

UTILIZAÇÃO DE CONDICIONADORES À BASE DE BAGAÇO DE AZEITONA PARA MELHORIA DA ESTABILIDADE DA AGREGAÇÃO DO SOLO NA REGIÃO DE TRÁS-OS-MONTES

Laura Martins Silvestre

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção do
Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental no âmbito da dupla diplomação com a
Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Orientada por

Tomás D'Aquino Freitas Rosa de Figueiredo (ESA – IPB)
Felícia Maria da Silva Fonseca (ESA – IPB)
Maria Cleide Baldo (UTFPR – CM)

Bragança
2022

**Utilização de condicionadores à base de bagaço de azeitona para
melhoria da estabilidade da agregação do solo na região de Trás-
os-Montes**

Laura Martins Silvestre

Tomás D´Aquino Freitas Rosa de Figueiredo
Felícia Maria da Silva Fonseca
Maria Cleide Baldo

Bragança

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo bem mais precioso que podemos ter, a vida. Ao mundo que criou, sem Ele nada disso seria possível.

Agradeço aos meus pais, Fernanda Munhão e Rodrigo Silvestre, por serem minha base e rede de apoio, sempre acreditarem em minha capacidade e tornarem real todas as oportunidades que consegui conquistar. Vocês são sinônimo de proteção, aprendizado, amor e meus exemplos de profissionais.

Ao meu orientador professor Doutor Tomás de Figueiredo do Instituto Politécnico de Bragança, por toda ajuda, paciência e ensinamentos durante o desenvolvimento do projeto. Minha sincera e eterna gratidão por todo tempo disponibilizado para meu crescimento profissional. À minha coorientadora professora Doutora Felícia Fonseca do Instituto Politécnico de Bragança, por contribuir e me auxiliar neste projeto.

À minha coorientadora professora Doutora Maria Cleide Baldo da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão, que atuou não apenas como professora, mas também como uma grande amiga nos momentos difíceis. Minha admiração e carinho iniciou-se desde a primeira aula de Geologia e Pedologia no segundo semestre da faculdade e se mantém até nos dias de hoje.

À aluna orientada pelo professor Tomás, Ana Carolina Royer do Instituto Politécnico de Bragança, por toda paciência, ajuda e aprendizado durante o processo do projeto, agindo como uma outra orientadora para mim, minha sincera gratidão. Também à aluna Renecleide Viana, no processo laboratorial e desenvolver, pela colaboração e paciência.

Agradeço à Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Instituto Politécnico de Bragança e a todos os professores e funcionários ligados aos mesmos por me proporcionarem esta experiência única da dupla diplomação.

Agradeço minha irmã, Camila Silvestre, por todo carinho e amor compartilhado, suas preocupações e afetos demasiados, mas imprescindíveis. Aos meus avós, Carmem e Moacyr, Vilma e Rubens (*in memoriam*), não exista um dia que não ore por vocês.

Aos demais familiares que me apoiam e vibram por mim, em especial minhas madrinhas Carolina e Helena, e meu padrinho Haroldo (*in memoriam*), muito carinho e amor por vocês.

Aos meus amigos de Ourinhos, Campo Mourão e Bragança, por todo suporte nos momentos mais difíceis e necessários dos quais agiram como uma verdadeira família para mim. Agradeço à uma pessoa especial, que sabe o quão foi importante para o desenvolver deste projeto e desta nova fase da minha vida que se inicia. Serei grata eternamente a todos vocês.

Por fim, agradeço até aos que um dia, de alguma forma, me fizeram desacreditar. Estes também me auxiliaram a buscar sempre meu melhor.

*“Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades,
Muda-se o ser, muda-se a confiança;
Todo o mundo é composto de mudança,
Tomando sempre novas qualidades.”*

Luís de Camões

RESUMO

O processo de elaboração de azeite na indústria em contínuo de duas fases promove uma grande geração de resíduos de bagaço de azeitona húmido. Esse resíduo consiste numa mistura de pulpa, caroço e água, o que dificulta a disposição final devido ao alto teor de humidade.

Uma das linhas de desclassificação de resíduo a subproduto, conforme nova normativa da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), é sua aplicação como composto o fertilizante orgânico, já que o bagaço é um material orgânico com o valor de C orgânico entre 30 a 42%. A matéria orgânica do solo é uma fração importante para assegurar a estabilidade estrutural, a retenção de água e a disponibilidade de nutrientes, entre outros aspetos, pelo que é por outro lado especialmente em solos agrícolas, garantir a incorporação de resíduos orgânicos ao solo.

O objetivo do trabalho foi averiguar a capacidade de formação de agregados estáveis de três condicionadores correspondentes a compostos produzidos com diferentes proporções de bagaço de azeitona, fonte de azoto e agente estruturante (condicionador A, B e C), aplicados em três doses diferentes (10 ton/ha, 20 ton/ha e 40 ton/ha), e em duas granulometrias diferentes (fino e grosseiro) para dois solos distintos da região de Trás-os-Montes, o leptossolo êutrico (solo 1) e o fluvissoleto êutrico (solo 2).

Os tratamentos correspondentes a misturas solo – condicionador (e controlo) foram submetidos a ciclos (1 ciclo = 24h) de humedecimento e secagem aplicados em amostras iniciais de 100 g, ao longo de 30 dias. As coletas foram realizadas aos 3, 6, 10, 20 e 30 dias de ensaio.

Após a coleta das amostras, utilizou-se o aparelho estabilizador de agregados, no qual foi realizada a agitação e crivagem em húmido de quatro subamostras de 4g por tratamento. Estas subamostras passaram pelo processo sucessivamente com 100 mL de água destilada e com solução de hexametáfosfato de sódio. O processo foi finalizado com a secagem em estufa a 105°C das frações não retidas no crivo em cada etapa, e pesagem após o período de 24 horas. Os dados coletados foram curados e tratados estatisticamente (análise de variância, ANOVA, e teste de comparação de

médias, LSD) para a comparação do efeito dos diferentes tratamentos na estabilidade da agregação do solo.

O efeito dos tratamentos na estabilidade da agregação do solo 2 não foi significativo. No solo 1, os condicionadores tiveram efeitos positivos na estabilidade de agregados, embora sem diferenças significativas entre os três condicionadores testados. A granulometria dos condicionadores tem também efeito na estabilidade dos agregados, assim como a sua dosagem, embora, neste caso, se tenham verificado efeitos negativos nas dosagens mais elevadas.

O uso de condicionadores à base do bagaço de azeitona proporciona um efeito genericamente positivo nos solos com fraca agregação (caso do leptossolo eutrício-solo 1) no qual o seu melhor incremento foi a dosagem 3 (40 ton/ha) com o condicionador C. Assim, impactando indiretamente de forma positiva na absorção de nutrientes, na redução riscos de erosão e a resistência à seca, além de proporcionar uma alternativa adequada para o destino final do resíduo da produção de azeite e, portanto, para o meio ambiente.

Palavras-Chave: estabilidade da agregação, partículas primárias do solo, compostos, bagaço de azeitona húmido.

ABSTRACT

The continuous two-phase process of producing olive oil in the industry promotes a large generation of wet olive pomace residues. This residue consists of a mixture of pulp, stone and water, which makes final disposal difficult due to the high moisture content.

One of the lines of declassification from waste to by-product, according to new regulations from the Portuguese Environment Agency (APA), is its application as organic fertilizer as compost, since bagasse is an organic material with an organic C value between 30 to 42%. Soil organic matter is an important fraction to ensure structural stability, water retention and nutrient availability, among other aspects, so it is on the other hand, especially in agricultural soils, to ensure the incorporation of organic residues into the soil.

The objective of this work was to investigate the ability to form stable aggregates of three conditioners corresponding to compounds produced with different proportions of olive pomace, nitrogen source and structuring agent (conditioner A, B and C), applied in three different doses (10 ton/ha, 20 ton/ha and 40 ton/ha), and in two different granulometries (fine and coarse) for two different soils in the region of Trás-os-Montes, the eutric leptosol (soil 1) and the eutric fluvisol (only 2).

The treatments corresponding to soil – conditioner mixtures (and control) were subjected to cycles (1 cycle = 24h) of wetting and drying applied in initial samples of 100 g, over 30 days. Collections were performed at 3, 6, 10, 20 and 30 days of testing.

After collecting the samples, the aggregate stabilizer device was used, in which the agitation and wet sieving of four subsamples of 4g per treatment were performed. These subsamples were successively processed with 100 mL of distilled water and with sodium hexametaphosphate solution. The process was completed with drying in an oven at 105°C of the fractions not retained in the sieve at each stage, and weighing after a period of 24 hours. The collected data were cured and statistically treated (analysis of variance, ANOVA, and comparison of means test, LSD) to compare the effect of different treatments on soil aggregation stability.

The effect of treatments on the stability of soil aggregation 2 was not significant. In soil 1, the conditioners had positive effects on aggregate stability, although there were no significant differences between the three tested conditioners. The granulometry of the conditioners also has an effect on the stability of the aggregates, as well as their dosage, although, in this case, negative effects were observed at higher dosages. The use of conditioners based on olive pomace provides a generally positive effect on soils with low aggregation (e.g. eutric leptosol-soil 1) in which the best increase was the dosage 3 (40 ton/ha) with the conditioner C. Thus, indirectly positively impacting the absorption of nutrients, reducing erosion risks and drought resistance, in addition to providing a suitable alternative for the final destination of the residue from olive oil production and, therefore, for the environment.

Keywords: aggregation stability, primary soil particles, compost, wet olive pomace.

SUMÁRIO

LISTA DE ACRÓNIMOS/SIGLAS/ SÍMBOLOS/ABREVIATURAS	XIV
LISTA DE FIGURAS	XV
LISTA DE TABELAS	XVIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Tema e enquadramento	Erro! Indicador não definido.
1.2. Objetivo.....	2
1.3. Nota metodológica	3
1.4. Estrutura do trabalho	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. A azeitona.....	5
2.2. Produção do azeite	7
2.3. O Resíduo do azeite.....	9
2.4. Uso do bagaço	10
2.5. O solo	11
2.5.1. Problemas no solo	11
2.6. Estabilidade de agregados	13
2.7. Corretivos condicionadores: agregação do solo.....	14
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. Caracterização da área.....	16
3.1.1. Localização.....	16
3.1.2. Condições climáticas.....	18
3.1.3. Caracterização do solo	20
3.2. Delineamento experimental.....	20
3.3. Análises laboratoriais	28
3.3.1. Descrição dos equipamentos	28
3.3.2. Cálculos e tratamentos estatísticos	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1. Comparação entre solos testados.....	31
4.2. Comparações para condicionadores com grão fino.....	32
4.2.1. Comparação entre condicionador e solo original	32
4.2.2. Comparações para condicionadores com grão fino: comparação entre doses e solo original.....	36
4.3. Comparações para condicionadores com solo 1.....	41
4.3.1. Comparação entre granulometria dos condicionadores e solo original	41

4.3.2. Comparação entre dose e solo original do grão grosseiro	43
5. CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS	49

LISTA DE ACRÓNIMOS/SIGLAS/ SÍMBOLOS/ABREVIATURAS

AE – Agente Estruturante.

ANOVA – Análise de Variância (Analysis of Variance).

BA – Bagaço de Azeitona.

CBA – Condicionador de Bagaço de Azeitona.

EA – Estabilidade de Agregados.

FN – Fonte de Nitrogénio (azoto).

hl – hectolitro.

IMPA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera.

INE – Instituto Nacional de Estatística (Statistics Portugal).

LSD – Diferença Mínima Significativa (Least Significant Difference).

mL – Mililitro.

M.O. – Matéria Orgânica.

PP – Partículas Primárias.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Koppen-Geiger.....	6
Figura 2. Temperatura média anual (A) e precipitação média anual de Portugal Continental (B).....	7
Figura 3. Extração em três e duas fases para obtenção de azeite.....	8
Figura 4. Municípios que constitui a região de terras de Trás-os-Montes.....	17
Figura 5. Caracterização do território e região de terra quente em Trás-os-Montes e a o município de Carrazeda de Ansiães.....	18
Figura 6. Temperatura do ar na região de Bragança.....	19
Figura 7. Precipitação média na região de Bragança.....	19
Figura 8. Solo e condicionador antes de serem misturados para as parcelas.....	22
Figura 9. Misturas obtidas de solo e condicionador sendo inseridas nas respetivas parcelas.....	22
Figura 10. Parcelas de 100 cm ² prontas para a iniciação dos ciclos de humedecimento e secagem.....	23
Figura 11. Processo de humedecimento e secagem das amostras.....	24
Figura 12. Identificação dos sacos para coleta das amostras nos ciclos determinados...	24
Figura 13. Coleta das amostras.....	25
Figura 14. Amostras do ciclo determinado coletadas junto a parcela que dará continuidade aos ciclos para as próximas coletas de amostras.....	25
Figura 15. Caracterização das amostradas coletadas para análise de granulometria fina.....	26
Figura 16. Caracterização das amostradas coletadas para análise de granulometria grosseira.....	27
Figura 17. Caracterização das amostras coletadas para análise do solo controlo, sem condicionadores.....	27

Figura 18. Equipamento Estabilizador de Agregados, cedido pela Universidade Autónoma de Madrid para este trabalho de investigação IPB/UAM	28
Figura 19. Comparação das médias (+- desvio padrão) da Estabilidade da agregação (EA) e Partículas Primárias (PP) nos solos 1 e 2 controlo (So) (em cada parâmetro, letras e cores distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).....	32
Figura 20. Comparação das médias (+- desvio padrão) da Estabilidade da agregação (EA) e Partículas Primárias (PP) no Solo 1 Fino para os condicionadores (A, B e C) e o solo original (So) (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).....	35
Figura 21. Comparação das médias (+- desvio padrão) da Estabilidade da agregação (EA) e Partículas Primárias (PP) no Solo 2 Fino para os condicionadores (A, B e C) e o solo original (So) (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).....	35
Figura 22. Comparação das médias (+- desvio padrão) de Estabilidade da agregação (EA) Solo 1 Fino entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).....	39
Figura 23. Comparação das médias (+- desvio padrão) de Partículas Primárias (PP) Solo 1 Fino entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).....	39
Figura 24. Comparação das médias (+- desvio padrão) de Estabilidade da agregação (EA) Solo 2 Fino entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).....	40
Figura 25. Comparação das médias (+- desvio padrão) de Partículas Primárias (PP) Solo 2 Fino entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).....	40
Figura 26. Comparação das médias (+- desvio padrão) da Estabilidade da agregação (EA) e Partículas Primárias (PP) no Solo 1 Grosseiro para os condicionadores (A, B e C) e o	

solo original (So) (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD)..... 43

Figura 27. Comparação das médias (+- desvio padrão) de Estabilidade da agregação (EA) Solo 1 Grosseiro entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD)..... 46

Figura 28. Comparação das médias (+- desvio padrão) de Partículas Primárias (PP) Solo 1 Grosseiro entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD)..... 46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Azeite produzido em hl por localização geográfica em Portugal, atualização em 07 de julho de 2021.....	9
Tabela 2. Escalas temporal e de sistema na avaliação de mudanças que são induzidas no manejo em propriedades do solo e hidrológicas.....	12
Tabela 3. Estatística descritiva dos solos controlo 1 e 2 para Estabilidade de Agregados (EA) e Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar o efeito solo.....	31
Tabela 4. Estatística descritiva dos Solos 1 e 2, Solo original (So) e com condicionador (A, B e C) para Estabilidade de Agregados (EA), Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar efeito condicionador.....	33
Tabela 5. Estatística descritiva dos solos 1 e 2 de granulometria Fina por condicionador (A, B e C) e doses (D0, D1, D2 e D3) para Estabilidade de Agregados (EA), Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar o efeito do condicionador.....	37
Tabela 6. Estatística descritiva dos Solos 1 em granulometria Fina e Grosseira, Solo original (So) por condicionador (A, B e C) para Estabilidade de Agregados (EA), Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar o efeito condicionador.....	41
Tabela 7. Estatística descritiva dos Solos 1 em granulometria Fina e Grosseira, por condicionador (A, B e C) e doses (D0, D1, D2 e D3) para Estabilidade de Agregados (EA), Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar efeito condicionador.....	44

1. INTRODUÇÃO

1.1. Estado da arte

A região de Trás-os-Montes é conhecida como uma das principais áreas de produção de azeite de Portugal, ficando atrás apenas da região do Alentejo. Nos últimos 20 anos houve um crescimento de 23% na sua produção, aumentando de 76 mil toneladas para 94 mil toneladas. Esta região é responsável por 15% de toda a produção nacional (República Portuguesa, 2020).

É na região de Trás-os-Montes que ocorre a produção do “Azeite de Trás-os-Montes DOP”, caracterizado por deter Denominação de Origem Protegida (DOP). A sua produção tem origem em cerca de 77 mil hectares de olivais, sendo mais de 95% da azeitona colhida destinada a fabricação de azeite. A maior concentração desta produção está na zona da Terra Quente Transmontana e Vale do Douro, a qual produziu cerca de 105 mil toneladas de azeitona na safra de 2018/2019 (República Portuguesa, 2020).

O processo em contínuo do azeite promove uma grande geração de resíduo de bagaço de azeitona. Atualmente ocorre em maior percentagem pelo sistema de duas fases, possuindo como resíduo a mistura de pulpa, caroço e água. Este resíduo consiste acaba por dificultar sua disposição final devido a alta humidade.

As maneiras mais conhecidas para dar um destino final ao resíduo do azeite são sua utilização para geração de energia, nutrição animal, fins alimentícios e compostagem. Contudo, todas apresentam pontos positivos e negativos para tal descarte do resíduo. Na geração de energia, a humidade reduz em até $1.000 \text{ Kcal kg}^{-1}$ o poder calorífico, reduzindo a eficiência do processo, proporcionando maior gasto para menor resultado (Medeiros et al., 2016).

Ainda conforme Medeiros et al. (2016), o problema da sua utilização na nutrição resulta de possuir alto teor de água e azeite residual, variando também as suas características de acordo com a safra, origem geográfica e grau de contaminação. A sua aplicação para fins alimentícios, é utilizada para remédios naturais e alimentos. Embora estas utilizações apresentem pontos positivos, o método é pouco procurado devido ao fato da complexidade operacional para pequenas regiões.

Por fim, a opção pela compostagem destinada à fertilização das plantas não possui complexidade relevante e apresenta benefícios para o solo e as plantas, contribuindo para aumentar a fertilidade, e a aplicação acontece como corretivo à base do bagaço ao solo conhecida como a alternativa mais sustentável, devido ao fato de se reutilizar incrementando ao solo e evitando seu acúmulo e destino sem finalidade proveitosa (Medeiros et al. 2016).

Seguindo na linha de aplicação agrícola para a valorização do resíduo, sublinha-se que o bagaço é um material orgânico com o valor de C orgânico entre 30 e 42% (Canet et al., 2008). A matéria orgânica (M.O.) do solo é uma fração importante para assegurar a estabilidade estrutural, a retenção de água e a disponibilidade de nutrientes, entre outros aspetos, pelo que é também importante, especialmente em solos agrícolas, garantir a incorporação de resíduos orgânicos ao solo (Terraprima, 2021).

Segundo Figueiredo (2013), a região do Nordeste de Portugal possui predominância de Leptosolos (cerca de 72% de sua área). São solos delgados, degradados pela erosão e/ou aplicação de tecnologias de baixo desenvolvimento. Sua espessura é de menos de 50 cm e sua matéria orgânica inferior a 2%.

Como forma de resolver as problemáticas do resíduo e da qualidade do solo em Trás-os-Montes, acredita-se que as aplicações de corretivos ou condicionadores podem atuar de forma positiva na estrutura e estabilidade dos agregados e assim trazer benefícios ao solo, ao mesmo tempo que contribui para descartar este resíduo e utilizá-lo em conjunto a outros compostos de forma sustentável.

1.2. Objetivo

O objetivo do trabalho foi averiguar a capacidade de formação de agregados estáveis de três condicionadores correspondentes a compostos produzidos com diferentes proporções de bagaço de azeitona, fonte de azoto e agente estruturante (condicionador A, B e C), aplicados em três doses diferentes (10 ton/ha, 20 ton/ha e 40 ton/ha), e em duas granulometrias diferentes (fino e grosseiro) para dois solos distintos da região de Trás-os-Montes, o leptossolo eutrício (solo 1) e o fluvissoilo eutrício (solo 2).

1.3. Nota metodológica

Esta pesquisa averiguou a capacidade de três condicionadores correspondentes a compostos de diferentes proporções volumétricas de bagaço de azeitona, fonte de azoto e agente estruturante (compostos A, B e C), aplicados em dosagens distintas (D1, D2 e D3) de uma, duas e quatro vezes a dose referência de 10 ton/ha e em duas granulometrias diferentes (fino e grosseiro) em dois solos distintos da região de Trás-os-Montes, o leptossolo éutrico (solo 1, com baixo teor de argila) e o fluvissole éutrico (solo 2, com maior teor de argila).

Os tratamentos de misturas do solo (condicionador) e o solo controlo, foram submetidas a ciclos (1 ciclo = 24 horas) de humedecimento e secagem aplicados em amostras iniciais de 100g ao decorrer de 30 dias. Suas coletas foram realizadas aos ensaios dos dias 3, 6, 10, 20 e 30.

Após a coleta das amostras, utilizou-se o aparelho estabilizador de agregados no qual foi realizada a agitação e crivagem em húmido (*wet sieving*) de quatro subamostras de 4 gramas por tratamento. Passadas então sucessivamente pelo processo de 100 mL de água destilada e solução de hexametáfosfato de sódio em crivos de 0,25 mm, finalizando com a secagem em estufa a 105°C das frações retidas no crivo em cada etapa e pesagem após período de 24 horas.

Os dados coletados foram curados e tratados estatisticamente (análise de variância ANOVA e teste de comparação de média LSD) para realizar a comparação do efeito dos diferentes tratamentos na estabilidade da agregação do solo.

1.4. Estrutura do trabalho

O presente trabalho divide-se nos seguintes capítulos: introdução; revisão bibliográfica; materiais e métodos; resultados e discussões; e referências bibliográficas. Inicia-se por uma introdução na qual se apresenta e justifica o tema da pesquisa realizada, posteriormente o seu objetivo, em seguida a sua metodologia, e por fim a estrutura do trabalho.

No segundo capítulo encontra-se a revisão bibliográfica. Esta expõe características sobre o conhecimento que dá fundamento diante a aplicação do tema.

Este material é iniciado desde a caracterização da azeitona, passando pelo processo do azeite de duas fases e a caracterização do seu resíduo gerado.

No terceiro capítulo são apresentados os materiais e métodos que foram aplicados, detalhando os processos percorrido para obtenção dos valores do objetivo proposto. O quarto capítulo consiste na leitura e interpretação dos resultados através da análise e comparação dos dados curados, discute-se de acordo com bibliografias já existentes, apresentando a consideração final. E por fim apresentam-se as referências bibliográficas utilizadas como embasamento para a escrita deste material.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.A azeitona

A azeitona proveniente da oliveira (*Olea europaea* L.), constitui a única espécie de fruto comestível da família Oleaceae, definida ainda por 29 outros géneros para regiões tropicais e temperadas do mundo todo, considerada uma das plantas mais antigas conhecida para a agricultura (Rodrigues & Correia, 2009).

A morfologia da oliveira é composta por tamanho médio, de 4 a 8 metros de altura, com árvores de troncos de até 1,5 a 2 metros de diâmetro. Seu sistema radicular pode atingir de 20 a 80 cm de profundidade no solo e desenvolvimento superficial para solo sem mobilidade, onde a planta acaba se tornando mais profunda em solos arenosos quando comparados a solos argilosos. Além da textura, a capacidade hídrica também acaba por influenciar a profundidade da planta, onde sua escassez proporciona a busca pela raiz realizando um desenvolvimento mais profundo ao solo (Rodrigues & Correia, 2009).

Para sua produtividade no campo possuir excelência, deve-se atentar a prática de manejo adequada, certificando que não haja perdas do fruto pelo cuidado incorreto do ser humano. Diagnósticos para a avaliação do estado da fertilidade do solo para verificar a nutrição da cultura, são de extrema importância para que seja possível captar situações de desequilíbrios nutricionais da planta no campo antes que apresente limitações e ocorrências de pragas, doenças e condições climáticas adversas devido a esta falha (Sempiterno et al., 2020).

Observações para as instalações de um olival são obrigatórias para que sejam evitados problemas como encharcamentos e condições de falta de arejamento do solo, devido as condições desfavoráveis de características dos solos em algumas regiões para esta cultura (DGADR, 2010). Esta é típica dos climas caracterizados por invernos suaves e verões quentes, secos e duradouros, climas mediterrâneos dos quais são possíveis encontrar para o país.

As condições climáticas em que se encontra maior afinidade para a cultura, são temperaturas entre 10°C e 30°C das quais favorecem seu crescimento vegetativo (DGADR, 2010). A oliveira é muito tolerante a seca, mas o estresse hídrico pode trazer

graves impactos negativos (Fraga, Pinto & Santos, 2020). Segundo Böhm (2013), recentemente existem muitos casos que a rega tipo gota a gota é predominante por apresentar resultados ao nível da sua produtividade quando há seca demasiada.

Segundo IPMA (2021), Portugal possui predominância, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, climas Csa – temperado com verões quentes e secos nas regiões do interior do vale do Douro (parte do Distrito de Bragança) e também no Sul do sistema de montanhas Montejunto-Estrela (com exceção do oeste de Alentejo e Algarve), o país também predomina o clima Csb – clima temperado de verões secos e suaves em quase todas as regiões do Norte no sistema montanhoso Montejunto-Estrela e regiões do litoral oeste do Alentejo e do Algarve (Figura 1, 2).

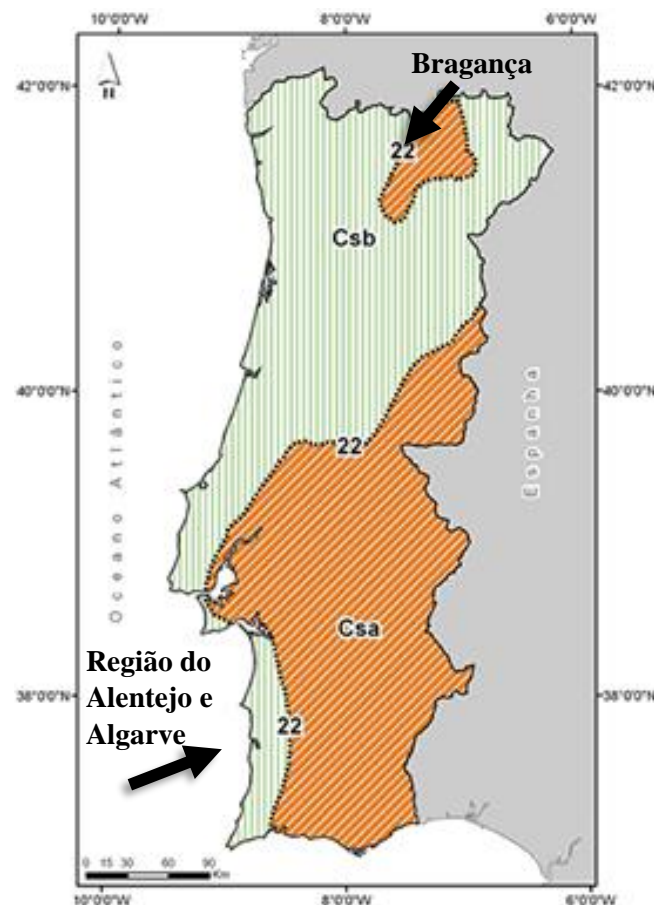


Figura 1 - Clima de Portugal Continental, segundo a classificação de Köppen-Geiger.

Fonte: IPMA (2021), modificado.

Conforme a Figura 2, o Sul do país em especial na região de Alentejo, é possível observar semelhanças entre altas temperaturas e valores de médias de precipitações

anuais (15°C a 17°C e < 800 mm, respetivamente). Deste modo, também pode-se observar que a região de Trás-os-Montes possui uma baixa densidade hídrica anual. O que teoricamente pode-se explicar a grande movimentação de produção de azeite nessas regiões comparando demais áreas por Portugal Continental, uma vez que a planta do olival necessita de baixa intensidade hídrica ao longo seu desenvolvimento.

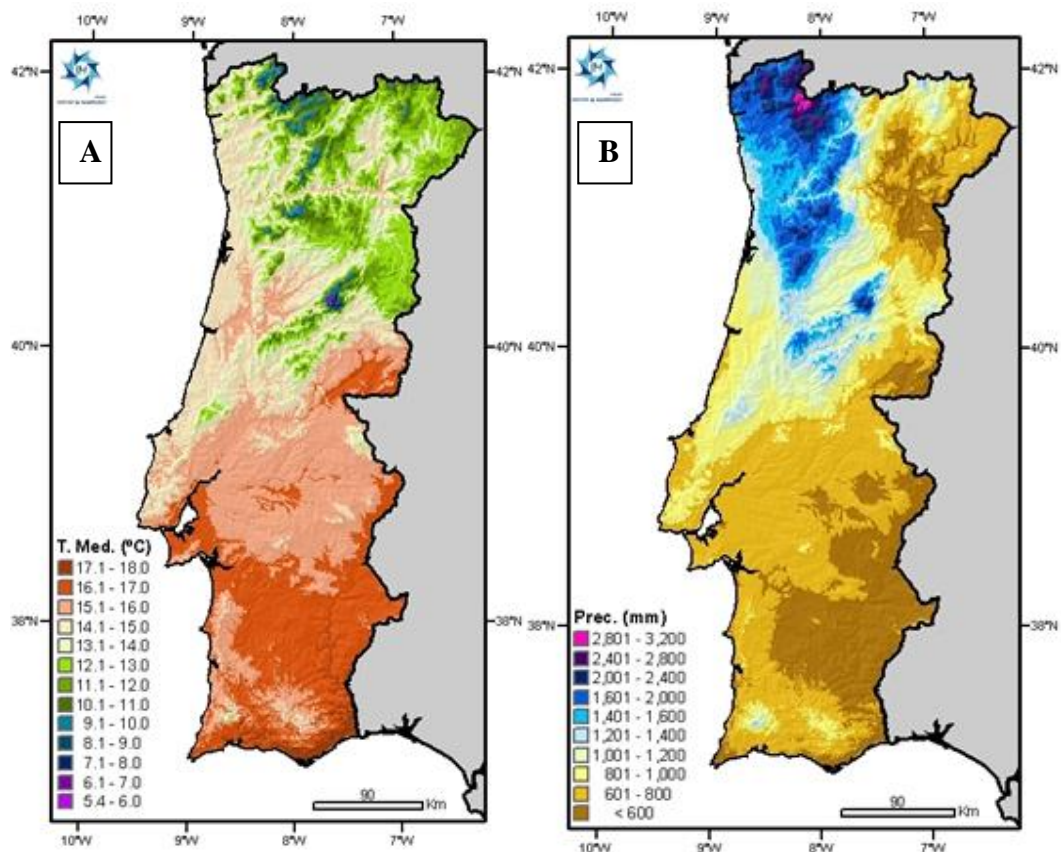


Figura 2 - Temperatura média anual (A) e precipitação média anual de Portugal Continental (B).

Fonte: IPMA, 2021.

2.2. Produção do azeite

O azeite possui a caracterização de gordura líquida à temperatura de 20°C obtida do fruto do olivar (*Olea europea* L.) (DRAPC, 2018), mas ainda de distintas classificações que podem variar o seu processo, das quais a princípio todas são compostas pelo Decreto-Lei n° 343/88 de 28.09 que auxilia na definição do seu tipo, operação de tecnologia e práticas, a fim da melhoria do produto.

A indústria do azeite, por consequência do uso de tempo da cultura do olival, considera-se uma das mais antigas atividades agroindustriais e de maiores tradições nos países da orla mediterrâneas, sendo um setor de extrema importância na estrutura agrícola e económica para os países (Duarte, 2011). Cerca de 95% da produção oleícola mundial está concentrada na Bacia Mediterrânea, dos quais 70% dominados pela União Europeia representado principalmente por Espanha, Itália, Grécia e Portugal (Salles et al., 2022).

O processo base de extração do azeite em contínuo ocorre em dois tipos, a transformação trifásica e bifásica (Figura 3). A transformação com três fases ocorre separação em duas correntes do sólido e água, enquanto a produção de duas fases ocorre a mistura em uma mesma corrente, consumindo menos energia e água, sendo o processo imposto nas últimas décadas (Ochando-Pulido et al., 2020).

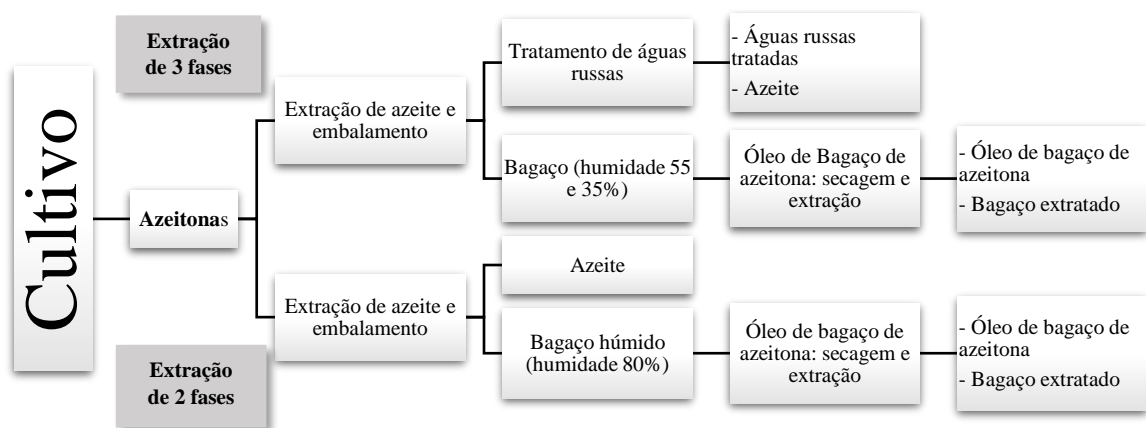


Figura 3 – Extração em três e duas fases para obtenção de azeite.

Fonte: Tomás (2018), modificado.

No sistema de três fases, a pasta de azeitona é batida e bombeada para um decantador utilizando a adição de água aquecida favorecendo a separação das fases sólidas e líquidas em sua centrifugação, por isto ocorre a obtenção de águas-ruças (centrifugação líquido/líquido). Já para a diferença do sistema de duas fases, ocorre pouca adição de água gerando uma menor quantia de água residual, centrifugação sólido/líquido (Tomás, 2018).

Segundo o INE (2021), Portugal encontra-se entre o sétimo produtor mundial de azeite e o quarto da União Europeia, reconhecido por prémios de alta relevância em concursos do país e do exterior. Assim, obtém um elevado de investimento privado no sector desde a última década, gerando também melhorias nas empresas voltadas para a exportações e desenvolvimentos tecnológicos dos lagares em laboração (CAP, 2020). A região de Trás-os-Montes, atualmente, possui a segunda colocação de produção de azeite em toda Portugal, ficando atrás apenas da região de Alentejo com aproximadamente 808 hl anuais (Tabela 1).

Tabela 1 – Azeite produzido em hl por localização geográfica em Portugal, atualização em 07 de julho de 2021.

Azeite produzido anualmente em hl por localização geográfica em Portugal no ano de 2020.										
Localização geográfica	Portugal	Entre Douro e Minho	Trás-os-Montes	Beira Litoral	Beira Interior	Ribatejo e Oeste	Alentejo	Algarve	Açores	Madeira
Total (hl)	1.070.620	1.319	177.897	18.197	35.720	28.164	807.866	1.457	0	0

Fonte: INE (2021), modificado.

2.3.Os resíduos do processo produtivo de extração de azeite

A produção de azeite, seja em pequena ou larga escala, ocorre a geração de resíduos durante o seu processo. Atualmente, o sistema mais utilizado produz fase sólida e fase líquida em conjunto, isto é, a extração de duas fases na qual não ocorre a distinção da água ruça e obtém-se apenas o bagaço húmido (Tomás, 2018). Consequência da alta quantidade de água e energia consumida no processo de três fases, o que em contrapartida provoca aumento excessivo de efluentes a ser tratados e encaminhados para o sistema de saneamento (Cunha, 2014).

Em relação ao bagaço da azeitona húmido, caracteriza-se como um subproduto sólido com fluido possuindo uma riqueza em potássio, moderadamente ácido e com intermediária quantidade de azoto. Quando o bagaço possuía uma menor quantidade

de humidade (três fases), a viabilidade para a sua utilização como produção de energia térmica era superior. Contudo devido a alta humidade presente (superior a 60%), torna-se pouco eficiente (Tomás, 2018).

Com a forte demanda de produção de azeite, existe a problemática de dimensionamento de bagaço originário da fabricação. O resíduo do bagaço embora não considerado perigoso, quando gerado em abundância, torna-se de difícil manuseio e descarte.

2.4. Uso do bagaço de azeitona

A grande disponibilidade do bagaço da azeitona em regiões de fabricação de azeite exige uma utilização para um processo sustentável. Antigamente esses bagaços (devido a pouca quantidade de água russa nele encontrada), possuía maior viabilidade na produção de energia através da combustão. Conforme AFINET (2018), considerando os dias atuais em consequência a resíduos de bagaço mais húmidos, é possível encontrar opções diversas para seu destino final.

Dentre as principais opções, estão a aplicação como biomassa e óleo. Para Francik et al. (2018) estuda a aplicação do bagaço como fonte de biomassa como fonte de energia. Na obtenção do óleo de segunda centrifugação, é obtido por uma segunda centrifugação servindo comercialmente como “óleo de bagaço bruto” (Moral e Méndez, 2006), onde estudos também mostram eficiência na extração com solvente assistida por micro-ondas (Yanik, 2017).

Conforme Duarte (2011), o subproduto também pode ser utilizado para a obtenção de compostos bioativos, com potencial antioxidante através do seu encapsulamento para a utilização humana. Outra alternativa está em considerar para alimentos de animais, como em Coelho et al. (2009) e em Leite et al. (2022) no qual é utilizado para rações de cordeiros e porcos obtendo uma viabilidade em uma dieta na qual visa a produtividade do animal.

Além de ser utilizado para animais, é possível ocorrer o beneficiamento na origem dos alimentos, ou seja, na agricultura. O que é o caso de Işler, Ilay & Kavdir (2022), no qual utiliza o bagaço de azeitona para compostagem a fim do uso agrícola para

melhoria da estabilidade de agregados do solo. Beneficiando assim o uso sustentável e favorável diante a sua compostagem como corretivo condicionador.

2.5.O solo

A definição de solo é originária do latim *solum* do qual possui significado de suporte, superfície e base. Constituído essencialmente por matéria mineral (46%) com parcelas de ar (25%), água (25%) e matéria orgânica (4%). Nele está proveniente 90% de toda a produção de alimentos, matéria-prima e demais componentes na vida do ser humano. Também é de prioridade para a saúde do ecossistema, purificando e regulando a água, reciclagem de nutrientes e reservatórios de espécies como suporte à biodiversidade (EEA, 2016).

A quantidade de matéria orgânica de um solo varia entre as condições de elementos climáticos, edáficos e antropomórficos, no qual o clima provoca mudanças no efeito da temperatura, precipitação e taxa de mineralização da matéria orgânica (Tabela 2). Assim, a matéria orgânica sofre a concentração de precipitação no inverno reduz o potencial de produção de biomassa e a temperatura média anual elevada aumenta a taxa de mineralização da M.O. no solo devido ao clima Mediterrâneo (Carvalho, 2019).

A matéria orgânica consiste em uma matéria de origem animal ou vegetal e como compostos de origem orgânica. O bagaço da azeitona possui um alto teor de matéria orgânica (Paz et al., 2021) e quando manuseado adequadamente, pode servir como beneficiador para o solo e uma destinação final do excesso deste subproduto restante.

2.5.1. Problemas de degradação no solo

A agricultura, devido a sua atividade em abundância e muitas vezes o mau manuseio, ocasiona um agravamento na qualidade do solo (Tabela 2). Um dos mais relevantes problemas encontrados são devido ao elevado nível de mecanização na atividade agrícola, o que provoca a compactação do solo. Deste modo, se a compactação acontece, as plantas não são beneficiadas de forma adequada no acesso aos nutrientes, dificultado pelo desenvolvimento das raízes (na qual acontece a maior

percentagem de absorção de nutrientes). Além disso, a compactação diminui os espaços livres no solo dos quais seriam ocupados por oxigênio, prejudicando assim a quantidade presente dele na rizosfera, sendo limitado o desempenho no processo metabólico da planta (Queiroz-Voltan et al., 2000).

A fim de evitar possíveis perdas, é necessário priorizar solos com maior armazenamento de água e conseqüentemente uma melhor drenagem. Solos ricos em nutrientes reduzem a utilização de fertilizantes. Entre diversos fatores que influenciam na produtividade em um solo, a capacidade de fornecimento de água, oxigênio e nutrientes, o seu teor de matéria orgânica é o mais importante para evitar instabilidade de estrutura e armazenamento de água no solo (Carvalho, 2019).

Tabela 2 - Escalas temporal e de sistema na avaliação de mudanças que são induzidas no manejo em propriedades do solo e hidrológicas.

Propriedade/processo	Escala Temporal	Escala Sistêmica
Processo de solo		
Erosão	cinco a 20 anos	Declive/bacia hidrográfica
Compactação	uma a várias estações	Parcela de terreno/propriedade
Acidificação	uma a várias estações	Associação de solos
Depleção da fertilidade	cinco a 20 anos	Associação de solos/propriedade
Propriedades do solo		
Físicas, Químicas, Nutricionais	um a diversos anos	Associação de solos/propriedade
Regime de água		
Balanço hídrico	Poucos a diversos anos	Unidade de paisagem, bacia hidrográfica
Capacidade de água disponível	Poucos a diversos anos	Associação de solos/propriedade
Qualidade da água	Poucos a diversos anos	Bacia hidrográfica, aquífero, propriedade
Microclima		
Balanço energético	dez a 50 anos	Parcela de campo
Temperatura do ar e do solo	Poucos a diversos anos	Parcela de campo
Regime efetivo e probabilidade de chuvas	Poucas a diversas décadas	Unidade de paisagem

Fonte: EMBRAPA, 1999.

Outro fator preocupante é o processo erosivo que ocorre através da quebra de agregados e mudanças estruturais do solo devido ao seu intensivo uso agrícola. Alterações como esta é auxiliada por níveis elevados de compactação, baixa

porosidade e a velocidade de infiltração (Castro, Calonego e Crusciol, 2011). A erosividade é caracterizada pela capacidade de potencial da chuva, escoamento e vento. Para o solo, o que auxilia sua resistência são propriedades mecânicas e químicas, que é constatado por sua erodibilidade (Morgan, 2005).

Na análise de qualidade do solo é importante a pesquisa através de indicadores físicos. Estes apresentam relações fundamentais nos processos hidrológicos, como exemplo a taxa de infiltração, escoamento superficial, drenagem e a erosão, bem como no suprimento e armazenamento de água, nutrientes e oxigênio presente naquele solo. Deste modo, os indicadores mais conhecidos e recomendado em um ponto de vista que favorece a atividade agrícola encontram-se a textura, estrutura, resistência à penetração, profundidade de enraizamento, capacidade de água disponível, percolação ou transmissão de água e o sistema de cultivo (EMBRAPA, 2006).

Segundo Morgan (2005), os efeitos da erosão em um local são de importante relevância principalmente para terras agrícolas. Os quais este provoca a redistribuição do solo em sua área ou perda para uma outra área, quebra de estruturas dos agregados e o declínio em matéria orgânica e nutrientes (o que provoca a redução de profundidade e fertilidade do solo retirado). Com a perda de fertilidade do solo, acontece o abandono de terra e afeta diretamente a produção e segurança alimentar, além de ocorrer a desvalorização daquele valor de terra.

2.6. Estabilidade de agregados

Os agregados do solo passam por um complexo processo em sua formação, através de acresção ou fragmentação da massa do solo. Este processo é definido por formação de agregados pequenos de partículas do solo (areia silte e argila), agregando em outros pares para formar agregados maiores e assim sucessivamente. Já para sua fragmentação, ocorre a quebra da massa do solo (Azevedo e Silveira, 2004).

A estrutura e agregados do solo está relacionado à porcentagem do arranjo de partículas primárias (areia, silte, argila, partículas orgânicas e minerais) sendo submetidas a diversas forças e com diferentes escalas das quais formam seus agregados. Podendo obter diversos tamanhos, formas, graus de estabilidade de acordo com a força de coesão e adesão. Referente aos tamanhos, estes podem ser divididos

em macro agregados e micro agregados (> 250 μm e 20 a 250 μm , respectivamente) (Bitencourt & Ribon, 2017).

A estabilidade de agregação do solo indica a condição ou habilidade de aeração, infiltração, retenção de nutrientes e desenvolvimento de raízes (Alves, 2018a). O indicativo de um solo bem estruturado se associa com a quantidade de macro agregados que ele possui, favorecendo a aeração e a infiltração e percolação da água. Já por sua vez solos com maior micro agregados é considerado solos compactados, dos quais tornam-se de difícil movimentação da água, ar e raízes (Freitas, 2018).

É possível ressaltar sete tipos de degradação do solo na União Europeia: erosão, diminuição da M.O. e da biodiversidade do solo, contaminação (local e difusa), selagem (impermeabilização), compactação, salinização, cheias e deslizamentos de terras. Dentre diversas ações que possam promover a compactação do solo, são ocorrentes a ocupação humana e extração de matéria-prima. Implicando na impermeabilização e remoção de solo tornando a área esgotada. Ainda assim, pode-se incluir usos da terra para fins de cultivo ou florestais, na qual tal prática necessita de um manuseio adequado variando de acordo com sua intensidade para também não esgotar (Alexandre, 2015).

2.7. Corretivos condicionadores: agregação do solo

Sabe-se que a aplicação de corretivos de uso de solo tem como objetivo a melhoria da terra para a agricultura, a fim de auxiliar o bom cuidado do solo e proteger os efeitos ocasionados pela erosão. Sua finalidade baseia-se em modificar a estrutura e/ou demais propriedades para prevenir a perda do solo (Morgan, 2005).

Para Seta e Karanthis (1996), certos corretivos podem ocasionar prejuízos na estabilidade de agregados e demais condições físicas de um solo. Alterando o pH, modifica composições químicas de sua solução, a força química e tipos de íons presentes auxiliam a dispersão e floculação dos colóides, diretamente relacionado na agregação das partículas.

Contudo para Castro, Calonego e Crusiol (2011), verificou-se que alguns tipos de corretivos da acidez podem ter efeito indireto para as propriedades físicas, favorecendo a produção de fitomassa aéreas e radicular nas plantas. Assim ocorre o

aumento da adição de matéria orgânica e atividade microbiana do solo, auxiliando assim a formação de agregados.

Já o bagaço da azeitona pode ser utilizado como corretivo, que segundo Lacolla et al. (2021) e Difonzo et al. (2020) apresentam aplicações de funcionalidade como compostos orgânicos na melhoria do desenvolvimento de plantas no solo. E ainda como o caso de Işler e Kavdir (2021) que fornece a aplicação como corretivos condicionadores no solo.

A aplicação de corretivos condicionadores, apresentam uma melhoria na agregação e porosidade do solo, aumentando a estabilidade, o crescimento das plantas, reduzindo a erosão e escoamento e conseqüentemente a perda do solo (Sheikhavandi, et al. 2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS.

3.1. Caracterização da área de estudo

3.1.1. Localização

Segundo Figueiredo, Almeida e Araújo (2002), o olival cobria uma área equivalente a 70 mil ha, cerca de quase 6% de todo território do Nordeste de Portugal (conforme definido em Agroconsultores e Coba. 1991, e de acordo com a carta de uso atual da terra apresentada nesta fonte). Sua cultura é predominada por cultivo não mecanizado. Deste modo, é visível a grande importância do olival para questão econômica da região, envolvendo 45% dos agricultores locais destinados a esta cultura.

Alves (2018b) estuda a caracterização da ocupação do solo no Distrito de Bragança em 2007, esta na qual é caracterizada por onze tipos de classe. Culturas permanentes na região variam entre 10-20%, sendo considerado alto. A cultura do olival é considerada uma cultura perene, visto que seu tempo de atividade é longo (dá-se azeitonas após o terceiro ano e pode durar mais de 100 anos de vida).

Entre as classes das quais mais se destacam, os olivais são estimados em cerca de 8,7% de cobertura do solo, permanecendo atrás apenas de matos densos (20,2%) e culturas temporárias de sequeiro (13,7%) (Alves, 2018b).

A área em estudo encontra-se no Nordeste de Portugal, possuindo aproximadamente cerca de 5538 km², denominada Terras de Trás-os-Montes. Constituída pelos concelhos de Alfândega da Fé, Bragança, Macedo de Cavaleiros, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Vila Flor, Vimioso e Vinhais (Figura 4). Território de origem de diversos recursos agrícolas e florestais, no qual o setor agroindustrial assume a principal economia da região, como a produção de castanha, amêndoa, cereja, cogumelos, vinhos e azeites.



Figura 4 - Municípios que constitui a região de terras de Trás-os-Montes.

Fonte: CIM-TTM, 2021.

Região caracterizada por duas condições morfológicas e climáticas das quais deram origem às designações Terra Fria e Terra Quente transmontana (Figura 5). A área de Terra Fria está definida por relevos com mais elevada altitude e por clima mais frio e húmido. Em contraste, a região de terra quente transmontana define-se por relevos mais baixos e clima quente e seco (CIM – TTM, 2021).

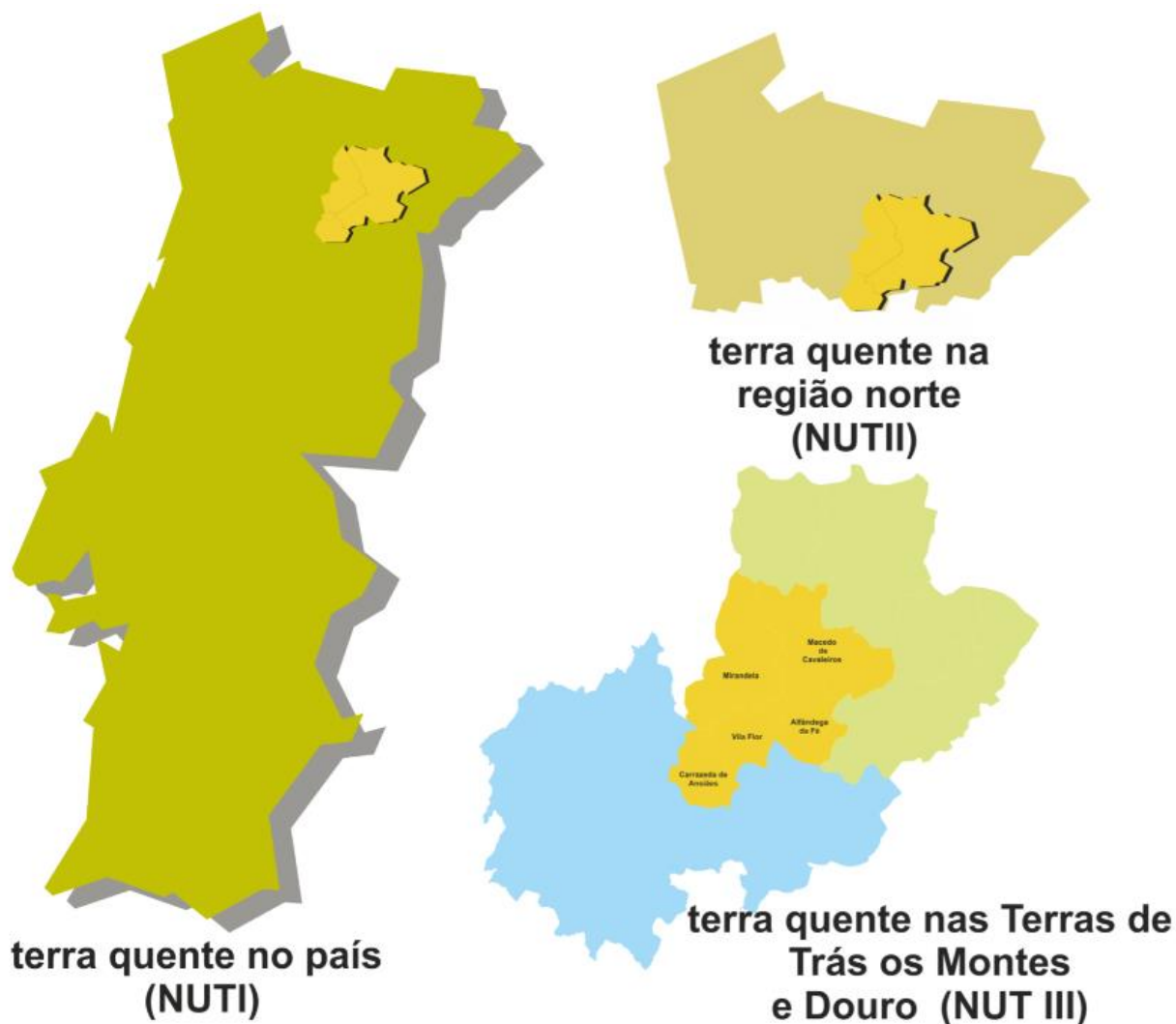


Figura 5 – Caracterização do território e região de Terra Quente em Trás-os-Montes e a o município de Carraceda de Ansiães.

Fonte: Associação para o Desenvolvimento da Terra Quente, 2021.

3.1.2. Condições climáticas

A região da Terra Fria pode ser analisada através da Estação Meteorológica de Bragança, apontando temperaturas de máxima de até 38 °C e mínima de 4 °C no verão, enquanto no inverno podendo chegar em -12 °C e 18 °C (Figura 6). Para as precipitações, os meses de maior volume de chuva encontra-se no inverno, chegando em média 118,6 mm, e para os meses de verão a média está em 18,4 mm. (Figura 7).

Mirandela, conhecida como uma das regiões de Bragança que se situa Terra Quente, aponta máxima de 42 °C no verão e mínima de 12 °C. Já para o inverno sua mínima pode chegar a -1 °C e máxima de 26 °C. As precipitações no inverno podem chegar em média a 72 mm em um mês, enquanto no período de verão chega a 50 mm por mês (IPMA, 2001).

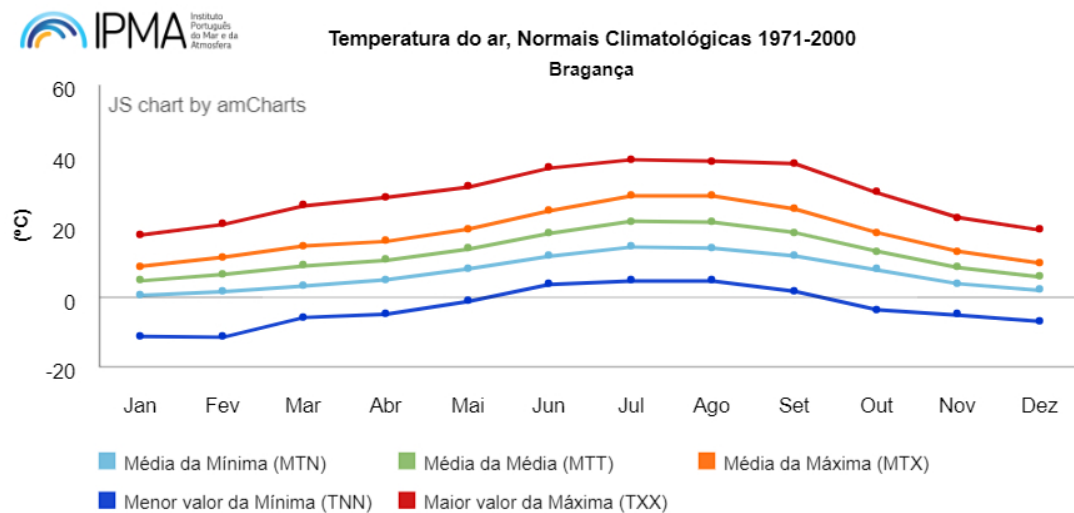


Figura 6 – Temperatura do ar na região de Bragança.

Fonte: IPMA, 2021.

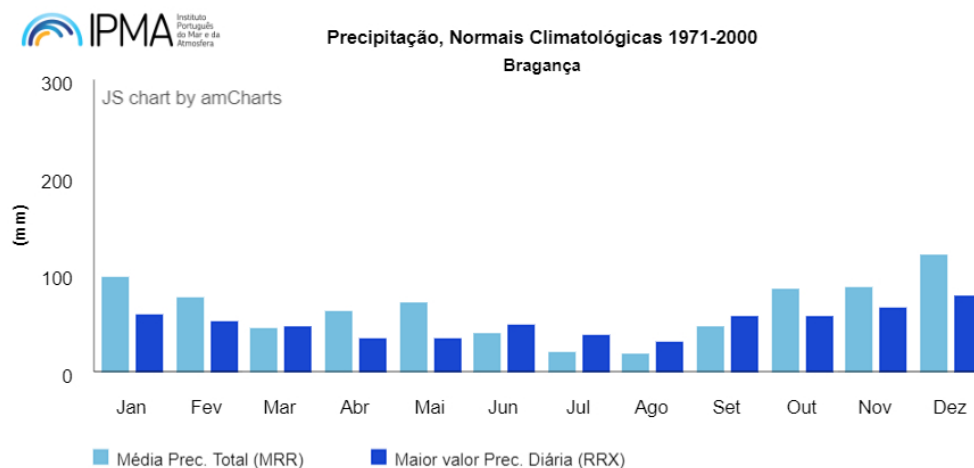


Figura 7 – Precipitação média na região de Bragança.

Fonte: IPMA, 2021.

3.1.3. Caracterização do solo

Diante o solo desta região, sua superfície possui predominância em Leptossolos e Cambissolos (Pires, Pinto e Moreira, 1994). Especificando melhor conforme Figueiredo (2013), solos do tipo Leptossolos apresentam maior presença em zonas de sistema montanhosos, como o caso da Franja Fronteiriça Oriental, Terra Quente Transmontana, e Penada-Gerês, Alvão-Marão e Montesinho-Coroa (no qual situa-se o Distrito de Bragança), representando 3/4 da superfície destes concelhos.

Para Afonso e Arrobas (2009), os solos do tipo Leptossolos possui sua textura entre franca, franco-arenosa e franco-limosa, com nível medio em fertilidade. Também sendo possível seu aparecimento em zonas declivosas de formas convexas assim como em zonas de inclinação suave. Já os Cambissolos são solos pouco evoluídos, os quais são originados de materiais de alteração da rocha subjacente ou de materiais resultantes de transporte de outros locais.

Com relação a agricultura, Rosário (2004) assinala que a região de Trás-os-Montes engloba as zonas agrárias homogêneas: Alto-Barroso, Terra Fria, Planalto Mirandês e Terra Quente. Em culturas perenes (como o caso do olival) a percentagem de M.O. é considerada inferior à média estimada para demais atividades, necessitando assim de maior investimento na conservação de fertilidade (Figueiredo, 2013).

Em oposição, conforme Figueiredo (2012), os Fluvisolos podem ser encontrado em menor predomínio e de menor pedregosidade, sendo os solos mais espessos da região de Trás-os-Montes, solos derivados de aluviões. Seu material que dá origem são compostos por partículas da terra fina, o que se explica sua baixa pedregosidade.

3.2. Delineamento experimental

O delineamento experimental comportou a comparação de misturas de solo com modalidades de condicionadores à base de bagaço da azeitona, submetidas a ciclos de humedecimento e secagem, para a avaliação da estabilidade dos agregados do solo.

O solo de classificação “solo 1” consiste no Leptossolo Êútrico de Xistos (FAO/UNESCO, 1998) com textura franco-limosa, originário de uma parcela olival na região de Mirandela. O solo caracterizado com “solo 2” está classificado como Fluvissole Êútrico de Aluvião com textura franco-argilosa (Santos et al., 2020; legenda FAO/UNESCO, 1998), coletado na Quinta do Poulão (Bragança) em uma parcela de plantio de milho. Ambos os solos passaram pelo processo de crivagem em malhas de 2 mm, para garantir a melhor eficiência dos resultados.

Conforme Hernández et al. (2021) condicionadores testados foram obtidos através do processo de compostagem de misturas de bagaço de azeitona (BA) com uma fonte de azoto (FN) e um agente estruturante (AE), com diferentes proporções volumétricas com relação BA:FN:AE. O condicionador denominado A suas proporções foram 4:1:8, para B 4:1:4 e para C 4:8:4. A relação Carbono Nitrogênio (C/N) para as pilhas apresentaram médias de 16/1, 14/1 e 10/1 respectivamente para as pilhas A, B e C, assim como a M.O. das mesmas apresentaram 57,6%, 57,1% e 32,01%. Nenhuma pilha apresentou humidade superior a 66%.

Duas diferentes granulometrias foram aplicadas, a granulometria fina procedeu ao processo de crivagem em malhas de 0,75 mm enquanto a granulometria grosseira em malhas de 2 mm, esta última na qual foi aplicada apenas para o Solo 1.

Foram seleccionadas três dosagens para as análises, 10 ton/ha, 20 ton/ha e 40 ton/ha chamadas de D1, D2 e D3, respetivamente. Já para o solo de controlo denominou-se a dose 0 (Do), visto que não apresenta adição de condicionador. Os condicionadores foram utilizados em granulometria fina e grosseiro, sendo o último aplicado apenas para o Solo 1.

O ensaio foi dividido em parcelas de 100 cm² (10 x 10 cm) para cada tratamento de agregado a ser realizado. Tomou-se 100g entre 1 e 2 mm de solo para cada parcela, além das dosagens necessárias dos condicionadores (D1 = 10g, D2 = 20g e D3 = 40 g) e o solo controlo sem adição de condicionador.

As misturas ocorreram no laboratório de solos em sacos plásticos nos quais foram inseridos o solo e o agregado e misturados delicadamente tornando-a homogênea. Em seguida despejou-se nas parcelas e identificou-as para o início das simulações dos ciclos (Figura 8, 9, 10).



Figura 8 – Solo e condicionador antes de serem misturados para as parcelas.



Figura 9 – Misturas obtidas de solo e condicionador sendo inseridas nas respectivas parcelas.

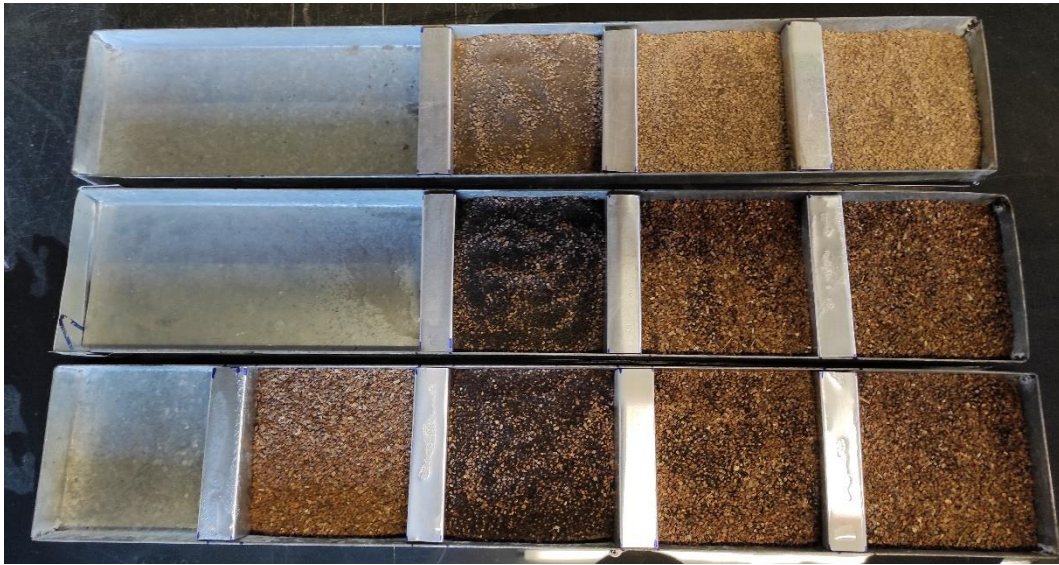


Figura 10 – Parcelas de 100 cm² prontas para a iniciação dos ciclos de humedecimento e secagem.

As simulações dos ciclos de humedecimento e secagem, geradores de agregação, foram mediante a saturação por borrifos de água dos solos tratados, seguida de secagem a temperatura controlada por um período de aproximadamente 2 horas (Figuras 11, 12, 13 e 14). A temperatura do ar da estufa variou entre 57°C e 41,2°C, já para os solos variaram entre 39,86°C e 26,56°C. A quantidade de água para o humedecimento (borrifos) sofria diminuição conforme a quantidade de solo era reduzido (coleta de amostras), sendo 40g de água inicial e reduzindo 8g a cada coleta, encerrando aos 8g de água.

As colheitas de amostras para a análise da estabilidade de agregados foram ordenadas até trinta ciclos, sendo 1 ciclo o equivalente a 24 horas. O número de amostragens dos agregados foi composto em 5, nos ciclos três, seis, dez, vinte e trinta, sendo estas chamadas de 3d, 6d, 10d, 20d, 30d, respectivamente, totalizando 145 amostras (Figuras 15, 16 e 17). As amostras então foram coletadas, identificadas, pesadas e levadas a um ambiente de temperatura controlada em aproximadamente 7°C e dispostas até a realização da análise dos agregados.



Figura 11 – Processo de humedecimento e secagem das amostras.



Figura 12 – Identificação dos sacos para coleta das amostras nos ciclos determinados.

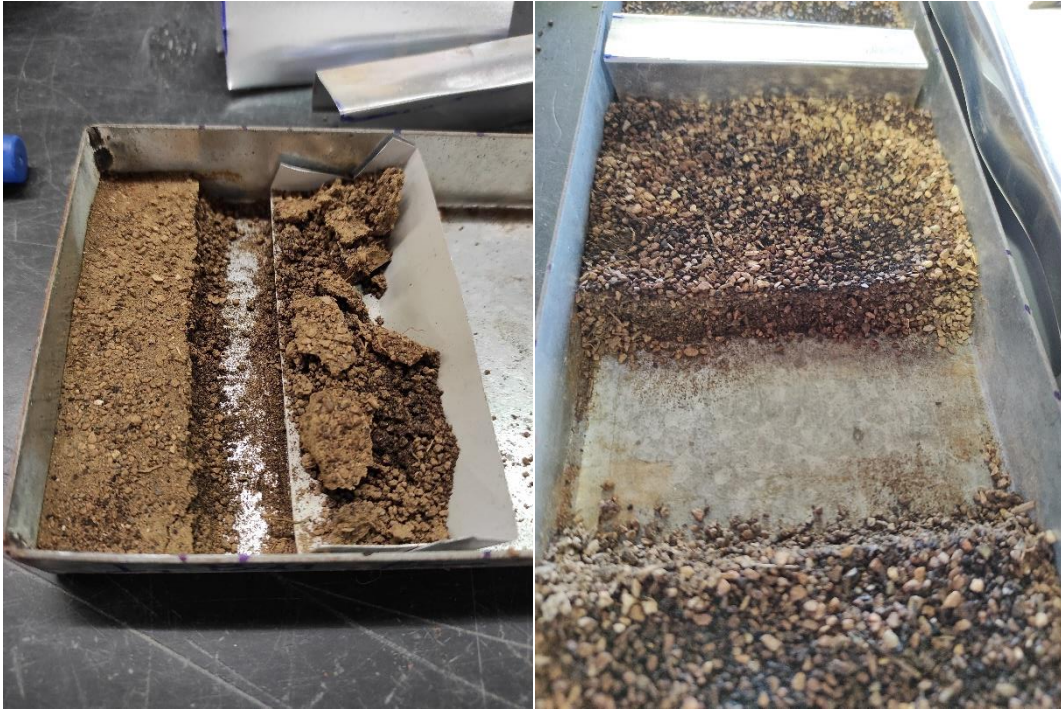


Figura 13 – Coleta das amostras em parcelas.



Figura 14 - Amostras do ciclo determinado coletadas junto a parcela que dará continuidade aos ciclos para as próximas coletas de amostras.

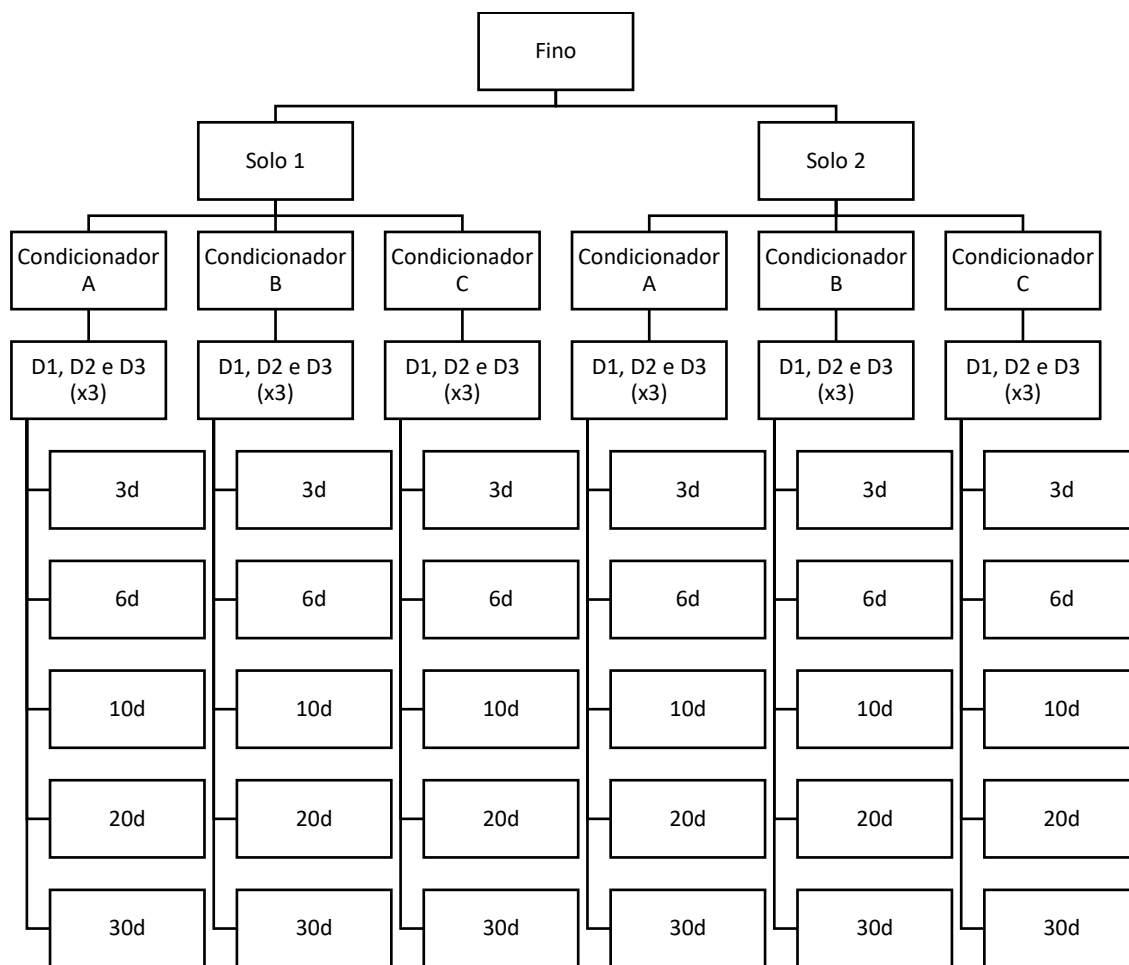


Figura 15 - Caracterização das amostras coletadas para análise de granulometria fina.

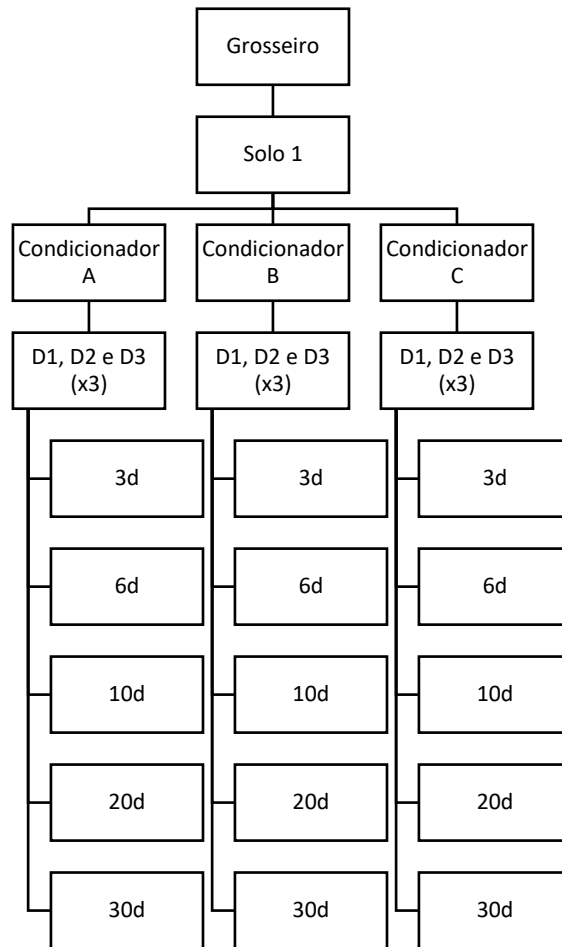


Figura 16 – Caracterização das amostras coletadas para análise de granulometria grosseira.

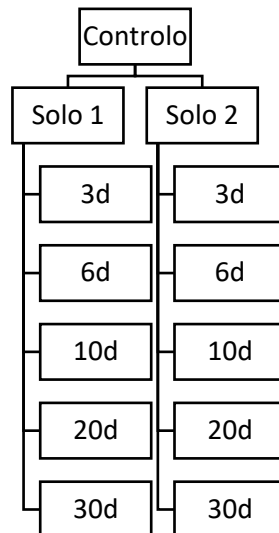


Figura 17 - Caracterização das amostras coletadas para análise do solo controlo, sem condicionadores.

3.3. Análises laboratoriais

3.3.1. Descrição dos equipamentos

A determinação da estabilidade de agregados foi realizada num equipamento cedido pela Universidade Autónoma de Madrid para a realização deste trabalho de investigação (Figura 18) realizando crivagem em húmido (*wet sieving*). Provocando uma simulação de forças mecânicas e físico-químicas, através da geração de movimentos de subida e descida de agregados imersos em água destilada ou numa solução de um agente dispersante (hexametáfosfato de sódio). O aparelho provoca a dispersão progressiva de agregados, avaliando a proporção em peso dos agregados estáveis após 3 min de agitação em água destilada, sendo a avaliação da proporção em peso de partículas primárias feita após agitação na solução dispersante (Freitas, 2018).



Figura 18 - Equipamento Estabilizador de Agregados, cedido pela Universidade Autónoma de Madrid para este trabalho de investigação IPB/UAM.

Fonte: Autoria própria, 2021.

A determinação ocorreu através de subamostras de 4g para cada 100 mL de água destilada e solução de hexametáfosfato, com 4 repetições por amostragem. As subamostras são inseridas em malhas de crivos de 0,025mm, limite equivalente a distinção entre os macro e micro agregados (Six et al., 2004).

Foi acrescentado água destilada em cada recipiente metálico e em seguida manuseou o suporte de crivos para a posição de trabalho e acionando o modo “3 min” até ser desligado. Após o desligamento o suporte de crivos foi levantado, e retirado os recipientes metálicos colocando-os em sedimentação por cerca de 5 minutos para a remoção de 20 a 40mL de água para transferência em recipientes de plástico com identificação.

Os recipientes metálicos foram retornados ao aparelho com o acréscimo da solução de hexametáfosfato (4g de hexametáfosfato de sódio para 2 litros de água destilada) e o equipamento foi então acionado em modo “contínuo” por um período de 5 minutos. Após este tempo a estrutura de crivos é novamente reerguida, e com um bastão de vidro foi auxiliado a desagregação em agregados de pouca estabilidade que ainda restavam, retornando a estrutura a posição de funcionamento e deixando o aparelho em modo “contínuo” por mais 4 minutos.

Os recipientes metálicos esperaram por cerca de 15 minutos para a ocorrência da sedimentação e, assim como para a água destilada, removido a quantidade de 20 a 40 mL para transportar o solo processado em recipiente de plástico com identificação. Para o restante do solo que permaneceu nos crivos, também foi transportado em recipientes de plásticos com identificação. A determinação da humidade também ocorreu através de uma amostra de 1,5g de cada colheita, inserida em recipiente e identificada.

Os recipientes então identificados foram levados a estufa à 105°C durante o período de 24 horas. Após este período, os potes são pesados e registrados para a aplicação dos cálculos. Os recipientes de plásticos que se utilizaram durante todo o processo foram pesados e subtraídos do valor total da amostra seca em estufa.

3.3.2. Cálculos e tratamentos estatísticos

Após a pesagem do solo, realizou-se o cálculo com as seguintes fórmulas (1 e 2).

Cálculo de estabilidade de agregados.

$$EA(\%) = \frac{P_{fs}}{P_{f_{H_2O}} + P_{fs}} * 100 \quad (1)$$

Cálculo de partículas primárias.

$$PP(\%) = \frac{P_i - (Pf_{H_2O} + Pfs)}{P_i} * 100 \quad (2)$$

Onde:

- Pfs – Peso final da amostra seca, em gramas, após o processo de dispersão na solução dispersante;
- Pf_{H_2O} – Peso final da amostra seca, em gramas, após o processo de dispersão em água destilada.
- P_i – Peso, em gramas, da amostra inicial colocada no crivo, fixada em 4 g.

Após a realização do procedimento no aparelho, a pesagem das amostras e o cálculo, os resultados foram registados em planilha do software Excel, apresentando suas percentagens de Estabilidade de Agregados (EA) e Partículas Primárias (PP) de cada subamostra. Os valores então são submetidos ao teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov (5%), disponível em <https://www.socscistatistics.com/tests/kolmogorov/default.aspx>, a fim de averiguar a normalidade em sua distribuição.

As hipóteses de diferenças de EA e PP entre os solos, o tempo e a granulometria foram testadas por meio de análise de variância (Analysis of Variance - ANOVA) de fator duplo com repetição, bem como a aplicação da comparação com o teste de LSD (*Least Significant Difference*) de separação de médias significativas. Os testes foram realizados através do software Statgraphics 19, e para organização dos dados, as tabelas e tabela dinâmica do software Excel, utilizou-se as médias das amostras, as amostras com repetições e com repetições do solo controle para igualar os pares quando se fez necessário.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quase totalidade dos conjuntos de 30 amostras, correspondente a combinação de solo, condicionador e dose, passaram o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (5%). Assim, embora 2 dos grupos submetidos a este teste tenham mostrado $p < 0,05$, dada a proximidade deste valor ($p = 0,029$ e $0,026$ ambos para o solo 1 fino de condicionador A nas doses 2 e 3, respectivamente para PP) e dado o seu pequeno número na totalidade de 60 grupos testados, tomou-se a decisão de prosseguir com os testes convencionais paramétricos, designadamente a ANOVA e os testes de comparação de médias.

4.1. Comparação entre solos testados

A Estabilidade de Agregados (EA) para o controlo (So) dos solos 1 e 2, em um total de 20 amostras cada, possui diferença significativa entre si ($p < 0,000$). Apresentando a menor agregação no solo 1 com 39% e o solo 2 com a maior agregação em 62%. Também para o indicador de Partículas Primárias (PP), apresenta-se o mesmo padrão, em 37% e 80% para o solo 1 e o solo 2 respetivamente (Tabela 3, Figura 19).

Esta diferença pode estar associada ao material de origem e a composição granulométrica e mineralógica de cada solo. Quando comparada a classe textural, o solo 1 apresenta maior teor de areia, mas de grão muito fino. O solo 2, por sua vez possui maior teor de argila, o que é essencial para a formação de agregados estáveis.

Tabela 3 - Estatística descritiva dos solos controlo 1 e 2 para Estabilidade de Agregados (EA) e Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar o efeito solo.

	EA		PP	
	Solo 1	Solo 2	Solo 1	Solo2
Média	0,39	0,62	0,37	0,80
Desvio Padrão	0,09	0,09	0,10	0,03
VALOR-P	<0,000		<0,000	

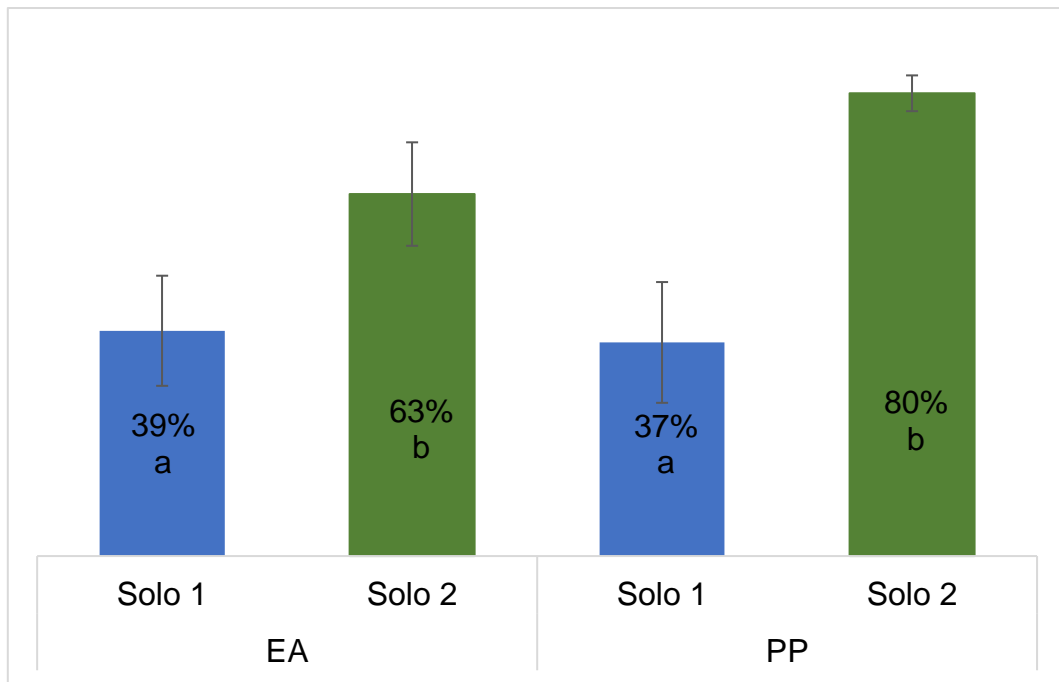


Figura 19 -Comparação das médias (+- desvio padrão) da Estabilidade da agregação (EA) e Partículas Primárias (PP) nos solos 1 e 2 controle (So) (em cada parâmetro, letras e cores distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

4.2.Comparações para condicionadores com grão fino

4.2.1. Comparação entre condicionador e solo original

Nos solos 1 e 2 com condicionadores aplicados sob a forma de grão fino, observaram-se efeitos significativos em EA do condicionador ($p = 0,04$) e do solo ($p < 0,000$), assim como da interação entre condicionador e solo ($p < 0,000$). O mesmo se verificou para PP ($p < 0,000$ nos três casos).

Após a análise de variância entre os solos, para estudar a interação solo e condicionador, realizou-se outra ANOVA com fator único para o solo 1 e para o solo 2 individualmente. Em ambos os casos houve a permanência de significância nos condicionadores, em EA e PP sendo $p < 0,000$ (Tabela 4).

Tabela 4 - Estatística descritiva dos Solos 1 e 2, Solo original (So) e com condicionador (A, B e C) para Estabilidade de Agregados (EA), Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar efeito condicionador.

		EA				PP			
		So	A	B	C	So	A	B	C
Solo 1	Média	0,39	0,53	0,54	0,54	0,37	0,41	0,39	0,34
	Desvio Padrão	0,09	0,10	0,07	0,07	0,10	0,11	0,10	0,05
	VALOR-P	<0,000				<0,000			
Solo 2	Média	0,63	0,54	0,55	0,59	0,80	0,75	0,74	0,72
	Desvio Padrão	0,09	0,13	0,13	0,15	0,03	0,06	0,06	0,08
	VALOR-P	<0,000				<0,000			

Para o solo 1 (Figura 20), a comparação de médias pelo teste de LSD mostra similaridade no efeito dos condicionadores A, B e C em EA (destacando como os maiores EA os condicionares B e C com 54%), que se diferenciam significativamente de So, com a menor EA (39%). Pode assim considerar-se que a aplicação dos condicionadores tem um efeito positivo significativo na estabilidade da agregação deste solo. O efeito é diferente para PP, como se pode ver na Figura 20, com valores menores no tratamento com condicionador C (34%) e maior no com condicionador A. (41%). As similaridades ocorrem apenas entre So e C, So e B, e A e B, ocorrendo uma certa variação na qual a menor percentagem se encontra no condicionador C (34%) e a maior em A (41%), tratamento com PP significativamente superior à dos restantes, incluindo So.

Para o solo 2 os efeitos dos condicionadores não positivo tanto para EA quanto para PP (Figura 21). O So em EA (63%) mostrou diferenças significativas relativamente aos tratamentos com os condicionadores A e B, mas não em relação ao com condicionador C. Para PP, o So foi também o de maior percentagem (80%) mas neste caso o condicionador C ficou com o menor percentual em relação aos demais (72%).

Analisando os condicionadores individualmente, conforme suas proporções volumétricas, espera-se que o condicionador A tenha destaque em relação as partículas primárias, já que possui grande parte de agente estruturante em sua composição (4:1:8 em proporção BA:FN:AE), o que foi possível verificar no solo 1, onde não apresentou diferença significativa com o condicionador B (teste LSD). No solo 2 o solo controlo

possui maior percentagem de PP, contudo o condicionador A (junto ao condicionador B) ainda se mantém maior em relação aos demais tratamentos com condicionadores.

O agente estruturante atua como fonte de carbono, já que contém materiais ricos em carbonos como por exemplo materiais lenhosos (Oliveira, Sartori e Garcez, 2008), proporcionando partículas de maiores dimensões o que, por sua vez, pode aumentar a quantidade de partículas primárias livres (Six et al. 2004). Segundo Tripathi et al. (2014) e Mustafa (2020), o acúmulo de azoto total e de carbono orgânico pode levar a uma maior estabilidade de agregados no solo, o que pode explicar genericamente os resultados de EA obtidos, especialmente no solo 1.

De facto, o condicionador C possui maior proporção de nitrogênio (4:8:4 para BA:FN:AE), o que aparentemente foi positivo para ambos os solos em EA pois este tratamento apresentou a ou uma das maiores percentagens relativamente aos outros condicionadores. Contudo, para PP, a sua percentagem foi comparativamente a menor nos dois solos, igualada ao solo original (solo 1) e ao CBA B (solo 2).

O CBA B pode-se considerar o mais equilibrado em proporção (4:1:4), podendo ser o condicionador mais variante para todos os casos. No solo 1 EA permaneceu junto ao CBA C como os de maiores percentagens, e para PP foi o segundo maior. No solo 2, tanto para EA quanto para PP, ficou na terceira posição na sequência ordenada dos tratamentos testados.

Embora o solo 2 não apresente o comportamento esperado em nenhum dos condicionadores aplicados em, deve-se levar em conta que a análise está em formato global, ou seja, a média está baseada em todas as doses (D1, D2 e D3), podendo assim os dados serem alterados quando uma das doses não corresponderem de maneira positiva, como por exemplo uma super dosagem.

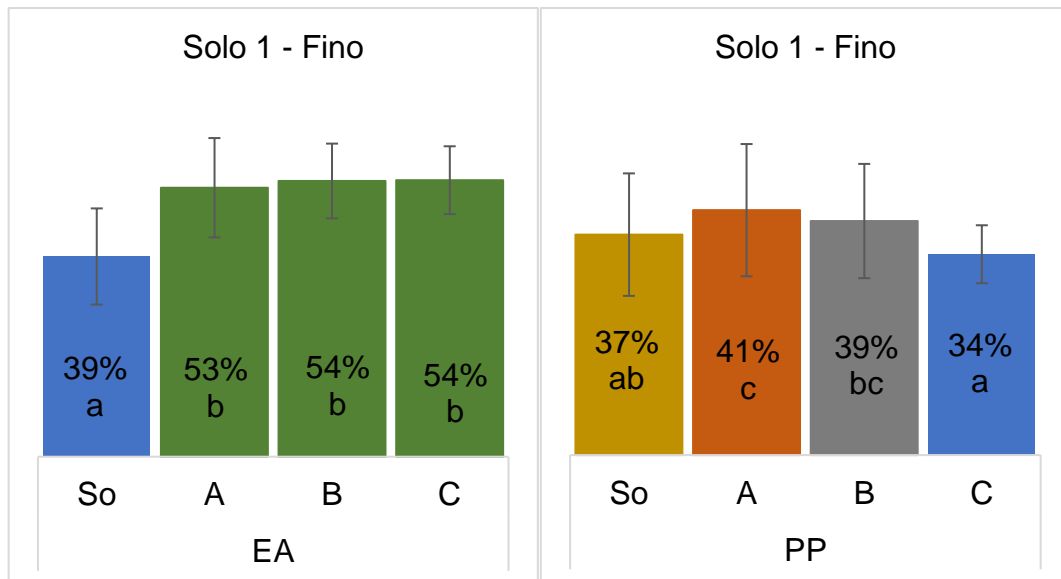


Figura 20 – Comparação das médias (+- desvio padrão) da Estabilidade da agregação (EA) e Partículas Primárias (PP) no Solo 1 Fino para os condicionadores (A, B e C) e o solo original (So) (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

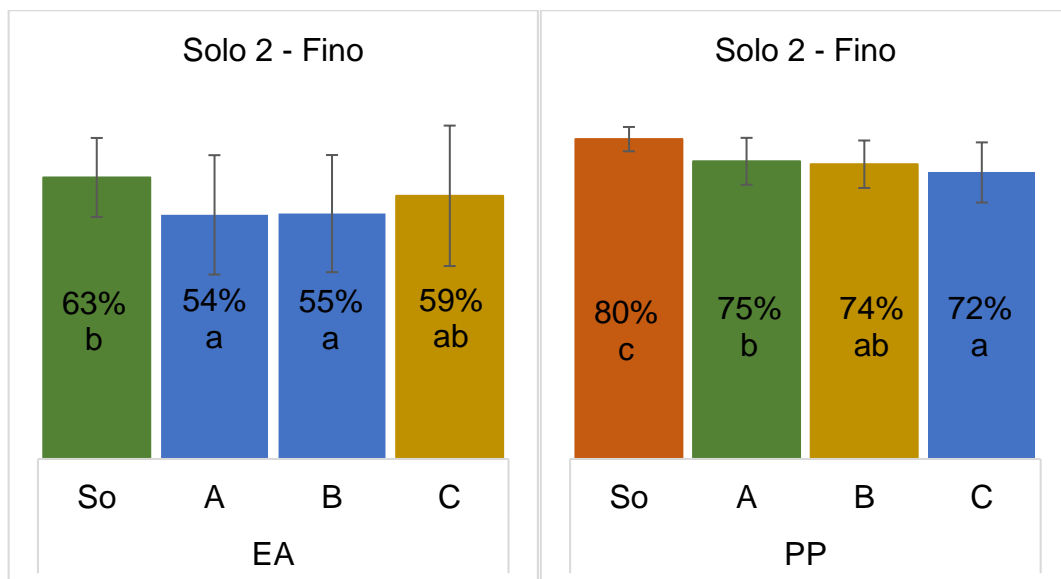


Figura 21 - Comparação das médias (+- desvio padrão) da Estabilidade da agregação (EA) e Partículas Primárias (PP) no Solo 2 Fino para os condicionadores (A, B e C) e o solo original (So) (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

4.2.2. Comparações para condicionadores com grão fino: comparação entre doses e solo original

Comparando as dosagens de condicionador aplicadas na forma de grão fino em ambos os solos, no solo 1 as diferenças em EA por efeito da dose foram significativas ($p < 0,000$), mas isso não se verificou na interação entre os efeitos dose e condicionador ($p = 0,65$). Em PP não houve significância em nenhum dos casos, sendo $p = 0,17$ para o efeito dose e $p = 0,3215$ na interação dose e condicionador (Tabela 5).

O solo 2 teve significância em todos os casos, em EA apresentou $p < 0,000$ para as doses e $p = 0,04$ na interação, enquanto em PP as doses também apresentaram $p < 0,000$ e na interação dose por CBA $p = 0,01$.

As dosagens comparadas foram D1 (10 ton/ha, dose recomendada), D2 (20 ton/ha), D3 (40 ton/ha) e D0 (sem aplicação de condicionador, solo original). O objetivo foi o de identificar a dose mais adequada para a estabilidade de agregação para cada um dos solos. De facto, doses baixas podem não causar efeito positivos relevante no solo e doses elevadas podem causar efeitos negativos no solo e meio ambiente (Gonçalves, 2021).

Tabela 5 - Estatística descritiva dos solos 1 e 2 de granulometria Fina por condicionador (A, B e C) e doses (D0, D1, D2 e D3) para Estabilidade de Agregados (EA), Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar o efeito do condicionador.

			EA		PP	
			Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
Solo 1	A	Do	0,39	0,10	0,37	0,10
		D1	0,53	0,10	0,44	0,11
		D2	0,56	0,10	0,40	0,12
		D3	0,49	0,09	0,40	0,10
	B	Do	0,39	0,10	0,37	0,11
		D1	0,54	0,09	0,41	0,12
		D2	0,56	0,07	0,40	0,10
		D3	0,51	0,05	0,38	0,07
	C	Do	0,39	0,10	0,37	0,10
		D1	0,55	0,07	0,34	0,04
		D2	0,57	0,06	0,35	0,06
		D3	0,51	0,05	0,31	0,04
	VALOR-P			<0,000		0,17
Solo 2	A	Do	0,63	0,095	0,80	0,03
		D1	0,59	0,13	0,79	0,04
		D2	0,60	0,14	0,76	0,05
		D3	0,44	0,06	0,70	0,03
	B	Do	0,63	0,09	0,80	0,03
		D1	0,65	0,12	0,78	0,04
		D2	0,56	0,11	0,74	0,04
		D3	0,44	0,06	0,69	0,05
	C	Do	0,63	0,09	0,80	0,03
		D1	0,70	0,10	0,79	0,03
		D2	0,64	0,13	0,72	0,06
		D3	0,42	0,06	0,64	0,03
	VALOR-P			<0,000		<0,000

Analisando as Figuras 22 e 24 verifica-se que a dose tem um efeito não monótono em EA. Isto porque EA em todos os condicionadores cresce até D2, mas desce desta para a dose mais elevada (D3), com uma única exceção no CBA A do solo 2, onde o solo controlo mostra maior EA que o D1 (63% e 59% respetivamente).

A estabilidade de agregados no solo 1 apresentou distinção significativa entre todas as dosagens, o que no solo 2 não ocorreu. Neste, a dosagem nula (solo original, D0) não se diferenciou de D1 e D2.

Ainda sobre EA, no solo 1 em todos os condicionadores, a D2 mostrou o maior incremento relativamente ao solo original, seguida das dosagens 1, 3 e 0 em sequência decrescente. No solo 2 nos CBA's A e B, o solo original (D0) mostrou o maior valor de EA, enquanto no C a dosagem 1 apresentou a melhor percentagem com EA = 70%. Para todos os casos, a D3 mostrou-se como a dose de menor resposta à aplicação dos condicionadores.

Em PP, a dose 0 foi a que mostrou maior valor de entre os tratamentos comparados. Em contraste, o CBA C do solo 1, todos os tratamentos com condicionadores do solo 2, e a D3 mostraram menor valor de PP. No solo 1, nos tratamentos com os condicionadores A e B, a dose 1 apresentou as maiores percentagens e de PP, ficando a dose 0 em última posição em sequência decrescente, em contraste com o tratamento com o condicionador C aplicado ao mesmo solo (Figura 23 e 25).

A dose 3 equivale a quatro vezes mais que uma dose comum recomendada (40 ton/ha). Em relação as dosagens (D0, D1, D2 e D3) e condicionadores (A, B e C), esta manteve-se com o menor valor em EA e PP, não apresentando uma boa resposta. Segundo Gonçalves et al. (2021), a dose adequada é aquela que atenda as necessidades do solo de forma homogenia, minimizando ainda os impactos ambientais. Deste modo, é possível constatar que a proporção da D3 ultrapassou a capacidade necessária da área, proporcionando o efeito inverso na estabilidade de agregados e partículas primárias.

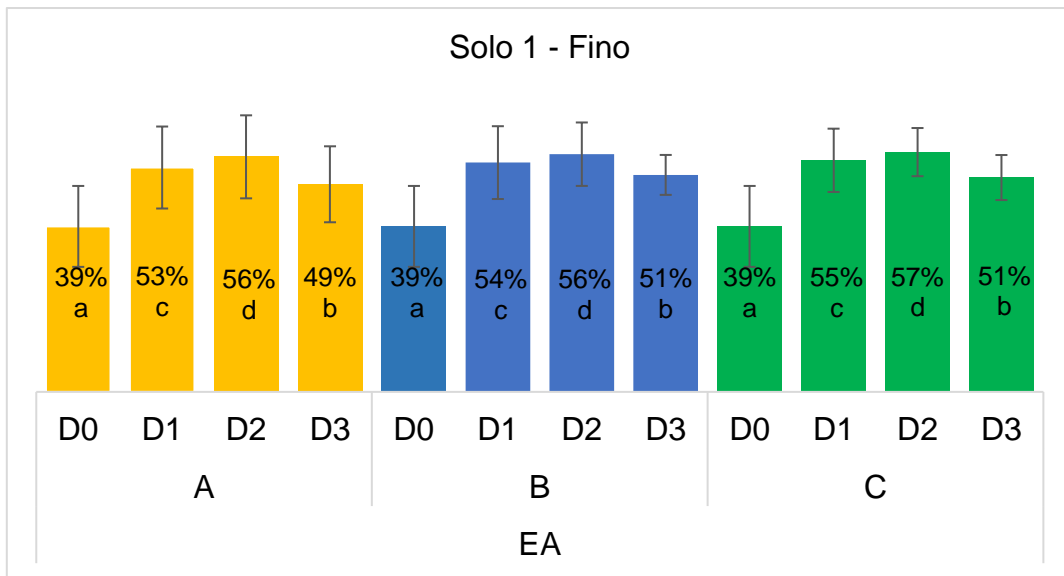


Figura 22 – Comparação das médias (+- desvio padrão) de Estabilidade da agregação (EA) Solo 1 Fino entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

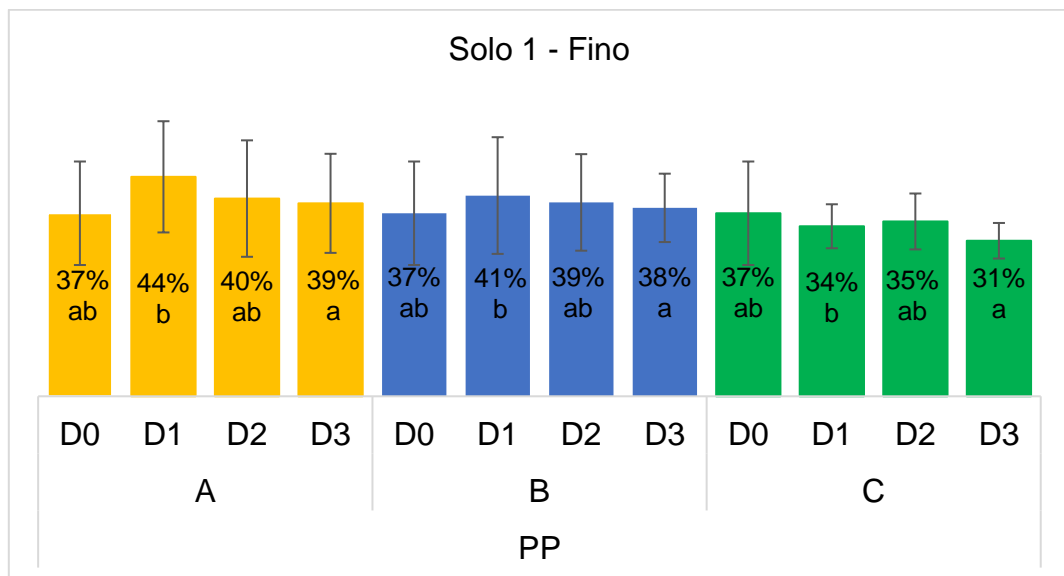


Figura 23 – Comparação das médias (+- desvio padrão) de Partículas Primárias (PP) Solo 1 Fino entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

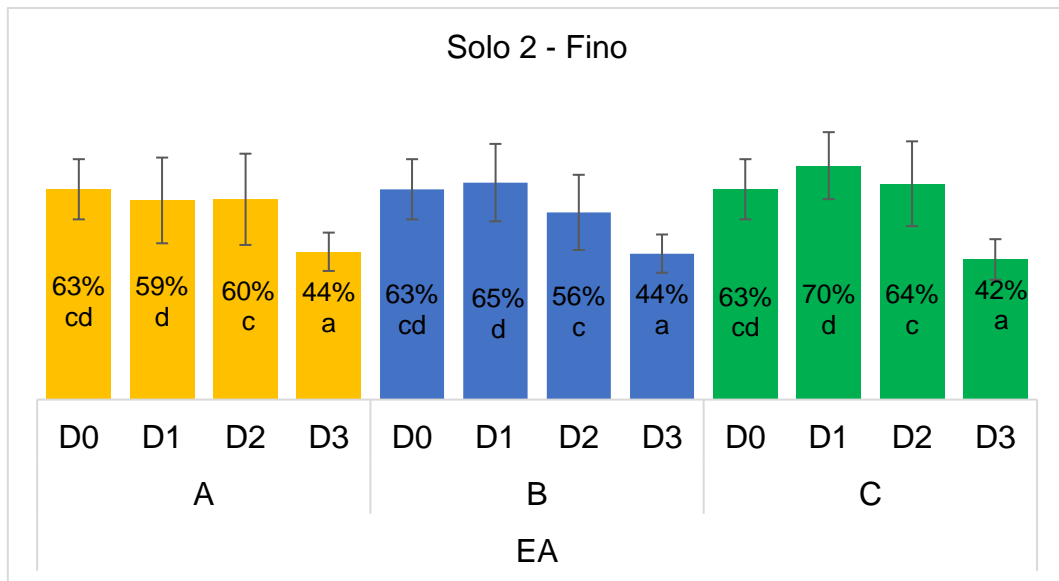


Figura 24 - Comparação das médias (+- desvio padrão) de Estabilidade da agregação (EA) Solo 2 Fino entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

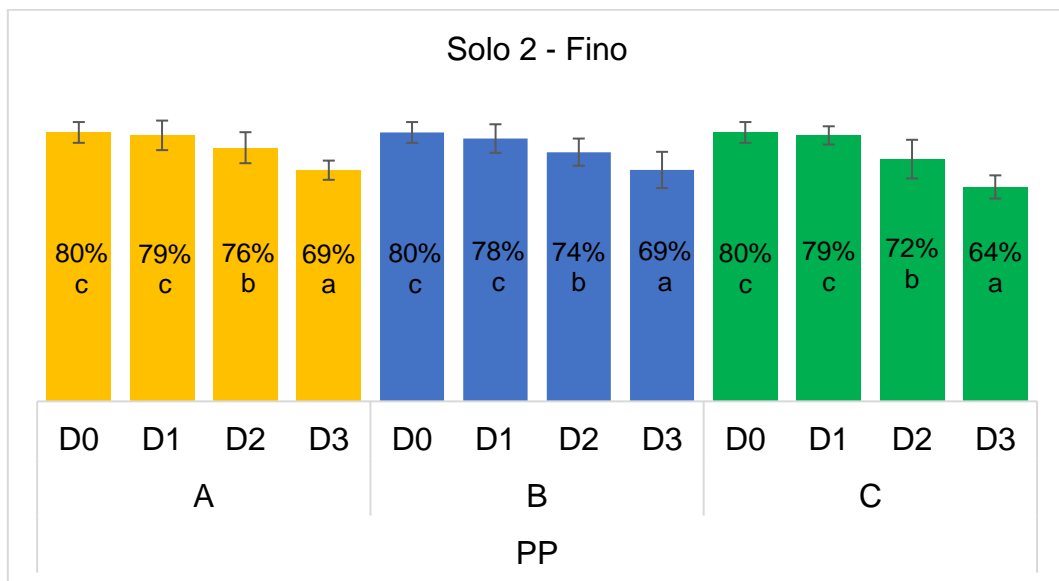


Figura 25 - Comparação das médias (+- desvio padrão) de Partículas Primárias (PP) Solo 2 Fino entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

4.3. Comparações para condicionadores com solo 1

4.3.1. Comparação entre granulometria dos condicionadores e solo original

A ANOVA com fator duplo para analisar entre solos e composto apresentou que solo 1 com condicionadores aplicados em duas granulometrias distintas (fina e grosseira), em 480 amostras, apresentou diferenças significativas entre os condicionadores em EA ($p < 0,000$), sendo também significativos aos efeitos grão e interação condicionador e grão ($p < 0,000$). Assim como para EA, em PP estes efeitos também foram significativos, com o valor de $p < 0,000$ para todos os casos.

Aplicando em seguida a ANOVA com fator único para observar a interação de cada solo e condicionador (solo 1 grão grosseiro e solo 1 grão fino, individualmente). Foi possível observar a significância na interação para todos os casos, EA e PP com o $< 0,000$ (Tabela 6).

Tabela 6 - Estatística descritiva dos Solos 1 em granulometria Fina e Grosseira, Solo original (So) por condicionador (A, B e C) para Estabilidade de Agregados (EA), Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar o efeito condicionador.

		EA				PP			
		So	A	B	C	So	A	B	C
Solo 1 Fino	Média	0,39	0,53	0,54	0,54	0,37	0,41	0,39	0,34
	Desvio Padrão	0,09	0,10	0,07	0,07	0,10	0,11	0,10	0,05
	VALOR-P	<0,000				<0,000			
Solo 1 Grosseiro	Média	0,39	0,59	0,54	0,59	0,37	0,46	0,46	0,47
	Desvio Padrão	0,09	0,14	0,10	0,11	0,10	0,09	0,07	0,07
	VALOR-P	<0,000				<0,000			

Uma vez que já foi analisado o gráfico do solo1 com condicionadores aplicados com grão fino (Figura 20), analisa-se apenas o gráfico para o solo 1 com condicionadores aplicados em grão grosseiro (Figura 26). Deste modo, o efeito dos CBA A e C na estabilidade de agregados apresentou maiores percentagens e similaridade entre os dois condicionadores (59% para ambos), seguidos do condicionador B (54%) e do solo controlo (39%) do qual os tratamentos com condicionador diferem significativamente. Pode-se considerar um bom crescimento

percentual da estabilidade dos agregados para qualquer um dos condicionadores em relação ao solo controle, independentemente ainda das doses aplicadas.

Nas partículas primárias, todos os tratamentos com CBA's deram resultados similares (46% para A e B e 47% para C) e significativamente superiores aos obtidos com o solo controle (37%). De maneira geral, é possível observar que o CBA C apresentou as maiores percentagens nesta granulometria de condicionador, diferente do observado no mesmo solo na granulometria fina de condicionador, em que apresentou a menor percentagem em PP (atrás até mesmo de So).

Isto pode ser justificado através da percentagem inicial de macro agregados no grão grosseiro superior ao grão fino. O azoto total tende a ser maior em macro agregados, dos quais estes possuem um papel importante de estabilização de azoto no solo, além do auxílio da aplicação da fonte de azoto contribuir no acréscimo de N pelos macro agregados (Tripathi et al., 2014 e Mustafa et al., 2020).

Conforme o estudo de Puget, Chenu e Balesdent (2008), os macro agregados estáveis apresentaram maior percentagem em C total. Assim, espera-se que o CBA A (4:1:8 em BA:FN:AE) apresente destaque para as partículas primárias, o que por sua vez não ocorre, mas sim a similaridade entre todos e maior percentagem em CBA C (teste LSD). Além disto, o condicionador C, possuinte da maior proporção de nitrogênio (4:8:4 para BA:FN:AE), foi positivo para EA junto com o condicionador A. O condicionador B (4:1:4) manteve-se variante nos casos, para EA possui a menor percentagem entre condicionadores e para PP se mantém igual ao condicionador A.

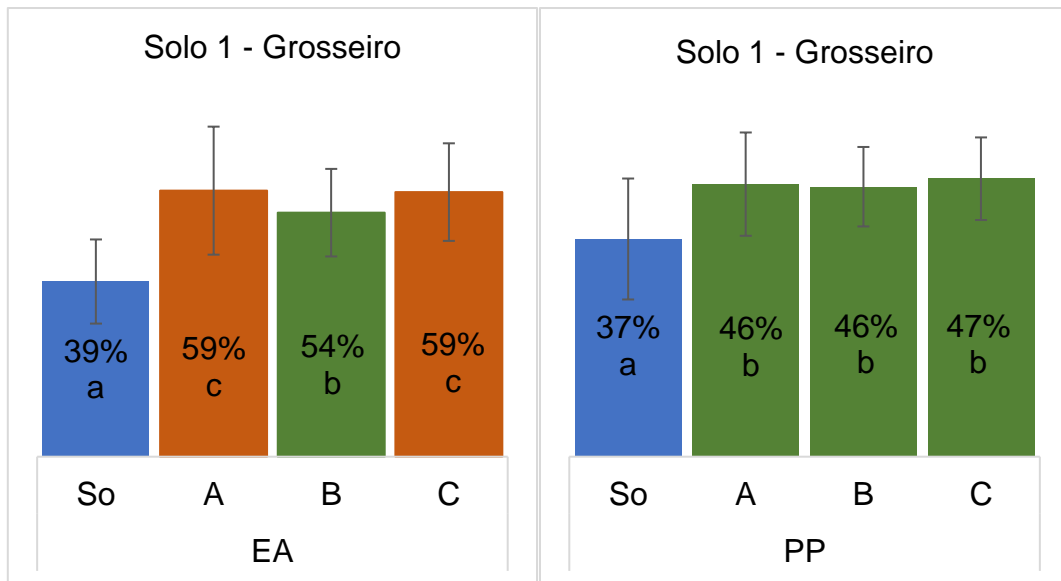


Figura 26 - Comparação das médias (+/- desvio padrão) da Estabilidade da agregação (EA) e Partículas Primárias (PP) no Solo 1 Grosseiro para os condicionadores (A, B e C) e o solo original (So) (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

4.3.2. Comparação entre dose e solo original do grão grosseiro

Na estabilidade dos agregados do solo 1 (Tabela 7), o efeito doses é significativo ($p < 0,000$) e também o da interação dose condicionador ($p < 0,000$). Para PP também existem diferenças significativas entre doses ($p < 0,000$), contudo a interação dose e condicionador não é significativa ($p = 0,79$).

Tabela 7 - Estatística descritiva dos Solos 1 em granulometria Fina e Grosseira, por condicionador (A, B e C) e doses (D0, D1, D2 e D3) para Estabilidade de Agregados (EA), Partículas Primárias (PP) e resultados da ANOVA (valor p) para testar efeito condicionador.

			EA		PP	
			Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
FINO	A	D0	0,39	0,10	0,37	0,10
		D1	0,53	0,10	0,44	0,11
		D2	0,56	0,10	0,40	0,12
		D3	0,49	0,09	0,39	0,10
	B	D0	0,39	0,10	0,37	0,10
		D1	0,54	0,09	0,41	0,12
		D2	0,56	0,07	0,39	0,10
		D3	0,51	0,05	0,38	0,07
	C	D0	0,39	0,10	0,37	0,10
		D1	0,55	0,07	0,34	0,04
		D2	0,57	0,06	0,35	0,06
		D3	0,51	0,05	0,31	0,04
	VALOR-P		<0,000		<0,000	
GROSSEIRO	A	D0	0,39	0,10	0,37	0,10
		D1	0,65	0,16	0,47	0,09
		D2	0,62	0,12	0,44	0,10
		D3	0,51	0,12	0,49	0,06
	B	D0	0,39	0,10	0,37	0,10
		D1	0,55	0,10	0,44	0,07
		D2	0,52	0,08	0,46	0,07
		D3	0,56	0,11	0,48	0,06
	C	D0	0,39	0,10	0,37	0,10
		D1	0,60	0,13	0,45	0,08
		D2	0,57	0,10	0,48	0,06
		D3	0,61	0,10	0,49	0,06
	VALOR-P		<0,000		<0,000	

Nos condicionadores B e C a dosagem 3 conduziu a maior incremento na estabilidade de agregados, e no condicionador A isso foi observado na dosagem 1 (Figura 27). E em todos os casos a dosagem 0 conduziu a significativamente menor percentagem de agregados estáveis. As médias de EA para as doses D1, D2, e D3 não foram significativamente diferentes entre si.

Conforme os gráficos das Tabelas 22 e 23, correspondem ao solo 1 fino já apresentado anteriormente. Para os 3 condicionadores a dose 3 correspondeu a maior percentagem de partículas primárias, obtendo-se a menor no caso da dose 0 (Figura 28). As dosagens 1 e 2 não diferem significativamente entre si.

Ao contrário do que se pode observar nos tratamentos aplicando condicionadores com grão fino (Tabela 22 e 23), no caso do grão grosseiro a dose 3 foi a que correspondeu a valores mais elevados de EA e PP. Enquanto para o grão fino a dosagem de 40 ton/ha é considerada uma dosagem acima do adequado, a mesma representa a dosagem é ideal para o grão grosseiro.

Conforme Miranda et al. (2018) e Flores et al. (2022), solos com diferentes granulometrias podem necessitar de dosagens diferentes para a absorção dos nutrientes. Assim, acredita-se que a granulometria do condicionador interferiu na incrementação para EA e PP, necessitando de uma dosagem de duas vezes maior que em relação a de granulometria fina.

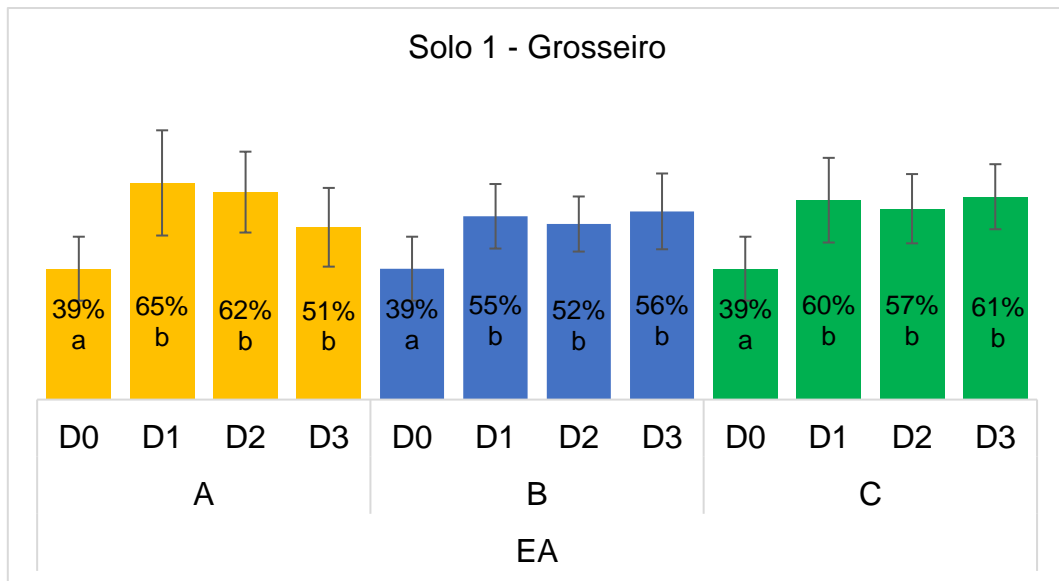


Figura 27 - Comparação das médias (+- desvio padrão) de Estabilidade da agregação (EA) Solo 1 Grosseiro entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

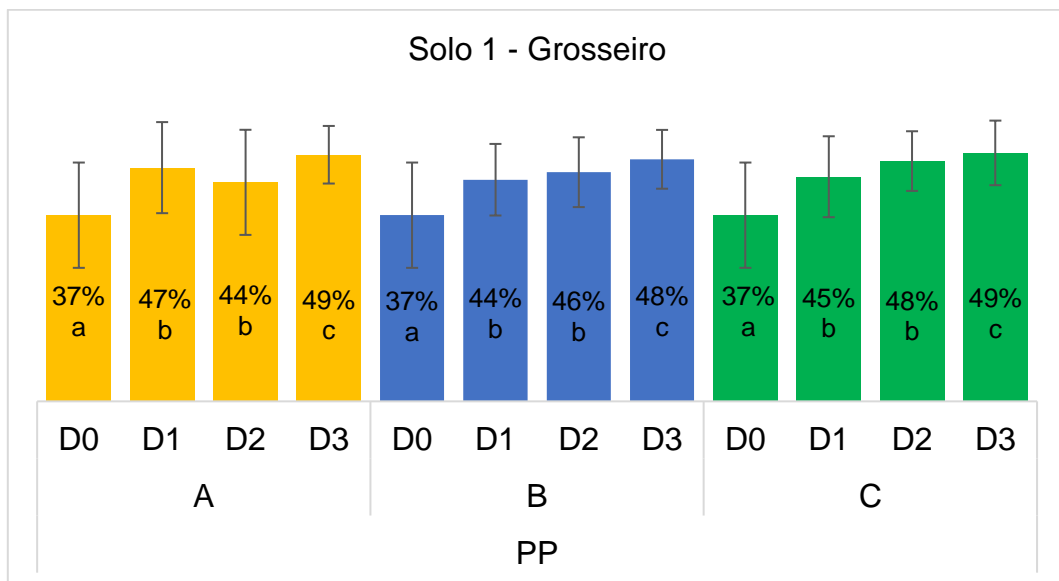


Figura 28 - Comparação das médias (+- desvio padrão) de Partículas Primárias (PP) Solo 1 Grosseiro entre os condicionadores (A, B e C) por doses (D0, D1, D2 e D3) sendo D0 o solo original (em cada parâmetro, letras distintas indicam médias significativamente diferentes, $p < 0,05$, teste LSD).

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi analisada a eficácia de condicionadores a base de bagaço de azeitona na estabilidade da agregação do solo, comparado em dois tipos de solo e duas granulometrias distintas de três condicionadores em três dosagens.

Os tratamentos correspondentes a misturas solo – condicionador (e controle) foram submetidos a ciclos (1 ciclo = 24h) de humedecimento e secagem aplicados em amostras iniciais de 100 g, ao longo de 30 dias. As coletas foram realizadas aos 3, 6, 10, 20 e 30 dias de ensaio.

Após a coleta das amostras, utilizou-se o aparelho estabilizador de agregados, no qual foi realizada a agitação e crivagem em húmido de quatro subamostras de 4g por tratamento. Estas subamostras passaram pelo processo sucessivamente com 100 mL de água destilada e com solução de hexametáfosfato de sódio. O processo foi finalizado com a secagem em estufa a 105°C das frações não retidas no crivo em cada etapa, e pesagem após o período de 24 horas. Os dados coletados foram curados e tratados estatisticamente (análise de variância, ANOVA, e teste de comparação de médias, LSD) para a comparação do efeito dos diferentes tratamentos na estabilidade da agregação do solo.

As amostras controle de ambos os solos confirmaram diferenças na estabilidade da agregação (EA) e na proporção de partículas primárias (PP) justificada pelo material de origem (solo 1, pouca agregação, e solo 2, agregação considerável). A aplicação dos condicionadores, de modo global, determinou diferença significativa entre tratamentos quanto à EA, por efeito do condicionador, da sua granulometria, do solo e da dose aplicada.

A granulometria fina do condicionador proporcionou um efeito positivo dos condicionadores na EA, mas apenas no Solo 1, tendo a dosagem 2, de forma consistente em todos os condicionadores testados (compostos A, B e C) conduzido a valores significativamente superiores de EA. Um efeito observado em comum para esta granulometria foi a redução de EA nos tratamentos com a dosagem 3 (4 vezes a dose de referência), sendo esta por isso considerada sobredosagem.

Ainda no solo 1, granulometria fina do condicionador, o que teve melhor desempenho em termos de EA foi o condicionador B, enquanto para a granulometria

grosseira o condicionador C destacou-se. O efeito da dosagem foi também diferente nas duas granulometrias de condicionador testadas, sendo a maior EA determinada pela dose 3 no grão grosseiro e na dose 2 no fino, ou seja, duas vezes mais no primeiro que a dosagem de melhor desempenho no grão fino.

O uso de condicionadores à base do bagaço de azeitona proporciona um efeito genericamente positivo nos solos com fraca agregação (caso do solo 1), proporcionando uma alternativa adequada para o destino final do resíduo da produção de azeite e, portanto, para o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- AFINET – Agroforestry innovation networks (2018). Bioprodutos da cadeia de valor do azeite: Promoção da bioeconomia na cadeia de valor da fileira do azeite. Disponível em: <https://www.rederural.gov.pt/images/Noticias/2019/AFINET_factsheet_09_pt_webbioprodutos.pdf>. Acesso em: 18 outubro 2021
- Afonso, Natália; Arrobas, Margarida (2009). Contribuição para a elaboração de carta de solos da cidade de Bragança. Qualidade do Ambiente Urbano: Novos Desafios. Bragança/Portugal.
- Agroconsultores e Coba (1991). Carta do Solos, Carta do uso Actual da Terra e Carta da Aptidão da Terra do Nordeste de Portugal. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.
- Alexandre, Carlos (2015). Proteção do Solo e Combate à Desertificação: oportunidade para as regiões transfronteiriças. Funções, uso e degradação do solo. Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária. Bragança/Portugal V. 1, pg 1 a 14.
- Alves, Amanda Leroy Ferreira (2018a). Efeitos de Condicionadores do Solo na Erosão Hídrica em Áreas Ardidas no Nordeste de Portugal. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental. Instituto Politécnico de Bragança – escola superior agrária. Bragança/Portugal.
- Alves, Fernanda Zanella (2018b). Estimativa do Fator C da USLE e efeito do Uso da Terra no Risco de Erosão em Áreas de Montanha do Nordeste de Portugal. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental. Instituto Politécnico de Bragança – escola superior agrária. Bragança/Portugal.

- Associação para o Desenvolvimento da Terra Quente – DESTAQUE (2021). Caracterização do Território. Disponível em: <<https://destaque.com/o-nosso-territorio/>>. Acesso em 18 de outubro de 2021
- Azevedo, Antonio Carlos de; Silveira Bonumá, Angélica (2004). Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. *Ciência Rural*, vol. 34, nº2 pg 609 a 617. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/Brasil.
- Bitencourt, Luis Filipe Caixeta; Ribon, Adriana Aparecida (2017). Caracterização Morfológica de Solo sob Plantio Direto da Fazenda Bom Sucesso no Município de Palmeiras de Goiás. IV Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da UEG. Universidade Estadual de Goiás. Goiás/Brasil.
- Böhm, Jorge (2013). O Grande Livro da Oliveira e do Azeite – Portugal Oleícola. Cap. 3 pg 80 a 82.
- Canet, R.; (2008). Composting olive mil pomace and other residues from rural southeastern Spain. *Waste Management – Elsevier*. Pg 1 a 8.
- CAP – Agricultores de Portugal (2020). Newsletter Azeite. Portugal, março. Disponível em: <https://www.rederural.gov.pt/images/Noticias/2020/Newsletter_Azeite_Mar%C3%A7o_2020.pdf>. Acesso em: 09 agosto 2021
- Carvalho, Mário (2019). A Importância da Matéria Orgânica do Solo na Produção Agrícola e o Papel dos Adubos Orgânicos. *Revista Agrotec n.30 – As Novas Tendências da Fruticultura*. Portugal, março.
- Castro, Gustavo Spadotti Amaral; Calonego, Juliano Carlos; Crusciol, Carlos Alexandre Costa (2011). Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. V 46, nº12 pg 1690 a 1698.

- CIM-TTM – Comunidade Intermunicipal – Terras de Trás-os-Montes (2021). Municípios Território e Território. Disponível em: <<https://www.cim-ttm.pt/pages/441>>. Acesso em: 03 setembro 2021.
- Coelho, L.; et al. (2009). Valorização do bagaço de azeitona por compostagem, para utilização agrícola. V simpósio nacional de olivicultura. Escola Superior de Santarém. Santarém/Portugal.
- Cunha, Mário Sérgio Vieira da (2014). Análise do Ciclo de Vida do Azeite: Caso de estudo do azeite de Trás-os-Montes. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental. Instituto Politécnico de Bragança – escola superior agrária. Bragança/Portugal.
- DGADR – Direcção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural (2010). Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas. Produção Integrada do Olival: 2ª edição. Lisboa/Portugal, março.
- Difonzo, Graziana; et al. (2020). Functional compounds from olive pomace to obtain high-added value foods – a review. Journal of the Science of Food and Agriculture. Vol 101, pag 15 a 26.
- DRAPC – Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Centro (2018). República Portuguesa; Azeite – Conheça melhor o que come. Disponível em <<https://www.drapc.gov.pt/base/documentos/azeite.htm>>. Acesso em: 26 agosto 2021
- Duarte, Cláudia Sofia Caeiro. Extração e Encapsulamento de Composto Bioativos do Bagaço de Azeitona (2011). Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Alimentar. Universidade Técnica de Lisboa – universidade superior de agronomia. Lisboa/Portugal.
- EEA – European Economic Area (2016). Solo. Agência Europeia do Ambiente. União Europeia, dezembro.

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006). Indicadores Físicos e Químicos da Qualidade de Solo de Interesse Agrícola. Jaguariúna/Brasil.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1999). Métodos para a Avaliação do Uso Sustentável dos Recursos e Água nos Trópicos. Jaguariúna/Brasil. Cap. 2 pg 13.
- FAO/UNESCO. (1988). Soil Map of the World, Revised Legend. Rome: FAO
- Figueiredo, T. de; Almeida, A.; Araújo, J. (2002). Edaphic Characteristics of Olive-Tree Areas in the Trás-os-Montes Region (Portugal): A Map-Based Approach. Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária. Bragança/Portugal.
- Figueiredo, Tomás d’Aquino Freitas Rosa de (2012). Pedregosidade dos Solos em Trás-os-Montes: importância relativa e distribuição espacial. Série Estudos. Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária. Bragança/Portugal. Vol 1, cap. 4 pg 35 a 46.
- Figueiredo, Tomás d’Aquino Freitas Rosa de (2013). Uma panorâmica sobre os recursos pedológicos do Nordeste Transmontano. Série Estudos. Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária. Bragança/Portugal. Vol 1, cap. 2 pg 13 a 18.
- Flores, Rilner A. (2022). Does Soil Granulometry Influence Leaching Rates of Potassium Even after Administration of Increasing Irrigation Depths?. Communications in Soil Science and Plant Analysis. Vol 53, pag 478 a 793.
- Fraga, Helder; Pinto, Joaquim G.; Santos, João A. (2020). Oliva tree irrigation as climate change adaptation measure in Alentejo, Portugal. Agricultura Water Management. Elsevier, 0378-3774.
- Francik, Sławomir; et al. (2018). Analysis of Possible Application of Olive Pomace as Biomass Source. Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation. Pg 583 a 592.

Freitas, Daniela Aparecida (2018). Estabilidade da Agregação em Áreas Ardidadas e Não Ardidadas no Nordeste de Portugal: Um importante indicador da qualidade do solo. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Gestão de Recurso Florestais. Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária. Bragança/Portugal.

Gonçalves, José Roberto M. R. et al. (2021). Comparative analysis of soil-sampling methods used in precision agriculture. *Journal of Agricultural Engineering*. Vol 52:1117.

INE – Instituto Nacional de Estatística. Base de dados de produtos (2021). Disponível em:
<https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorCod=0000709&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=PT>. Acesso em 23 agosto 2021

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2001). Ficha Climatológica de Mirandela 1971 – 2000. Disponível em:
<https://www.ipma.pt/bin/file.data/climate-normal/cn_71-00_MIRANDELA.pdf>. Acesso em: 27 setembro 2021

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2021). Normais Climatológicas; Classificação Climática de Koppen-Geiger para Portugal. Disponível em:
<<https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/?print=true>>. Acesso em: 26 agosto 2021

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera (2021). Normais Climatológicas; Temperatura do ar, Normais Climatológicas 1971-2000, Bragança. Disponível em:
<<https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima/1971-2000/index.jsp?print=true#575>>. Acesso em: 03 setembro 2021

Işler, Nurten; Kavdir, Yasemin (2021). Effects of Different Soil Conditioners on Water Use Efficiency and Tomato Plant Growth in Loam and Clay Loam Soils. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*. Vol 1, pg 153 a 161.

- Işler, Nurten; Ilay, Remzi; Kavdir, Yasemin (2022). Temporal variation in soil aggregation following olive pomace and vineyard pruning waste compost applications on clay, loam, and sandy loam soils. *Environ Monito Assess* 194, 418.
- Lacolla, Giovanni; et al. (2021). Effects of organic fertilization from wet olive pomace on emmer wheat (*Triticum dicoccum* Shrank) grain yield and composition. *Journal of Cereal Science – Elsevier*. Vol 102, pg 1 a 7.
- Leite, Ana; et al. (2022). Can the Introduction of Different Olive Cakes Affect the Carcass, Meat and Fat Quality of Bísaro Pork? *Journal MDPI, Foods*. Vol 11, pg 1 a 18.
- Leite, Gabriela Souza (2021). Características dos componentes não carcaça, qualidade da carcaça e da carne de cordeiros alimentados com níveis crescentes de bagaço de azeitona. Dissertação para obtenção do Grau de Metre em Zootecnia. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria/Brasil, julho.
- Medeiros, Rosalina Maragon Lima; Villa, Fabíola; Silva, Daniel Fernandes da; Júlio, Luciana Resende Cardoso (2016). Destinação e Reaproveitamento de Subprodutos da Extração Olivícola. *SAP – Scientia Agraria Paranaensis, Marechal Cândido Rondon/Paraná, Brasil*. V. 15, n. 2, abr/jun., pg 100 a 108.
- Miranda, Neyton O. et al. (2018). Biochar Dosage and Granulometry Influencing Soil Density and Water Retention. *International Journal of Agriculture Sciences*. Vol 10, pag 5153 a 5157.
- Moral, Pedro Sánchez; Méndez, Maria Victoria Ruiz (2006). Production of pomace olive oil. *Grasas y Aceites*. Vol 1, pg 47 a 55.
- Morgan, R.P.C. (2005) – Soil erosion and conservation. Blackwell Publishing. 3ªed. Austrália.

- Mustafa, Adnan et al. (2020). Soil aggregation and soil aggregate stability regulate organic carbon and nitrogen storage in a red soil of southern China. *Journal of Environmental Management* 270, pg 1 a 11.
- Puget, P.; Chenu, C.; Balesdent, J. (2008). Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *European Journal of Soil Science*. Vol 51, pag 595 a 605.
- Ochando-Polido, Javier M. et al. (2020). Optimization and modeling of two-phase olive-oil washing wastewater integral treatment and phenolic compounds recovery by novel weak-base ion Exchange resins. *Separation and Purification Technology*. Elsevier, 1383-5866.
- Oliveira, Emídio C. A. de; Sartori, Raul Henrique; Garcez, Tiago B. (2008). Compostagem. Universidade de São Paulo – Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf>. Acesso em: 29 maio 2022
- Paz, Otero et al. (2021). Applications of by-products from the olive oil processing: Revalorization strategies based on target molecules and and green extraction technologies. *Trends in Food Science & Technology*. Elsevier, 0924-2244.
- Pires, Jaime Maldonado; Pinto, Pedro Aguiar; Moreira, Nuno Tavares (1994). Lameiros de Trás-os-Montes: perspectivas de futuro para estas pastagens de montanha. *Série Estudos*. Instituto Politécnico de Bragança – Escola Superior Agrária. Bragança/Portugal. Vol 1, cap. 1 pg 17 a 31.
- Queiroz-Voltan, Rachek Benetti. Nogueira, Sandra dos Santos Sevá; Miranda, Manoel Albino Coelho de (2000). Pesquisa Agropecuária Brasileira: Aspectos da Estrutura da Raiz e do Desenvolvimento de Plantas de Soja em Solos Compactados. Brasília/ Brasil, maio. Vol.35, n.5, pg 929 a 938.

- República Portuguesa; XXII Governo (2020). Produção de azeitona para azeite cresceu 23% na região de Trás-os-Montes. Lisboa/Portugal. Disponível em: <<https://www.portugal.gov.pt/pt/gc22/comunicacao/comunicado?i=producao-de-azeitona-para-azeite-cresceu-23-na-regiao-de-tras-os-montes>>. Acesso em: 16 setembro 2021
- Rodrigues, Manuel Ângelo; CORREIA, Carlos Manuel (2009). Manual da Safra e Contrassafra do Olival – Instituto Politécnico de Bragança. Bragança/Portugal.
- Rosário, Manuel Colaço do. (2004). Gestão e Desenvolvimento – O sistema agrário de Trás-os-Montes a modernidade sustentável. Universidade de Trás-os-Montes e Alto-Douro – Departamento de Economia e Sociologia.
- Salle, Hélia; et al. (2022). Assessing the environmental sustainability of Portuguese olive growing practices from a life cycle assessment perspective. *Journal of Cleaner Production*. Elsevier, 0959-6526.
- Santos, Renecleide; Figueiredo, Tomás de; Fonseca, Felícia; Costa, Oldair; Pereira, Kayque; Rodrigues, João (2020). Efeito de mobilizações com tração animal em propriedades físicas do solo. *Revista de Ciências Agrárias.*, 43:3, p. 255-265.
- Sempiterno, Cristina; Fernandes, Rui; Scotti, Paula; Semedo, José; Peixoto, Luisa; Pais, Isabel; Santos, Mário; Marcelo, M (2020). Encarnação. Resposta de oliveiras jovens à aplicação de macro e micronutrientes. *Portuguesas de Horticultura*, nº 31 – VIII Simpósio Nacional de Olivicultura Actas. Lisboa/Portugal.
- Sheikhavandi, Tarlan; et al. (2013). Effect of biological sludge and polyacrylamide on improvement of top soil aggregation in typic calcixerepts of Karkaj, Iran. *Indian Journal of Agricultural Research* 47, pg 523 a 528.
- Six, J; et al. (2004). A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil & Tillage Research* 79, pg 7 a 31.

Terraprima (2021). Matéria Orgânica no solo. Terraprima – Serviços ambientais e sociedade agrícola. Covilhã/Portugal. Disponível em: <<https://www.terraprima.pt/pt/pagina/8>>. Acesso em: 16 setembro 2021

Tripathi, Rahul et al. (2014). Soil aggregation and distribution of carbon and nitrogen in diferente fractions after 41 years long-term fertilizer experimete in tropical rice-rice system. *Geoderma* 213, pg 280 a 286.

Tomás; Maria de Belém Belo (2018). Otimização dos processos de controlo laboratorial e análise de fatores que influenciam a extreção e qualidade do óleo de bagaço de azeitona. Dissertação para obtenção do Grau de Metre em Engenharia Química e Bioquímica. Faculdade de Ciências e Tecnologia – universidade nova de Lisboa. Lisboa/Portugal, março.

Hernández, Zulimar; et al. (2021). Otimização do processo industrial de compostagem de bagaço de azeitona no nordeste de Portugal. IX Simpósio Nacional de Olivicultura INIAV. Oeiras/Portugal.

Yanik, Derya Koçak (2017). Alternative to traditional olive pomace oil extraction systems: Microwave-assisted solvent extraction of oil from wet olive pomace. *LWT – Food Science and Technology*. Elsevier. Pg 45 a 51.