

Efeito de condicionadores à base de bagaço de azeitona na estabilidade da agregação do solo: resultados preliminares de ensaio à micro-escala

Effect of olive-pomace based conditioners on soil aggregation stability: preliminary results from a micro-scale experiment

Ana Caroline Royer^{1,2,*}, Laura Martins Silvestre^{1,3}, Daniel Figueiredo⁴, Tomás de Figueiredo¹, Maria Cleide Baldo³, Felícia Fonseca¹ & Zulimar Hernández⁴

¹ Centro de Investigação de Montanha (CIMO), Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Santa Apolónia, 5300-253 Bragança, Portugal

² Universidade da Coruña, Grupo AQUATERRA, Centro de Investigacións Científicas Avanzadas (CICA), Rúa As Carballeiras, 15071, A Coruña, España

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Campo Mourão - Paraná, Brasil

⁴ Ambiente de Montanha e Gestão de Ecossistemas, MORE CoLab – Laboratório Colaborativo Montanhas de Investigação, Edifício Brigantia Ecopark, Av. Cidade de León 506, 5300-358 Bragança, Portugal

(*E-mail: ana.royer@udc.es)

<https://doi.org/10.19084/rca.28536>

RESUMO

A aplicação de condicionadores ao solo visa o reforço da estabilidade da agregação (EA) e da sua resistência à erosão. O bagaço de azeitona (BA) húmido, proveniente da produção de azeite em duas fases, pode ser utilizado na compostagem e obtenção de condicionadores orgânicos (CBA). O trabalho tem como objetivo apresentar resultados de ensaio experimental realizado para avaliar a influência de CBA na EA. O ensaio comportou dois solos de potencialmente distinto grau de agregação (1, franco-limoso; 2, franco-argiloso), nos quais se aplicaram três CBA, em três doses. Amostras de agregados (1-2 mm) foram misturadas com condicionador moído (<0,75 mm), submetidas a ciclos diários de humedecimento e secagem, e coletadas em 5 momentos ao longo do período experimental de 30 dias. A EA foi determinada por agitação e crivagem em húmido. Confirmou-se a hipótese de o solo 2 possuir EA significativamente superior à do solo 1. Neste, a adição dos condicionadores aumentou significativamente a proporção de agregados estáveis relativamente ao solo original, em todas as dosagens, o que não se verificou no solo 2. A incorporação de CBA em solos cultivados com olival, contribuindo para a economia circular, melhora a proteção do solo pelo incremento de agregados estáveis.

Palavras-chave: agregados estáveis em água, estrutura do solo, compostagem, bagaço de azeitona húmido.

ABSTRACT

The application of soil conditioners aims to reinforce aggregate stability (AS) and soil resistance to erosion. The wet olive pomace (OP), from olive oil production in two phases, can be used in composting and obtaining organic conditioners (OPC). The objective of this work is to present the results of an experiment carried out to evaluate the influence of OPC on AS. The experiment involved two soils of potentially different degrees of aggregation (1, silt loam; 2, clay loam), in which three OPC were applied, in three doses. Aggregate samples (1-2 mm) were mixed with conditioner (<0.75 mm), subjected to daily cycles of wetting and drying, and collected at 5 moments along the 30-day experimental period. AS was determined by shaking and wet sieving. The hypothesis that soil 2 has a significantly higher AS than soil 1 was confirmed. In this, the addition of conditioners significantly increased the proportion of stable aggregates as compared to the original soil, at all dosages, which was not observed in soil 2. The incorporation of OPC in soils cultivated with olive groves, contributing to the circular economy, improves soil protection by increasing stable aggregates.

Keywords: water-stable aggregates, soil structure, composting, wet olive pomace.

INTRODUÇÃO

A agregação corresponde ao arranjo a diferentes escalas dos agregados do solo, os quais agrupam partículas primárias em resultado de diversas forças, como as de coesão (Six *et al.*, 2004). A qualidade da estrutura do solo associa-se em regra à proporção dos macroagregados presentes e à sua estabilidade, já que ambas favorecem arejamento, infiltração e retenção de água e nutrientes (Freitas, 2018).

O bagaço proveniente da produção de azeite em duas fases possui humidade superior a 60%, o que constitui limitação importante à sua valorização. Todavia, poderá utilizar-se na produção de composto para aplicações em áreas agrícolas como corretivo orgânico (Coelho *et al.*, 2009; Hernández *et al.*, 2021).

A incorporação de compostos orgânicos conduz também a mudanças na agregação, convertendo-os deste modo em condicionadores do solo. A aplicação de composto pode ocasionar aumento significativo da fração de macroagregados do solo (Sodhi *et al.*, 2009; Ma *et al.*, 2019).

O trabalho tem como objetivo apresentar resultados de ensaio experimental realizado para avaliar a influência de condicionador de bagaço de azeitona (CBA) na estabilidade de agregados (EA).

MATERIAL E MÉTODOS

O delineamento experimental comportou dois solos com distinto grau de agregação. O Leptosolo éutrico de xistos (FAO/UNESCO, 1988), antropizado e de textura franco-limosa, proveio de olival localizado em Mirandela (Solo 1). O Solo 2, com textura franco-argilosa e classificado como Fluvissoilo éutrico de aluvião (legenda FAO/UNESCO, 1998; Santos *et al.*, 2020), foi coletado em parcela de milho localizada na Quinta do Poulão, Bragança.

Para o ensaio, com delineamento fatorial completo, foram tomados 100g por tratamento de agregados entre 1 e 2 mm. Foram testados 3 condicionadores (A, B, C) à base de bagaço de azeitona (CBA), em três distintas doses, múltiplas da dose de aplicação recomendada (d1 = 10 t/ha, d2 = 20 t/ha, d3 = 40 t/ha, sendo d0 = 0 t/ha, controle ou solo original). Os

condicionadores foram obtidos por compostagem de misturas de BA com uma fonte de azoto (FN) e um agente estruturante (AE), nas seguintes proporções volumétricas (BA: FN: AE), A = 4:1:8, B = 4:1:4, C = 4:8:4 (projeto BIOMA). Face à escala reduzida da experiência, os CBA foram incorporados na forma moída, passando um crivo de 0,75 mm de malha. O solo original e as misturas foram submetidas a 30 ciclos de humedecimento e secagem (1 ciclo = 24h) (Figura 1). Com o intuito de avaliar a evolução ao longo do tempo do efeito dos tratamentos, amostras dos agregados foram coletadas nos dias 3, 6, 10, 20 e 30 do período de ensaio.



Figura 1 - Dispositivo experimental para simulação de humedecimento e secagem das amostras.

A determinação laboratorial da estabilidade de agregados foi realizada por crivagem em húmido (*wet sieving*) em equipamento gerador de movimentos verticais cíclicos de agregados imersos sucessivamente em água destilada e em solução de hexametáfosfato de sódio (Figura 2). A malha dos crivos utilizados (0,25 mm) corresponde ao limite distintivo de macro e microagregados (Six *et al.*, 2004).



Figura 2 - Equipamento de agitação e crivagem em húmido de amostras para determinação da Estabilidade da Agregação.

As determinações foram realizadas em subamostras de 4 g para 100 ml de água destilada e de solução de hexametáfosfato de sódio, com 4 repetições por colheita e tratamento (representando combinações de solo, condicionador e dose). O aparelho provoca dispersão progressiva dos agregados colocados no crivo imerso, sendo avaliada a proporção em peso dos agregados estáveis após 3 min de agitação em água destilada e das partículas primárias após 9 min de agitação em solução dispersante (Freitas, 2018).

Os valores obtidos (massa seca a 105°C) foram utilizados para calcular a proporção de agregados estáveis (EA) (Eq.1) e de partículas primárias (PP) (Eq.2).

$$EA (\%) = \frac{Pfs}{P_{fH2O} + Pfs} \quad (\text{Eq.1})$$

$$PP (\%) = \frac{Pi - (Pf H2O + Pfs)}{Pi} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

Pfs – Peso final seco (g) da fração <0,25 mm após agitação na solução dispersante;

Pf_{H2O} – Peso final seco (g) da fração <0,25 mm após agitação em água destilada;

Pi – Peso seco (g) da amostra colocada no crivo, calculado com a % Humidade determinada na amostra inicial.

As hipóteses de diferenças na EA no solo tratado e ao longo do tempo foram testadas por meio de Anova a dois fatores (solo e tempo), assim como os efeitos do condicionador e da dose. Quando aplicável, foi usado o teste LSD de separação de médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A hipótese de distinta estabilidade da agregação à partida nos dois solos foi confirmada, sendo que o solo 2 revelou EA significativamente superior ao solo 1 (Figura 3). Para o indicador PP, verifica-se o mesmo padrão, com uma diferença ainda mais pronunciada entre os dois solos.

A diferença na EA *a priori* pode ser associada ao material parental e composição granulométrica e mineralógica de cada um dos solos. Considerando apenas a classe textural, o solo 1 apresenta maiores teores de areia fina e limo e o solo 2 maior teor de argila. Pelo seu caráter coloidal, esta é essencial para a formação de agregados estáveis.

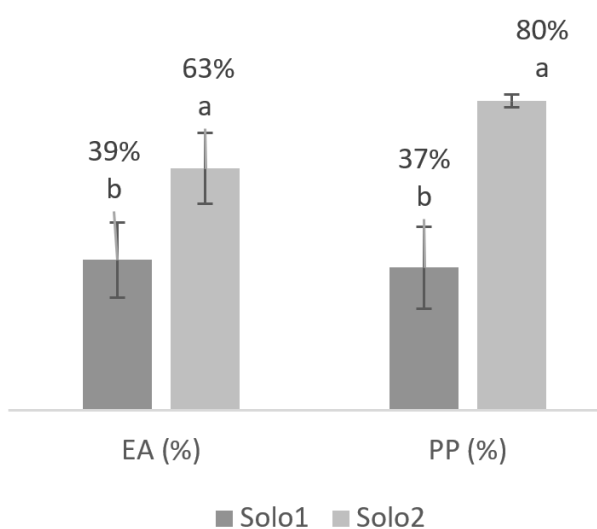


Figura 3 - Estabilidade da agregação (EA, %) e partículas primárias (PP, %) nos solos 1 e 2, sem condicionador (em cada parâmetro, letras diferentes seguem-se a médias significativamente diferentes, $p < 0,05$).

O efeito da adição dos condicionadores foi confirmado no solo 1 (Figura 4). A adição dos condicionadores, indiferentemente da dose, provocou um aumento significativo na EA. O mesmo não foi verificado para o solo 2, onde as diferenças entre as médias de EA no solo original (63 ± 9%) e nos tratamentos com os condicionadores A (54 ± 8%), B (55 ± 5%) e C (59 ± 6%) não se revelaram significativas.

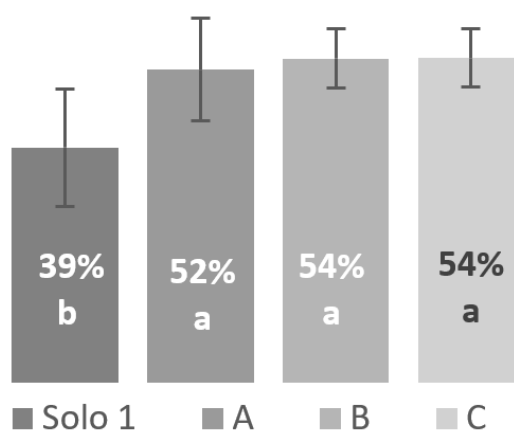


Figura 4 - Estabilidade da agregação (EA, %) do solo 1, sem e com adição dos condicionadores A, B e C (letras diferentes seguem-se a médias significativamente diferentes, teste LSD, $p < 0,05$).

Ao testar o efeito combinado condicionador x dose, o fator dose revelou-se significativo para ambos os solos, enquanto os condicionadores não tiveram efeito significativo. Na Figura 5 observa-se o incremento de EA no solo 1 nas doses D1, D2 e D3 relativamente a D0 (solo sem CBA). Embora EA seja inferior na maior dose (D3), a diferença não é significativa perante as demais doses testadas. O solo 1 tem à partida uma EA baixa e a adição do condicionador (que evolui no solo no sentido de aumentar a fração coloidal presente) pode permitir ligações promotoras da formação de agregados estáveis.

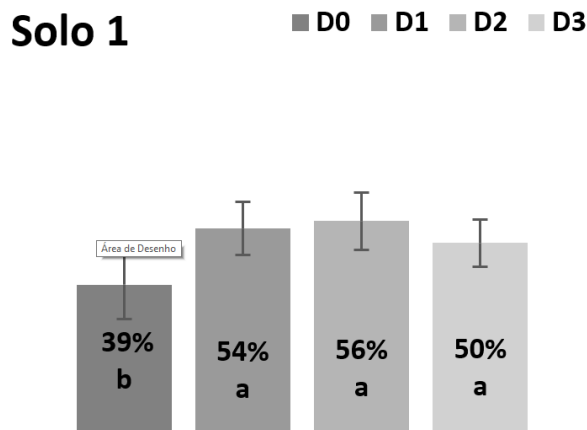


Figura 5 - Estabilidade da agregação (EA, %) para as diferentes doses de condicionador (D), aplicadas no solo 1. (letras diferentes seguem-se a médias significativamente diferentes, teste LSD, $p < 0,05$).

No solo 2, o efeito dose também é significativo (Figura 6), embora com comportamento distinto do solo 1.

A dose 3 resulta em uma EA significativamente inferior à das demais doses, inclusive à do solo sem condicionador (D0). A elevada PP no solo 2 contribui à partida para a criação de zonas de descontinuidade e rotura potencial na matriz mineral do solo. Tendo em conta o curto tempo de evolução do condicionador no solo, a proporção de material orgânico particulado poderá ser considerável na dose máxima (D3), o que acrescenta zonas de descontinuidade às já derivadas da presença abundante de PP. Este efeito começa a manifestar-se em

D2 no solo 2, mas apenas e não significativamente em D3 no solo 1, com muito menor proporção de PP que o solo 1.

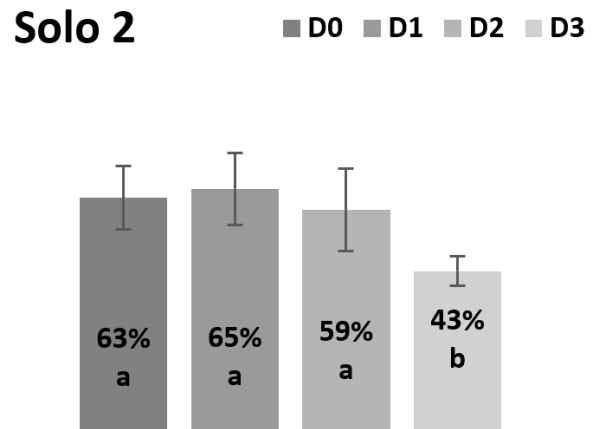


Figura 6 - Estabilidade de agregados para as diferentes doses no solo 2 (letras diferentes seguem-se a médias significativamente diferentes, teste LSD, $p < 0,05$).

CONCLUSÕES

A adição de condicionadores produzidos com base em bagaço de azeitona influencia a estabilidade da agregação do solo, embora os três tipos testados não tenham mostrado diferenças significativas entre si quanto a EA. Pelo contrário, a dose de aplicação interfere significativamente na formação de agregados estáveis. A incorporação destes condicionadores em solos cultivados com olival pode promover agregados estáveis, assim contribuindo para a proteção do solo e, por outro lado, para a economia circular, já que incorpora matéria-prima originada na cadeia oleícola.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte do projeto BIOMA (POCI-01-0247-FEDER-046112) e do programa de dupla diplomação entre a Universidade Tecnológica Federal do Paraná e o Instituto Politécnico de Bragança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coelho, L.; Cravo, C.; Portela, C. & Reis, M. (2009) - Valorização do bagaço de azeitona por compostagem, para utilização agrícola. In: *V Simpósio Nacional de Olivicultura*. Escola Superior Agrária de Santarém. Santarém/Portugal.
- FAO/UNESCO (1988) - *Soil Map of the World, Revised Legend*. Rome: FAO.
- Freitas, D.A. (2018) - *Estabilidade da agregação em áreas áridas e não áridas no nordeste de Portugal: um importante indicador da qualidade do solo*. Master's thesis, Instituto Politécnico de Bragança.
- Hernández, Z.; Figueiredo, D.; Royer, A.C.; Madeira, F. & Figueiredo, T. (2021) - Otimização do processo industrial de compostagem de bagaço de azeitona no nordeste de Portugal. In: *9º Simpósio Nacional de Olivicultura*, INIAV, Oeiras, Portugal, 8 p.
- Ma, J.; Chen, Y.; Wang, H. & Wu, J. (2019) - Traditional Chinese medicine residue act as a better fertilizer for improving soil aggregation and crop yields than manure. *Soil & Tillage Research*, vol. 195, art. 104386. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104386>
- Santos, R.; Figueiredo, T.; Fonseca, F.; Costa, O.; Pereira, K. & Rodrigues, J. (2020) - Efeito de mobilizações com tração animal em propriedades físicas do solo. *Revista de Ciências Agrárias*, vol. 43, n. 3, p. 255-265. <https://doi.org/10.19084/rca.18675>
- Six, J.; Bossuyt, H.; Degryze, S. & Deneff, K. (2004) - A History of Research on the Link between (Micro) Aggregates, Soil Biota, and Soil Organic Matter Dynamics. *Soil Tillage Research*, vol. 79, n. 1, p. 7–31. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.008>
- Sodhi, G.P.S.; Beri, V. & Bendi, D.K. (2009) - Soil aggregation and distribution of carbon and nitrogen in different fractions under long-term application of compost in rice-wheat system. *Soil & Tillage Research*, vol. 103, n. 2, p. 412-418. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.12.005>