

Efeitos da aplicação de um compostado em propriedades do solo num olival intensivo (var. Galega vulgar)

Effects of a compost application on soil properties in an intensive olive grove (var. Galega vulgar)

Carlos Alexandre^{1,3,*}, Rui Bajouco^{1,3}, José Saragoça², Ivo Dias^{2,3}, António Pinheiro^{2,3}, José O. Peça^{2,3} e António B. Dias^{2,3}

¹ Dept. de Geociências, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal

² Dept. de Engenharia Rural, Escola de Ciências e Tecnologia, Universidade de Évora, apartado 94, 7002-554 Évora, Portugal

³ MED - Mediterranean Institute for Agriculture, Environment and Development, Universidade de Évora, Pólo da Mitra, apartado 94, 7006-554 Évora, Portugal

(*E-mail: cal@uevora.pt)

<https://doi.org/10.19084/rca.38524>

Recebido/received: 2024.08.31

Aceite/accepted: 2024.10.25

RESUMO

A compostagem de subprodutos orgânicos de origem agrícola permite a valorização de resíduos que, sem outro aproveitamento, podem ser um problema ambiental, económico e social. Apresenta-se um ensaio de aplicação de compostado num olival intensivo (var. “Galega vulgar”) em Monforte, com o objetivo de avaliar efeitos a curto prazo (após 14 meses) em características físicas e químicas do solo. O compostado incorporou, em proporções iguais: (i) folhas e raminhos da limpeza de azeitona, (ii) estrume de ovino e (iii) bagaço de azeitona extratado. Num ensaio em blocos casualizados (3 tratamentos, 4 repetições, 12 talhões) aplicaram-se, na linha, as seguintes doses: T0 = 0, T1 = 2,5 e T2 = 5,0 kg m⁻². Determinou-se a massa volúmica aparente (0-5 cm) e o C orgânico, N total, razão C/N, P₂O₅ e K₂O extraíveis, Fe, Mn, Cu e Zn extraíveis (0-5, 5-15 e 15-30 cm). Após 14 meses, verificaram-se as seguintes diferenças significativas relativamente a T0, em especial na camada 0-5 cm: menor massa volúmica do solo (maior porosidade) em T2; maior C orgânico e N total (T2); maior pH_{H2O} e pH_{KCl} (T1 e T2); menor teor de Mn (T2) e maior teor de Zn (T1 e T2). Verifica-se uma melhoria da saúde do solo, mas para aplicações sucessivas deste composto, recomenda-se a monitorização do Zn.

Palavras-chave: composto, compostagem, carbono orgânico do solo, macronutrientes, micronutrientes.

ABSTRACT

Composting organic by-products of agricultural origin increases the value of waste which, without further use, can be an environmental, economic and social problem. A trial of compost application in an intensive olive grove (var. “Galega vulgar”) in Monforte is presented, with the aim of evaluating short-term effects (14 months) on physical and chemical characteristics of the soil. The compost incorporated, in equal proportions: (i) leaves and branches from olive cleaning, (ii) sheep manure and (iii) extracted olive pomace. In a randomized block experiment (3 treatments, 4 replications, 12 plots), the following doses were applied to the line: T0 = 0, T1 = 2.5 and T2 = 5.0 kg m⁻². Determinations included soil bulk density (0-5 cm), organic C, total N, C/N ratio, extractable P₂O₅ and K₂O, extractable Fe, Mn, Cu and Zn (0-5, 5-15 and 15-30 cm). After 14 months, there were the following significant differences in relation to T0, especially in the 0-5 cm layer: lower soil bulk density (higher porosity) in T2; higher organic C and total N (T2); higher pH_{H2O} and pH_{KCl} (T1 and T2); lower Mn content (T2) and higher Zn content (T1 and T2). There is an improvement in soil health, but Zn monitoring is recommended if this compost is applied regularly.

Keywords: composting, soil organic carbon, macronutrients, micronutrients, bulk density

INTRODUÇÃO

A compostagem de subprodutos orgânicos de origem agrícola permite a valorização de resíduos que, sem outro aproveitamento, podem representar um problema ambiental, económico e até social. Uma valorização relevante traduz-se no potencial de melhoria da fertilidade e da saúde do solo. Este artigo apresenta os resultados de um ensaio de aplicação de um compostado num olival intensivo em Monforte, Portalegre, com o objetivo de avaliar os efeitos a curto prazo (pouco mais de um ano) em características físicas e químicas do solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local do ensaio e compostado aplicado

O ensaio teve lugar na Herdade de Torre das Figueiras, Monforte, Portalegre, num olival intensivo (var. "Galega vulgar") instalado com um compasso de 7 m x 5 m, numa parcela de encosta com declive ~10%, com alguns afloramentos rochosos e predomínio de solos da família Vcv(p), em fase pedregosa (SROA, 1970; DGADR, 2021) ou Chromic Luvisol (Clayic) (IUSS Working Group WRB, 2022).

O compostado foi preparado com folhas e raminhos da limpeza de azeitonas, estrume de ovino e bagaço de azeitona extratado, em proporções iguais

(massa) e está caracterizado em Sempiterno *et al.* (2021). Da sua composição química salienta-se (por kg de matéria seca): pH 8,2; C orgânico: 168 g kg⁻¹, razão C/N: 13,5; P₂O₅: 4,6 g kg⁻¹; K₂O: 9,5 g kg⁻¹; Cu: 179 mg kg⁻¹ e Zn: 242 mg kg⁻¹. Foi aplicado com recurso ao distribuidor Herculano H2RSP (Figura 1).

Delineamento do ensaio

A calendarização e o delineamento do ensaio são apresentados na Figura 2. Em setembro de 2021 aplicou-se o compostado em faixas de 4 m de largura (2 m de cada lado da linha), em blocos casualizados (3 tratamentos e 4 repetições, num total de 12 parcelas) usando as seguintes dosagens: T0 = 0, T1 = 2,5 e T2 = 5,0 kg m⁻².

Amostragem do solo e análises laboratoriais

Fez-se uma amostragem aleatória do solo, 14 meses após a aplicação do compostado (nov/2022), segundo o esquema da Figura 3(a). Por parcela, colheram-se três amostras não perturbadas da camada 0-5 cm (36 no total) e uma amostra composta para cada uma das seguintes camadas: 0-5, 5-15 e 15-30 cm (36 amostras no total) - Figura 3(b) e 3(c).



Figura 1 - Esquema descritivo das características gerais do solo, do compostado e da sua aplicação ao solo.

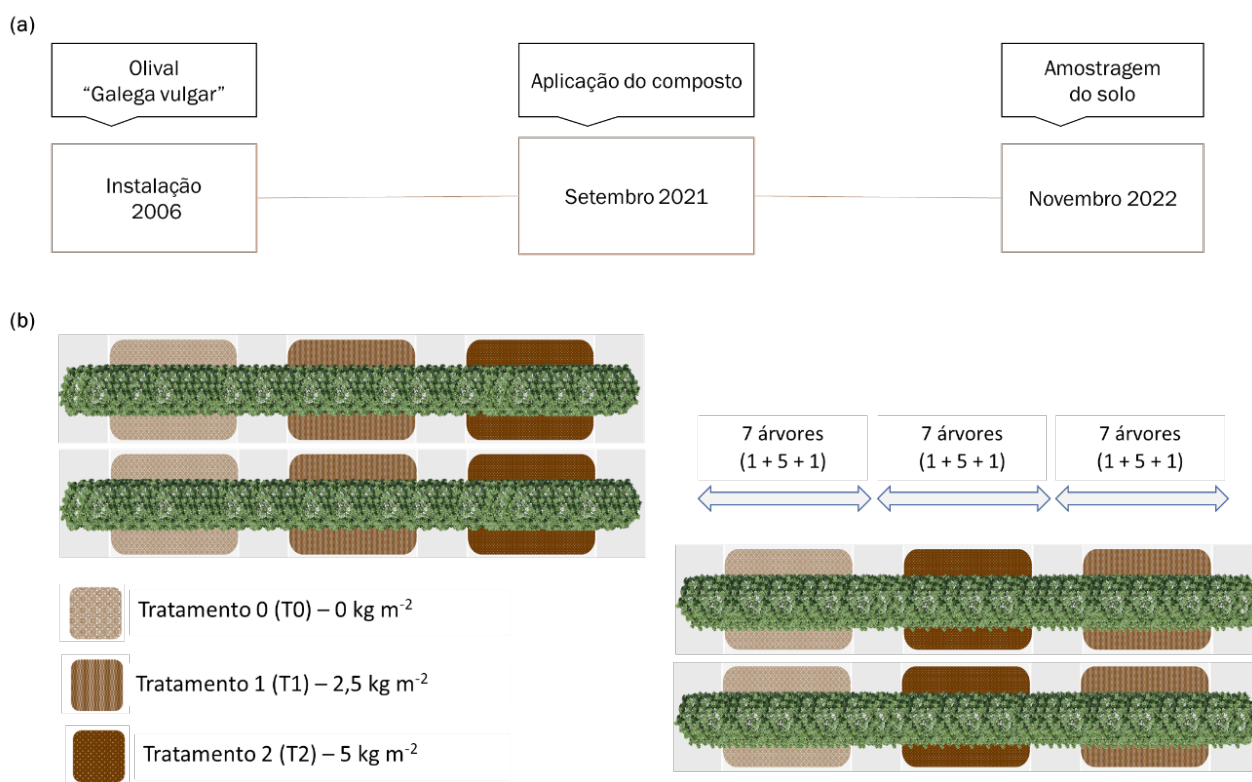


Figura 2 - (a) Calendarização da aplicação do composto e amostragem; **(b)** Esquema do delineamento experimental em blocos casualizados (3 tratamentos e 4 repetições emparelhadas, num total de 12 talhões).

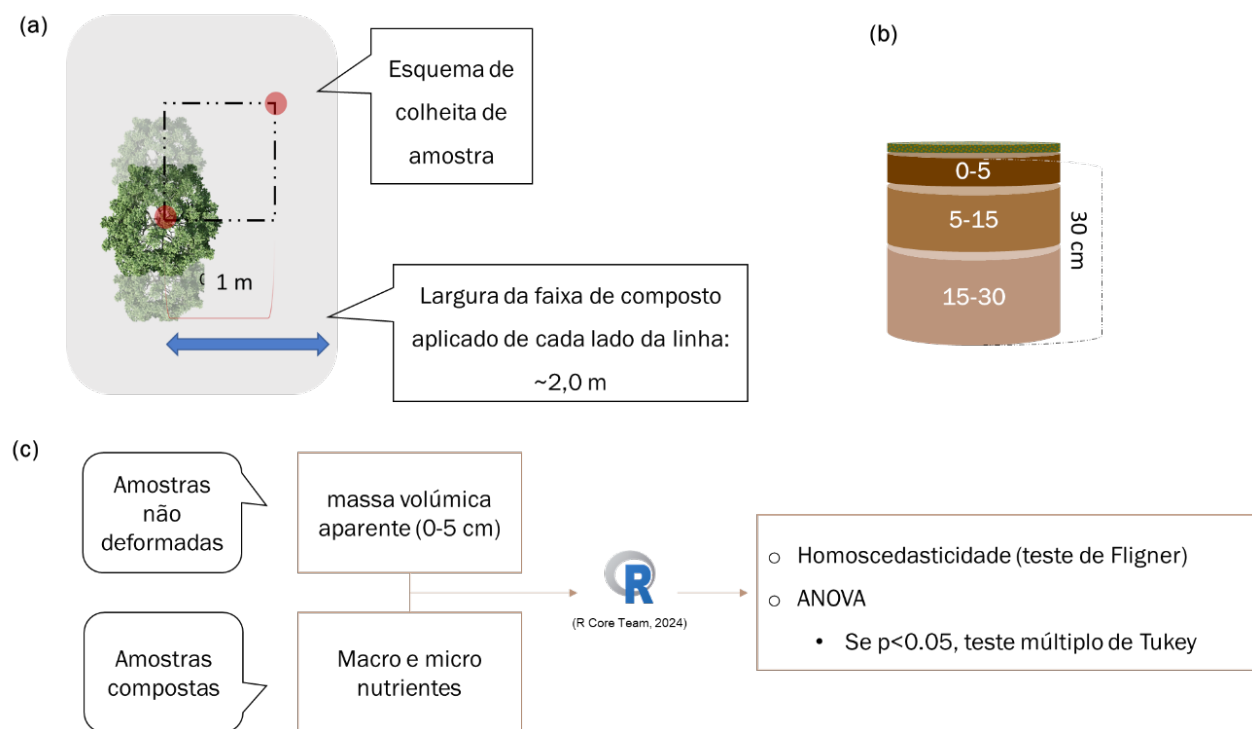


Figura 3 - (a) Esquema de amostragem do solo em cada talhão (relativamente a cada árvore); **(b)** camadas de solo amostradas; **(c)** amostras de solo obtidas e sequência de análises laboratoriais e tratamento de dados.

Apresentam-se os resultados das seguintes propriedades do solo: massa volúmica aparente (MVS, camada 0-5 cm, método do cilindro), carbono orgânico do solo e azoto total (SOC e Ntot, método de combustão e análise elementar), razão C/N, pH_{H₂O} e pH_{KCl} (potenciometria, proporção 1:2,5), fósforo (P₂O₅) e potássio (K₂O) extraíveis (método de Egnér-Riehm), micronutrientes catiões Fe, Mn, Cu e Zn extraíveis (método de Lakanen). Não se detetaram evidências, visuais ou auditivas, de carbonatos no teste com HCl (10%).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se uma redução da MVS (Quadro 1) na camada 0-5 cm, de T0 para T2 (1,38, 1,36 e 1,22 g cm⁻³, respetivamente) embora, apenas o tratamento T2

Quadro 1 - Massa volúmica aparente do solo (MVS, g cm⁻³) da camada 0-5 cm

Camada (cm)	T0		T1		T2	
	m*	s*	m	s	m	s
00-05	a 1,38	±0,08	a 1,36	±0,09	b 1,22	±0,11

* Média (m) e desvio padrão (s): 12 repetições por tratamento, 3 amostras por parcela, N = 36. Médias com letras diferentes em cada linha (camada) têm uma $p \leq 0,05$ de serem iguais e com letras iguais (ou sem letras) não diferem estatisticamente.

Quadro 2 - Carbono orgânico do solo (SOC, g kg⁻¹) nas camadas 0-5, 5-15 e 15-30 cm

Camada (cm)	T0		T1		T2	
	m*	s*	m	s	m	s
00-05	a 16.9	±2.1	ab 27.8	±4.3	b 33.5	±10.9
05-15	11.3	±3.8	12.8	±2.0	15.9	±4.6
15-30	7.1	±2.4	8.2	±1.2	10.7	±4.3

* Média (m) e desvio padrão (s): 4 repetições por tratamento, uma amostra composta por parcela, N = 12 por camada. Médias com letras diferentes em cada linha (camada) têm uma $p \leq 0,05$ de serem iguais e com letras iguais (ou sem letras) não diferem estatisticamente.

Quadro 3 - Azoto total (g kg⁻¹) e razão C/N

Camada (cm)	Ntotal						C/N					
	T0		T1		T2		T0		T1		T2	
	m*	s*	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
00-05	a1.76	±0.14	ab2.81	±0.55	b3.49	±1.40	9.6	±1.3	10.1	±1.4	10.5	±4.0
05-15	1.28	±0.13	1.64	±0.26	1.54	±0.26	8.9	±2.8	8.0	±1.8	10.2	±1.8
15-30	1.03	±0.05	1.16	±0.13	0.94	±0.31	a6.8	±2.1	a7.1	±1.3	b11.4	±2.8

* Média (m) e desvio padrão (s): 4 repetições por tratamento, uma amostra composta por parcela, N = 12 por camada. Médias com letras diferentes em cada linha (camada) têm uma $p \leq 0,05$ de serem iguais e com letras iguais (ou sem letras) não diferem estatisticamente.

apresente diferença significativa ($p \leq 0,05$) relativamente a T1 e T0.

O SOC (Quadro 2) revela uma tendência oposta à MVS: aumento de T0 para T2, maior na camada 0-5 cm, a única em que T2 (33,5 g kg⁻¹) difere significativamente ($p \leq 0,05$) de T0 (16,9 g kg⁻¹). É de salientar a grande dispersão dos resultados, em especial na camada 0-5 cm.

O N total (Quadro 3) apresenta exatamente o mesmo padrão de diferença significativa observada na SOC. Ainda no Quadro 3, a razão C/N revela uma ligeira tendência de decréscimo com a profundidade, exceto no caso do tratamento T2, em que ligeiros aumentos do SOC e decréscimos do Ntot, na camada 15-30 cm, fazem com que a razão C/N em T2 seja significativamente maior à observada em T1 e T0.

No caso do pH_{H₂O} e do pH_{KCl} (Quadro 4), T1 e T2 têm valores significativamente mais altos do que T0 nas duas primeiras camadas. Contudo, a diferença entre T2 e T0 do pH_{H₂O} da camada 5-15 cm não é tão clara ($p \leq 0,10$). A incorporação de bagaço de azeitona no compostado parece induzir um efeito mais rápido sobre o pH do solo, dado que num ensaio anterior, apenas com folhas de oliveira e estrume de ovinos, só ao final de 2 anos se observaram diferenças significativas no pH_{KCl} (Alexandre *et al.*, 2023).

O P₂O₅ (Quadro 5) aumenta de T0 para T2, no entanto, sem diferenças significativas ($p \leq 0,05$) entre os tratamentos. Apenas T2 apresenta uma $p \leq 0,10$ de ter uma média igual à de T0, em todas as camadas, e à de T1 nas duas primeiras. O K₂O aumenta em T1 e T2 relativamente a T0, de forma mais expressiva na camada 0-5 cm, também sem diferenças significativas ($p \leq 0,05$) – apenas T1 revela uma $p \leq 0,10$ de ter uma média igual à de T0. É de

Quadro 4 - pH em água e pH em cloreto de potássio 1 M

Layer (cm)	pH _{H₂O}						pH _{KCl}					
	T0		T1		T2		T0		T1		T2	
	m*	s*	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
00-05	a6.85	±0.21	b7.87	±0.48	b7.65	±0.21	a5.85	±0.31	b7.01	±0.51	b6.82	±0.30
05-15	a6.93	±0.36	b7.87	±0.52	a'7.70	±0.27	a5.82	±0.47	b6.84	±0.61	b6.71	±0.15
15-30	7.48	±0.49	7.92	±0.41	7.86	±0.43	6.47	±0.71	6.94	±0.57	6.76	±0.18

* Média (m) e desvio padrão (s): 4 repetições por tratamento, uma amostra composta por parcela, N = 12 por camada. Médias com letras diferentes em cada linha (camada) têm uma $p \leq 0,05$ de serem iguais; com letras iguais com apóstrofo (ex.: a') têm uma $p \leq 0,10$ de serem iguais e com letras iguais (ou sem letras) não diferem estatisticamente.

Quadro 5 - P₂O₅ e K₂O extraíveis do solo (mg kg⁻¹)

Camada (cm)	P ₂ O ₅						K ₂ O					
	T0		T1		T2		T0		T1		T2	
	m*	s*	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
00-05	a84.0	±29.4	a229.5	±160.9	a'329.7	±167.0	a560	±84	a'800	±127	aa'661	±154
05-15	a30.6	±8.9	a68.7	±17.7	a'83.7	±42.6	343	±65	415	±143	373	±211
15-30	a13.7	±4.7	a'29.8	±10.9	a'30.1	±9.6	222	±73	264	±116	239	±110

* Média (m) e desvio padrão (s): 4 repetições por tratamento, uma amostra composta por parcela, N = 12 por camada. Médias com letras diferentes em cada linha (camada) têm uma $p \leq 0,05$ de serem iguais; com letras iguais com apóstrofo (ex.: a') têm uma $p \leq 0,10$ de serem iguais e com letras iguais (ou sem letras) não diferem estatisticamente.

Quadro 6 - Micronutrientes catiões (Fe, Mn, Cu e Zn) extraíveis do solo (mg kg⁻¹)

Camada (cm)	Fe						Mn					
	T0		T1		T2		T0		T1		T2	
	m*	s*	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
00-05	308	±51	332	±99	318	±51	a1285	±331	a1065	±365	b488	±64
05-15	393	±104	291	±169	327	±100	1660	±747	1081	±336	841	±267
15-30	326	±48	322	±171	322	±126	a1860	±762	aa'891	±751	a'677	±453

Camada (cm)	Cu						Zn					
	T0		T1		T2		T0		T1		T2	
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
00-05	40.4	±4.2	48.0	±29.8	41.3	±11.6	a0.9	±0.8	b15.1	±5.8	b21.4	±7.0
05-15	22.0	±1.9	24.0	±4.4	24.3	±9.4	a0.2	±0.0	a1.9	±1.6	b3.7	±1.9
15-30	13.8	±2.5	11.8	±3.9	11.8	±5.7	0.2	±0.0	0.2	±0.0	1.0	±1.6

* Média (m) e desvio padrão (s): 4 repetições por tratamento, uma amostra composta por parcela, N = 12 por camada. Médias com letras diferentes em cada linha (camada) têm uma $p \leq 0,05$ de serem iguais; com letras iguais com apóstrofo (ex.: a') têm uma $p \leq 0,10$ de serem iguais e com letras iguais (ou sem letras) não diferem estatisticamente.

salientar a grande variabilidade de resultados em T1 e T2, tanto no caso do P₂O₅ como do K₂O, o que limita fortemente a obtenção de diferenças com significado estatístico entre tratamentos. Um ano hidrológico com uma precipitação correspondente a pouco mais de 50% do normal (IPMA, 2022) e a irregularidade do terreno (declive elevado, pedregosidade e afloramentos rochosos) podem explicar a elevada variabilidade do P₂O₅ e do K₂O em cada parcela. Embora a diferença não seja significativa,

não é fácil de explicar porque motivo o K₂O apresentou valores mais altos em T1 do que em T2. Admite-se que possa ser, também neste ano, um reflexo da maior produtividade das oliveiras observada nas parcelas T2 no ano anterior, ano da aplicação do compostado (dados não apresentados).

Nos micronutrientes (Quadro 6) apenas se registaram diferenças significativas no caso do Mn e do Zn e com tendências opostas: Mn decresceu de

T0 para T2, mas apenas T2 apresenta uma diferença significativa em relação a T0 e T1, na camada 0-5 cm; Zn aumentou significativamente em T1 e T2, nas camadas 0-5 e 5-15 cm. Tanto o Mn como o Zn parecem confirmar o comportamento verificado em ensaios anteriores (Alexandre *et al.*, 2023), embora com uma redução mais acentuada do Mn (muito alto neste solo) e um aumento mais ligeiro do Zn. Para ambas as situações pode ter contribuído a redução da solubilidade devido ao aumento do pH e a maior capacidade de complexação orgânica do tratamento T2, eventualmente potenciada pela presença do bagaço de azeitona. Em relação ao Mn é conhecido o seu papel tanto na estabilização como na desestabilização de compostos orgânicos (Li *et al.*, 2021), em que vários mecanismos, principalmente de estabilização (formação de quelatos e humificação), envolvem a remoção de Mn da solução e de formas facilmente extraíveis (ex.: troca de ligante, ponte catiónica, coprecipitação, etc.). Em relação do Zn, admite-se que seja veiculado principalmente pelo estrume de ovinos.

CONCLUSÕES

Cerca de um ano após a aplicação de composto ao solo, na faixa coincidente com a zona de projeção das copas num olival intensivo, verificaram-se os seguintes efeitos, principalmente na camada 0-5 cm: redução da MVS (aumento da porosidade); aumento do C orgânico e do N total; aumento do pH_{H_2O} e do pH_{KCl} ; redução do Mn e aumento do Zn (este até 5-15 cm). Todos estes efeitos apresentaram significado estatístico e, exceto o aumento do Zn, contribuem para melhorar a saúde do solo. No caso de aplicações sucessivas deste composto, justifica-se a monitorização do Zn.

AGRADECIMENTOS

A José Maria Falcão, José Manuel Reis e Patrick L. Donno por diversas formas de apoio e de colaboração na realização dos ensaios de campo na Herdade de Torre das Figueiras.

Trabalho do Grupo Operacional PDR2020-101-031763 “Técnicas e Tecnologia para valorização de subprodutos em olivicultura – TECOLIVE”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alexandre, C.A.; Bajouco, R.; Leal, J.D.S.; Peça, J.O. & Dias, A.B. (2023) – Effects on Soil Chemical Properties and Carbon Stock Two Years after Compost Application in a Hedgerow Olive Grove. *Agronomy*, vol. 13, n. 7, art. 1933. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071933>
- DGADR (2021) – *Sistema Nacional de Informação de Solos* (SNIS). Direção-Geral de Agricultura e Desenvolvimento Rural. [cit. 2024.04.22]. <https://snisosol.dgadr.gov.pt/>
- IPMA (2022) – *Seca Meteorológica. Ano hidrológico 2021/2022*. Divisão Clima e Alterações Climáticas, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, I.P. [cit. 2024.07.22] https://www.ipma.pt/resources.www/docs/im.publicacoes/edicoes.online/20221027/blsRGiQyTIDnVdaNCcHA/cli_20220901_20220930_sec_ex_co_pt.pdf
- IUSS Working Group WRB (2022) – *World Reference Base for Soil Resources*. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. 4th edition. International Union of Soil Sciences (IUSS), Vienna, Austria.
- Li, H.; Santos, F.; Butler, K. & Herndon, E. (2021) – A Critical Review on the Multiple Roles of Manganese in Stabilizing and Destabilizing Soil Organic Matter. *Environmental Science & Technology*, vol. 55, n. 18, p. 12136–12152. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c00299>
- R Core Team (2024) – *The R Project for Statistical Computing*. [cit. 2024.05.20]. <https://www.r-project.org/>
- Sempiterno, C.; Fernandes, R.; Peça, J.; Dias, A.; Pinheiro, A.; Saragoça, J. & Pedra, F. (2021) – Valorização agrícola de subprodutos do olival e do lagar – GO TECOLIVE. In: Ramos, A.C., Pereira, J.A. & Rodrigues, N. (Eds.) - *Livro de Resumos IX Simpósio Nacional de Olivicultura*. Associação Portuguesa de Horticultura (APH), Oeiras, Portugal, p. 153–162.
- SROA (1970) – *Carta dos Solos de Portugal (Esc. 1:50.000)*. Secretaria de Estado da Agricultura: Lisboa, Portugal, 162 p.