

A decomposição de resíduos de abate de plantações florestais, dinâmica de libertação nutrientes e fertilidade do solo

Harvest residue decomposition in forest plantations, nutrient release dynamics and soil fertility

Paula Soares & Manuel Madeira*

Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal
(*E-mail: mvmadeira@isa.ulisboa.pt)
<https://doi.org/10.19084/rca.33402>

Recebido/received: 2023.07.31
Aceite/accepted: 2023.10.16

RESUMO

Os resíduos de abate têm grande importância na fertilidade do solo, no sequestro de carbono no solo e na sustentabilidade produtiva das plantações florestais. Na região Mediterrânea (e.g. Portugal) considera-se que a carga combustível desses resíduos gera risco de incêndios, o que levou a incluir a sua gestão em instrumentos legislativos. Numa área florestal representativa, avaliou-se como a gestão desses resíduos de abate (remoção, incorporação ou manutenção na superfície do solo) afeta a remoção de nutrientes, a sua decomposição, a disponibilidade de nutrientes no solo e o crescimento das árvores. No presente estudo avalia-se como a taxa de decomposição, a libertação de nutrientes e o crescimento das árvores, são afetados pela incorporação dos resíduos *versus* manutenção na superfície do solo. No estudo utilizou-se a técnica dos “litterbags” para simular a decomposição da folhagem (folhas e cascas), de raminhos e de ramos. Concluiu-se que os resíduos de abate contêm elevada quantidade de nutrientes e de carbono e que, a curto prazo, aqueles incorporados no solo decompõem-se mais rapidamente e libertam quantidades mais elevadas de Ca, Mg e K – melhoram a fertilidade do solo -, têm reduzido efeito na libertação de N e P, e não afetam significativamente o crescimento das árvores.

Palavras-chave: *Eucalyptus*, taxa de decomposição, Regossolos, azoto, fósforo.

ABSTRACT

Harvest residues are of great importance to sustain soil fertility, enhance organic carbon sequestration, and assure productive sustainability of forest plantations. In the Mediterranean region (e.g., Portugal), harvest residues are considered a potential risk of forest fires, and legislation take into account their management in order to minimize load fuel risk. In this context, in a representative forest area of Portugal, we evaluated how harvest residue management options (removal, incorporation into the soil or maintenance on the soil surface) affect the removal of nutrients, their decomposition, soil nutrient availability, and tree growth. Specifically, in the present study, we assess how decomposition rate, nutrient release dynamics and, obviously, tree growth, is influenced by the harvest residue incorporation into the soil as compared to their maintenance on the soil surface. The litterbag technique was used to simulate for two years the decomposition of foliage (leaves plus bark), twigs and branches. Current study revealed that forest harvest residues contain large amounts of nutrients and organic carbon and that, at short-term, incorporated residues into the soil decomposed faster and released higher amounts of Ca, Mg and K – improve soil fertility -, but had negligible effect on nitrogen and phosphorous, and no significant effect on tree growth.

Keywords: *Eucalyptus*, decomposition rate, Regosols, nitrogen, phosphorous.

INTRODUÇÃO

As camadas orgânicas e os resíduos de abate das plantações florestais são um importante reservatório de carbono e de nutrientes (Mayer *et al.*, 2020). Além disso, esses resíduos asseguram a proteção do solo contra os riscos de erosão (Fernández *et al.*, 2004), atenuam as amplitudes térmicas e de humidade na superfície do solo (Andrade *et al.*, 2010), melhoram a taxa de infiltração de água (Quintela *et al.*, 2022) e constituem uma fonte energética e de nutrientes para os microrganismos e fauna do solo (Gonçalves *et al.*, 2022). A sua gestão constitui um fator decisivo para assegurar a fertilidade do solo e a sustentabilidade produtiva das plantações florestais (Madeira, 2015).

Nas regiões mediterrâneas, como o caso de Portugal, as camadas orgânicas e a acumulação dos resíduos de abate são vistas como um fator de risco de incêndio, devido à acumulação de carga combustível (Petriccione *et al.*, 2006). Aliás, em Portugal, legislou-se no sentido de, após o abate de plantações florestais, obrigar a remover os resíduos de abate e, em última análise, o seu destocamento e a sua incorporação no solo (Decreto-Lei n.º 82/2021, Art. 44). Naturalmente, a remoção dos resíduos de abate, dada a quantidade de carbono orgânico e de nutrientes que contém pode pôr em causa a sustentabilidade das plantações florestais (Jones *et al.*, 1999).

Neste contexto, foi desenvolvido um estudo com o intuito de avaliar o efeito da remoção dos resíduos de abate (e das camadas orgânicas) e a sua incorporação no solo no desenvolvimento das camadas orgânicas, na acumulação de nutrientes no solo e no crescimento das árvores. Considerou-se, como hipótese, que (i) a remoção dos resíduos de abate (e camadas orgânicas) conduz, por um lado, à redução da acumulação de camadas orgânicas e, por outro lado, à redução do crescimento das árvores e da fertilidade do solo; que (ii) a incorporação desses resíduos no solo determinará diferente dinâmica de carbono e de libertação de nutrientes, favorecendo o crescimento das árvores e a fertilidade do solo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo decorreu na Quinta do Furadouro (Óbidos), após o corte de um povoamento de *Eucalyptus*

globulus em primeira rotação, com dezasseis anos (39°20'54,27"-39°21'02,88" N; 9°14'13,84"-9°13'57,80" W; 64-98 m a.s.l.). Segundo a classificação de Köppen, o clima da área é do tipo Csb (Mediterrânico de verão fresco), sendo a precipitação média anual cerca de 600 mm e a temperatura média anual de 15,2 °C. A área de estudo apresenta relevo ondulado suave (declives entre 4 a 8%) e encontra-se sobre formações do Jurássico superior, localmente constituídas por "unidades de grés superiores com vegetais e dinossáurios" (Zbyszewski & Almeida, 1960). Os solos correspondem maioritariamente a *Eutric Cambisols (Loamic, Ochric)* (IUSS Working Group WRB, 2015).

Sistema experimental

O sistema experimental, instalado poucos meses após o abate de uma plantação de *Eucalyptus globulus* no final da 1ª rotação, incluiu os seguintes tratamentos: remoção (R), incorporação no solo (I) – com uma grade, acoplada a um trator de rastros, até cerca de 20 cm de profundidade - e manutenção na superfície do solo (S) das camadas orgânicas e dos sobrantes de abate da plantação anterior (Magalhães, 2000). Os tratamentos foram instalados em parcelas com 30 mx30 m, e repetidos cinco vezes, em outros tantos blocos. Nos tratamentos I e S, considerou-se a decomposição da mistura folhas/casca, dos raminhos ($d < 5$ mm) e dos ramos ($d < 10$ mm), durante dois anos, por intermédio da técnica das saquetas ("litterbags"), incubando-se seis saquetas de cada componente dos resíduos de abate em cada parcela de cada um tratamento. A taxa de decomposição foi estimada pelo modelo exponencial de Olsen.

Amostragens e determinações

A massa das camadas orgânicas e a quantidade de resíduos de abate foram avaliadas antes da instalação dos tratamentos. A massa das camadas orgânicas foi avaliada 50, 66, 86, 112 e 124 meses após a instalação dos tratamentos, usando a metodologia do quadrado (0,5x0,5 m) e foram colhidas quinze amostras por cada tratamento. O solo foi amostrado, por sondagem, às profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm (cinco amostras por parcela), 10 anos após a plantação. O crescimento das árvores foi avaliado

através da medição do diâmetro a 1,30 m de altura do solo e da altura total, respetivamente com uma suta, com precisão ao mm, e com um hipsómetro, com precisão ao dm.

Metodologia laboratorial

As amostras das camadas orgânicas e dos resíduos de abate foram secas em estufa, a 85°C durante 48 horas. Os resíduos de abate foram separados por componentes (ramos, raminhos, folhas, cascas). As saquetas de decomposição dos resíduos de abate foram secas na estufa a 35°C, durante dois dias, em seguida foram abertas e os materiais de cada uma foram postos a secar a 85°C durante 48 horas, após o que se determinou o respetivo peso seco.

Os materiais orgânicos secos foram preparados para análise. O teor de cinza foi determinado por combustão a 450° durante seis horas, o teor de N foi obtido pelo método de Kjeldahl (Bremner, 1979). Os elementos minerais foram obtidos após digestão de cinza com uma mistura de ácido nítrico a 65% e ácido perclórico a 60%, sendo o resíduo solubilizado com ácido clorídrico 3 M. Os teores do Ca, Mg e K foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EAA) e os de P por colorimetria (Murphy & Riley, 1962). As determinações referentes ao solo efetuaram-se no material crivado (2 mm); o carbono orgânico foi determinado por combustão; o Ca²⁺ e Mg²⁺ de troca foram extraídos pelo acetato de amónio 1M (ajustado a pH 7) e determinados por EAA; o P e K extraíveis foram obtidos pelo método de Egnér-Rihem e determinados por colorimetria e EAA, respetivamente.

Para inferir se as diferenças entre os valores médios dos tratamentos eram significativas, e após análise da normalidade dos dados e da variância entre tratamentos, optou-se por efetuar o teste de Tukey, considerando-se como significativo o nível correspondente a 95% de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A quantidade de resíduos de abate antes da instalação do sistema experimental atingia 38,8 t ha⁻¹, sendo os ramos a componente largamente maioritária (Quadro 1). A massa das camadas orgânicas

atingia 26,6 t ha⁻¹. A quantidade de N, Ca e Mg acumulada nas camadas orgânicas era maior do que nos resíduos de abate, acontecendo o contrário com o K. É evidente que a remoção da totalidade desses resíduos acarreta uma perda acentuada de Ca e de N. As folhas eram um importante reservatório de nutrientes, principalmente N, Ca e Mg. A quantidade de N nas folhas (100 kg ha⁻¹) foi superior ao somatório das quantidades do mesmo nutriente alocado nas outras componentes (45 kg ha⁻¹). Os ramos apresentavam quantidades elevadas de K (31 kg ha⁻¹) e P (6,1 kg ha⁻¹).

Quadro 1 - Massa de resíduos de abate (e respetivas componentes) e das camadas orgânicas e quantidade de nutrientes acumulados, antes da instalação do sistema experimental; os valores são a média± desvio padrão

Resíduos orgânicos	Massa t ha ⁻¹	kg ha ⁻¹				
		N	P	Ca	Mg	K
Resíduos de abate	38,84	145	14,2	321	32	68
Folhas	8,18±3,03	100	5,6	136	15	22
Cascas	2,58±1,41	8	0,6	29	3	3
Raminhos	3,65±0,94	11	1,3	55	3	6
Ramos	23,38±10,21	21	6,1	93	10	31
Frutos*	1,10±0,88	5	0,6	8	1	6
Camadas orgânicas	26,6±8,0	218	13	515	49	32

* Esta não foi considerada na decomposição, dada a sua exiguidade

A decomposição das componentes dos resíduos de abate foi bastante diferenciada ao longo do período de estudo (Quadro 2). Em geral, as folhas e cascas decompueram-se muito mais rapidamente do que os raminhos e os ramos, sendo a taxa de decomposição da ordem da observada noutro estudo para folhas de eucalipto (Ribeiro *et al.*, 2002). A decomposição de qualquer das componentes dos resíduos de abate foi muito mais acentuada quando os mesmos foram incorporados no solo, sendo a diferença de peso remanescente maior no caso dos ramos (40,9% e 86,6% para os tratamentos I e S, respetivamente), ao fim de 780 dias de decomposição. A diferença na perda de peso, em função da posição dos resíduos no solo, está de acordo com os resultados obtidos noutros estudos de decomposição de resíduos orgânicos (Azevedo, 2000; Raimundo *et al.*, 2008). Idêntico padrão foi observado para os valores das taxas de decomposição,

Quadro 2 - Peso remanescente e taxa anual de decomposição dos resíduos de abate após 300 e 780 dias de decomposição. Letras diferentes para cada resíduo e data indicam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre tratamentos pelo teste de Tukey. Os valores são a média \pm desvio padrão

Tratamentos	Folhas/Cascas		Raminhos		Ramos	
	300 dias	780 dias	300 dias	780 dias	300 dias	780 dias
Peso remanescente (%)						
Incorporação	41,5 \pm 6,5b	20,3 \pm 8,7b	77,9 \pm 9,9a	42,6 \pm 7,2b	89,1 \pm 2,4a	40,9 \pm 12,1b
Superfície	69,4 \pm 1,8a	43,9 \pm 6,7a	87,2 \pm 2,7a	66,8 \pm 5,4a	99,9 \pm 2,8a	86,6 \pm 8,6a
Taxa anual de decomposição						
Incorporação	1,05 \pm 0,18a	0,73 \pm 0,26a	0,32 \pm 0,13a	0,46 \pm 0,15a	0,14 \pm 0,03a	0,49 \pm 0,20a
Superfície	0,44 \pm 0,04b	0,39 \pm 0,04b	0,16 \pm 0,03b	0,20 \pm 0,03b	0,02 \pm 0,02b	0,08 \pm 0,05b

significativamente mais elevados para os resíduos incorporados no solo, independentemente da componente considerada. O efeito da incorporação dos resíduos na taxa anual de decomposição foi mais evidente nos ramos, quando comparada com a das restantes componentes, e no final dos 780 dias.

A dinâmica de libertação dos diferentes nutrientes variou com a natureza dos resíduos de abate e com a posição dos mesmos durante a decomposição, consoante a gestão dos resíduos (Quadro 3). Após 780 dias de decomposição, a proporção remanescente quer de N quer de P nas folhas/cascas dos resíduos incorporados no solo foi muito menor (respetivamente, 28,8 e 24,5%) do que a observada para os resíduos colocados na sua superfície (respetivamente, 67,7 e 54,4%). Padrão semelhante foi observado para as componentes lenhosas (ramos e raminhos).

A incorporação dos resíduos no solo conduziu, genericamente, à libertação de maior quantidade de nutrientes para o solo. O Ca e o N foram os nutrientes libertados em maior quantidade nas cascas/folhas (respetivamente, 77 e 135 kg ha⁻¹).

A libertação do K dominou na componente ramos, embora não tenha sido observada influência do modo de gestão dos resíduos.

A evolução da massa das camadas orgânicas nos diferentes tratamentos após replantação está apresentada na Figura 1. A quantidade de matéria orgânica acumulada sobre a superfície do solo, 50 meses após a replantação, era bastante menor nos tratamentos R e I (respetivamente, 5,4 e 6,2 t ha⁻¹) do que no tratamento S (11,5 t ha⁻¹), em que todos os resíduos da plantação anterior foram mantidos na superfície do solo. Porém, a diferença entre tratamentos foi-se esbatendo ao longo do tempo, contrariando a hipótese formulada. Na verdade, após 124 meses, o efeito dos tratamentos na quantidade de matéria orgânica acumulada na superfície do solo não era significativamente diferente, com o maior valor no tratamento S (17 t ha⁻¹) e o menor no I (12,6 t ha⁻¹), seguindo padrão observado por Madeira *et al.* (2012) para o efeito das operações culturais na fase inicial da plantação. Em suma, a remoção ou incorporação dos resíduos não conduziu a diferente quantidade de camadas orgânicas na plantação seguinte.

Quadro 3 - Proporção remanescente de nutrientes (%) e quantidade libertada (+) ou imobilizada (-) (kg ha⁻¹) nos resíduos de abate, após 780 dias de decomposição. I – resíduos incorporados no solo; S – resíduos na superfície do solo

Nutr.	Folhas/Cascas		Raminhos		Ramos		Folhas/Cascas		Raminhos		Ramos	
	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S
(%)												
N	28,8	67,7	104,8	149,1	170,8	181,9	+77	+31	-1	-5	-15	-17
P	24,5	54,4	56,6	91,2	37,5	57,8	+5	+3	+1	0	+4	+3
Ca	18,2	64,5	86,3	129,3	170,4	102,3	+135	+53	+7	-16	-65	-2
Mg	41,2	47,7	69,0	78,8	86,3	65,0	+10	+10	+1	+1	+1	+3
K	32,9	33,3	27,1	37,1	19,9	26,7	+17	+17	+5	+4	+25	+22

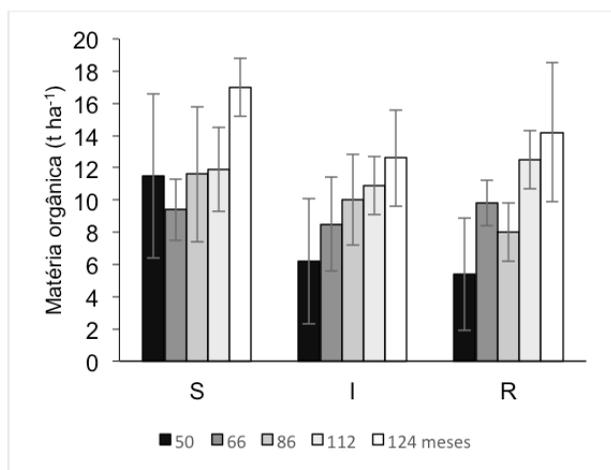


Figura 1 - Evolução da quantidade matéria orgânica nas camadas orgânicas (50, 66, 86, 112 e 124 meses) nos diferentes tratamentos (S – resíduos na superfície do solo; I – resíduos incorporados no solo; R - resíduos removidos) na área de replantação; apresentaram-se os valores média± desvio padrão.

O crescimento das árvores ao longo do período de estudo, ao contrário da hipótese formulada, não se diferenciou com as modalidades de gestão dos resíduos de abate (Figura 2). Com efeito, não foram observadas diferenças significativas para o diâmetro médio e a altura média aos 10 anos de idade, para os diferentes tratamentos. Aliás, este resultado está em conformidade com a similitude da acumulação de camadas orgânicas nos diferentes tratamentos.

A concentração de carbono orgânico nas camadas de 0-10 e 10-20 cm do solo não foi significativamente diferente entre os diferentes tratamentos na área de replantação (Quadro 4). Ao invés da hipótese inicialmente formulada, a remoção dos resíduos de abate não provocou a curto prazo diferenças significativas no respeitante à concentração de Ca^{2+} e Mg^{2+} de troca, bem como da concentração de P e K extraíveis. Igualmente, a incorporação dos

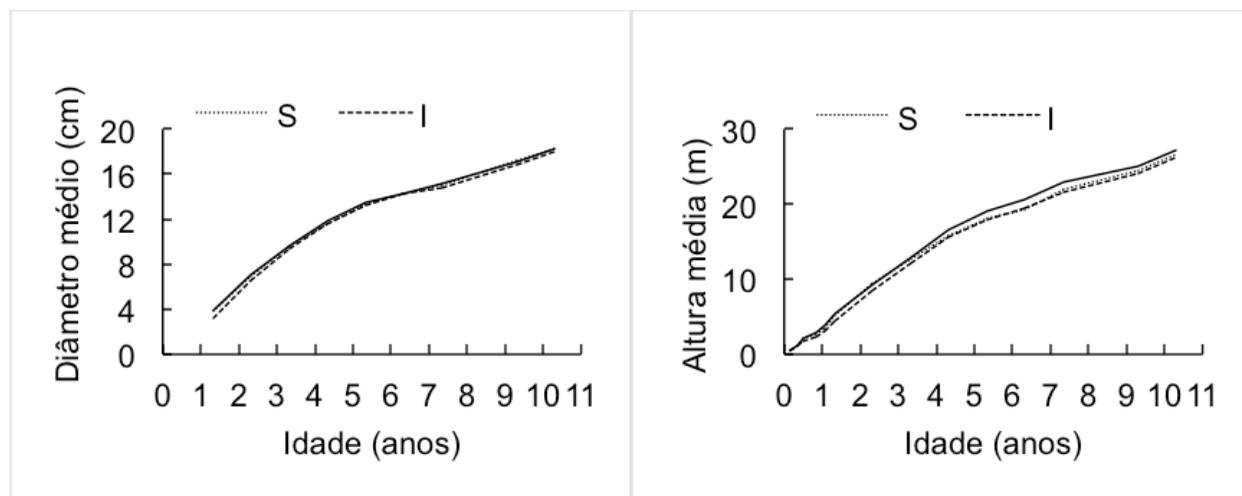


Figura 2 - Crescimento das árvores em diâmetro e altura para os diferentes tratamentos na área de replantação. S – resíduos na superfície do solo; I – Resíduos incorporados no solo.

Quadro 4 - Concentração de carbono orgânico (Corg), Ca^{2+} e Mg^{2+} de troca e P (Pext) e K (Kext) extraíveis nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm do solo, nos diferentes tratamentos na área de replantação, aos 124 meses; os valores são a média± desvio padrão. S – resíduos na superfície do solo; I – Resíduos incorporados no solo; R – remoção de resíduos

Prof. (cm)	Tratamentos	Corg g kg ⁻¹	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Pext	Kext
			cmolc kg ⁻¹			
				mg kg ⁻¹		
0-10	S	9,06±2,91	0,90±0,52	0,49±0,29	5,4±1,5	53±17
	I	11,19±3,43	1,53±1,08	0,73±0,51	5,8±3,2	62±20
	R	12,67±5,03	1,37±1,35	0,59±0,44	4,2±2,0	81±27
10-20	S	5,27±1,12	0,36±0,24	0,33±0,27	7,5±4,0	42±12
	I	5,04±1,19	0,76±0,64	0,61±0,58	7,6±4,8	48±17
	R	7,68±1,89	0,89±0,73	0,47±0,44	7,6±3,9	61±21

resíduos no solo também não influenciou significativamente esses parâmetros. Sinaliza-se que os resultados referentes ao tratamento R devem ser considerados estritamente no contexto de um período de 10 anos, pois a sucessiva remoção de resíduos poderá ter efeitos negativos na disponibilidade de alguns nutrientes no solo.

CONCLUSÕES

A incorporação de resíduos de abate no solo implica uma maior rapidez da sua decomposição - muito mais elevada para as folhas e cascas do que para os raminhos e ramos - e mais rápida liberação de alguns dos nutrientes, nomeadamente no caso da mistura folhagem/cascas. Os resultados também

sugerem que a remoção dos resíduos de abate em plantações florestais não se traduz necessariamente na redução do crescimento e da produtividade e, por isso, na redução da acumulação de resíduos orgânicos (e de carbono orgânico) na superfície do solo ao longo da rotação seguinte. Porém, os resultados referentes à remoção dos resíduos de abate têm de ser encarados com extrema precaução devido à grande variabilidade de solos em que as plantações prosperam. Assim, a incorporação dos resíduos deverá ser a opção preferida nos instrumentos legislativos, dado ser aplicável à generalidade dos sítios florestais: garante, por um lado, a rápida redução da carga combustível dos resíduos de abate e, por outro, assegura a manutenção da fertilidade do solo.

REFEFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, J.A.V.; Abreu, F.M.G. & Madeira, M. (2010) - Influence of litter layer removal on the soil thermal regime of a pine forest in a Mediterranean climate. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 34, n. 5, p. 1481-1490. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500001>
- Azevedo, A.P. (2000) - *Estudo da dinâmica do azoto e do carbono em plantações florestais intensivas*. Tese de Doutoramento. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa. 296 p.
- Bremner, J.M. (1979) - Inorganic forms of nitrogen. In: *Methods of soil analysis*. Part 2. Chemical and Microbial Properties. C.A. Black Ed. Monograp. nº9.
- Fernández, C.; Veja, J.A.; Gras, J.M.; Fonturbel, T.; Cuiñas P.; Dambrine, E. & Alonso, M. (2004) - Soil erosion after *Eucalyptus globulus* clearcutting: differences between logging slash disposal treatments. *Forest Ecology and Management*, vol. 195, n. 1-2, p. 85-95. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.02.052>
- Gonçalves, C.; Rico, N.; Valente, C.; Manta, A.C.; Marques, C. & Sousa, J.P. (2022) - As plantações de eucalipto são uma ameaça à conservação da biodiversidade em Portugal? In: *As plantações de eucalipto e os recursos naturais em Portugal: avanços recentes e desafios*. 2ª ed. Silva Lusitana, Cadernos Técnicos, INIAV.
- IUSS Working Group WRB (2015) - *World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Jones, H.; Madeira, M.; Herraез, L.; Dighton, J.; Fabião, A.; González-Rio, F.; Fernandez, M.; Gomez, C.; Tomé, M.; Feith, H.; Magalhães, M.C. & Howsona, G. (1999) - The effect of organic-matter management on the productivity of *Eucalyptus globulus* stands in Spain and Portugal: tree growth and harvest residue decomposition in relation to site and treatment. *Forest Ecology and Management*, vol. 122, n. 1-2, p. 73-86. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00033-X](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00033-X)
- Madeira, M. (2015) - Trinta anos de estudo sobre a qualidade do solo de sistemas florestais em condições mediterrâneas. Tendências e futuro. *Spanish Journal of Soil Science*, vol. 5, n. 2, p. 98-110. <https://doi.org/10.3232/SJSS.2015.V5.N2.01>
- Madeira, M.; Fabião, A. & Carneiro, M. (2012) - Do harrowing and fertilization at middle rotation improve tree growth and site quality in *Eucalyptus globulus* Labill. plantations in Mediterranean conditions? *European Journal of Forest Research*, vol. 131, n. 3, p. 583-596. <https://doi.org/10.1007/s10342-011-0533-1>
- Magalhães, M.C. (2000) - *Efeitos de técnicas de preparação solo e gestão dos resíduos orgânicos em características físico-químicas do solo de plantações florestais*. Tese de Doutoramento. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa. 285 p.
- Mayer, M.; Prescott, C.E.; Abakerd, W.E.A.; Augusto, L.; Cecillon, L.; Ferreira, G.W.D.; James, J.; Jandl, R.; Katzensteiner, K.; Laclau, J.P.; Laganier, J.; Nouvellon, Y.; Pare, D.; Stanturf, J.A.; Vanguelova, E.I. & Vesterdal, L. (2020) - Tamm review: influence of forest management activities on soil organic carbon stocks: a knowledge synthesis. *Forest Ecology and Management*, vol. 466, art. 118127. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118127>
- Murphy, J. & Riley, J.P. (1962) - A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, vol. 27, p. 31-36. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)
- Petriccione, M.; Moro, C. & Rutigliano, F.A. (2006) - Preliminary studies on litter flammability in Mediterranean region. *Forest Ecology and Management*, vol. 234, p. S128. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.08.169>
- Quintela, A.; Fabres, S.; Marques, C.; Rico, N.; Carvalho, J.L.; Keizer, J. & David, T.S. (2022) - As plantações de eucalipto e a utilização dos recursos hídricos - desafios em hidrologia florestal. In: *As plantações de eucalipto e os recursos naturais em Portugal: avanços recentes e desafios*. 2ª ed. Silva Lusitana, Cadernos Técnicos, INIAV.
- Raimundo, F.; Martins, A. & Madeira, M. (2008) - Decomposition and nutrient dynamics of chestnut litterfall under different soil management systems in Northern Portugal. *Annals of Forest Science*, vol. 65, n. 4, art. 408. <https://doi.org/10.1051/forest:2008021>
- Ribeiro, C.; Madeira, M. & Araújo, M.C. (2002) - Decomposition and nutrient release from leaf litter of *Eucalyptus globulus* grown under different water and nutrient regimes. *Forest Ecology and Management*, vol. 171, n. 1-2, p. 31-41. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00459-0](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00459-0)
- Zbyszewski, G. & Almeida, F. (1960) - *Carta Geológica de Portugal (1:50000)*. *Notícia Explicativa da Folha 26D (Caldas da Rainha)*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.