

# Efeito da aplicação ao solo de água-ruça, bagaço de azeitona e um composto sobre os teores de azoto total e mineral e de carbono orgânico

## Effects of soil application of olive mill waste water, solid olive mill waste and a compost on total and mineral nitrogen and on organic carbon

C.M. Sempiterno<sup>1</sup> & R.M. Fernandes

---

### RESUMO

A aplicação ao solo, dos resíduos dos lagares de azeite, em bruto ou após um processo de compostagem, poderá assegurar um destino final para estes resíduos e ao mesmo tempo permitir a valorização agrícola de alguns dos seus componentes.

Neste estudo, avaliaram-se os efeitos da aplicação ao solo de uma água-ruça (AR) e de um bagaço (B) provenientes de um lagar com sistema de extração de três fases, bem como de um composto (C) sobre os teores de azoto total e mineral, de carbono orgânico e sobre a relação C/N no solo. Estabeleceram-se dois ensaios em vasos utilizando *Hordeum vulgare* var. Sereia como cultura teste e dois solos distintos: um Cambissolo calcárico - CMca e um Cambissolo distrício - CMdy. Os ensaios foram delineados em blocos completos casualizados com três repetições, considerando dez tratamentos experimentais: uma testemunha e três níveis de aplicação de cada um dos três produtos mencionados, equivalentes a 80, 160 e 240 m<sup>3</sup>/ha.

Os resultados obtidos revelaram que a aplicação de B e de C ao solo provocou um aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) nos teores de carbono orgânico, de azoto total e também na razão C/N de ambos os solos. A aplicação de AR e de B provocou um decréscimo significativo ( $p \leq 0,05$ ) inicial, nos teores de azoto nítrico, no CMca. Tal efeito não se verificou com a aplicação do composto, o que sugere que, a técnica da compostagem poderá ser benéfica relativamente àqueles subprodutos.

**Palavras chave:** água-ruça; azoto, bagaço de azeitona; carbono, composto

### ABSTRACT

Olive mill wastes application to agricultural soils, directly or after composting, could represent a valuable option for their disposal and a good strategy for their valorization.

The aim of the experiment was to evaluate the effects of soil application of olive mill wastewater (OMW) and solid olive mill

---

<sup>1</sup> INRB – ex- Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, Tapada da Ajuda, Apartado 3228, 1301-903 Lisboa, e-mail: cristina.sempiterno@inrb.pt

waste (SOMW) from a three phases olive mill, as well of a compost (C) obtained from a mixture of these byproducts with organic matter residues from gardens and croplands, on soil total and mineral nitrogen, on organic carbon and on carbon/nitrogen ratio.

Two factorial pot experiments were established using *Hordeum vulgare* var. Sereia as test crop and two soils – a Calcaric cambisol (CMca) and a Dystric cambisol (CMdy). The experiment was arranged into completely randomized blocks, with three replications, performing ten treatments. Four levels – 0, 80, 160 and 240 m<sup>3</sup>/ha – of each product were applied.

The obtained results showed a significant increase ( $p \leq 0,05$ ) on organic carbon, total nitrogen and C/N ratio, in both soils by SOMW and C application. An initial significant decrease ( $p \leq 0,05$ ) on NO<sub>3</sub>-N was verified with the application of OMW and SOMW on the CMca soil. Results showed that composting avoid initial nitrogen immobilization can be a better alternative to those by-products.

**Key-words:** carbon, compost, nitrogen, olive mill waste water, solid olive mill waste

## INTRODUÇÃO

O destino a dar aos subprodutos dos lagares de azeite tem sido uma preocupação para os países da orla mediterrânea, principais produtores de azeite, dado o potencial impacto poluente que estes podem ter no meio ambiente. A sua elevada acidez e salinidade e o facto de entrarem na sua composição ácidos, gorduras e polifenóis tornam-nos produtos potencialmente contaminantes (Roig *et al.*, 2006). Várias hipóteses de resolução do problema têm sido testadas, sendo a aplicação directa ao solo a mais económi-

ca e sustentável mas sempre executada com reservas quanto aos seus efeitos.

A presença de quantidades relativamente elevadas de matéria orgânica e de elementos minerais com propriedades fertilizantes leva a que, do ponto de vista agronómico, seja considerada benéfica a aplicação controlada destes produtos ao solo. Evitam-se assim tratamentos dispendiosos, frequentemente pouco eficazes e geralmente com consumos inaceitáveis de energia térmica e eléctrica (Di Giovacchino, 2005). A aplicação ao solo, tem por base a elevada capacidade de biodegradação nos solos que, assim, são aproveitados como um sistema eficaz de depuração relativamente aos resíduos vegetais, baseando-se na interacção física, química e microbiológica entre os componentes do resíduo e do solo. Esta prática assegura um destino final para os resíduos e contribui para a valorização agrícola de componentes desses produtos (Cabrera *et al.*, 1996).

Relativamente à matéria orgânica, a aplicação destes subprodutos ao solo vai de encontro ao estabelecido no Acordo de Quioto (art. 3.4), que indica a necessidade de sequestrar o carbono orgânico no solo agrícola, contribuindo para diminuir a emissão de CO<sub>2</sub> para a atmosfera que, como se sabe, é um dos gases responsáveis pelo aquecimento global terrestre. Além disso é sempre desejável que se apliquem produtos que funcionem como correctivos orgânicos aos solos, com realce para a maioria dos solos mediterrânicos, muito pobres em carbono orgânico, conseguindo-se desse modo uma melhor estrutura física, uma maior fertilidade e uma maior resistência à erosão (Stevenson, 1994).

Por outro lado, a presença de compostos fenólicos e o teor de azoto relativamente baixo, destes materiais, provocam uma imobilização do azoto, que deste modo poderá ficar temporariamente indisponível

para as plantas (Sánchez-Monedero *et al.*, 2008).

A compostagem visa a eliminação dos polifenóis, criando-se melhores condições para um aumento da taxa de mineralização da matéria orgânica aplicada, assim como a diminuição da acidez original dos subprodutos, de modo a obter-se uma reacção próxima da neutralidade. Associado à matéria orgânica está o azoto que desta forma passa a estar em maior quantidade na forma iónica, principalmente como  $\text{NO}_3^-$  ou como  $\text{NH}_4^+$ . O produto resultante da compostagem apresenta-se sem elementos fitotóxicos, com um nível elevado de humificação e com um maior teor em nutrientes (Albuquerque *et al.*, 2006).

Vários autores (Balis *et al.*, 2001; Baeta *et al.*, 2002; Cegarra *et al.*, 2004; Roig *et al.*, 2006) têm estudado a técnica de compostagem dos subprodutos dos lagares de azeite, tendo concluído que esta é uma técnica viável, de baixo custo e que respeita o ambiente, produzindo correctivos orgânicos isentos de fitotoxicidade, ricos em matéria orgânica bem humificada e com um considerável teor em potássio e azoto que podem assim ser utilizados, sem risco ambiental, para melhorar a fertilidade dos solos.

Com este trabalho pretende-se avaliar os efeitos da aplicação aos solos agrícolas de águas-ruças (AR), bagaços de azeite (B) e produtos resultantes da sua compostagem (C), tendo-se avaliado as alterações que decorreram sobre os teores de azoto total e mineral, de carbono orgânico e da razão C/N no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Tendo em vista os objectivos do estudo, estabeleceram-se 2 ensaios em vasos, utilizando cevada (*Hordeum vulgare* var. Sereia) como cultura teste (Sempiterno &

Fernandes, 2006) e, dois solos de características físico-químicas distintas, delineados em blocos completos casualizados com três repetições. Foram considerados dez tratamentos experimentais, uma testemunha (sem adição de qualquer produto) e três níveis de aplicação dos três produtos mencionados, equivalentes à aplicação de 80, 160 e 240  $\text{m}^3/\text{ha}$ .

Os tratamentos experimentais considerados para cada ensaio (tipo de solo) foram os seguintes: T1 – Testemunha; T2 – 80  $\text{m}^3/\text{ha}$  AR; T3 – 160  $\text{m}^3/\text{ha}$  AR; T4 – 240  $\text{m}^3/\text{ha}$  AR; T5 – 80  $\text{m}^3/\text{ha}$  B; T6 – 160  $\text{m}^3/\text{ha}$  B; T7 – 240  $\text{m}^3/\text{ha}$  B; T8 – 80  $\text{m}^3/\text{ha}$  C; T9 – 160  $\text{m}^3/\text{ha}$  C; T10 – 240  $\text{m}^3/\text{ha}$  C.

Utilizou-se uma água-ruça e um bagaço de azeitona provenientes de um lagar com sistema contínuo de três fases e um composto resultante da compostagem daqueles dois subprodutos com outros resíduos (bagaço de uva, de figo e de alfarroba, restos de poda, aparas de relva e serradura). As características analíticas destes produtos apresentam-se no Quadro 1.

Utilizaram-se dois solos distintos, um derivado de granitos, proveniente da zona de Viseu (Cambissolo districo - CMdy) e outro derivado de rocha calcária, da região de Santarém (Cambissolo calcárico - CMca), cujas características físico-químicas se apresentam no Quadro 2. As análises foram efectuadas segundo os métodos em uso no LQARS (LQARS, 1988).

Entre as características que distinguem os dois solos, salienta-se a capacidade de troca catiónica (CTC), com o valor 13,62  $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$  para o solo CMca e 8,37  $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$  para o solo CMdy. Do mesmo modo serve de distinção a caracterização granulométrica, o solo CMca apresenta 9,1 % de areia grossa, 14,9 % de areia fina, 56,4 % de limo e 19,6 % de argila, classificando-se como um solo de textura

**Quadro 1** – Características analíticas da água-ruça (AR) do bagaço (B) e do composto (C)

Parâmetros		AR*	B	C	Métodos analíticos
Humidade	%	96,2	60,2	72,3	EN 12880
pH (H <sub>2</sub> O)		4,6	4,3	7,4	NP EN 12176
Condutividade Eléctrica	mS cm <sup>-1</sup>	6,2	1,7	0,3	Mét. Interno-condutivímetro
Matéria orgânica	%	1,2	98,0	96,1	EN 12879
Azoto total, expresso em N	%	0,02	1,2	2,0	EN 13342
Fósforo total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,03	0,1	0,1	EN 13346
Potássio total (K <sub>2</sub> O)	%	0,04	0,9	0,7	Dig. HCl, Dos. fotom.chama
Cálcio total (CaO)	%	0,01	0,3	0,6	Dig. HCl, Dos. EAA
Magnésio total (MgO)	%	0,01	0,1	0,1	Dig. HCl, Dos. EAA
C/N		35	47	28	

\*Resultados da água-ruça referem-se à matéria original enquanto que do bagaço e composto são reportados à matéria seca; Dig. – digestão; Dos. – doseamento; EAA- espectrofotometria absorção atómica

Franco-limosa e o solo CMdy apresenta 43,4 % de areia grossa 33,4 % de areia fina, 15,5 % de limo e 7,7 % de argila, classificando-se como um solo de textura Franco-arenosa. Estes dois solos apresentam também reacções distintas, que se manifestam pelos seus valores de pH, sendo o CMdy considerado um solo *ácido* (pH entre 4,6 e 5,5), e o solo CMca considerado um solo *pouco alcalino* (pH entre 7,6 e 8,5) (LQARS, 2006).

O ensaio foi instalado em vasos de polietileno com capacidade para 1,5 litros. Na data de aplicação da água-ruça, do bagaço e do composto, forneceu-se também água

desionizada a todos os vasos, de modo a obter-se um teor de humidade correspondente a 70 % da capacidade de campo, que se procurou manter ao longo de todo o período experimental.

Determinaram-se os parâmetros - carbono orgânico (C<sub>org</sub>), azoto total (N<sub>tot</sub>), azoto nítrico (N<sub>NO3</sub>) e razão carbono/azoto (C/N) -, após um breve período de incubação de três dias (antes da sementeira) – *período I*, e após um período de 170 dias (após a colheita da cultura) – *período II*.

Os métodos analíticos utilizados na análise do N e do C no solo foram: N total – Norma ISO 13878, determinação após

**Quadro 2** – Características físico-químicas dos solos CMca e CMdy utilizados no ensaio (0-20 cm)

Parâmetros	Solos		Parâmetros	Solos				
	CMca	CMdy		CMca	CMdy			
textura	Franco-limosa	Franco-arenosa	Ferro (Fe)	(mg kg <sup>-1</sup> )	36	75		
pH (H <sub>2</sub> O)	8,5	5,4	Manganês (Mn)	(mg kg <sup>-1</sup> )	8	8		
Cond. eléct.	(mS cm <sup>-1</sup> )	0,19	0,08	Zinco (Zn)	(mg kg <sup>-1</sup> )	1,9	2,4	
M.O.	(%)	1,65	2,05	Cobre Cu)	(mg kg <sup>-1</sup> )	3,5	8,4	
N total	(%)	0,112	0,123	Boro (B)	(mg kg <sup>-1</sup> )	1,02	0,75	
N nítrico	(mg kg <sup>-1</sup> )	107	66	Sódio (Na)	(mg kg <sup>-1</sup> )	6	1	
N amoniacal	(mg kg <sup>-1</sup> )	2,4	1,0	Bases de troca	Ca	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	12,90	2,52
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	41	>200		Mg	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,32	0,28
Potássio (K <sub>2</sub> O)	(mg kg <sup>-1</sup> )	121	>200		K	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,36	0,66
Cálcio (Ca)	(mg kg <sup>-1</sup> )	4128	1148	Na	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,04	0,01	
Magnésio (Mg)	(mg kg <sup>-1</sup> )	43	48	Ac. troca	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0,00	4,90	
Carbonatos	(%)	80,54	0	SBT	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	13,62	3,47	
Calcário activo	(%)	9,37	0	CTC	(cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	13,62	8,37	
				GSB	(%)	100,0	41,5	

combustão seca, num analisador elementar de CNS (Leco 2000); N nítrico – Extração com uma solução de sulfato de cobre 0,01 M e doseamento por eléctrodo selectivo não nitrato; C orgânico – Oxidação por via húmida com dicromato de sódio 0,5 M e doseamento por espectrofotometria de absorção molecular a 645 nm.

Recorreu-se à análise de variância multifactorial (ANOVA tipo II), para avaliar os efeitos dos tratamentos experimentais sobre os vários parâmetros do solo considerados no estudo e ao teste de *Duncan* ( $p=0,05$ ) para comparação de médias *a posteriori*. A aplicação dos referidos métodos de análise estatística foi efectuada utilizando o programa de análise estatística *Statgraphics 5 plus*.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Carbono orgânico

A análise dos resultados encontrados para os três produtos (Quadros 3 e 4), revelou que a aplicação de quantidades crescentes de água-ruça não teve influência significativa ( $p>0,05$ ) no teor do carbono orgânico, em nenhum dos solos utilizados nos ensaios. Tratando-se de um produto com um teor de carbono de apenas 0,7 % era já previsível que os solos não respondessem à sua aplicação, relativamente ao parâmetro em causa.

Quer a aplicação de doses crescentes de bagaço quer de composto provocou, de uma forma geral, acréscimos significativos ( $p\leq 0,05$ ) do teor de carbono orgânico, em ambos os solos, dando origem a teores superiores aos encontrados na testemunha, tanto no *período I* como no *período II*. Este efeito apenas não se verificou no solo CMdy com a dose de 80 m<sup>3</sup>/ha.

Calculou-se a *eficiência aparente* (%)

da aplicação das diferentes doses dos três produtos na variação do teor de carbono orgânico dos dois solos em estudo, que se apresenta no Quadro 5. Esta eficiência resulta da razão entre a *variação real observada* analiticamente (ou seja a percentagem de carbono orgânico determinado em cada tratamento experimental subtraída da percentagem de carbono orgânico observada na testemunha) e a *variação calculada* com base nas características dos diferentes produtos. Analisando o Quadro 5 verifica-se que no solo CMca a eficiência da aplicação de bagaço e de composto foi maior do que no solo CMdy, o que está de acordo com a correlação estreita existente entre a capacidade de retenção de matéria orgânica e a granulometria dos solos, com efeito, solos de textura mais fina tendem a ter uma maior capacidade de retenção de matéria orgânica (Brady & Weil, 2002).

No *período I*, no cambissolo calcárico, a aplicação de bagaço conduziu aos valores mais elevados de eficiência de retenção de carbono orgânico (superior a 85%) independentemente das doses aplicadas. Já para o composto a eficiência foi crescente com os volumes aplicados. No entanto, no *período II* o composto revelou eficiências superiores às apresentadas pelo bagaço.

No cambissolo dístrico, no *período I*, a aplicação de composto mostrou maior eficiência que o bagaço, para as primeiras doses (80 e 160 m<sup>3</sup>/ha), atingindo-se o valor mais elevado de 74 % para o segundo nível de aplicação. Neste solo, tanto o bagaço como o composto, quando aplicados no nível mais alto (240 m<sup>3</sup>/ha), originaram respostas de eficiência inferiores relativamente às observadas com a dose intermédia (160 m<sup>3</sup>/ha). No *período II* registou-se uma inversão nos resultados observando-se valores mais elevados de eficiência

**Quadro 3** - Teores de carbono, azoto total e azoto nítrico e razão C/N doseados nos dois solos no *período I* (antes da sementeira)

Solo	Tratamentos experimentais		Parâmetros			
			C <sub>org</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	N <sub>tot</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	N <sub>NO<sub>3</sub></sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	C/N
CMca	Testemunha		9,0 d	1,40 d	35,9 a	6 d
	AR	80m <sup>3</sup> /ha	7,4 d	1,42 d	28,9 b	5 d
		160m <sup>3</sup> /ha	7,7 d	1,42 d	22,8 c	6 d
		240m <sup>3</sup> /ha	7,4 d	1,41 d	12,9 d	5 d
	B	80m <sup>3</sup> /ha	15,5 c	1,57 cd	26,6 b	10 bc
		160m <sup>3</sup> /ha	21,5 b	1,84 ab	21,8 c	11 b
		240m <sup>3</sup> /ha	27,3 a	1,87 ab	12,3 d	15 a
		80m <sup>3</sup> /ha	11,3 d	1,53 cd	34,6 a	7 cd
	C	160m <sup>3</sup> /ha	15,5 c	1,72 bc	35,7 a	9 bc
		240m <sup>3</sup> /ha	19,9 b	1,99 a	34,6 a	10 b
CMdy	Testemunha		15,5 b	1,55 c	22,5 a	10 cd
	AR	80m <sup>3</sup> /ha	14,4 b	1,53 c	22,5 a	9 d
		160m <sup>3</sup> /ha	14,2 b	1,51 c	22,6 a	9 d
		240m <sup>3</sup> /ha	17,1 b	1,56 c	27,1 a	11 bcd
	B	80m <sup>3</sup> /ha	15,8 b	1,58 c	22,6 a	10 cd
		160m <sup>3</sup> /ha	23,0 a	1,66 b	21,6 a	14 a
		240m <sup>3</sup> /ha	24,8 a	1,73 ab	19,6 a	14 a
		80m <sup>3</sup> /ha	16,6 b	1,58 c	23,7 a	10 cd
	C	160m <sup>3</sup> /ha	22,8 a	1,72 ab	21,6 a	13 ab
		240m <sup>3</sup> /ha	22,2 a	1,78 a	22,6 a	12 abc

AR – água-ruça; B – bagaço; C- composto; Para o mesmo solo, valores seguidos de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si significativamente ( $p>0,05$ )

para o bagaço nas duas primeiras doses.

Em relação ao *período II*, a dose 160 m<sup>3</sup>/ha é, de modo geral, aquela que apresenta valores de eficiência mais elevados, para ambos os produtos e nos dois solos em estudo, com exceção do caso do composto no solo CMdy.

Não se apresentam os dados de *eficiência aparente* para a água-ruça porque, em ambos os solos, os valores doseados nos tratamentos que receberam este produto foram inferiores aos registados na testemunha.

### Azoto total e mineral

Relativamente ao teor de azoto total (N<sub>tot</sub>) registou-se um acréscimo significativo com a aplicação das doses mais elevadas de bagaço e de composto, não se tendo observado resposta significativa à aplicação de água-ruça (Quadros 3 e 4).

A resposta à aplicação de bagaço e de composto foi equivalente nos dois solos estudados e reflecte o efeito observado nos teores de carbono orgânico, o que é previsível visto que a capacidade do solo em fornecer azoto às plantas está intimamente ligado ao seu teor em matéria orgânica.

No que respeita aos teores de azoto na forma nítrica (N<sub>NO<sub>3</sub></sub>), observaram-se respostas distintas nos dois solos. No Cambissolo dístico (CMdy), no *período I*, os teores encontrados não foram influenciados significativamente ( $p>0,05$ ) quer pela aplicação dos diferentes produtos quer pelas diferentes doses utilizadas, não apresentando em nenhum dos casos, valores significativamente diferentes dos observados na testemunha. No *período II* observou-se um decréscimo que apesar de estatisticamente significativo ( $p\leq 0,05$ ) apresenta uma diferença de valores reduzida, com a aplicação

**Quadro 4** - Teores de carbono, azoto total e azoto nítrico e razão C/N doseados nos dois solos no *período II* (após a colheita da cultura)

Solo	Tratamentos experimentais	Parâmetros				
		C <sub>org</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	N <sub>tot</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	N <sub>NO<sub>3</sub></sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	C/N	
CMca	Testemunha	10,7 d	1,14 de	16,9 cde	10 d	
	AR	80m <sup>3</sup> /ha	11,2 d	1,05 e	16,4 cde	11 cd
		160m <sup>3</sup> /ha	10,4 d	1,08 e	14,4 e	10 d
		240m <sup>3</sup> /ha	11,9 cd	1,06 e	15,0 de	11 cd
	B	80m <sup>3</sup> /ha	14,9 c	1,33 c	19,4 bc	11 cd
		160m <sup>3</sup> /ha	22,0 b	1,55 b	17,8 cd	14 ab
		240m <sup>3</sup> /ha	27,3 a	1,76 a	22,9 a	15 a
	C	80m <sup>3</sup> /ha	14,4 c	1,22 cd	16,4 cde	12 cd
		160m <sup>3</sup> /ha	19,9 b	1,56 b	19,2bc	13 bc
		240m <sup>3</sup> /ha	22,8 b	1,79 a	21,2 ab	13 bc
CMdy	Testemunha	20,5 bcd	1,43 cd	18,8 a	14 a	
	AR	80m <sup>3</sup> /ha	18,6 d	1,41 d	18,3 a	13 a
		160m <sup>3</sup> /ha	18,9 d	1,53 bcd	17,6 ab	12 a
		240m <sup>3</sup> /ha	18,9 d	1,53 bcd	18,0 a	12 a
	B	80m <sup>3</sup> /ha	23,0 bc	1,55 bcd	17,6 ab	15 a
		160m <sup>3</sup> /ha	29,4 a	1,76 ab	16,0 c	17 a
		240m <sup>3</sup> /ha	27,8 a	1,92 a	16,2 bc	15 a
	C	80m <sup>3</sup> /ha	20,1 cd	1,46 bcd	15,8 c	15 a
		160m <sup>3</sup> /ha	23,2 b	1,66 abcd	15,4 c	14 a
		240m <sup>3</sup> /ha	27,7 a	1,74 abc	16,0 c	16 a

AR – água-ruça; B – bagaço; C- composto; Para o mesmo solo, valores seguidos de letras iguais na mesma coluna não diferem entre si significativamente ( $p>0,05$ )

das doses mais elevadas de bagaço e com qualquer dose de composto.

No Cambissolo calcárico (CMca) a aplicação de água-ruça e de bagaço deram origem, no *período I*, a valores de azoto na forma nítrica significativamente diferentes ( $p\leq 0,05$ ) entre as várias doses e inversamente proporcionais às quantidades aplicadas, variando entre cerca de 30 mg kg<sup>-1</sup> (nos tratamentos com 80 m<sup>3</sup>/ha) e cerca de 12 mg

kg<sup>-1</sup> (nos tratamentos com 240 m<sup>3</sup>/ha) e todos eles significativamente inferiores à concentração obtida na testemunha. No entanto, no *período II* este efeito deixou de se fazer sentir, na medida em que, os valores doseados para a dose mais elevada de água-ruça deixou de ser significativamente diferente da testemunha e, no bagaço, o valor obtido foi significativamente superior ao da testemunha assim como aos das outras doses.

**Quadro 5** – Valores de *eficiência aparente* (%) da aplicação das diferentes quantidades de bagaço (B) e composto (C) sobre o teor de carbono orgânico em ambos os solos nos períodos I e II

Quantidades aplicadas (m <sup>3</sup> /ha)	CMca				CMdy			
	Bagaço		Composto		Bagaço		Composto	
	período I	período II	período I	período II	período I	período II	período I	período II
80	92%	58%	46%	70%	4%	41%	22%	0%
160	88%	80%	66%	93%	53%	66%	74%	29%
240	86%	78%	73%	81%	44%	36%	45%	51%

Período 1 – antes da sementeira (fase de incubação); Período 2 – após a colheita da cultura

Este efeito sobre o teor de azoto nítrico já tem sido referido por outros autores como sendo resultado de uma imobilização do azoto mineral resultante da elevada razão C/N do material aplicado ao solo (Mengel & Kirkby, 2001; Ordóñez *et al.*, 1999) e também da presença de substâncias orgânicas que podem interferir na actividade microbiana do solo, designadamente os compostos fenólicos presentes em elevadas quantidades nestes produtos, provocando uma inibição temporária do processo de nitrificação (Pérez & Galhardo-Lara, 1987).

No *período I*, a aplicação de composto, em ambos os solos, deu origem a teores de  $N_{NO_3}$  não significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ), entre as diferentes doses aplicadas, nem entre estas e a testemunha. Este comportamento confirma estudos efectuados anteriormente que apontam para a não existência de substâncias tóxicas no produto resultante da compostagem, com especial referência aos compostos fenólicos (Balis *et al.*, 2001; Cegarra *et al.*, 2004; Roig *et al.*, 2006; Fakharedine, 2006 cit. por Sánchez-Monedero *et al.*, 2008). No período II, a aplicação de composto deu origem a teores de  $N_{NO_3}$  significativamente mais elevados ( $p \leq 0,05$ ) para a dose 240 m<sup>3</sup>/ha, no solo CMca.

### Razão carbono/azoto

A razão carbono/azoto (C/N) revela a maior ou menor estabilidade do solo na manutenção do teor de matéria orgânica em períodos de tempo mais longos, sendo sinónimo de imobilização de carbono valores desta razão mais elevados.

A água-ruça, apesar de apresentar um valor de C/N=35, não alterou significativamente ( $p > 0,05$ ) os valores iniciais desta razão de ambos os solos, nem mesmo com a dose mais elevada (240 m<sup>3</sup>/ha), o que possivelmente se deve ao facto de se tratar de um

produto com um teor de humidade muito elevado (99,4 %) não permitindo a existência de uma interacção suficiente para que surta efeitos quantificáveis (Quadros 3 e 4). Já a aplicação de volumes crescentes quer de bagaço quer de composto provocou, no *período I*, acréscimos significativos ( $p \leq 0,05$ ) nos valores desta razão. As maiores variações ocorreram no solo derivado de calcário e com textura mais fina (CMca), o que está de acordo com o previsto, sendo de realçar o efeito da aplicação de 240 m<sup>3</sup>/ha de bagaço que deu origem a um valor duas vezes e meia maior do que o observado na testemunha.

No *período II*, no solo CMca, continuou a observar-se um aumento significativo ( $p \leq 0,05$ ) da razão C/N com a aplicação de quantidades crescentes de bagaço e de composto, mais relevante no caso do primeiro produto. Neste período, no solo CMdy não se observaram diferenças significativas entre os vários tratamentos experimentais.

## CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nestes ensaios permitem concluir que:

As características físicas e químicas distintas dos solos foram determinantes na resposta à aplicação dos produtos relativamente aos parâmetros em análise.

A água-ruça pela sua elevada humidade e consequente elevada diluição de constituintes, não deu origem a alterações significativas finais no solo.

Revelou-se a importância de se assegurar um intervalo de tempo entre a aplicação de água-ruça ou bagaço ao solo, e a sementeira de uma cultura., evitando-se a fase inicial de carência em N e permitindo a degradação das possíveis substâncias fitotóxicas presentes.

Tanto as aplicações de bagaço como de



composto demonstraram ser uma via importante de sequestrar o carbono no solo, com vantagem para o derivado da compostagem, porque não apresenta imobilizações de azoto numa fase inicial de aplicação.

A quantidade 160 m<sup>3</sup>/ha aparentou ser o valor mais eficaz, em termos de aumento do carbono orgânico do solo, tanto para o bagaço como para o composto.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, J.A., Gonzalez, J., Garcia, D. & Cegarra, J. 2006. Measuring detoxification and maturity in compost made from “Alperujo” the solid by-product of extracting olive oil by the two phase centrifugation system. *Chemosphere*, 64: 470-477.
- Baeta-Hall, L., Sãágua, M.C., Bartolomeu, M., Anselmo, A. & Rosa M.F. 2002. A compostagem como processo de valorização dos resíduos produzidos na extracção de azeite em contínuo. *Boletim de Biotecnologia*, 72: 31-37.
- Balis, C., Nikolarou, S., Coppens, S., Mari, J. & Jones, C.E. 2001. Composting the two phase olive oil mill residues. *Acta Horticulturae*, 549: 71-80.
- Brady, N.C. & Weil, R.R. 2002. The nature and properties of soils. 13<sup>th</sup> edition, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Cabrera, F., Lopez, R., Martinez-Bordiú, A., Dupuy de Lome, E. & Murillo, J.M. 1996. Land treatment of olive oil mill wastewater. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 215-225.
- Cegarra, J., Albuquerque, J.A., González, J. & Garcia, D. 2004. Tratamiento del orujo de oliva de dos fases mediante compostaje. *Olivae*, 101: 12-17.
- Di Giovacchino, L. 2005. Características y perspectivas de aprovechamiento racional de los alpechines. *Olivae*, 104: 55-63.
- LQARS 1988. Métodos de análise de material vegetal e terras. Secção de nutrição das culturas, 62p. (publicação interna). INIA, LQARS, Lisboa, Portugal.
- LQARS 2006. Manual de fertilização das culturas. INIAP, LQARS, Lisboa, Portugal.
- Mengel, K. & Kirkby E.A. 2001. Principles of plant nutrition. 5<sup>th</sup> ed., International Potash Institute, Bern, Switzerland.
- Ordóñez, R., González, P., Giráldez, J.V. & Garcia-Ortiz, A. 1999. Efecto de la enmienda con alperujo sobre los principales nutrientes de un suelo agrícola. *Estudios de la zona no saturada*. R. Muñoz-Carpena, A. Ritter & C. Tascón (eds.) ICIA: 123-126.
- Perez, J.D. & Gallardo-Lara, F. 1987. Effects of the application of wastewater from olive processing on soil nitrogen transformation. *Soil Sci. Plant Analysis*, 18 (9): 1031-1039
- Roig, A. Cayuela, M.L. & Sánchez-Moredeno, M.A. 2006. An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Management*, 26: 960-969.
- Stevenson, F.J. 1994. Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions. 2<sup>nd</sup> ed., John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Sánchez-Monedero, M.A., Cayuela, M.A., Mondini, C. Serramiá, N. & Roig, A. 2008. Potential of olive mill wastes for soil C sequestration. *Waste Management*, 28: 767-773.
- Sempiterno, C.M. & Fernandes, R.M. 2006. Efeito da aplicação ao solo de água-ruça, bagaço de azeitona e um composto sobre as características produtivas da cevada (*Hordeum vulgare*, cv. “Sereia”). *Revista Melhoramento*, 41: 311-316 – IV Simpósio Nacional de Olivicultura. Elvas.