentro do perfil do solo, o que por sua vez afeta o crescimento e a decomposição da vegetação.

A erosão do solo é um processo complexo influenciado por diversos fatores, entre os quais os climáticos e biológicos. Como afirma Evelpidou et al., (2013), o clima pode influenciar diretamente ou indiretamente a erosão do solo, a precipitação, temperatura, a evapotranspiração e a humidade do solo são exemplos de fatores climáticos que têm impacto significativo na erosão do solo, esses fatores podem afetar a qualidade de água e sedimentos que se movem pelo solo e conseqüentemente, a taxa e intensidade da erosão.

2.11.2. Efeito das propriedades do Solo

Com base na composição do solo e suas propriedades, é possível compreender a importância do solo na manutenção da vida. A matéria orgânica presente no solo é uma componente chave, pois atua como fonte de nutrientes para as plantas, além de ser um importante componente para a formação da estrutura do solo (Neary et al., 2015, citado por Cavalli, 2017). Além disso, as propriedades do solo, tais como porosidade, densidade, capacidade de retenção de água e nutrientes, influenciam diretamente na sua capacidade produtiva (Lal., 1990).

Entretanto, apesar de sua importância, o solo é um recurso limitado e vulnerável, sujeito a diversos processos de degradação. A erosão do solo, por exemplo, é um processo natural que pode ser acelerado pelas atividades humanas, como a agricultura intensiva e a urbanização (Evelpidou et al., 2013).

O desmatamento, a compactação do solo, a salinização e a contaminação por produtos químicos são outras formas de degradação do solo que podem afetar negativamente sua qualidade e capacidade produtiva (FAO, 2015). Diante disso, é fundamental adotar

práticas sustentáveis de gestão do solo, como a conservação da matéria orgânica, a rotação de culturas, o uso de fertilizantes orgânicos, o controle de erosão e a gestão adequada de resíduos (FAO, 2015). Essas práticas contribuem para a melhoria da qualidade do solo e garantem sua capacidade produtiva a longo prazo, além de proteger o meio ambiente e promover a segurança alimentar.

Em resumo, compreender a importância do solo na manutenção da vida e adotar práticas sustentáveis de manejo é fundamental para garantir a sua preservação e sustentabilidade a longo prazo.

2.11.3. Efeito da Morfologia do Terreno

Morfologia refere-se à geometria da superfície da terra, como o comprimento do talude, a sua inclinação, a forma em corte e em planta são variáveis geométricas mais importante.

As formas mais comuns de taludes são:

- a) Formas côncavo-côncava (a);
- b) Formas côncavo-convexa (b);
- c) Formas côncavo-convexa (c);
- d) Formas convexa-convexa (d);

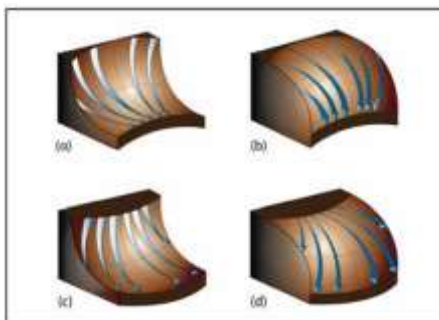


Figura 7: Várias formas de declives

Fonte: Adaptado de “Runoff erosion”, Evelpidou et al., 2013.

A erosão do solo é influenciada por vários fatores, incluindo a inclinação do terreno e a erosividade das chuvas. De acordo com Foster (1982 citado por Evelpidou et al., 2013), a inclinação do terreno tem uma relação linear com o aumento da erosão por escoamento superficial, sendo mais influente do que a erosão causada pelo impacto das gotas de chuvas. No entanto, outros estudos mostram que a erosividade das chuvas também desempenha um papel importante na erosão do solo, podendo ser afetada pela

intensidade, duração e distribuição da chuva. Portanto, é importante considerar múltiplos fatores ao avaliar a erosão do solo e desenvolver estratégias para mitigá-la.

2.11.4. Efeito do Uso da Terra

O termo "uso da terra" é amplamente utilizado para descrever a forma como a terra é utilizada e manejada pelos seres humanos (Evelpidou et al., 2013). Esse termo engloba tanto o uso geral da terra, como o uso específico, que pode incluir atividades como a agricultura, a pecuária, a mineração, entre outras. Além disso, o uso da terra também pode ser entendido como a forma como a vegetação e o solo são gerenciados. Nesse sentido, ele está relacionado à cobertura vegetal, à cobertura aplicada e ao nível de vegetação e a gestão do solo, juntamente com as práticas de apoio que são realizadas para controlar a erosão.

De acordo com Alcobia & Ribeiro (2001), o uso da cobertura vegetal é um dos fatores mais importantes no controle da erosão. Os autores destacam que o coberto vegetal espontâneo ou semeado é um processo mais eficaz no controle da erosão, uma vez que a vegetação tem a capacidade de reter e absorver a água da chuva, reduzindo a sua velocidade de escoamento sobre a superfície do solo. Dessa forma, a vegetação reduz a quantidade de sedimentos e materiais soltos carregados pela água, diminuindo os riscos de erosão.

Por outro lado, a ausência de vegetação em um solo facilita a rápida circulação de água não infiltrada na superfície, arrastando consigo partículas soltas ao longo do declive. Esse processo acelerado pode resultar em uma erosão significativa do solo, acarretando na perda de nutrientes essenciais para a manutenção de sua fertilidade. Portanto, é crucial considerar não apenas a finalidade geral da terra, mas também a implementação de práticas adequadas de gestão do solo, especialmente no que se refere à cobertura vegetal e a gestão específica do solo.

A adoção de técnicas seguidas, como a prevenção do ecossistema natural ou a implementação de sistemas agroflorestais, emerge como uma abordagem eficaz para mitigar a erosão do solo, garantindo, assim, a sustentabilidade no longo prazo do uso da terra.

2.11.5. Efeito da Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal é um dos principais mecanismos para a proteção do solo contra a erosão, uma vez que atua como uma barreira física para a ação direta da água da chuva e do vento na desagregação e transporte de partículas minerais. A presença de uma cobertura vegetal densa e extensa por unidade de solo resulta em uma significativa redução do escoamento superficial, já que as gotas de chuva que são bloqueadas pelas folhas das árvores escoam pela superfície das plantas e se movem em direção ao solo, sem causar erosão pelo impacto direto das gotas de chuva (Evelpidou et al., 2009). Quando essa água se torna parte do escoamento superficial, sua erosividade é reduzida devido ao tempo de deslocamento do ponto de obstrução até a superfície. Além disso, a cobertura vegetal contribui para a estabilização do solo, uma vez que as raízes das plantas formam uma malha tridimensional que aumenta a resistência à tração do solo e reduz a possibilidade de deslizamentos e desmoronamentos. Vários estudos comprovam que a cobertura vegetal pode reduzir a taxa de erosão até 90% (Lal 1990; Alcobia & Ribeiro, 2001; Labrière et al., 2015). Segundo Labrière et al., (2015) em uma revisão sistemática quantitativa, a cobertura vegetal reduziu cerca de 90% da erosão do solo em áreas de floresta tropical húmidas. Os autores também destacaram a importância da cobertura vegetal como uma medida eficaz de conservação do solo em regiões tropicais húmidas. Outra prática de proteção do solo é a cobertura morta ou "mulching", que consiste na aplicação de uma camada de restos vegetais secos na superfície do solo, como folhas, ramos, raízes, cascas de frutos, serragem de madeira, entre outros. Além de proteger o solo superficialmente contra o impacto direto das gotas de chuva, essa prática conserva a humidade do solo, reduz a incidência de plantas invasoras e favorece o desenvolvimento da macro e microbiologia do solo (Lal, 1990). O "mulching" também pode contribuir para o aumento da matéria orgânica do solo, o que pode melhorar a sua fertilidade e sua capacidade de retenção de água.

Em resumo, a cobertura vegetal e o "mulching" são práticas essenciais para a conservação do solo e a prevenção da erosão, além de contribuírem para a estabilidade e a fertilidade do solo.

2.12. Efeito erosão e medição da erosão

A erosão do solo é um fenômeno natural que pode ser agravada pela atividade humana, especialmente na agricultura. Inicialmente, a maior preocupação em relação à erosão era seu impacto na produção de alimentos, mas agora a erosão também está associada a outros impactos ambientais, como a redução do carbono, ao movimento do azoto e à remoção do fósforo nas formas solúveis e particuladas (Morgan, 2005).

Os efeitos locais são particularmente importantes em terras agrícolas, onde a perda do solo de um campo, a destruição de sua estrutura e a perda de matéria orgânica e nutrientes podem resultar em uma redução da profundidade do solo cultivável e declínio da fertilidade do solo. Em alguns casos, os agricultores podem usar fertilizantes como um meio para ultrapassar isso, mas em alguns casos, não compensa, e com isso, a erosão pode levar ao abandono de terras. É essencial adotar algumas práticas que ajudem na conservação do solo, e o objetivo da conservação do solo é reduzir a erosão a um nível em que o nível máximo sustentável de produção agrícola, pastoreio ou recreação possa ser obtido de uma área de terra sem danos ambientais (Morgan, 2005). Segundo Figueiredo et al., (2007), ao longo do tempo, os efeitos da erosão acentuam-se, aumentando os prejuízos quer para a produção agrícola e florestal, quer para as populações afetadas pelos sedimentos e pela água de má qualidade. As medições da erosão iniciaram efetivamente quando o fenômeno foi amplamente percebido como um problema de degradação do solo (Hudson, 1981, citado por Figueiredo et al., s.d.).

As principais metodologias de avaliação foram sedimentos lavados de parcelas de escoamento e carga de sedimentos em suspensão nos rios. Para mudar as condições de degradação do solo devido à erosão do escoamento superficial foram usadas as propriedades do solo, sendo observadas no campo ou em ambientes fechados, desenvolveram-se os simuladores de chuva com o intuito de compreender os processos de erosão, usando-os como uma ferramenta de teste. Mapeamento e erosão baseados em GIS modelos baseados em Sistema de Informação Geográfica, independentes ou acoplados, são usados para mapear, prever ou mesmo simular cenários futuros das condições de erosão e as taxas correspondentes (Figueiredo et al., s.d.). No entanto, segundo Figueiredo et al. (s.d.), não existe uma metodologia de medição de erosão normalizada, e há um amplo conjunto de métodos historicamente desenvolvidos. A medição da erosão é um processo complexo e pode envolver várias abordagens, dependendo das condições específicas do local e das questões de pesquisa. Portanto, é

importante que os pesquisadores considerem cuidadosamente as metodologias disponíveis e escolham a abordagem mais adequada para suas necessidades específicas.

Os princípios a serem seguidos de forma avaliar a erosão segundo Figueiredo (s.d.) são:

- I. Definir a unidade básica de medida de tempo e espaço de acordo com os requisitos de informação e viabilidade prática;
- II. Aceitar a abordagem da caixa preta para essas unidades e garantir que ela seja respeitada experimentalmente;
- III. Afastar qualquer desejo de extrapolar os resultados das medições para outros intervalos de tempo e escalas espaciais.

Para escolher qual método usar vai depender do objetivo prático a alcançar e o mais fácil aplicar.

2.12.1. Medições de Campos.

A quantificação das taxas de erosão é uma tarefa importante na gestão de solo, uma vez que permite avaliar o impacto da erosão do solo e identificar possíveis práticas de conservação para prevenir ou mitigar esse fenômeno. Para isso, existem três métodos principais para medir a erosão do solo que evoluíram ao longo do tempo, como descrito por Figueiredo (s.d.): os métodos que medem materialmente a exportação de solo de uma área conhecida por erosão de escoamento, os métodos que medem as mudanças topográficas associadas à erosão do escoamento e os métodos de avaliação dos fluxos de transferência de partículas por erosão de escoamento, utilizando traçadores de vários tipos.

Os métodos que medem materialmente a exportação de solo incluem coletores de respingos, armadilhas de sedimentos e parcelas de escoamento. Os coletores de respingos são dispositivos que capturam as gotículas de água da chuva que saltam de volta da superfície do solo após o impacto, permitindo estimar a quantidade de solo que foi erodido. As armadilhas de sedimentos são estruturas que interceptam a água de escoamento e retêm os sedimentos transportados, possibilitando a medição da quantidade de solo erodido por unidade de área. As parcelas de escoamento, por sua vez, são áreas de terreno com dimensões conhecidas em que se mede a quantidade de água de escoamento e o sedimento transportado.

Os métodos que medem as mudanças topográficas associadas à erosão do escoamento incluem pinos de erosão, levantamentos de micro-relevo baseados em benchmarks e volumes de riachos e voçorocas. Os pinos de erosão são marcadores cravados no solo para medir a taxa de avanço da linha de erosão. Os levantamentos de micro-relevo são feitos com a ajuda de um instrumento topográfico que permite medir as mudanças na elevação do solo em intervalos regulares, fornecendo informações sobre a taxa de erosão. Os volumes de riachos e voçorocas são estimados com base em medidas de fluxo de água em canais de drenagem e no uso de equações hidráulicas.

Por fim, os métodos de avaliação dos fluxos de transferência de partículas por erosão de escoamento, utilizando traçadores de vários tipos, incluem técnicas como a injeção de partículas marcadas com isótopos em canais de escoamento e a análise de imagens de satélite para estimar a quantidade de sedimento transportado.

De acordo com Figueiredo et al., (s.d.), os métodos mais indicados para medir as taxas de erosão são dispositivos de medição de respingos, armadilhas de sedimentos e parcelas de escoamento. Esses métodos são considerados os mais precisos e confiáveis, e são amplamente utilizados em estudos de erosão do solo. No entanto, é importante ressaltar que cada método tem suas limitações e que a escolha do método mais apropriado dependerá das condições específicas do local de estudo e dos objetivos da pesquisa. Além disso, a escolha do método de medição pode influenciar nos resultados e, portanto, deve ser cuidadosamente selecionado e justificado.

2.12.2. Dispositivos de medição de Respingos

Existem diversas maneiras de medir a erosão através de respingos, sendo uma delas a utilização de copos ou tábuas. De acordo com Morgan (2005, citado por Figueiredo, s.d.), os copos de respingos podem ser classificados em dois tipos: copos de fonte (recipiente de solo) e copos de pia (coletores de respingos). O copo de fonte é preenchido com solo de teste e exposto à chuva, enquanto o copo de pia coleta os respingos que caem em sua superfície. Para medir a erosão utilizando o copo de fonte, é necessário escolher um recipiente cilíndrico feito de metal, PVC ou vidro e preenchê-lo com solo de teste, compactando-o de forma uniforme. Em seguida, o recipiente é exposto à chuva e a perda de massa devido à remoção de respingos de partículas do solo é medida após cada chuva ou período de precipitação. O copo de pia, por sua vez, é colocado em uma posição horizontal e os respingos coletados em sua superfície são contados e pesados para estimar

a taxa de erosão. Apesar de ser um método simples e de baixo custo, a medição de erosão através de respingos pode apresentar algumas limitações, como a dificuldade em obter amostras representativas do solo em diferentes áreas e a possibilidade de influência da velocidade e direção do vento nas medições (Figueiredo, s.d.).

Contudo, em conjunto com outros métodos de medição, como as armadilhas de sedimentos e as parcelas de escoamento, a medição de erosão através de respingos pode fornecer informações valiosas sobre as taxas de erosão em uma determinada área de estudo.



Figura 8: Respingo instalado numa experiência de micro parcela ao ar livre

Fonte: Adaptado de “Runoff erosion”, Evelpidou et al., 2013.

2.12.3. Armadilhas de Sedimentos

As armadilhas de sedimentos são um método útil e amplamente utilizado para medir a erosão do solo em áreas naturais ou agrícolas. Esses dispositivos consistem em caixas ou estruturas enterradas que coletam o material erodido, como a água da chuva e o solo transportado pela água. De acordo com Figueiredo (s.d.), o modelo mais comum é o Gerlach, que tem uma calha ascendente que conduz o material erodido para dentro da caixa e uma tubulação de saída para drenar a caixa do excesso de água de escoamento. A calha é coberta para evitar a coleta de precipitação e possui uma grande inclinação interna para separar o material lavado grande (orgânico) do sedimentado (Coelho et al., 1990 citado por Figueiredo s.d.). O sedimento capturado é levado para a estufa, seco e pesado, e referido à área de contribuição do escoamento para expressar os resultados em massa de perda de solo por unidade de área.

Segundo Coelho et al., (1990 citado por Figueiredo s.d.), as armadilhas de sedimentos são particularmente úteis para estimar a erosão em áreas onde o solo é facilmente mobilizável e a fração orgânica é relativamente pequena.

Em tais áreas, a quantificação direta da erosão pode ser difícil ou impraticável. As armadilhas de sedimentos podem ser instaladas em áreas não delimitadas em declive ou em áreas delimitadas, como um caso especial de parcelas de erosão. À medida que a água

é desviada lateralmente ou ultrapassa a armadilha, os sedimentos acumulam-se na encosta acima. A estimativa de erosão é feita medindo-se a massa seca em estufa depositada removida em cada operação de coleta ou deposição de mudanças de volume, avaliadas por meio de mudanças na altura relativa das superfícies de deposição durante o período de observação. Embora as armadilhas de sedimentos sejam amplamente utilizadas, é importante ressaltar que sua aplicação pode ser limitada em áreas com alto fluxo de sedimentos ou em locais onde a deposição de sedimentos é muito variável. Além disso, a instalação e coleta de amostras devem ser cuidadosamente planejadas e executadas para garantir a precisão e confiabilidade dos resultados obtidos.

Em resumo, as armadilhas de sedimentos são um método eficaz e valioso para medir a erosão do solo em muitas áreas, especialmente em terrenos com cobertura vegetal densa ou solos mais resistentes à erosão. No entanto, a escolha de um método de medição da erosão deve levar em consideração as características do local e o objetivo da análise.



Figura 9: Um exemplo instalado em campo

Fonte: Fonte: Adaptado de “Runoff erosion”, Evelpidou et al., 2013.

2.12.4. Parcelas de erosão

As parcelas de escoamento ou erosão, é um método amplamente utilizado para medir o escoamento e a perda de solo de áreas afetadas pelo inter-ril (Roose, 1994; Lal, 1994; Morgan, 2005). Essas parcelas são áreas delimitadas com tamanho, forma e limites adequados ao propósito e meios disponíveis para executar medições, que correspondem a água de escoamento e solo lavado recolhido em dispositivos. As parcelas normalmente são retangulares, mas podem variar em forma e tamanho, e a escolha do tamanho da parcela depende do uso da terra local e das práticas de manejo que estão sendo monitoradas para avaliar a sua resposta à erosão (Vandaele et al., 1997).

Os tamanhos das parcelas são classificados em três categorias:

1. **Micro parcelas**, que têm menos de 5-4 m de comprimento;

2. **Meso-parcelas**, que têm de 5 a 50 m de comprimento;
3. **Macro parcelas**, que são maiores que 30 m

A coleta de escoamento e sedimentos pode ser feita com o uso de tanques conectados à calha a montante, instalados na borda frontal da parcela, por meio de um transportador, no qual o solo e a água resultantes de um evento erosivo serão armazenados.

A calha pode ser de PVC ou half-pipe de metal ou placa de metal no chão. Os transportadores podem ser parte das calhas (betão) ou instalados de forma independente por tudo rígido ou flexível. O procedimento de coleta geralmente envolve três etapas: medir o volume de água, amostrar os sedimentos em suspensão (para determinação da massa seca em estufa) e remover a carga do leito após a drenagem da maior parte da água de escoamento, determinando a massa seca em estufa da carga total do leito e amostragem para o conteúdo de água (Morgan, 2005). Para saber a perda total de solo em cada evento, é necessário somar a massa seca em estufa de sedimentos em suspensão (o produto do volume de escoamento pela concentração de sedimentos) com a massa em estufa de carga de leito, referindo-se à área da parcela (Roose, 1994).

Em resumo, as parcelas de erosão são uma ferramenta importante para avaliar a erosão do solo em diferentes tipos de áreas, e a escolha do tamanho e forma da parcela deve ser adaptada ao ambiente local e às práticas de manejo do solo. A coleta de dados por meio de tanques conectados à calha e a medição do volume de água são etapas cruciais na determinação da perda de solo em cada evento.



Figura 10: Foto do ensaio

2.13. Solos, Propriedades e Processos Físicos do Solo

O solo é um material natural que possui três fases: sólida, líquida e gasosa. A fase sólida é composta por material originário, como a rocha, e material orgânico, que é proveniente da decomposição de seres vivos. A fase líquida consiste na água ou na solução do solo, que inclui elementos orgânicos e inorgânicos em solução. Já a fase gasosa é composta por gases produzidos e consumidos pelas raízes das plantas e dos animais. Um solo ideal deve ser composto por aproximadamente 5% de matéria orgânica, 25% de água, 25% de ar e 45% de minerais (Silva et al., 2023). A propriedade física do solo é um fator importante para entender a erodibilidade dos solos e também influencia diretamente ou indiretamente no crescimento das plantas.

Existem formas diretas e indiretas pelas quais a propriedade física do solo afeta o crescimento das plantas. As formas diretas estão relacionadas com processos fisiológicos e bioquímicos que controlam o crescimento das plantas, a disponibilidade de água, a difusão de oxigênio no solo e a resistência do solo à penetração radicular (Letey, 1985, citado por Paulino, 2013). Por outro lado, as formas indiretas estão relacionadas com a densidade do solo, a condutividade hidráulica e a agregação (Gonçalves & Stape, 2002, citado por Paulino, 2013). Dentre elas, destacam-se a textura, a porosidade, a densidade real e aparente e a estabilidade dos agregados (Guerra & Botelho, 1996; Costa, 1999).

Portanto, é importante considerar a propriedade física do solo para entender a erodibilidade dos solos e também para melhorar o crescimento das plantas. A literatura científica tem apontado que existem diversas técnicas para melhorar a propriedade física do solo, como o uso de adubos orgânicos, o cultivo de plantas de cobertura, a aração e gradagem do solo, entre outras.

2.13.1. Textura

A textura do solo é um dos principais indicadores da qualidade do solo e tem grande importância na retenção e transporte de água, na estrutura do solo, nos teores de nutrientes e de matéria orgânica, além de afetar diretamente os processos erosivos. A textura é definida como a distribuição das frações granulométricas presentes no solo, que podem ser classificadas em diferentes categorias, como arenosos, argilosos, limosos e argiloarenosos, entre outros. De acordo com a Sociedade Internacional de Ciência do Solo, existem cinco frações de texturas, classificadas de acordo com o diâmetro das

partículas presentes no solo: pedras com diâmetro maior que 20 mm, cascalho com diâmetro de 20 a 2 mm, areia com diâmetro de 2 a 0.02 mm, limo com diâmetro menor que 0.002 mm e argila com diâmetro menor que 0.002 mm (Osman, 2013, citado por Rocha, 2016).

A proporção das frações granulométricas é determinante para a classificação do solo. Por exemplo, solos com mais de 30% de argila são considerados argilosos, enquanto solos com proporção superior a 85% de areia são classificados como arenosos. Quando a quantidade de argila é superior à areia e apresenta mais de 50% de limo, o solo é considerado franco (Lepsch, 1977; Costa, 1985; Cerqueira, 2001; Brady e Weil, 2013, citado por Rocha, 2016).

A textura do solo influencia diretamente a retenção e transporte de água no solo, já que as partículas maiores, como a areia, possuem diâmetros maiores e, portanto, apresentam maior resistência à ação da água (Guerra & Botelho 1996). Por outro lado, as partículas mais finas, como a área fina e o limo, são mais suscetíveis à erosão, pois não possuem muita coesão nem peso suficiente para resistir à ação da água (Farmer, 1973; De Ploey, 1985; Evans, 1990; Daniels e Hummer, 1992; Guerra, 1991^a, 1991^b, 1995^a, 1996 citado por Guerra & Botelho, 1996). As partículas de argila, especialmente quando combinadas com matéria orgânica, formam agregados estáveis que oferecem resistência à ação da água. Por isso, as argilas são importantes para a formação e manutenção da estrutura do solo, bem como para a conservação do solo, uma vez que ajudam a evitar a erosão (Guerra & Botelho, 1996).

Além disso, a textura do solo tem impacto direto no teor de nutrientes e de matéria orgânica, já que as partículas menores, como o limo, apresentam maior superfície específica e, portanto, maior capacidade de reter nutrientes e matéria orgânica. Já as partículas maiores, como a areia, apresentam menor superfície específica e, portanto, menor capacidade de reter nutrientes e matéria orgânica. A textura do solo também tem implicações importantes para a fertilidade do solo. Em solos com textura mais argilosa, os nutrientes são retidos com mais facilidade devido à maior superfície de contato entre as partículas do solo e os nutrientes. Por outro lado, em solos arenosos, os nutrientes tendem a ser mais facilmente lixiviados, o que pode levar à degradação da fertilidade do solo ao longo do tempo.

Além disso, a textura do solo pode afetar a capacidade do solo de sequestrar carbono da atmosfera. Em solos com textura mais argilosa e com alto teor de matéria orgânica, a formação de agregados estáveis pode permitir o armazenamento de carbono no solo por

longos períodos de tempo. Por outro lado, em solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica, a lixiviação de nutrientes e a menor capacidade de formação de agregados podem limitar a capacidade do solo de sequestrar carbono (Six et al., 2002).

Em resumo, a textura do solo é um fator fundamental que influencia uma ampla variedade de processos no solo, desde a retenção e transporte de água até a fertilidade e sequestro de carbono. Compreender a textura do solo é essencial para uma gestão sustentável da terra e para minimizar os impactos negativos da erosão e da degradação do solo.

2.13.2. Densidade do Solo

As densidades reais e aparentes dos solos têm uma grande influência na sua erodibilidade e afetam outras propriedades, como a porosidade. A densidade real é a densidade das partículas secas do solo ou a relação existente entre a massa do solo seco e o volume total (Miranda, 2008). A maioria dos solos apresenta uma densidade real em torno de $2,65 \text{ g/cm}^3$, mas existem casos em que há minerais pesados com densidades maiores, que conferem maior resistência aos agentes erosivos, uma vez que mesmo sendo pequenos, apresentam maior peso, o que dificulta a ação da água e do vento (Miranda, 2008).

A densidade aparente controla a ação dos processos erosivos, uma vez que está relacionada à maior ou menor compactação dos solos. Quanto maior a densidade aparente, maior é a dificuldade das águas se infiltrarem no solo, aumentando o escoamento superficial (Guerra et Botelho, 1996). A literatura geomorfológica aponta valores menores que $1,3 \text{ g/cm}^3$ como baixos e valores maiores que $1,6 \text{ g/cm}^3$ como altos, sendo que outros valores intermediários também são encontrados (Hamblin et Davies, 1997; De Ploey, 1981; Morgan, 1984, 1986; Daniel et Hammer, 1992; Guerra, 1995 e 1996, citados por Guerra & Botelho, 1996).

A atividade agrícola pode contribuir para o aumento da densidade aparente do solo e a diminuição do teor de matéria orgânica, especialmente quando mecanizada, o que favorece a compactação dos solos. O pisoteio do gado também pode contribuir efetivamente para o aumento da densidade aparente. Além disso, a própria energia cinética das gotas de chuva pode aumentar a densidade do solo, especialmente em solos sem cobertura vegetal. Estudos realizados por meio de simuladores de chuva têm

demonstrado esse efeito (Tacket et Pearson, 1965; De Ploey, 1985; Guerra, 1994 citados por Guerra & Botelho, 1996).

2.13.3. Estrutura

A estrutura do solo é uma propriedade fundamental que se refere ao arranjo das partículas que compõem o solo, incluindo areia, limo e argila, que podem estar em agregados ou torrões. A estrutura do solo pode ser alterada por diferentes técnicas de manejo e influenciada por várias propriedades físicas, como aeração, densidade do solo e porosidade (Hillel, 1980 citado por Miranda, 2008). A estrutura do solo é uma das propriedades físicas mais importantes do solo, pois é responsável pela infiltração de água no solo e atua diretamente no direcionamento e na velocidade dos fluxos de água no solo. A manutenção da estrutura e dos agregados é uma prática crucial na redução dos impactos ambientais resultantes das práticas culturais (Six et al., 2000 citado por Miranda, 2008).

Outra propriedade importante do solo é a permeabilidade ou condutividade hidráulica, que revela a capacidade do solo em drenar ou conduzir a água. A permeabilidade do solo é dependente da geometria dos poros, que por sua vez, é função da estrutura e textura do solo, além de depender das características do fluido que por ele circula. Dentre as propriedades que interferem na condutividade hidráulica dos fluidos, destacam-se a densidade e a viscosidade (Figueiredo, 2011 citado por Pereira, 2019).

Em resumo, a estrutura e a permeabilidade do solo são propriedades físicas fundamentais para a compreensão da dinâmica hídrica e do impacto ambiental das práticas culturais. Portanto, é importante monitorar e preservar essas propriedades por meio de práticas sustentáveis de manejo do solo.

2.13.4. Porosidade

A porosidade do solo é uma medida importante da quantidade de espaço vazio entre as partículas sólidas do solo, que são os poros. Ela é definida como a razão entre o volume total dos poros e o volume total do solo (Hillel, 1980 citado por Miranda, 2008; Filho, 2016). No entanto, a porosidade total do solo não é suficiente para descrever completamente o comportamento do solo, sendo importante conhecer também a distribuição dos poros por tamanho. Por isso, a classificação dos poros do solo em dois grupos empíricos foi estabelecida:

1. Macrósporos com $\varnothing \geq 50 \mu\text{m}$;
2. Micróporos com $\varnothing < 50 \mu\text{m}$.

Os micróporos apresentam capacidade de retenção de água quando saturados, enquanto os macrósporos não retêm água ou a drenam em função da gravidade. Assim, os micróporos têm uma função baseada na retenção e armazenamento de água, enquanto os macrósporos são importantes para a aeração e maior infiltração de água no solo.

A porosidade também é uma propriedade que afeta os processos erosivos do solo, pois à medida que aumenta a densidade aparente, diminui a porosidade, o que dificulta a infiltração de água no solo e aumenta o escoamento superficial. Portanto, a porosidade está diretamente relacionada com a textura e estrutura do solo (Morgan, 1984 citado por Guerra & Botelho, 1996). No entanto, não se deve imaginar que os solos arenosos possuem alta porosidade, especialmente aqueles com elevado teor de areia fina, pois a compactação provocada pela mecanização irá aumentar a densidade aparente, reduzindo a sua porosidade. Por outro lado, os solos argilosos muitas vezes possuem maior porosidade, especialmente quando essas argilas apresentam elevados índices de flocculação, facilitando a penetração das águas através dos seus poros (Prado, 1995 citado por Guerra & Botelho, 1996). Os solos mais argilosos apresentam maior microporosidade, logo, têm maior capacidade de adsorção de água capilar.

Além disso, a porosidade é um importante fator a ser considerado na gestão da irrigação. A disponibilidade de água no solo depende da capacidade de retenção de água pelos poros do solo. Uma porosidade elevada pode ajudar a manter o solo húmido por mais tempo, enquanto uma porosidade reduzida pode resultar em perda de água do solo por evaporação, o que pode levar à seca de plantas (Brady & Weil, 2002). Portanto, é importante monitorar e gerenciar a porosidade do solo para garantir uma irrigação eficiente e uma produção agrícola sustentável.

2.13.5. Estabilidade de Agregados

Agregados são conjuntos de partículas do solo que possuem formas e tamanhos definidos, e se comportam mecanicamente como unidades estruturais (Hillel, 1980; Curi et al., 1993, citados por Miranda, 2008). A formação e a estabilidade dos agregados são influenciadas por diversos fatores, incluindo a presença de argila, matéria orgânica e óxidos de ferro e alumínio (Kiehl, 1979, citado por Mota, 2004). O processo de agregação ocorre em duas etapas. Na primeira etapa, as partículas se aproximam, enquanto na

segunda etapa, a ação de agentes cimentantes leva à formação de unidades estruturais cujas forças de ligação são maiores do que as unidades adjacentes (Palmeira et al., 1999, citados por Miranda, 2008). O arranjo dessas unidades define a estrutura do solo (Moniz, 1975; Lespch, 2002; citados por Miranda, 2008).

O teor e a estabilidade dos agregados dependem de uma série de fatores e afetam diretamente os processos erosivos. O teor refere-se à quantidade de agregados em relação aos outros constituintes do solo. Ao entrar em contato com a água, esses agregados podem se romper, o que significa que o solo pode ter um teor elevado de agregados, mas sua estabilidade pode ser baixa. Por isso, é importante considerar ambas as propriedades (Miranda, 2008). A estabilidade dos agregados é influenciada pela presença de argila e pelo teor de matéria orgânica do solo, que também agem sobre a própria estrutura do solo. A estabilidade dos agregados afeta diretamente a erodibilidade do solo: quanto maior a estabilidade frente à ação da água, menores as taxas de erodibilidade, e vice-versa (Guerra & Botelho, 1996). Solos com baixa estabilidade de agregados são mais suscetíveis aos processos erosivos.

2.14. Medição das propriedades do solo relacionadas à erosão de escoamento.

2.14.1. Infiltração e permeabilidade do solo.

Durante e após a ocorrência de chuvas, o processo de infiltração é responsável pela absorção de água pelo solo a partir de sua superfície, permitindo a redistribuição da água através do corpo do solo. A velocidade do fluxo de água nos poros do solo é o fator chave que controla a infiltração e redistribuição da água, e é conhecida como permeabilidade do solo ou condutividade hidráulica do solo.

Segundo Hillel (1980) e Curi et al., (1993), citados por Miranda, 2008), a permeabilidade hidráulica do solo é determinada pela geometria dos poros, e pela densidade e viscosidade dos fluidos presentes. A permeabilidade do solo é um importante fator a ser considerado em estudos hidrológicos, uma vez que está diretamente relacionada à capacidade do solo de drenar e conduzir a água. De acordo com Kiehl (1979), citado por Mota (2004), a permeabilidade do solo depende da geometria dos poros e pode ser medida em amostras de solo saturado, perturbado ou não perturbado, utilizando permeômetros de laboratório. Ainda segundo Mota (2004), a permeabilidade do solo pode ser influenciada por diversos fatores, como a estrutura do solo, o teor de matéria orgânica,

a textura e a presença de minerais argilosos. Além disso, a permeabilidade do solo é fundamental para a infiltração de água e a recarga de aquíferos, sendo uma importante propriedade para estudos hidrológicos e ambientais.

2.14.2. Uso, gestão do solo e efeito sobre as propriedades físicas do solo

Com a crescente expansão da agricultura e a demanda por produção de alimentos, há uma intensificação do uso e manejo do solo, o que pode levar a uma modificação das propriedades físicas do solo. O solo natural, com sua vegetação nativa, apresenta propriedades físicas adequadas para o desenvolvimento das plantas, mas a conversão de florestas em áreas agrícolas pode causar um desequilíbrio natural, afetando negativamente suas propriedades físicas.

De acordo com Bertol et al., (2010), citado por Paulino (2013), com a prática gestão do solo por determinado período de tempo pode modificar negativamente algumas propriedades físicas do solo devido ao uso da mecanização agrícola, podendo indicar maior ou menor degradação do solo. É essencial avaliar as propriedades do solo após a intervenção humana, pois pode haver perda da estrutura e aumento da suscetibilidade à erosão.

Em solos florestais, o efeito mais impactante nas propriedades do solo ocorre em associação com operações de colheita, baldeio e subsequente preparo do solo para o plantio do ciclo seguinte (Paulino, 2013).

Portanto, é importante adotar práticas de gestão de solo adequadas para preservar as propriedades físicas do solo e garantir a sustentabilidade do sistema produtivo.

3. Materiais e Métodos

3.1. Localização e Caracterização da área experimental

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes práticas de gestão do solo e cobertura vegetal em um olival tradicional localizado em Suções, na região norte de Portugal. A área de estudo pertence à NUT II - região norte e NUT III - alto Trás-os-Montes do distrito de Bragança, do concelho de Mirandela, e está a cerca de 7 km de Mirandela medindo em uma linha reta, (41°29'19.81"N 7°14'53.2"W).

O relevo local é suavemente ondulado com declive moderados, com proximamente 345 m de altitude (Santos et al., 2023).

O olival é gerido de forma convencional, de 20 anos de idade, com compasso de 7x7 m, e pertence a um proprietário particular que é parceiro do projeto “Man4Health - New management strategies in olive groves for improving soil health and crop yield”. A área experimental foi estabelecida no âmbito do referido projeto e dividida em duas subáreas, cada uma com diferentes práticas de gestão do solo: uma com prática de mobilização e outra sem. Em ambas as subáreas, foram criadas parcelas de cobertura vegetal. Na primeira subárea, uma parcela foi semeada com várias espécies de plantas, incluindo *Anagallis arvensis*, *Astragalus pelecinus*, *Brachypodium distachyon*, *Bromus scoparius*, *Centaurea cyanus*, *Daucus carota*, *Medicago orbicularis*, *Nigella damascena*, *Papaver hybridum*, *Salvia verbenaca*, *Scorpiurus vermiculatus*, *Silene colorata* e *Trifolium spp.* A outra parcela dessa subárea foi deixada com as ervas espontâneas.

Na segunda subárea, uma parcela foi mobilizada para formar o coberto vegetal, enquanto a outra não sofreu qualquer tipo de técnica para o controle.

Cada tratamento foi aplicado em uma área de 245 m², correspondente a 5 árvores com compasso de 7x7 m.

Para avaliar os efeitos das diferentes práticas de gestão do solo e cobertura vegetal no olival, foi realizada várias análises como análise do solo, a perda de solo, escoamento superficial e a concentração de escoamento.

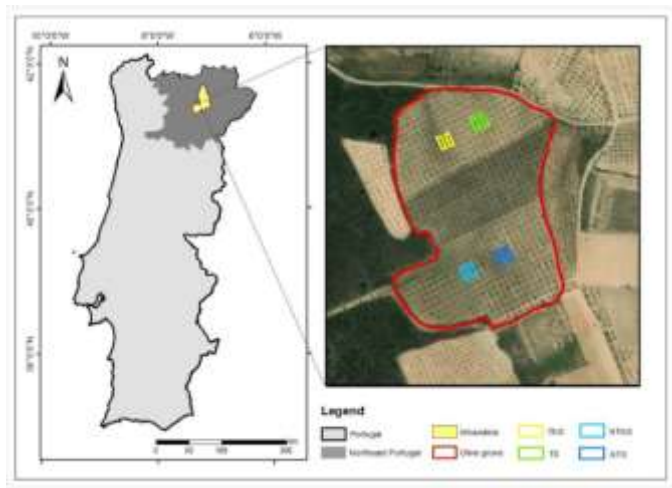


Figura 11: Localização da área de estudo em Suções, Mirandela

Fonte: Adaptado de "Desempenho de controlo da erosão através de uma gestão melhorada do solo em olivais: um estudo experimental de campo no nordeste de Portugal" por Santos, R., Fonseca, F., Baptista, P., Paz-González, A., & Figueiredo, T. (2023).

3.2. Condições climáticas

O presente estudo foi conduzido no concelho de Mirandela, região Norte de Portugal, onde o clima é classificado como Csa de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, caracterizado por ser um clima mediterrânico, com invernos chuvosos e verões secos e quentes (IPMA, 2021). O clima desta região é bem representado pela estação meteorológica de Mirandela, que pertence ao domínio da Terra Quente, uma das regiões climáticas de Portugal (IPMA, 2021). De acordo com as normais climatológicas registradas na estação meteorológica climatológica (032) entre 1971 e 2000, a temperatura média anual é de 14,3°C, sendo julho e agosto os meses mais quentes, com médias próximas de 23,5°C. Já no mês de janeiro, a temperatura média é de 5,5°C, sendo o mês mais frio do ano (IPMA, 2021). Como o clima é mediterrânico, o inverno é a estação com maior volume de chuvas, destacando-se outubro e janeiro como os meses com os maiores níveis de precipitação média superior a 50 mm. Por outro lado, agosto é o mês com o menor volume de precipitação, com uma média de 13,4 mm (IPMA, 2021).

3.3. Delineamento experimental

O pomar foi dividido em duas subáreas com diferentes práticas de gestão do solo. Uma subárea teve o solo mobilizado e na outra não houve mobilização. Em seguida, cada

subárea foi dividida em parcelas que foram semeadas com várias espécies vegetais, enquanto outras parcelas não receberam sementeira. Cada tratamento foi aplicado em uma área de 245 m², correspondente a 5 árvores com compasso de 7x7 m.

Tabela2: Delineamento experimental

Tratamentos		Parcela	
MOBILIZADO	SEMEADO	A2	1A
			2A
	NÃO SEMEADO	A4	3A
			4A
NÃO MOBILIZADO	SEMEADO	C2* (orientação diferente)	1C
			2C
	NÃO SEMEADO	C4	3C
			4C

3.4. Instalação das micro parcelas de erosão

Para obtermos o valor da perda do solo, foram instaladas oito micro parcelas de erosão com dimensões de 4 m², sendo dois pares na parte mobilizada, um semeado e outro não semeado. O mesmo foi feito para área não mobilizada. Todas as parcelas tiveram a mesma orientação, exceto a C2, que foi orientada de forma a seguir o padrão natural do escoamento. As micro parcelas foram delimitadas por chapas metálicas enterradas para formar um retângulo de área conhecida. Na parte inferior de cada micro parcela, foi colocada uma peça triangular de metal com um orifício acoplado a uma mangueira, através da qual a água de escoamento e os sedimentos foram armazenados em um recipiente de 10L, que foi enterrado e coberto para permitir um escoamento favorável e sem perturbações, disposto a jusante do triângulo.

O declive médio das parcelas de erosão:

- Mobilizado semeado de 22.8%
- Mobilizado não semeado 21.3%
- Não mobilizado semeado 21.8%
- Não mobilizado não semeado 18.3%



Figura 12: Fotos do ensaio

3.5. Quantificação da perda de solo

A perda de solo (PS) foi calculada através do cálculo da divisão do ST (sedimento total) a dividir por 4 (m^2 da parcela) de forma a obtermos o valor da perda de solo em g/m^2 , para obter o valor do ST somamos o valor do SSB (solo seco do bidão) mais SSF (solo seco na frente). Já o escoamento foi o resultado da divisão da água do bidão dividindo por 4 (m^2 da parcela), o coeficiente de escoamento (CE) foi feito a divisão do valor do escoamento pela precipitação acumulada depois convertendo o valor para percentagem.

A perda de solo (PS), o escoamento (E) e a concentração de escoamento foram calculados usando as seguintes formulas e procedimentos:

1. Perda de solo (PS)

A perda de solo foi calculada dividindo o Sedimento Total (ST) pela área da parcela ($4m^2$) para obter o valor da perda de solo em g/m^2 . Para calcular o ST, somamos o valor do Solo do Bidão (SSB) ao Solo Seco na Frente (SSF).

Fórmula: $PS (g/m^2) = ST (g) / \text{Área da Parcela} (m^2)$

$ST (g) = SSB (g) + SSF (g)$

2. Escoamento

O escoamento foi calculado dividindo a quantidade de água coletada no bidão pela área da parcela ($4m^2$).

Fórmula: $\text{Escoamento} (mm) = \text{Água do Bidão} (ml) / \text{Área da Parcela} (m^2)$

3. Coeficiente de Escoamento (CE)

O Coeficiente de Escoamento (CE) foi determinado dividindo o valor do Escoamento pela precipitação acumulada e convertendo o resultado para percentagem.

$$\text{Fórmula: CE (\%)} = (\text{Escoamento (mm)} / \text{Precipitação Acumulada (mm)}) * 100$$

Essas fórmulas e procedimentos permitiram calcular a perda de solo em relação à área da parcela e o escoamento, além de fornecer um coeficiente de escoamento para avaliar a relação entre a quantidade de água escoada e a precipitação acumulada.

3.6. Análise dos dados analíticos do solo

O solo da área experimental exibe uma série de características cruciais que desempenham um papel importante na interpretação dos resultados obtidos ao longo do estudo. Especificamente, trata-se de um Leptosolo eutrófico de xistos com uma textura franco-arenosa. Este solo é caracterizado por ser ácido, pedregoso e apresentar um teor médio de matéria orgânica no horizonte superficial, que se situa em média de 2.6%.

Embora esse valor seja considerado elevado, a presença significativa de elementos grosseiros no solo é notável, com médias 41.21% para o solo mobilizado e 41.57% para o solo não mobilizado. A abundância de elementos grosseiros desempenha um papel importante nesta região, especialmente devido ao seu terreno com declive, que favorece o escoamento. A presença desses elementos grosseiros cria uma espécie de barreiras protetora no solo.

O pH (H₂O) desse solo é de 5.25, indicando que é ligeiramente ácido, uma vez que esse valor está abaixo do nível neutro (pH7). Além disso, o solo apresenta um valor médio de 31.69 mg de P₂O₅ por kg de solo e um valor médio de K₂O de 166.54 (mg K₂O kg⁻¹).

3.7. Métodos analíticos (Análise das propriedades físicas)

Todas as análises físicas foram feitas no laboratório de solos da Escola Superior Agrária de Bragança (ESA).

3.7.1. Elementos grosseiros

Os elementos grosseiros são partículas com dimensões $> 2\text{mm}$, de forma obtemos os elementos grosseiros as amostras de solo foram previamente secas na estufa (a $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas). De seguida, cada amostra foi colocada num crivo de malha de 2 mm e sujeita a um movimento vibratório (figura) com intuito de separar a terra fina dos elementos grosseiro. A fração que fica retida no crivo as $> 2\text{mm}$, constitui o lote de elementos grosseiros, o que passa do crivo constitui o lote da terra fina.



Figuras 13: Agitador de peneiros para solos

3.7.2. Permeabilidade.

Procedimentos laboratoriais

Para a determinação da permeabilidade foi utilizado o equipamento de circuito fechado, permeâmetro, de carga constante, capaz de receber em operação simultânea 24 amostra não perturbadas, contidas em anéis de 100 cm^3 . O equipamento está instalado no laboratório de solos, da Escola Superior Agraria de Bragança-ESA.

Os procedimentos realizados:

1. Primeiro limpou-se a parte externa do anel
2. De seguida, foi colocada a gaze hidrófila no filtro e a tampa deste na extremidade não biselada do anel
3. Foi colocado o anel da amostra, com a parte do filtro para baixo, na armadura de suporte. Durante a medição a água fluía através da amostra no sentido correto, uma vez que em situação natural o fluxo é descendente
4. Fechar o grampo e apertou o batente de nylon contra a tampa do filtro, de modo a pressionar o anel firmemente contra a tampa, fixando o anel na armadura de suporte.



Figura 14: Vista superior e frontal do permeâmetro

Em relação as especificações do nível da água no equipamento, o nível esteve sensivelmente 1cm abaixo da parte inferior da amostra, atualizava-se uma ficha de controle com data, hora, a identificação das amostras de acordo com o respectivo permeâmetro. Levando em consideração os solos coletados a saturação foi realizada durante um período de 24 horas. Depois do período de saturação, verificasse os níveis de água nos cilindros da amostra e no recipiente do permeâmetro, em seguida adicionou-se os sifões para que água circulasse no sistema, de forma a confirmar que os sifões não tinham bolha de ar, mergulhava-se o sifão debaixo da água inclinando calmamente um par de vezes para se certificar de que todo o ar escapou, em seguida colocava o sifão com uma extremidade no cilindro da amostra e com a outra no tubo sintético numerado.

Foram feitas quatro medições em que se verificasse se o sistema de cada amostra estava funcionando corretamente para que não ocorressem erros de leitura, depois foi ajustado o nível de água no recipiente do permeâmetro na posição desejada deslizando o regulador de nível para cima ou para baixo. A diferença de nível (dH) dentro e fora do cilindro da amostra deve ser mantida constante, esta diferença varia dependendo da permeabilidade do solo, entre 2mm, para solos altamente permeáveis, e 20 mm, para solos poucos permeáveis.

As medições do volume da água que fluía das amostras, eram realizadas por meio de uma bureta, numa unidade de tempo de acordo com cada amostra, as medições aconteciam da seguinte maneira: fechava a torneira da bureta, em seguida disparava-se um cronómetro até que o fluxo da água que saía através amostra aproximar-se da condição estacionária, o que se verificará quando, numa unidade de tempo, um volume constante de água era lido na bureta, sendo que a leitura foi feita em ml. Para as medições relacionadas ao nível de água era operado por um botão rotativo de medição, que acendia uma luz vermelha no momento em que a ponteira do medidor tocava no novel da água.

O nível de água no recipiente e no cilindro da amostra eram lidos da mesma forma. A diferença de nível medido e a água é utilizada por cada amostra em certo intervalo de tempo são os registos necessários para o cálculo do coeficiente de permeabilidade saturada.

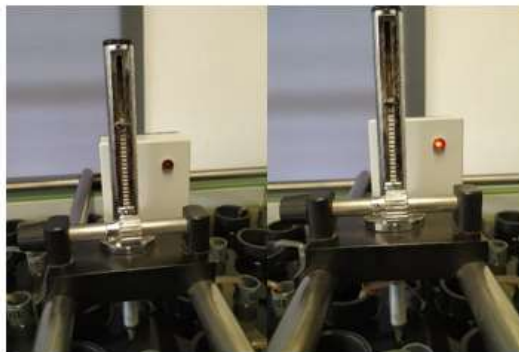


Figura 15: Fotos detalhadas ao tocar no nível da água

Após a última leitura do ensaio baixou-se o nível da água por completo até que as amostras conseguissem drenar a água de seguida, após escoar o excesso da água, foi feita as primeiras pesagens em uma balança de precisão, após 24 horas realizava-se a segunda pesagem, e em seguida as amostras foram levadas a estufa a 150 durante 24 horas. Após esse tempo, foi feita a terceira e última pesagem. A permeabilidade (K) foi encontrada pelo método da medição com nível de água constante, a lei de Darcy foi utilizada para calcular K quando da aplicação do método do nível de água constante, para a determinação da permeabilidade.

$$V = K * i * A * t$$

V= volume de água que flui através da amostra (cm³);

K=coeficiente de permeabilidade (cm/h):

i= gradiente de carga hidráulica (razão entre altura desde a superfície da lâmina de água até a base e o comprimento da amostra atravessada pelo fluxo);

A= superfície da secção transversal da amostra (cm²);

t= tempo utilizado para o fluxo de água através da amostra (S);

Tabela 3: classificação da permeabilidade dos solos

Classificação de permeabilidade	K(cm/h)
Muito rápida	>25.4
Rápida	12.7 – 25.4
Moderada	6.35 – 12.7
Moderadamente lenta	2.00 – 6.35
Lenta	0.50 – 2.00
Muito lenta	<0.13

3.7.3. Densidade aparente

Para evitar perturbações na amostra, utilizamos a mesma amostra coletada para o ensaio de permeabilidade na determinação da densidade aparente. A densidade aparente foi calculada usando a seguinte equação:

$$Dap = \frac{Psolo\ seco}{vt}$$

Sendo que:

Dap: densidade aparente (g/cm³):

Psolo seco: peso da amostra de solo seco a 105 °C (g)

Vt: volume total da amostra, que corresponde a volume do cilindro utilizados (cm³).

3.7.4. Capacidade de campo, capacidade máxima para água e porosidade do solo

Após a realização do ensaio de permeabilidade, as amostras foram deixadas em repouso por um período de 48 horas para drenar, em seguida foram pesadas (Psolo saturado). Após a pesagem, as amostras foram mantidas em repouso por mais 24 horas (Psolo 24h) e posteriormente secas em estufa a 105 °C por mais 24 horas para obtenção do peso do solo seco (Psolo seco). Com base nessas medidas, foi possível determinar a capacidade máxima de retenção de água (CMA) e a capacidade de campo (CC), utilizando as equações a seguir:

$$CMA(\%) = \frac{Psolo\ saturado}{Psolo\ seco - 1}$$

$$CC(\%) = \frac{Psolo\ 24h}{Psolo\ seco - 1}$$

Com a determinação do CMA, é possível determinar a porosidade total, pela seguinte expressão:

$$P(\%) = Dap * CMA$$

Segue-se para análise da microporosidade (MicroP) e o da macroporosidade (MacroP), usando as seguintes expressões:

$$MicroP(\%) = Dap * \%CC$$

$$MacroP = porosidade\ total - Microp$$

3.7.5. Capacidade de armazenamento de água no solo

Das contas feitas anteriormente sobre as propriedades físicas do solo, foi possível calcular a capacidade de armazenamento de água no solo com a seguinte expressão:

$$Armazenamento\ de\ água\ (mm) = z * \frac{cc}{100} * Dap * \frac{(100 - EGv)}{100}$$

Z: espessura do solo (mm)

CC: capacidade de campo (%)

Dap: densidade aparente (g/cm³)

EGv: elementos grosseiros em volumes (%)

Como os valores de elementos grosseiros se encontravam em unidade de massa, foi necessário corrigi-los para unidade de volume, com essa equação:

$$\%EGv = \%EGm * \frac{Dap}{2.65}$$

3.7.6. Perda de solo por erosão

Foram realizadas cinco coletas, cada uma após um evento de precipitação, em que os reservatórios contendo água e sedimento do escoamento foram substituídos e o material retido nas frentes das parcelas foi removido para ser levado ao laboratório. No laboratório, o volume de água e a massa dos sedimentos em suspensão foram pesados e os reservatórios foram deixados em repouso para sedimentar. Quando as partículas não estavam mais em suspensão, parte da água foi removida e os sedimentos restantes foram secos em estufa a 105 °C para eliminação da humidade residual. Os sedimentos retidos

nas frentes das micro parcelas foram colhidos e pesados. A partir da determinação dos valores de sedimentos acumulados, dos sedimentos suspensos na água de escoamento e do volume de água de escoamento, foi possível calcular a perda de solo e o escoamento resultante utilizando as seguintes expressões:

$$PS = \frac{(SedFrte + sed\ susp)}{A}$$

$$E = \frac{V}{A}$$

Sendo que:

Ps: perda de solo (g/m^2)

SedFrt: massa seca do sedimento recolhido nas frentes (g)

SedSusp: massa seca do sedimento amostrado na água do reservatório (g)

E: escoamento (mm)

V: volume de água no reservatório (L)

A: área da parcela (m^2)

Para além da perda de solo e do escoamento, foram calculados complementarmente, o coeficiente de escoamento em percentagem (coef. Esc), a concentração de sedimentos (Conc. Sed) e a perda de solo unitária (Ps unitária), através das seguintes expressões:

$$Coef. Esc (\%) = \frac{E (mm)}{P(mm)} * 100$$

$$Conc. Sed \left(\frac{g}{L}\right) = (Sed. susp(g))/V$$

$$PS\ unitária \left(\frac{g}{m^2 * mm}\right) = \frac{PS \frac{g}{m^2}}{P(mm)}$$

Sendo que o P é a precipitação total ocorrida durante o período entre a inserção dos bidões e a sua coleta.

4. Resultados e Discussão

4.1. Perda de solo

- **Comparação entre Tratamento mobilizados e Não Mobilizado na Perda de Solo e implicações na gestão de solo.**

Com base nas informações apresentadas no gráfico, é possível observar que o tratamento mobilizado apresentou um maior valor de perda do solo em comparação com o tratamento não mobilizado. O mobilizado teve uma média de perda de solo de 48 g/m², enquanto o não mobilizado apresentou uma média de 30 g/m². Apesar da diferença entre as médias dos tratamentos, não houve diferenças no ponto de vista estatístico, contudo houve tendências, por isso é interessante destacar a diferença na perda de solo entre as parcelas semeadas e não semeadas dentro de cada tratamento. No tratamento mobilizado, a perda do solo foi maior nas parcelas semeadas enquanto no não mobilizado, a perda do solo foi maior nas parcelas não semeadas, embora muito semelhante à encontrada nas parcelas semeadas. Essa observação sugere que as práticas de gestão do solo podem interagir de maneira complexa com as condições locais e que as soluções para reduzir a perda de solo devem ser adaptadas a cada contexto específico.

Além disso, é importante destacar que os resultados deste estudo podem ser comparados com outros estudos semelhantes para avaliar a eficácia de diferentes práticas de manejo do solo na redução da perda de solo.

Esses resultados fornecem uma base valiosa para futuros estudos sobre práticas de manejo do solo e podem ter implicações importantes para a produtividade e sustentabilidade do sistema agrícola.

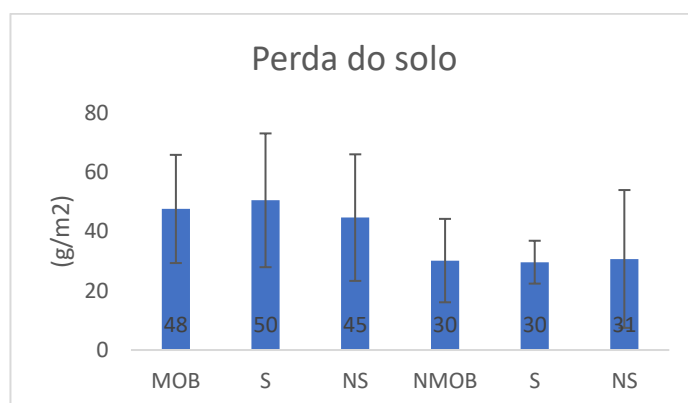


Figura 16: Média e a variabilidade entre parcelas ao fim de cinco colheitas: comparação entre tratamentos. Legenda: MOB- solo mobilizado, NMOB – solo não mobilizado, S- o solo semeado, o NS- corresponde ao solo não semeado.

▪ **A Evolução Temporal da Erosão do Solo: Impactos da Mobilização e Relação com as condições Climáticas.**

É possível observar um aumento na perda de solo ao longo do tempo para ambas as condições estudadas: solo mobilizado e solo não mobilizado.

Durante a primeira e segunda colheita, o solo mobilizado apresentou menores valores de perda de solo em comparação ao solo não mobilizado, indicando um possível efeito positivo da mobilização na redução da erosão nesse período. No entanto, à medida que o tempo passou e a precipitação aumentou, o solo mobilizado passou a perder mais solo em comparação ao solo não mobilizado. No final, o solo mobilizado registou o valor mais alto de perda de solo, atingindo 47.6 g/m².

É importante ressaltar a relação entre a precipitação e a perda de solo. Conforme a precipitação aumenta, observa-se uma tendência de aumento na perda de solo tanto para o solo MOB quanto para o NMOB. Essa relação está de acordo com o esperado, uma vez que a força da chuva e a quantidade de água disponível têm influência direta na erosão e no arraste do solo, essa relação foi observada na pesquisa do Efthimiou (2022) em que no inverno (novembro) foi o mês em que se perdeu mais solo e os meses em que foram observadas menos perda de solo foi no verão (junho- agosto). As primeiras colheitas foram realizadas na primavera, período em que a precipitação é moderada, enquanto que as últimas colheitas ocorreram no outono, época em que há uma maior constância e intensidade da precipitação.

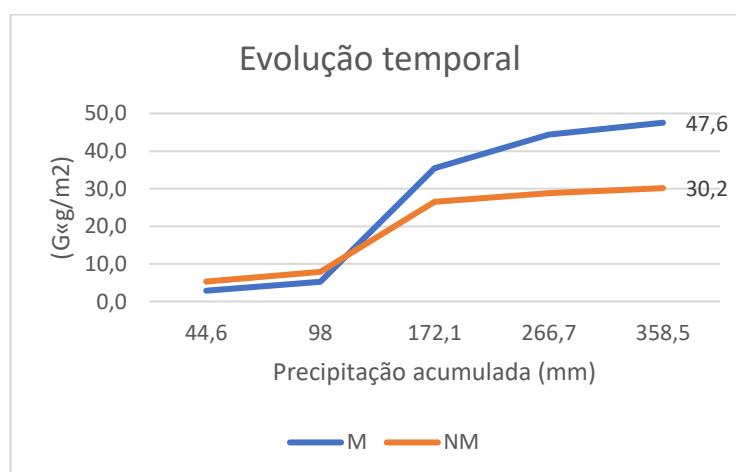


Figura 17: Pedra de solo acumulada nos tratamentos mobilizado e não mobilizado (médias de 4 parcelas) ao longo de 5 colheitas (expressas em termos de precipitação acumulada). Legenda M- Solo Mobilizado e NM- Solo Não Mobilizado.

Recomendaria enfatizar a importância da consideração da gestão do solo e das condições climáticas locais ao desenvolver estratégias de redução da perda de solo. Além disso, é relevante destacar a necessidade de monitoramento contínuo da erosão do solo e do efeito das práticas de gestão ao longo do tempo, especialmente diante das variações na precipitação.

4.2. Escoamento

- **Análise de Escoamento em Parcelas Mobilizada e Não Mobilizadas; Semeado e Não Semeado:**

Com base nos dados apresentados, na parcela não mobilizada teve maior escoamento em relação a mobilizado, ao fazer a análise da estatística de variância não houve diferença estatisticamente significativas entre os tratamentos mobilizado e o não mobilizados, entre modo de semeado e nem o não semeado, nem entre as interações dos fatores MOB/NS e S/NS, sendo assim, não há evidências suficientes para afirmar que esse fator influencia de forma significativa a perda de solo. Do modo geral os valores foram muito parecidos não tendo grande variação, no não mobilizado o semeado teve o maior valor do escoamento.

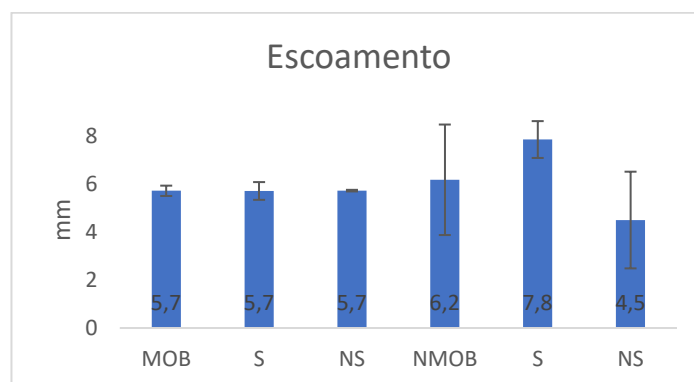


Figura 18: Médias e variabilidade entre parcela ao fim de cinco colheitas. Análise de escoamento em parcelas mobilizada e não mobilizada. Legenda MOB- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado, NS- Solo Não Semeado.

- **Dinâmica Temporal do Escoamento: Impactos da Mobilização do Solo e Considerações Sazonais na Prevenção da Erosão.**

Ao analisar os dados de escoamento, percebe-se um aumento gradual ao longo das cinco colheitas, embora a distinção não seja tao evidente quanto na perda de solo. Isso

indica que, na perda de solo, o efeito da mobilização do solo é mais proeminente do que no escoamento. Essa observação está ligada às características do solo, como sua rugosidade superficial, pedregosidade, textura e outros fatores. É importante ressaltar que, mesmo durante o escoamento, as partículas do solo nem sempre são arrastadas devido à presença de numerosos pontos em quais dessas partículas podem se fixar. Este entendimento é corroborado por estudos, como o de Fleskens & Stroossnijder (2007), que concluíram que a orientação do terreno é um fator menos revelante na determinação da erosão do solo nos olivais.

No entanto devemos analisar a influência do estação do ano nos valores obtidos, como é notável os do escoamento são maiores na últimas três colheita, que ocorreram durante a outono e inverno, que são estações caracterizadas por maioríssima incidência de precipitação. Isso pode justificar os valores mais alto de escoamento nesses períodos.

Por exemplos, na primeira colheita, em abril, foram registados valores de escoamento de 0.53 mm, enquanto na última colheita, em dezembro, foram registrados valores acumulado de 11.87 mm. Isso indica um aumento de escoamento ao longo do período. Essa análise também reforça a importância da adoção de práticas de manejo do solo para prevenir a erosão, especialmente durante as estações mais chuvosas, quando os valores de escoamento são mais elevados, conseqüentemente, o impacto da erosão pode ser maior.

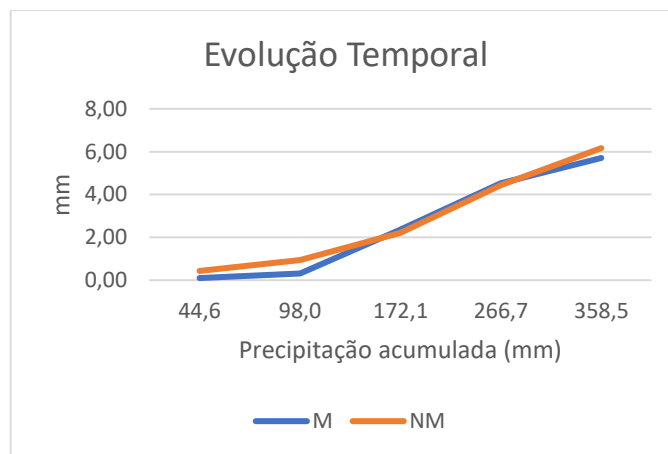


Figura 19: Dinâmica temporal do Escoamento: Impactos da Mobilização do Solo e Considerações Sazonais na Prevenção da Erosão (evolução ao 5 colheita). Legenda M- Solo Mobilizado; NM- Solo Não Mobilizado.

4.3. Concentração de sedimentos

- **Comparação entre Solo Mobilizado e Não Mobilizado e Avaliação de Tendências Inesperadas.**

Com base nos resultados da análise de variância realizada no Excel, observamos que não houve diferença estatisticamente significativa entre a amostra mobilizada e não mobilizada, como evidenciado pela análise de variância. Entretanto, ao examinar as tendências dos resultados, podemos perceber que o solo mobilizado apresentou uma concentração de sedimentos mais elevada em comparação com o solo não mobilizado. Essa observação está em linha com a expectativa, uma vez que o solo mobilizado experimentou uma perda de solo mais elevada.

Ao analisando os gráficos da concentração de sedimentos, observamos que no não semeado (NS) do não mobilizado (NMOB) é ao contrário daquilo que se esperava, foi mais alto em relação ao semeado. Isso indica a presença de uma quantidade substancial de sedimentos em suspensão, acompanhada por um alto desvio padrão, indicando uma grande variabilidade nos dados. A análise comparativa dos gráficos da concentração de sedimentos com o gráfico da concentração em suspensão sugere que o último fornece uma representação mais realista da situação.

É importante mencionar que a concentração de sedimentos foi calculada com base nos valores obtidos (PS global g/m^2 / escoamento L/m^2), enquanto a concentração em suspensão foi medida no laboratório, onde a água mais escura indicava maior quantidade de sedimentos em suspensão. Isso sugere que a concentração em suspensão reflete mais precisamente a presença do material fino que é transportado pelo escoamento enquanto os sedimentos de frente estão mais sujeitos à perda em condições de escoamento rápido.

A eficácia da não mobilização na redução da erosão fica mais evidente no gráfico da concentração em suspensão. Observamos que o grupo semeado (S) do solo mobilizado (MOB) apresentou a maior concentração em suspensão, enquanto o grupo não mobilizado (NMOB) não semeado (NS) registou a menor concentração em suspensão. Isso sugere que áreas com menos perturbações apresentaram menor concentração de sedimentos em suspensão.

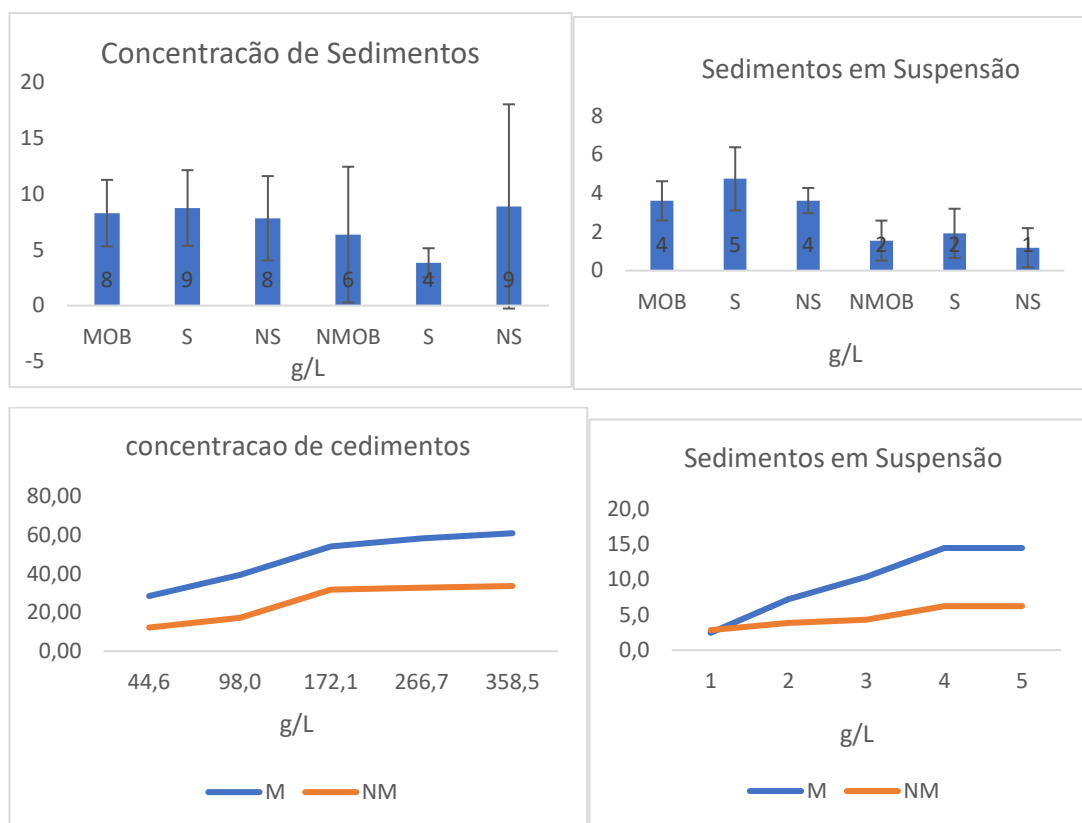


Figura 20: Concentração de sedimento vs. concentração em suspensão. Legenda MOB-Solo Mobilizado NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado; NS- Solo Não Semeado.

4.4. Impacto das práticas de Não Mobilização do solo na redução da erosão: avaliação de indicadores de Eficácia.

Os resultados apresentados na tabela de indicadores de eficácia de redução fornecem uma visão clara das áreas em que a prática de não mobilização do solo foi mais eficaz:

1. **Perda de solo (PS):** a não mobilização mostrou-se altamente eficaz na redução da erosão, com uma eficiência de 38%. Isso indica que a prática de não mexer no solo teve um impacto significativo na redução da erosão.
2. **Escoamento(E):** foi o único que não se evidenciou o efeito da não mobilização, apresentando uma eficácia negativa de -9%. Esses resultados sugerem que a prática de não mobilização pode não exercer uma influência significativa no controle do escoamento. Essa constatação encontra respaldo no estudo de Cedar net al., (2010), que confirmou que as taxas de erosão são geralmente mais baixas no Mediterrâneo em comparação com outras áreas de Europa, atribuindo essa característica principalmente à elevada pedregosidade do

solo Mediterrâneo fazendo que haja escoamento mais com um valor reduzido das partículas arrastadas.

3. **Concentração de sedimentos (CS):** a concentração total de sedimento também mostrou uma redução de 25% com a não mobilização, o que é uma melhoria significativa na conservação do solo e na redução da erosão.

4. **Concentração de sedimentos em suspensão (CS susp):** foi o mais eficiente, com uma redução de 50%. Isso demonstra claramente o impacto positivo dessa prática na redução do transporte de sedimentos pela água.

Tabela 4: Indicadores de eficácia de redução da erosão

Parâmetro	Mobilizado	Não mobilizado	Eficácia de Redução
Perda de Solo	48	30	38%
Escoamento	5.7	6.2	-9%
Concentração de sedimentos	8	6	25%
Concentração de Sedimentos em Suspensão	4	2	50%

4.5. Permeabilidade

A permeabilidade (K) se refere a velocidade com que a água se desloca dentro do solo, e isso relaciona com as taxas de infiltração e a drenagem no interior deste, que são pontos essenciais na composição do escoamento superficial (Figueiredo, 2011).

Os resultados da determinação laboratorial da permeabilidade referem-se à permeabilidade inicial e final. Os grupos de dados foram analisados estatisticamente de modo a identificar a significância dos efeitos da mobilização, da localização da amostragem (DC – debaixo da copa da oliveira, EL – na entrelinha) e da sementeira nesta propriedade do solo. Os resultados da Análise de Variância (ANOVA) são apresentados e discutidos em seguida, para cada uma das permeabilidades (Ki - inicial e Kf - final).

➤ **Resultado da ANOVA Kinicial:**

• **Amostra (Mobilizado vs. Não Mobilizado)**

A fonte de variação “Amostra” compara as diferenças entre Mob e Nmob em ambas as variáveis dependentes, DC e EL. Sendo que o valor-p 0.054634 é ligeiramente maior que o nível de significância comum de 0.05, isso sugere que não há evidência estatisticamente significativamente de diferenças entre Mob e Nmob nas variáveis DC e EL. No entanto, o valor-p está próximo do limite de significância, indicando uma possível tendência para diferença.

• **Colunas (DC vs. EL)**

A fonte de variação “colunas” compara as diferenças entre DC e EL em ambas as condições Mob e Nmob, o valor-p 5.44952E-09 é muito baixo, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre DC e EL, independente das condições Mob e Nmob. Isso sugere que DC e EL são significativamente diferentes.

• **Interações**

A interações entre Amostra e Colunas o valor-p 0.433105104 é maior que o nível de significância de 0.05, o que sugere que a interação entre Mob/Nmob e DC/El não é estatisticamente significativa.

Tabela 5: Resultado da ANOVA (DC vs. EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	343,3158	1	343,3	3,898227553	0,054634	4,061706
Colunas	4590,803	1	4591	52,12692324	5,45E-09	4,061706
Interacção	55,12335	1	55,12	0,62590593	0,433105	4,061706
Dentro	3875,067	44	88,07			
Total	8864,309	47				

Comparou-se também a existência de diferenças estatísticas entre as condições vimos que:

- **Para DC (de baixo da copa)**

Para a fonte de variação “Amostra” (que compara as condições “não semeado” e “semeado”), o valor-p é de 0.417667298, o que está acima do nível de significância comum de 0.05. Isso indica que não há evidências estatisticamente para rejeitar a hipótese nula de que as médias entre as condições NS e S são iguais.

Para a fonte de variação “colunas” (“mobilizado” e “não mobilizado”), o valor-p é 0.551713502, indicando que não há evidências suficiente para rejeitar a hipótese nula de que as médias entre as condições Mob e Nmob são iguais. A interação entre as condições de amostra (NS e S) e as condições de colunas (Mob e Nmob) também não parece se estatisticamente significativa, com um valor-p de 0.716528433.

Tabela 6: Resultado da ANOVA (DC)

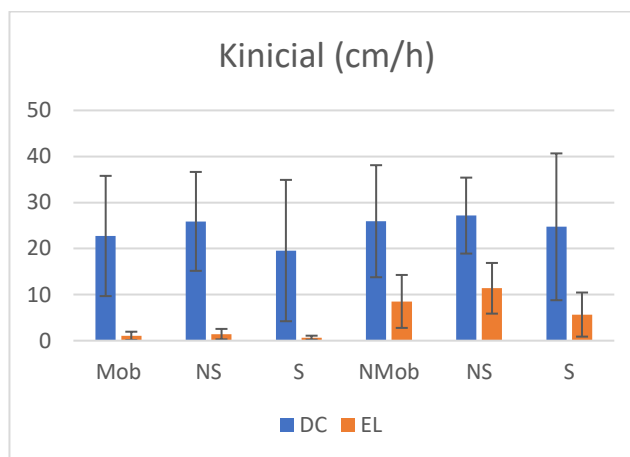
ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	115,2073	1	115,2073	0,684909	0,417667	4,351244
Colunas	61,65242	1	61,65242	0,366525	0,551714	4,351244
Interações	22,81498	1	22,81498	0,135635	0,716528	4,351244
Dentro	3364,162	20	168,2081			
Total	3563,837	23				

- **Para EL (entrelinha)**

A fonte de variação “Amostra” o valor-p é 0.417667298, o que está a cima do nível de significância comum de 0,05. Isso indica que não há evidências estatísticas para rejeitar a hipótese nula de que as médias entre as amostras NS e S são iguais. Da mesma forma, para a fonte de variação “colunas” o valor-p é 0.551713502, indicando que não há evidencia suficiente para rejeitar a hipótese nula de que as médias entre os fatores Mob e Nmob são iguais. Na interação entre amostra e colunas também não parece ser estatisticamente significativa, pois o valo-p 0.716528433 estando a cima do nível de significância.

Tabela 7: Resultado da ANOVA (EL)

ANOVA						
onte de variaçã	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	63,01014	1	63,01014	4,609927	0,044229989	4,351244
Colunas	336,7867	1	336,7867	24,63988	7,46878E-05	4,351244
Interaçções	36,50508	1	36,50508	2,670773	0,117849613	4,351244
Dentro	273,3672	20	13,66836			
Total	709,669	23				

**Figura 21:** Resultado Kinicial. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

Analisando o gráfico, podemos observar que os valores DC são significativamente superiores aos valores do EL. Essa diferença pode ser atribuída à presença das árvores, que contribuem para a formação de uma cobertura densa de folhas e manta morta no solo sob sua copa. Essa cobertura vegetal exerce um papel crucial na prevenção da erosão superficial, uma vez que atua como uma barreira natural, reduzindo o impacto direto da chuva e desacelerando o escoamento da água. Além disso, essa camada de folhas e detritos promove a infiltração de água no solo, o que se traduz em um valor de kinicial mais elevado.

Quando comparamos o solo mobilizado (Mob) com o solo não mobilizado (NMOB), observa-se que o NMOB apresentou um desempenho superior, o que era esperado. Os solos mobilizados frequentemente sofrem compactação e a destruição dos agregados do solo devido às práticas como aragem e gradagem. Isso compromete sua capacidade de infiltração de água, tornando-os mais propensos ao escoamento superficial e, por conseguinte, ao aumento do risco de erosão.

➤ Resultados da ANOVA Kfinal

- Amostra (Mob vs. Nmob): a fonte de variação “Amostra” compara as diferenças entre Mob e Nmob em ambas as variáveis dependente, DC e EL. Sendo que o valor-p de 0.0297699 é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre Mob e Nmob m relação a Kfinal.
- Colunas (DC e EL): a fonte de variação “colunas” compara as diferenças em ambas as condições mob e nmob. Sendo que o valor-p 1.84602E-05 é muito baixo, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferença entre DC e EL, independentemente das condições Mob e Nmob. Portanto, DC e EL são significativamente diferentes em relação Kfinal.
- As interações: as fontes de variações “interações” avalia se a diferença entre DC e EL varia entre Mob e Nmob. O valor-p de 0.64093454 é maior que o nível de significância de 0.05, o que sugere que a interação entre Mob/Nmob e DC/EL não é estatisticamente significativa.

Tabela 8: Resultado ANOVA (DC vs. EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	405,0838	1	405,1	5,044846037	0,02977	4,061706
Colunas	2425,523	1	2426	30,20706145	1,85E-06	4,061706
Interaçõe	17,70482	1	17,7	0,220492837	0,640983	4,061706
Dentro	3533,048	44	80,3			
Total	6381,36	47				

• Para os valores debaixo da copa (DC)

Para a fonte de variação “Amostra” compara as diferenças entre Mob e Nmob em relação à variável Kfinal na categoria DC. Com o valor-p de 0.029299779 que é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre Mob e Nmob em relação a Kfinal na categoria Dc.

Portanto, há uma diferença estatisticamente significativa entre Mob e Nmob em relação a k_{final} .

Nas “Colunas” que comparas as diferenças entre DC e EL nas condições de Mob e Nmob tem o valor-p de 0.316298221 que é maior que o nível de significância de 0.05, mostrando que não há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre DC e EL independente das condições Mob e Nmob. Portanto, não há diferenças estatisticamente significativa entre DC e El.

A fonte de variação “Interações” o valor-p de 0.544622765 é maior que o nível de significância de 0.05, o que sugere que a interações entre Mob/Nmob não é estatisticamente significativa.

Tabela 9: Resultado ANOVA (DC)

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	660,977817	1	660,9778	5,511042	0,0293	4,351244
Colunas	126,70702	1	126,707	1,056447	0,316298	4,351244
Interações	45,560954	1	45,56095	0,379874	0,544623	4,351244
Dentro	2398,7398	20	119,937			
Total	3231,98559	23				

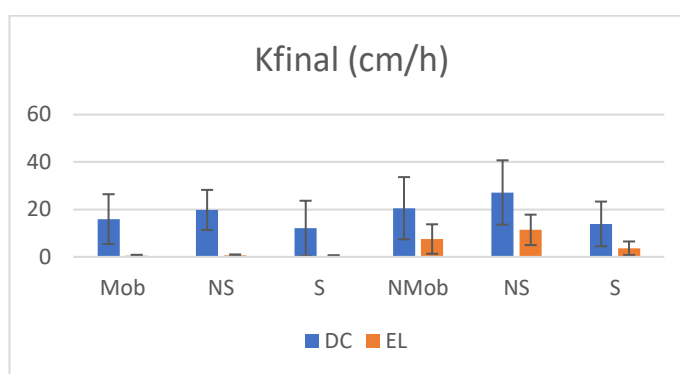
- **Para valores da entrelinha (EL)**

A fonte de variação “Amostra” compara as diferenças entre solo mobilizado e o não mobilizado em relação à variável K_{final} na categoria El. Com valor-p de 0.012237558 é menor que o nível de significância comum 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativa de diferenças entre Mob e Nmob. Portanto, há uma diferença estatisticamente significativa entre Mob e nmob em relação a k_{final} na entrelinha.

As interações com valor-p de 0.016045396 é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidências estatisticamente significativa de interação entre Mob/Nmob e EL/El em relação a K_{final} . Isso sugere que a diferença entre Mob e Nmob varia dependendo da categoria El. A interação é estatisticamente significativa.

Tabela 10: Resultado ANOVA (EL)

ANOVA						
te de varia	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	94,03718	1	94,03718	7,584635	0,012238	4,351244
Colunas	296,0816	1	296,0816	23,88067	8,92E-05	4,351244
Interacçõe	85,7651	1	85,7651	6,917445	0,016045	4,351244
Dentro	247,9676	20	12,39838			
Total	723,8514	23				

**Figura 22:** Kfinal. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

Os valores DC são maiores que o EL por mesmos motivos anteriores. Os efeitos das raízes, que pode facilitar a infiltração de água, a deposição de matéria orgânica sendo a decomposição contínua de folhas e outros detritos orgânico sob árvores pode aumentar o teor de matéria orgânica no solo sob a copa. Esse acúmulo de matéria orgânica tem um impacto na estrutura de solo, tornando-os mais poroso e favorecendo a retenção de água. Conseqüentemente, esses fatores podem contribuir para valores de K-final mais altos, evidenciando a influencia benéfica da vegetação.

➤ Densidade Aparente

- Amostra (Mob vs. Nmob): com o valor-p de 0.45333, é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidencia estatisticamente significativas de diferença entre Mob e Nmob em relação a Dap. Portanto, Mob e nmob não apresentam diferenças significativas em relação à Dap.
- Colunas (DC vs. EL) com o valor-p 7.06181E-08, é um valor muito baixo, indicando que há evidencia estatisticamente significativa de diferença entre DC e El em

relação a Dap, independentemente das condições Mob e Nmob. Portanto, DC e EL são significativamente diferentes em relação à densidade aparente.

- Interações com valor-p de 0.307107862 é maior que o nível de significância de 0.05, o que sugere que a interação entre Mob/Nmob e DC/EL não é estatisticamente significativamente em relação à Dap.

Tabela 11: Resultado ANOVA (DC vs. EL)

ANOVA						
Fonte de variação	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	0,010063	1	0,010063	0,572414	0,453333338	4,061706
Colunas	0,734036	1	0,734036	41,75412	7,06181E-08	4,061706
Interações	0,01877	1	0,01877	1,067717	0,307107862	4,061706
Dentro	0,773518	44	0,01758			
Total	1,536388	47				

- **Para os valores debaixo da copa (DC)**

Para a fonte de variação “Amostra” com o valor-p de 0.100954698, é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidencia estatisticamente significativas de diferença entre Mob e Nmob em relação à Dap. Portanto, Mob e Nmob não apresentam diferenças significativas em relação à Dap.

Na fonte de variação “Colunas” que compara as diferenças entre NS e S relação à variável Dap. O valor-p de 0.183605903 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidencia estatisticamente significativas de diferenças entre NS e S em relação à Dap. Portanto, NS e S não apresentam diferenças significativas em relação à Dap.

As interações com um valor-p 0.182690143 que é maior que o nível de significância de 0.05, o que sugere que a interação entre Mob/Nmob e NS/S não é estatisticamente significativa em relação à Dap.

Tabela 12: Resultado ANOVA (DC)

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,043887	1	0,043887	2,95683	0,100955	4,351244
Colunas	0,02816	1	0,02816	1,897261	0,183606	4,351244
Interações	0,028284	1	0,028284	1,905578	0,18269	4,351244
Dentro	0,296853	20	0,014843			
Total	0,397184	23				

- **Para os valores na entrelinha (EL)**

Amostra com o valor-p 0.021864127 é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicado que há evidência estatisticamente significativas de diferente entre Mob e Nmob em relação à Dap. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação à Dap. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação à Dap.

A fonte de variação “Colunas” com o valor-p 0.822728108 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferença entre EL: NS e EL:S em relação à Dap. Portanto, EL: NS e EL:S não apresentam diferenças significativas em relação à Dap.

A interações com o valor-p 0.040768409 é menor que o nível de significância de 0.05, o que sugere que a interação entre Mob/Nmob e EL: NS/EL:S é estatisticamente significativa em relação à Dap. Isso indica que as diferenças entre Mob e Nmob variam entre as condições EL:NS e EL:S em relação à Dap.

Tabela 13: Resultado ANOVA (EL)

ANOVA						
<i>Fonte de variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,080748	1	0,080748	6,181596	0,021864	4,351244
Colunas	0,000673	1	0,000673	0,051529	0,822728	4,351244
Interações	0,062495	1	0,062495	4,784309	0,040768	4,351244
Dentro	0,261252	20	0,013063			
Total	0,405168	23				

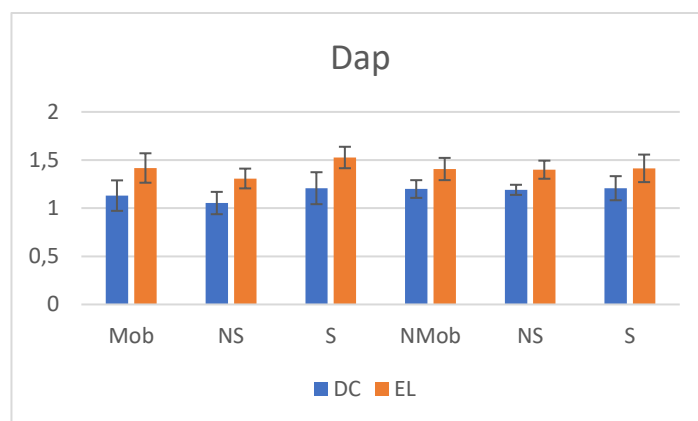


Figura 23: Resultado Dap. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

O gráfico revela valores de densidade aparente (Dap) que estão, em sua maioria, dentro da faixa de valores esperada, com exceção do solo semeado do mobilizado, onde a densidade aparente ultrapassa 1.5 g/cm³. Em linhas gerais, os solos situados sob a copa das árvores (DC) exibem uma estrutura solta e bem organizada.

A diferença significativa nos valores de Dap entre as áreas DC e EL pode ser atribuída a vários fatores. Em grande parte, essa diferença é resultado da influência benéfica das árvores, que contribuem para criar um ambiente com maior porosidade e menor compactação do solo. A presença contínua de matéria orgânica proveniente da decomposição de folhas e outros detritos orgânicos sob as árvores também desempenham um papel crucial na melhoria da estrutura do solo.

Alem disso, a discrepância nos valores de Dap pode ser parcialmente atribuída ao uso de máquinas e equipamentos nas estrelinhas (EL). A compactação do solo causada por essas atividades pode resultar em uma densidade aparente mais elevada e, possivelmente, em uma estrutura de solo menos favorável.

➤ Capacidade Máxima para Água (CMA)

- Amostra (Mob vs. Nmob) com o valor-p 0.493846592 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferença entre Mob e Nmob em relação à CMA. Portanto, Mob e Nmob não apresentam diferenças significativas em relação à CMA.
- Colunas com o valor-p de 2.66364E-07 é muito menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferenças

entre EL e DC em relação à CMA. Portanto, EL e DC apresentam diferenças significativas em relação à CMA.

- Interações com o valor-p 0.101313 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e EL/DC em relação à CMA. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições EL e DC em relação à CMA.

Tabela 14: Resultado ANOVA (DC vs. EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,002662	1	0,002662	0,476036	0,493846592	4,061706
Colunas	0,206039	1	0,206039	36,84374	2,66364E-07	4,061706
Interaçõe	0,015663	1	0,015663	2,800795	0,101313413	4,061706
Dentro	0,246059	44	0,005592			
Total	0,470423	47				

- **Para os valores debaixo da copa (DC)**

A fonte de “Amostra” com valor-p de 0.099331724 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre Mob e Nmob em relação à CMA. Portanto, Mob e Nmob não apresentam diferenças significativas em relação à CMA.

Colunas com o valor-p de 0.163804699 é muito menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre NS e S em relação à CMA. Portanto, NS e S não apresentam diferenças significativas em relação à CMA.

Interações com o valor-p 0.28552946 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e NS/S em relação à CMA. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições NS e S em relação à CMA.

Tabela 15: Resultado ANOVA (DC)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,022331	1	0,022331	2,987248	0,099332	4,351244
Colunas	0,01562	1	0,01562	2,08948	0,163805	4,351244
Interacçõe	0,009002	1	0,009002	1,204155	0,285529	4,351244
Dentro	0,149508	20	0,007475			
Total	0,19646	23				

- **Para os valores na entrelinha (EL)**

Amostra com o valor-p 0.014377136 é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicado que há evidência estatisticamente significativas de diferente entre Mob e Nmob em relação à CMA. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação à Dap. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação à CMA.

A fonte de variação “Colunas” com o valor-p 0.293152092 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferença entre NS e S em relação à CMA. Portanto, NS e S não apresentam diferenças significativas em relação à essa variável.

A interações com o valor-p 0.34983899 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e NS/S em relação à CMA. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições NS e S em relação a essa variável.

Tabela 16: Resultado ANOVA (EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,016676	1	0,016676	7,185224	0,014377	4,351244
Colunas	0,002705	1	0,002705	1,165617	0,293152	4,351244
Interacçõe	0,002127	1	0,002127	0,916449	0,349839	4,351244
Dentro	0,046416	20	0,002321			
Total	0,067924	23				

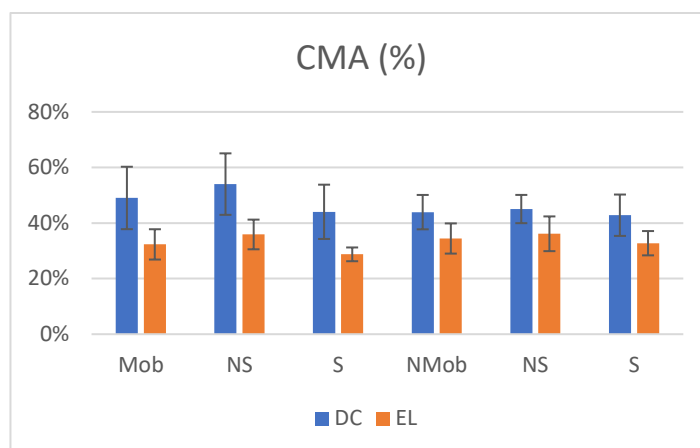


Figura 24: Resultado CMA. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

Os resultados obtidos no gráfico revelam uma consistente diferença entre os valores de DC e EL, sendo que os valores de DC são sistematicamente mais elevados. Essa disparidade pode ser explicada por uma combinação de diversos fatores.

Primeiramente, a presença de uma quantidade significativamente maior de matéria orgânica nos solos sob copas das árvores (DC) é fator chave. A decomposição contínua de folhas e outros detritos orgânicos sob a cobertura arbórea contribui para a formação de um solo mais rico em matéria orgânica. Essa matéria orgânica, por sua vez, melhora a estrutura do solo, aumentando sua porosidade e capacidade de retenção de água.

Além disso, as árvores proporcionam sombra sobre o solo, o que reduz a evaporação da água do solo. Esse efeito de sombra ajuda a manter uma maior umidade no solo sob as copas das árvores, o que, por sua vez, contribui para uma maior capacidade de retenção de água.

A atividade das raízes das árvores é outro fator importante a considerar. As raízes das árvores exploram o solo em busca de água, criando canais e estruturas que facilitam a infiltração e retenção da água no solo.

➤ Capacidade de Campo (CC)

- Amostra (Mob vs. Nmob) com o valor-p 0.6017926 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferença entre Mob e Nmob em relação à CC. Portanto, Mob e Nmob não apresentam diferenças significativas em relação à CC.

- Colunas com o valor-p de 2.32313E-07 é muito menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferenças

entre DC e EL em relação à CC. Portanto, DC e EL apresentam diferenças significativas em relação à CC.

- Interações com o valor-p 0.130579122 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e DC/EL em relação à CC. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições DC e EL em relação à CC.

Tabela 17: Resultado ANOVA (DC vs. EL)

<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,001284	1	0,001284	0,276275	0,6017926	4,061706
Colunas	0,173581	1	0,173581	37,33576	2,32313E-07	4,061706
Interaçõe	0,011034	1	0,011034	2,373408	0,130579122	4,061706
Dentro	0,204564	44	0,004649			
Total	0,390463	47				

➤ **Para os valores debaixo da copa (DC)**

A fonte de “Amostra” com valor-p de 0.1072 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre Mob e Nmob em relação à CC. Portanto, Mob e Nmob não apresentam diferenças significativas em relação à CC.

Colunas com o valor-p de 0.5421 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre NS e S em relação à CC. Portanto, NS e S não apresentam diferenças significativas em relação à CC.

Interações com o valor-p 0.3107 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e NS/S em relação à CC. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições NS e S em relação à CC.

Tabela 18: Resultado ANOVA (DC)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,017702	1	0,017702	2,844384	0,107231	4,351244
Colunas	0,002395	1	0,002395	0,384784	0,542058	4,351244
Interacçõe	0,006732	1	0,006732	1,08172	0,310724	4,351244
Dentro	0,12447	20	0,006223			
Total	0,151299	23				

- **Para os valores na entrelinha (EL)**

Amostra com o valor-p 0.0174 é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicado que há evidência estatisticamente significativas de diferente entre Mob e Nmob em relação à CC. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação à Dap. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação à CC.

A fonte de variação “Colunas” com o valor-p 0.0391 é menor que o nível de significância de 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferença entre NS e S em relação à CC. Portanto, NS e S apresentam diferenças significativas em relação a essa variável.

A interações com o valor-p 0.4419 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e NS/S em relação à CC. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições NS e S em relação a essa variável.

Tabela 19: resultado ANOVA (EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,013684	1	0,013684	6,720862	0,017408	4,351244
Colunas	0,009924	1	0,009924	4,87405	0,039108	4,351244
Interacçõe	0,001253	1	0,001253	0,61544	0,44194	4,351244
Dentro	0,040722	20	0,002036			
Total	0,065584	23				

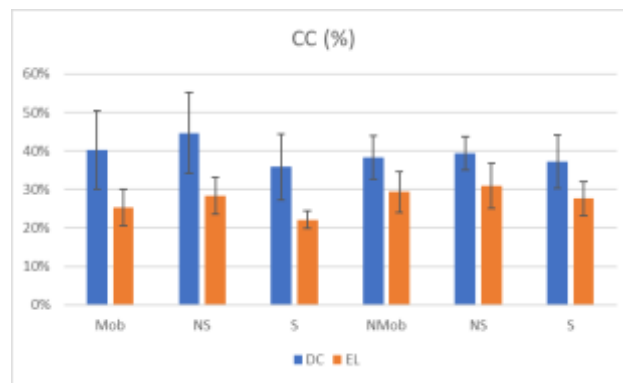


Figura 25: Resultado CC. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

O gráfico demonstra que os valores de CC em áreas localizadas sob a copa das árvores (DC) superam consistentemente aqueles encontrados nas áreas entre as linhas (EL). Essa disparidade pode ser explicada por uma combinação de fatores, incluindo a presença de matéria orgânica, o efeito de sombreamento proporcionado pela cobertura arbórea e a atividade das raízes.

▪ Porosidade Total

- Amostra (Mob vs. Nmob) com o valor-p 0.6306 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferença entre Mob e Nmob em relação à Porosidade Total (P). Portanto, Mob e Nmob não apresentam diferenças significativas em relação à P.

- Colunas com o valor-p de 4.7289E-06 é muito menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre EL e DC em relação à P. Portanto, EL e DC apresentam diferenças significativas em relação a essa variável.

- Interações com o valor-p 0.0745 está acima do nível de significância de 0.05, mas é próximo a ele. Isso sugere que pode haver uma tendência de interação, mas não é estatisticamente significativa a um nível de significância de 0.05. A interação entre Mob/Nmob e EL/DC em relação a Porosidade Total não é conclusiva com base nesse resultado.

Tabela 20: Resultado ANOVA (DC vs. EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,000439	1	0,000439	0,234454	0,630642108	4,061706
Colunas	0,050876	1	0,050876	27,19408	4,72888E-06	4,061706
Interaçõe	0,006245	1	0,006245	3,338039	0,07448314	4,061706
Dentro	0,082317	44	0,001871			
Total	0,139876	47				

- **Para valores debaixo da copa (DC)**

A fonte de “Amostra” com valor-p de 0.1047 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidencia estatisticamente significativas de diferenças entre Mob e Nmob em relação à P. Portanto, Mob e Nmob não apresentam diferenças significativas em relação à CC.

Colunas com o valor-p de 0.3838 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidencia estatisticamente significativas de diferenças entre NS e S em relação à P. Portanto, NS e S não apresentam diferenças significativas em relação à P.

Interações com o valor-p 0.6946 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidencia estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e NS/S em relação à P. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições NS e S em relação à P.

Tabela 21: Resultado ANOVA (DC)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,006144	1	0,006144	2,888679	0,104705	4,351244
Colunas	0,001687	1	0,001687	0,793036	0,383771	4,351244
Interaçõe	0,000338	1	0,000338	0,15868	0,694595	4,351244
Dentro	0,042538	20	0,002127			
Total	0,050707	23				

- **Para valores na entrelinha (EL)**

Amostra com o valor-p 0.0217 é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferente entre Mob e Nmob em relação à P. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação à P.

A fonte de variação “Colunas” com o valor-p 0.0601 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de diferença entre NS e S em relação à CC. Portanto, NS e S apresentam diferenças significativas em relação a essa variável.

A interações com o valor-p 0.6106 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e NS/S em relação à P. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições NS e S em relação a essa variável.

Tabela 22: Resultado ANOVA (EL)

ANOVA						
te de varia	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	0,007794	1	0,007794	6,194073	0,021748	4,351244
Colunas	0,004997	1	0,004997	3,971084	0,060112	4,351244
Interaçõe	0,000337	1	0,000337	0,267623	0,610605	4,351244
Dentro	0,025166	20	0,001258			
Total	0,038294	23				

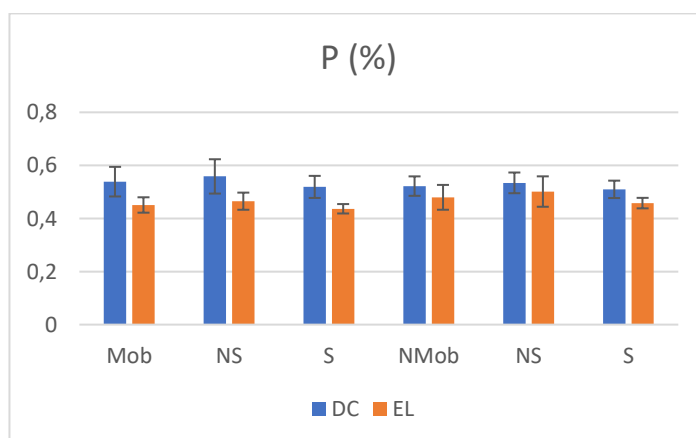


Figura 26: Resultado P. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

O gráfico demonstra que os valores porosidade total (P) em áreas localizadas sob a copa das árvores (DC) tem diferenças para os valores das entrelinhas (EL), há diferença entre DC e EL que pode ser explicada por motivos anterior já referido como o efeito das raízes, acúmulo de matéria orgânica, efeito do sombreamento, atividade agrícolas.

▪ **Microporosidade (MicroP)**

- Amostra (Mob vs. Nmob) com o valor-p 0.0089 é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidencia estatisticamente significativas de diferença entre Mob e Nmob em relação à MicroP. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação a essa variável.

- Colunas com o valor-p de 2.31212E-06 é muito menor que o nível de significância comum de 0.05, indicando que há evidencia estatisticamente significativas de diferenças entre DC e EL em relação à MicroP. Portanto, EL e DC apresentam diferenças significativas em relação a essa variável.

- Interações com o valor-p 0.0971 está acima do nível de significância de 0.05, indicando que não há evidencia de interação significativa entre Mob/Nmob e DC/EL em relação à MicroP.

Tabela 23: Resultado ANOVA (DC vs. EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,014439	1	0,014439	7,502099	0,008865035	4,061706
Colunas	0,056726	1	0,056726	29,47371	2,31212E-06	4,061706
Interaçõe	0,005532	1	0,005532	2,874317	0,097069686	4,061706
Dentro	0,084683	44	0,001925			
Total	0,161379	47				

▪ **Para valores debaixo da copa (DC)**

A fonte de “Amostra” com valor-p de 0.1158 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidencia estatisticamente significativas de diferenças entre Mob e Nmob em relação à P. Portanto, Mob e Nmob não apresentam diferenças significativas em relação à MicroP.

Colunas com o valor-p de 0.4901 é maior que o nível de significância comum de 0.05, indicando que não há evidencia estatisticamente significativas de diferenças entre NS e S

em relação à MicroP. Portanto, NS e S não apresentam diferenças significativas em relação à MicroP.

Interações com o valor-p 0.6928 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e NS/S em relação à MicroP. Isso significa que as diferenças entre Mob e Nmob não variam significativamente entre as condições NS e S em relação à MicroP

Tabela 24: Resultado ANOVA (DC)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,005729	1	0,005729	2,70267	0,115809	4,351244
Colunas	0,001048	1	0,001048	0,494447	0,490055	4,351244
Interações	0,000341	1	0,000341	0,160639	0,692819	4,351244
Dentro	0,042394	20	0,00212			
Total	0,049512	23				

▪ **Para valores na entrelinha (EL)**

Amostra com o valor-p 0.0234 é menor que o nível de significância comum de 0.05, indicado que há evidência estatisticamente significativas de diferente entre Mob e Nmob em relação à MicroP. Portanto, Mob e Nmob apresentam diferenças significativas em relação a essa variável.

A fonte de variação “Colunas” com o valor-p 0.0014 é muito menor que o nível de significância de 0.05, indicando que há evidência estatisticamente significativas de diferenças entre NS/S em relação MicroP. Portanto NS/S apresentam diferença significativas em relação a essa variável.

A interações com o valor-p 0.6885 é maior que o nível de significância de 0.05, indicando que não há evidência estatisticamente significativas de interação entre Mob/Nmob e NS/S em relação à MicroP.

Tabela 25: Resultado ANOVA (EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,008329	1	0,008329	6,022086	0,023418	4,351244
Colunas	0,018923	1	0,018923	13,68134	0,001421	4,351244
Interacçõe	0,000229	1	0,000229	0,165415	0,688539	4,351244
Dentro	0,027662	20	0,001383			
Total	0,055142	23				

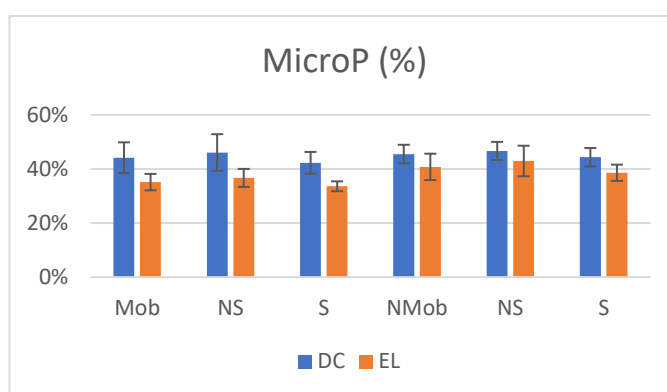


Figura 27: Resultado MicroP. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

O gráfico revela diferenças nos valores de microporosidade (MicroP) entre as áreas localizadas sob a copa das árvores (DC) e as entrelinhas (EL). Essas discrepâncias podem ser atribuídas a diversos fatores, como o efeito das raízes das árvores, o acúmulo de matéria orgânica, o efeito do sombreamento e as atividades agrícolas. Além disso, o gráfico demonstra o impacto positivo da não mobilização do solo na manutenção da estrutura do solo e, conseqüentemente, na melhoria da microporosidade. Esses resultados ressaltam a importância de considerar a gestão do solo, especialmente no que diz respeito à mobilização do solo, como uma ferramenta na promoção microporosidade do solo. Ao manter a estrutura do solo por meio da não mobilização, é possível criar um ambiente mais propício para a retenção de água e o desenvolvimento saudável das plantas. A não mobilização do solo pode ajudar a conservar as características benéficas do solo, como a presença de micróporos, que são essenciais para a disponibilidade de água e o crescimento das culturas.

▪ **Para Macroporosidade (Macrop)**

A fonte de variação “Amostra” parece ser altamente significativa, com um valor P muito baixo ($7.16713E-15$), o que sugere que há diferenças significativas entre as amostras.

A fonte de variação “Colunas” não parece ser significativa, pois o valor P (0.150170238) é maior que o nível de significância de 0.05.

As interações também não são significativas, com um valor P (0.592229406) maior que o nível de significância típico.

Tabela 26: Resultado ANOVA (DC vs. EL)

ANOVA						
te de varia	SQ	gl	MQ	F	valor P	F crítico
Amostra	0,009844	1	0,009844	132,6681	7,16713E-15	4,061706
Colunas	0,000159	1	0,000159	2,144718	0,150170238	4,061706
Interacção	2,16E-05	1	2,16E-05	0,291111	0,592229406	4,061706
Dentro	0,003265	44	7,42E-05			
Total	0,01329	47				

▪ **Para valores debaixo da copa (DC)**

A fonte de variação “Amostra” não parece ser significativa, pois o valor P (0.750488735) é maior que o nível de significância típico (como 0.05).

“Colunas” é altamente significativa, com um valor P muito baixo ($2.6503E-08$), sugerindo que há diferenças significativas entre as colunas.

“Interações” também não parece ser significativas, com um valor P (0.992301611) maior que o nível de significância típico.

Em resumo, parece haver diferenças significativas entre as colunas, mas não entre as amostras ou interações entre fatores.

Tabela 27: Resultado ANOVA (DC)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	7,26E-06	1	7,26E-06	0,103948	0,750489	4,351244
Colunas	0,005394	1	0,005394	77,23057	2,65E-08	4,351244
Interacçõe	6,67E-09	1	6,67E-09	9,55E-05	0,992302	4,351244
Dentro	0,001397	20	6,98E-05			
Total	0,006798	23				

▪ **Para valores na entrelinha (EL)**

A fonte de variação “Amostra” não parece ser significativa, pois o valor P (0,750488735) é maior que um nível de significância típico.

“Colunas” é altamente significativa, com um valor P muito baixo (2.6503E-08), sugerindo que há diferenças significativas entre as colunas.

“Interações” também não são significativas, com um valor P (0,992301611) maior que um nível de significância típico.

Tabela 28: Resultado ANOVA (EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	8,88E-06	1	8,88E-06	0,096464	0,759329	4,351244
Colunas	0,004472	1	0,004472	48,5676	9,17E-07	4,351244
Interacçõe	1,04E-05	1	1,04E-05	0,112973	0,740286	4,351244
Dentro	0,001841	20	9,21E-05			
Total	0,006332	23				

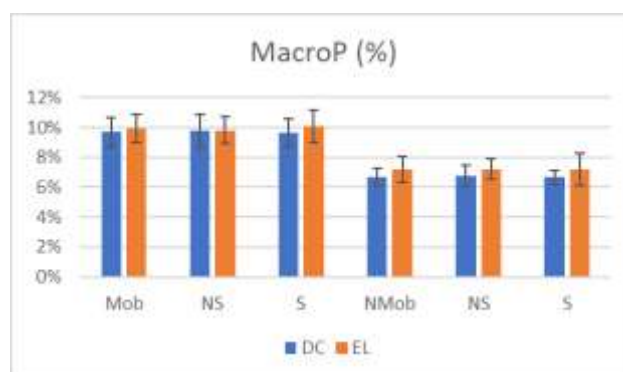


Figura 28: Resultado MacroP. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

Observa-se que os valores de macroporosidade são significativamente maiores nas áreas situadas sob a copa das árvores (DC) em comparação as áreas nas entrelinhas (EL). Esse contraste sugere que as raízes das árvores exercem um impacto positivo na macroporosidade do solo, criando espaços vazios maiores que facilitam a aeração, a drenagem e a infiltração de água no solo.

Além disso, o gráfico também evidencia diferenças na macroporosidade entre áreas mobilizadas e não mobilizadas.

- **Para Densidade Real (Dr)**

“Amostra” não parece ser significativa, pois o valor P (0.087356349) é maior que 0.05.

“Colunas” é altamente significativas, com um valor P muito baixo (0.006571038), sugerindo que há diferenças significativas entre as colunas enquanto que nas “Interações” não são significativas, com o valor P (0.500357476) maior que um nível de significância típico.

Tabela 29: Resultado ANOVA (DC vs. EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,120584	1	0,120584	3,057164	0,087356349	4,061706
Colunas	0,32112	1	0,32112	8,14136	0,006571038	4,061706
Interaçõe	0,018214	1	0,018214	0,46177	0,500357476	4,061706
Dentro	1,735494	44	0,039443			
Total	2,195411	47				

- **Para valores debaixo da copa (DC)**

A fonte de variação “Amostra” não parece ser significativa, pois o valor P (0.970531782) é maior que um nível de significância típico (0.05), Nas “Colunas” também não são significativas, com um valor P (0.403706921) maior que o nível de significância típico e nas “Interações” também não é significativas, com um valor P (0.157481717).

Tabela 30: Resultado ANOVA (DC)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	4,33E-05	1	4,33E-05	0,001399	0,970532	4,351244
Colunas	0,022534	1	0,022534	0,727775	0,403707	4,351244
Interaçõe	0,066786	1	0,066786	2,156929	0,157482	4,351244
Dentro	0,619268	20	0,030963			
Total	0,708632	23				

▪ **Para valores na entrelinha (EL)**

Para a fonte de variação “Amostra” não parece significativa, pois o valor P (0.761126202) é maior que um nível de significância típico (0.05), nas “Colunas” também não são significativas com o valor P (0.082256524) maior que o nível de significância típico enquanto nas “Interações” é significativa, com um valor P (0.004694052) abaixo do nível de significância típico, o que sugere que há diferenças significativas nas interações entre as colunas e os níveis de Mob.

Tabela 31: Resultado ANOVA (EL)

ANOVA						
<i>te de varia</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor P</i>	<i>F crítico</i>
Amostra	0,003299	1	0,003299	0,09498	0,761126	4,351244
Colunas	0,116263	1	0,116263	3,347478	0,082257	4,351244
Interaçõe	0,351467	1	0,351467	10,11954	0,004694	4,351244
Dentro	0,694631	20	0,034732			
Total	1,16566	23				

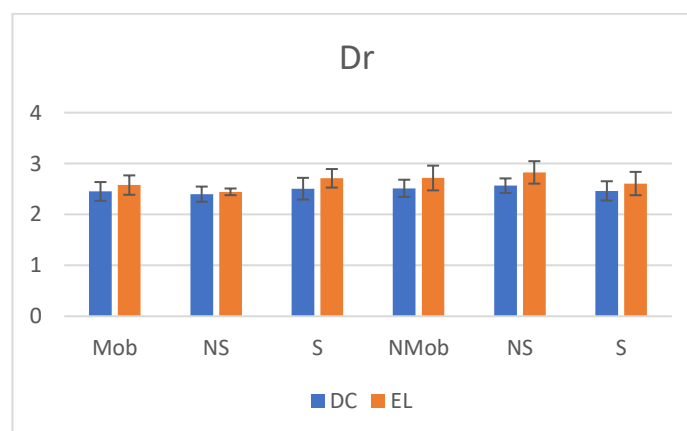


Figura 29: Resultado Dr. Legenda Mob- Solo Mobilizado, NMOB- Solo Não Mobilizado, S- Solo Semeado e NS- Solo Não Semeado.

Com base na análise do gráfico, de fato, não se observa uma grande diferença substancial nos valores de densidade real do solo, uma vez que os valores estão próximos. No entanto, é importante notar que a densidade real do solo é um parâmetro sensível e qualquer variação, mesmo que pequena, pode ter implicações significativas na qualidade do solo e no crescimento das plantas.

Os dados mostram que o solo não mobilizado apresentou uma ligeira maior densidade real, com um valor de 2.514, em comparação com o solo mobilizado, que registou um valor de 2.452. Embora as diferenças não sejam acentuadas, elas indicam uma tendência de menor compactação no solo não mobilizado, o que pode ser benéfico para a estrutura do solo e o desenvolvimento das plantas.

Outro aspecto interessante que pode ser observado é a influência da semeadura nos valores de densidade real do solo. No solo mobilizado, as parcelas semeadas tiveram uma densidade ligeiramente maior em comparação com as parcelas não semeadas. Por outro lado, no solo não mobilizado, as parcelas não semeadas apresentaram valores um pouco mais elevados. Essa inversão de tendência sugere que a presença de culturas ou vegetação pode afetar a densidade real do solo de maneira específica e deve ser considerada no manejo agrícola.

5. Conclusão

Com base na análise dos resultados obtidos, podemos chegar a conclusões substanciais que têm implicações em relação a gestão do solo e à conservação dos recursos naturais, especialmente no contexto da perda de solo e concentração de sedimentos. Várias observações e tendências merecem destaque:

1. **Impacto da Mobilização do Solo:** Foi observado que a mobilização do solo afetou diretamente a perda de solo, com parcelas sujeitas a mobilização demonstrando maiores taxas de perda de solo em comparação com áreas não mobilizadas. Embora as diferenças entre os tratamentos não tenham atingido significância estatística, essas tendências indicam uma interação complexa entre as práticas da gestão do solo e as condições locais.
2. **Efeito da Estação do Ano:** As condições climáticas sazonais desempenham um papel significativo nos resultados observados. Os efeitos da mobilização do solo e da cobertura vegetal variam com as estações do ano, ressaltando a necessidade de considerar as flutuações sazonais ao desenvolver estratégias de redução da perda de solo.
3. **Diferenças entre Parcelas Semeadas e Não Semeadas:** A sementeira foi identificada como um fator importante na redução da concentração de sedimentos no solo, particularmente nas áreas não mobilizadas. Parcelas não semeadas apresentaram maiores concentrações de sedimentos, destacando a importância da cobertura vegetal na mitigação da erosão e na manutenção da qualidade do solo.
4. **Concentração de Sedimentos em Suspensão:** Foi evidenciado que a prática de não mobilização do solo foi altamente eficaz na redução da concentração de sedimentos em suspensão, com uma eficácia notável de 50%. Isso destaca o potencial dessa prática em proteger a qualidade da água e o meio ambiente.

Assim, é recomendável enfatizar a importância de considerar não apenas a gestão do solo, mas também as condições climáticas locais ao desenvolver estratégias de redução da perda de solo e da concentração de sedimentos. A monitorização contínua da erosão do solo e do impacto das práticas da gestão ao longo do tempo é fundamental, especialmente em relação às flutuações na precipitação.

Em relação à análise dos indicadores de eficácia de redução, a prática de não mobilização do solo demonstrou ser altamente eficaz na redução da perda de solo (38% de eficácia) e na concentração de sedimentos em suspensão (50% de eficácia). No entanto, é importante notar que essa prática não afetou significativamente o controle do escoamento, que permaneceu relativamente constante.

Portanto, os resultados da segunda análise destacam a importância das árvores na melhoria das características do solo, como a porosidade, a capacidade de retenção de água e a permeabilidade (Arrobas et al., 2011). Além disso, a não mobilização do solo é uma prática que preserva essas características benéficas, contribuindo para a conservação do solo e para criação de um ambiente mais propício ao crescimento das plantas. Essas conclusões sugerem que a gestão adequada do solo, incluindo a preservação de áreas com coberturas arbórea e a redução da mobilização, pode ser fundamental para o sucesso da agricultura e a conservação dos recursos naturais em um contexto mais amplo de sustentabilidade ambiental.

Ao analisar os resultados de erosão em conjunto com as propriedades físicas determinadas, observa-se uma notável concordância entre ambos, os tratamentos que mais afetaram as propriedades físicas do solo, como porosidade, capacidade de retenção de água e permeabilidade, também causaram maior impacto na perda de solo e concentração de sedimentos. Essa demonstração reforça a hipótese inicial de que as propriedades físicas do solo desempenham um papel fundamental nos processos hidrológicos e erosivos, destacando a importância de abordagem de gestão de solo que visam preservar e melhorar essas propriedades.

6. Referencia

Abreu, M. M., Fangueiro, D., & Santos, E. S. (Eds.). (2015). Simpósio "O Solo na Investigação Científica em Portugal." Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.

Arrobas, M., Claro, A. M., Ferreira, I. Q., & Rodrigues, M. A. (2011). Gestão de cobertos vegetais em olival na região mediterrânica. Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável: Livro de Atas. Atas "Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável", Bragança - Portugal, 24 março 2011. Escola Superior Agrária de Bragança.

Arrobas, M., Ferreira, I. Q., Claro, M., Rodrigues, M. Â., Correia, C. M., & Moutinho-Pereira, J. (2011). Introdução de cobertos de leguminosas anuais em olival. Centro de Investigação de Montanha, Instituto Politécnico de Bragança, Centro de Investigação e Tecnologias Agroambientais e Biológicas, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Arrobas, M., Gonçalves, M. A., & Correia, C.M. (2011). Olive yield and tree nutritional status under different soil management systems in a traditional Mediterranean orchard. *Plant and soil*, 341 (1-2), 153-167.

Azeite DOP-Denominação Origem Protegida. Acedido em: <https://tradicional.dgadr.gov.pt/pt/produtos-por-regime-de-qualidade/dop-denominacao-de-origem-protegida>

Agronegocios.eu. Olival e amendoal: Conheça as recomendações para combate das infestantes acedido em: [Olival e Amendoal: Conheça as recomendações para combate das infestantes | Portal Agronegocios.eu \(agronegocios.eu\)](#) á 20/10/2023.

Alcobia M. D. & Ribeiro J. R.,2001. Manual do Olival em Agricultura Biológica. ISBN: 972-98784-1-2, 17-30.

Alcobia, P., & Ribeiro, C. (2001). Control of soil erosion with living plants: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 21(1), 35-45.

Bacelar, E., Gonçalves, B., Moutinho-Pereira, J., & Correia, C. (2009). Botânica e Morfologia da Oliveira. In M. Â. Rodrigues & C. M. Correia (Eds.), *Manual da Safra e Contra Safra do Olival* (pp. 17-27). Instituto Politécnico de Bragança.

Barros, J. F. C. (2020). Controlo de infestantes em olival com enrelvamento. Texto de apoio para as Unidades Curriculares de Sistemas e Tecnologias Agropecuários, Tecnologia do solo e das Culturas e Projeto em Engenharia Agronómica. Departamento de Fitotecnia, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora.

Barros, N. F. (2020). Erosão do solo: causas e consequências. Portal do Agronegócio. Retrieved from <https://www.portaldoagronegocio.com.br/artigo/erosao-do-solo-causas-e-consequencias-196178>.

Casa do azeite. Denominação Origem Protegida acessado em: <http://www.casadoazeite.pt/Azeite/Denomina%C3%A7%C3%B5es-de-origem-protegida> á 15/07/22.

Campos, C., Villa, M., Reis, C., Aguiar, C., & Baptista, P. (2022). Efeito da mobilização do solo na composição do coberto vegetal espontâneo em olival: resultados preliminares [Effect of tillage on spontaneous ground cover composition in olive groves: preliminary results]. *Revista de Ciências Agrárias*, 45(4), 463-466.

Cavalli, A. (2017). Áreas ardidas e risco de erosão potencial em zonas de montanha do NE Portugal (Dissertação de mestrado em Tecnologia Ambiental). Escola Superior Agrária de Bragança.

Carmona, P., García-Méndez, J., Jordán, M.M., Moral, R., Alonso-Moraga, A., & Sánchez, M.J. (2006). Effectiveness of two thermal weed control systems in olive groves. *Crop Protection*, 25(1), 36-43.

Cerdan, O.; Govers, G.; Le Bissonnais, Y.; Van Oost, K.; Poesen, J.; Saby, N.; Gobin, A.; Vaca, A.; Quinton, J.; Auerswald, K.; (2010). Taxas e variações espaciais da erosão do solo na Europa: um estudo baseado em dados de gráficos de erosão. *Geomorfologia*.

Evelpidou, Niki; Cordier, Stephane; Merino, Agustin; Figueiredo, Tomás de; Centri, Csaba, eds. (2013). *Runoff erosion*. Athens: University of Athens: University of Athens. Texto em conformidade. <http://hdl.handle.net/10198/11228>.

Evelpidou, Niki & Figueiredo, Tomás de, (2009). *Soil protection in sloping mediterranean agri-environments: lectures and exercises*. Bragança: Instituto Politécnico. ISBN 978-972-745-107-4. <http://hdl.handle.net/10198/2928>.

Figueiredo, R. O., Cunha, T. J. F., & Bastos, R. Q. (s.d.). Propriedades do solo em áreas com diferentes níveis de erosão. In *Anais do I Simpósio Internacional de Geografia Agrária e II Simpósio Nacional de Geografia Agrária*.

Figueiredo, T., Hernandez, Z., Fonseca, F., & Poesen, J. (2018). Eficácia no controlo da erosão de medidas de gestão do solo baseadas em coberturas herbáceas: simulações para a viticultura do Douro, Portugal. *Atas do IX Congresso ibérico de Agroengenharia*. Bragança, Instituto Politécnico de Bragança (1271 -1277) (1788-1796).

Figueiredo, T. d'AFR de. (2013). *Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano*. Instituto Politécnico de Bragança.

Figueiredo (2007) Mestrado em Agrogeologia, Unidade Curricular Conservação do Solo.

Figueiredo, T., Almeida, A., & Araújo, J. P. (2002). Edaphic characteristics of olive-tree areas in the Trás-os-Montes Region (Portugal): a map-based approach. *Acta Horticulturae*, 586, 151-154. Proceedings of the Fourth International Symposium on Olive Growing. Valenzano. ISSN 0567-7572. <http://hdl.handle.net/10198/6483>

Figueiredo, T. de, Fonseca, F., & Nunes, L. (Eds.). (2015). *Proteção do Solo e Combate à Desertificação: oportunidade para as regiões transfronteiriças*. Instituto Politécnico de Bragança.

Filho, R.R.P., 2016. *Determinação Das Propriedades Físicas Do Solo em Função Do Uso e Ocupação Em Caçapava Do Sul -Rs*.

Fonseca, F., Queirós, A., Buch, AC, Carvalho, FC de, Sousa, JP, & Santos, SAP (2012). Sistemas de gestão do solo em olivais de Trás-os-Montes: efeitos nas propriedades superficiais do solo. In J. Pinheiro (Ed.), *V Congresso Ibérico da Ciência do Solo - Livro de Resumos* (2ª ed., pp. 130-131). Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança (ESAB/IPB).

Guerra, A. J. T.; Botelho, R. G. M. Características e propriedades dos solos relevantes para os estudos pedológico e análise dos processos erosivos. *Anuário do Instituto de Geociência*, v. 19, p. 98-108, 1996.

Gómez, J.; Infante-Amate, J.; De Molina, M.; Vanwalleghem, T.; Taguas, E.; Lorite, I. (2014). O cultivo da oliveira, seu impacto na erosão do solo e sua progressão em impactos de rendimento no sul da Espanha no passado como chave para um futuro de crescente incerteza climática. *Agricultura*.

Gabinete de Planeamento e políticas (2007). *Olivicultura- DIAGNÓSTICO SECTORIAL*. Lisboa: ministérios da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território. Lisboa, Portugal.

Gabinete de Planeamento e Política. (2007). *Diagnóstico setorial de olivicultura*. (p14, 17).

Geografia, Especialização em Planeamento e Gestão do Território, Universidade do Porto.

Hernani, L. C.; Freitas, P. L. de; Pruski, F. F.; De Maria, I. C.; Castro Filho, C. de; Landers, J. N. A erosão e seu impacto1. In: Prado, H. do (Ed.). *Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

[IPMA] Instituto Português do Mar e da Atmosfera. (2021). Clima em Portugal. Obtido em 20 de março de 2023, de <https://www.ipma.pt/pt/oclima/climatologia/consulta.clima.por.estacao/#Norte>.

Labrière, N., Locatelli, B., Laumonier, Y., Freycon, V., & Bernoux, M. (2015). Soil erosion in the humid tropics: A systematic quantitative review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 203, 127-139. Doi: 10.1016/j.agee.2015.02.004.

Langgut, D., & Garfinkel, Y. (2022). Evidência de 7.000 anos de cultivo de árvores frutíferas no Vale do Jordão, Israel. *Scientific Reports*, 12(1), 7463. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10743-6>.

Lal, R. (1990). *Soil erosion in the tropics: principles and management* (No. 114). McGraw-Hill Publishing Company.

Miranda, J. P. L. (2008). *Propriedades físicos-hídricas de um solo submetido a cultivos perenes e a pousio em ambiente agrícola serrano- Bom Jardim (RJ)*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do rio de janeiro, 2008, pp.12-14, 19-20.

Mota, J. C. A. (2004). *Caracterização física, química e mineralógica, como suporte para o manejo, dos principais solos explorados com a cultura do melão na chapada do Apodi – RN*. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Ceará, Departamento de Ciências do Solo.

Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation*. Blackwell Publishing.

Monteiro, M. A. (1999). *A Oliveira: Património Natural Transmontano*. João Azevedo Editor. ISBN: 972-9001-29-4.

Paulino, H. B. (2013). *Propriedades Físicas do Solo Sob Diferentes Usos e Manejos na Bacia do Rio Corrente, BA*. Tese de Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, Brasil.

Paulino S.P.,2013. *Atributos Físicos Como Indicadores Da Qualidade Do Solo Em Sistema De Manejo No Estado De Santa Catarina*.

Petter, F. A. (1992). *Erosão do solo e sua relação com a cobertura vegetal*. Brasília: EMBRAPA.

Pereira, K. R. B. (2019). *Propriedades Físico-Químicas de Solos com diferentes teores de Matéria Orgânica na Regiões de Montanha no Nordeste de Portugal*. Dissertação de Mestrado em Agroecologia, Escola Superior Agrária de Bragança, Instituto Politeico de Bragança.

Qualidade do solo. Acedido em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/propriedades/> á 30/01/22.

Reis, P. (2014). Olivais em Portugal: Dinâmicos, tecnológicos e relação com o desenvolvimento rural. Instituto Nacional Agrário e veterinário.

Resende, FV, Souza, LS, Oliveira, PSR, & Gualberto, R. (Ano de publicação não fornecido). Uso de cobertura morta vegetal sem controle de umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção de cenoura em cultivo de verão.

Roose, E. (1994). Soil erosion studies in France: principles and methods. In *Soil Erosion Studies in France* (pp. 11-18). Springer Netherlands.

Rocha, J. M. F. (2016). Aplicação experimental de técnicas de fogo controlado e de parcelas de erosão no município de Santo Tirso. Dissertação de Mestrado em

Rodrigues, M. A: (2013). Introdução de leguminosas pratenses na gestão do solo em olivais de sequeiro. *Trifólia*. 4; p.1-2.

Rodrigues, M. Â., Pires, J. M., Claro, M., Ferreira, I. Q., Barbosa, J. C., & Arrobas, M. (2013). Instalação de leguminosas anuais de ressementeira natural como cobertos vegetais em olivais de sequeiro. *Pastagens e Forragens*, 32/33, 85-97.

Rodrigues, M. Â., & Correia, C. M. (2009). Caracterização da mobilização do solo na agricultura de montanha em Trás-os-Montes e Alto Douro. *Revista de Ciências Agrárias*, 32 (2), 149-160.

Rodrigues, M. Â. R., & Correia, C. M. (Eds.). (2015). *Manual da Safra e Contra Safra do Olival. Sistemas Culturais e Produtivos Sustentáveis*. Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária. (pp: 9:22).

Rodrigues, M. Â., & Correia, C. (2009). O Ciclo Bienal da Oliveira. In M. Â. Rodrigues & C. Correia (Eds.), *Manual da Safra e Contra Safra do Olival* (pp:17:20). Editora.

Rodrigues, M. A; Arrobas M., (2018). Prados, Pastagens e Forragens: Leguminosas na Gestão do Solo dos Olivais. Centro de Investigação de Montanha, Instituto politécnico de Bragança.

Rodrigues, M. Â., Raimundo, S., & Arrobas, M. (2019). Um olhar sobre a gestão do solo em olival face ao aquecimento global. *Agricultura em revista*, 1(1), 23-33.

Santos, R. V. dos; Figueiredo, T. de; Fonseca, F.; Costa, O. V.; Pereira, K. B.; Rodrigues, J. efeito de mobilização com tração animal em propriedades físicas do solo. *Revista Ciencia Agronomica*, V51, n.2, p. 177-185, (2020.) o v.51, n.2.

Silva, F. M., Chaves, M. S., & Lima, Z. M. C. Propriedades dos solos- características químicas e mineralógicas. Aula 09. Recuperado de

<https://www.passeidireto.com/arquivo/104988693/propriedades-dos-solos-caracteristicas-quimicas-e-mineralogicas-ufrn-2009> em 29 julho de 2022.

Tribunal de Contas Europeu. (2018). Relatório Especial Combater a desertificação na UE: uma ameaça crescente que exige mais ação. Luxemburgo. Recuperado de [https://www.eca.europa.eu/lists/ecadocuments/sr18_33/sr_desertification_pt.pdf]