

**PROGRAMA AGRO
MEDIDA 8 – DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E DEMONSTRAÇÃO
ACÇÃO 8.1 – DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL E DEMONSTRAÇÃO
(DE&D)
PROJECTO Nº 282**

**PREPARAÇÃO DE
COMPOSTOS PARA
AGRICULTURA BIOLÓGICA**



Projecto Agro 282: HORTOFRUTICULTURA EM AGRICULTURA BIOLÓGICA

Chefe do projecto: *Jorge Ferreira* (Agrobio)

AUTORES:

**Equipa da Actividade: PREPARAÇÃO DE COMPOSTOS
PARA AGRICULTURA BIOLÓGICA**

Coordenador da Actividade: *Mário Reis* (UALG)

Direcção Regional de Agricultura do Algarve:

Maria Mendes Fernandes

Armindo José Gonçalves Rosa

Paulo Miguel Gomes Oliveira

Artur Rodrigues

**Universidade do Algarve – Faculdade de Engenharia de
Recurso Naturais:**

Mário Manuel Ferreira dos Reis

João Manuel Carrasco de Brito

Lídia Adelina Pó Catalão Dionísio

Carlos Guerrero

Luísa Coelho



Impressão e acabamento

Depósito Legal

ISBN

PREPARAÇÃO DE COMPOSTOS PARA AGRICULTURA BIOLÓGICA

Índice

1.	RESUMO DOS TRABALHOS.....	1
2.	INTRODUÇÃO.....	2
2.1	TÉCNICA DA COMPOSTAGEM.....	2
2.2	UTILIZAÇÃO DOS COMPOSTOS.....	3
3.	COMPOSTAGENS REALIZADAS DURANTE O PROJECTO.....	4
3.1	COMPOSTAGEM DE MISTURA DE RESÍDUOS VEGETAIS, PALHA DE TRIGO E BAGAÇO DE AZEITONA.....	4
3.1.1	Condições da compostagem.....	4
3.1.2	Resultados.....	6
3.1.3	Conclusões.....	8
3.2	COMPOSTAGEM DE BAGAÇO DE AZEITONA E RESÍDUOS HORTÍCOLAS, EM PILHA VENTILADA E EM PILHA REVIRADA.....	11
3.2.1	Condições da compostagem.....	11
3.2.2	Resultados.....	13
3.2.3	Conclusões.....	16
3.3	COMPOSTAGEM DE LARANJAS DE REFUGO, BAGAÇO DE AZEITONA E APARAS DE RELVA, EM PILHA VENTILADA E EM PILHA REVIRADA.....	17
3.3.1	Condições da compostagem.....	18
3.3.2	Resultados.....	18
3.3.3	Conclusões.....	25
4.	CONCLUSÕES GERAIS.....	27
5.	REFERÊNCIAS.....	29
6.	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	29

1. Resumo dos trabalhos

Durante o Projecto Agro 282 testou-se a compostagem de diferentes misturas de materiais de origem agrícola e agro industrial: resíduos hortícolas, palha de trigo, aparas de relva, laranjas de refugo e bagaço de azeitona. Procurou-se utilizar materiais de ocorrência vulgar na região, e por isso mais acessíveis aos agricultores, que contudo são comuns noutras regiões do país.

A compostagem realizou-se em pilhas com reviramento mecânico e em pilhas com arejamento forçado. Para a preparação das pilhas empregaram-se equipamentos habituais em muitas explorações agrícolas. A moenda dos materiais mais grosseiros efectuou-se com um corta-forragem para milho, fixo, no qual se iam introduzindo os materiais a compostar, nas proporções adequadas. O reviramento realizou-se com um tractor agrícola com pá carregadora frontal. Numa das compostagens foi necessário uma trituração adicional do material em compostagem, para o que se usou um cultivador rotativo. O humedecimento do material durante a compostagem efectuou-se microaspersores, e com mangueira com ralo durante os reviramentos. A compostagem foi monitorizada, controlando-se a temperatura e algumas variáveis físico-químicas. Os compostos foram caracterizados no final do período de compostagem, isto é, após estabilização da sua temperatura.

2. Introdução

2.1 Técnica da compostagem

A compostagem é uma técnica antiga, pela qual resíduos de origem vegetal e por vezes animal, são transformados num produto rico em húmus, designado compostado ou composto, através de um processo controlado, aeróbio e exotérmico.

Relativamente ao material inicial, o composto apresenta um menor volume, uma cor mais escura e um odor agradável. Os compostos têm elevado interesse para o aumento da fertilidade dos solos, pelas melhorias que induzem a nível químico, físico e biológico.

Assim, a compostagem permite reciclar materiais frequentemente desperdiçados e obter produtos novos de elevado valor agrícola. Numa perspectiva de sustentabilidade dos sistemas de exploração da terra, justifica-se cada vez mais a aplicação desta tecnologia, não apenas a produtos de origem agrícola, agro-industrial e florestal, mas também a outros materiais resultantes da actividade humana, muitas vezes em processos de co-compostagem com os resíduos vegetais.

Um dos métodos mais frequentes de compostagem, pelo baixo custo e simplicidade de meios envolvidos, é a compostagem em pilha estática com reviramento, manual ou mecânico. O controlo destes métodos baseia-se na manutenção das adequadas condições de vida para os principais intervenientes no processo: os microorganismos, nomeadamente bactérias, fungos e actinomicetas. Na maioria dos casos, com misturas equilibradas de resíduos vegetais, é suficiente garantir o suficiente arejamento do meio e a humidade no material. Por vezes, um ajuste do pH inicial, da relação carbono/ azoto ou de outros nutrientes pode também ser interessante para favorecer o desenrolar da compostagem.

2.2 Utilização dos compostos

Os compostos são importantes para a fertilidade do solo pois, entre outros aspectos, contribuem para o aumento do teor de matéria orgânica do solo e de elementos nutritivos. Além disso, aplicação de composto melhora a estrutura do solo, o que aumenta a infiltração de água e reduz a erosão superficial. Ao mesmo tempo, a presença de composto aumenta a capacidade de retenção de água no solo, o seu arejamento e facilita sua mobilização. Os compostos aumentam a actividade microbiana no solo o que melhora a sua fertilidade e, permite o desenvolvimento de mecanismos de controlo biológico de algumas doenças do solo.

A aplicação de compostos ao solo é hoje uma das técnicas mais importantes de fertilização (Ferreira *et al.*, 1998, Stoffella e Kahn, 2000), sendo fundamental na agricultura realizada segundo o modo de produção biológico. A qualidade do composto é um aspecto decisivo, e é condicionada pela natureza dos materiais utilizados e pelas condições de realização da compostagem (Bertoldi *et al.*, 1987).

Quando o composto se destina à agricultura podem, por vezes, surgir problemas na escolha dos materiais a compostar devido á contaminação destes, por exemplo, com alguns pesticidas ou metais pesados. Este facto justifica a selecção dos materiais a compostar em função do objectivo de utilização do composto.

3. Compostagens realizadas durante o Projecto

3.1 Compostagem de mistura de resíduos vegetais, palha de trigo e bagaço de azeitona

3.1.1 Condições da compostagem

Empregaram-se resíduos de origem agrícola, obtidos no Centro de Experimentação Hortofrutícola do Patacão da DRAALG (Figura 1), designados por resíduos vegetais (RV), com palha de trigo (PT) e com bagaço de azeitona não extractado (BA). Os RV eram constituídos fundamentalmente por restos de culturas, por espontâneas resultantes da limpeza de terrenos de cultivo, por aparas de relva e por resíduos da poda de árvores e arbustos da DRAALG.

Prepararam-se duas misturas nas proporções seguintes (em volume), designadas por:

- **Composto A:** constituída por resíduos vegetais e palha de trigo (1RV:0,9PT)
- **Composto B:** constituída por resíduos vegetais e bagaço de azeitona (1RV:0,2BA)

Com a realização destas misturas pretendeu-se, de entre outros objectivos, melhorar a relação carbono/azoto da mistura de materiais a compostar. Nas misturas indicadas, a relação C/N inicial calculada foi de 20 para a mistura A e de 24 para o composto B. Apesar de relativamente baixa (20), não se procurou elevar o valor teórico da relação C/N inicial da mistura A para um valor tecnicamente mais adequado, para não aumentar o custo de produção do composto, que seria causado pelo custo de aquisição e transporte da palha de trigo.

Para preparar as pilhas de compostagem, os materiais foram previamente moídos em conjunto, de

acordo com a relação volumétrica previamente estabelecida. O tipo de materiais permitiu usar um corta-forragem de milho para a sua trituração (Figura 2). Com a mistura construíram-se duas pilhas, uma para o Composto A (8,5 m de comprimento, 2,7 m de largura, e 1,7 m de altura) e outra para o Composto B (8,5 m de comprimento, 2,7 m de largura, e 1,1 m de altura) (Figura 4). Em cada pilha aplicou-se 75 kg de fosfato natural (Fertigafsa, ADP).

Durante a preparação das pilhas de material, elevou-se a humidade dos materiais aplicando água com uma mangueira com ralo muito fino, para molhar sem provocar escorrência (Figura 3).

Durante a compostagem, a temperatura foi determinada na zona central da pilha, em três pontos segundo uma linha vertical: no centro (Centro), a meia distância do centro ao pavimento (Inferior) e a meia distância do centro à parte superior da pilha (Superior). Durante a compostagem efectuaram-se dois volteios com a pá frontal de um tractor agrícola. Nas pilhas, os materiais foram regados com microaspersores instalados na sua parte superior, sempre que, por observação visual, apresentavam um baixo teor de humidade.

No início e no final da compostagem recolheram-se amostras do material de cada pilha, a partir de amostras parciais recolhidas aleatoriamente. Estas amostras foram analisadas, determinando-se o teor de humidade (por pesagem após secagem a 80 °C durante 48 h); o teor de matéria orgânica (por calcinação a 450 °C durante 12 h); o teor azoto Kjeldhal (por digestão a 350 °C com H₂SO₄, seguida de neutralização com NaOH 35%, destilação (destilador Pro Nitro II) e titulação com HCl 0,1 M). Em soluções obtidas por incineração por via seca determinou-se: o fósforo total (por colorimetria a 375 nm (CADAS 100)), e o potássio, o cálcio, o magnésio e o ferro (por espectrofotometria de absorção atómica).

3.1.2 Resultados

A compostagem iniciou-se na última semana de Junho de 2002. Durante a preparação das pilhas, as misturas apresentaram uma humidade muito baixa devido ao bagaço de azeitona se encontrar muito seco, exigindo a aplicação de água durante a sua preparação. A temperatura atingiu rapidamente entre 65°C a 75°C (Figura 6). Ao decrescer para valores entre 45°C e 50°C foi efectuado o primeiro reviramento com a pá frontal do tractor. O reviramento repetiu-se uma vez.

Compostagem de mistura de resíduos agrícolas e palha de trigo (Composto A - 1RV:0,9PT)

A compostagem iniciou-se com 19,5m³ de mistura, que se reduziu a 4,9m³ após cerca de 6 meses, obtendo-se um rendimento de 25% em volume (Figura 5).

A relação C/N inicial determinada em laboratório apresentou um valor (52) superior ao valor teórico calculado previamente (20), mas que não comprometeu o processo de compostagem (Tabela 1).

Tabela 1 – Propriedades das misturas de resíduos agrícolas

Composto	Fase	Humidade (%)	Matéria orgânica (%)	Azoto (Kjeldahl) (%)	Relação C/N
A (RV+PT) ¹	Início	44,1	86,8	0,98	52
	Final	50,2	30,9	1,20	14
B (RV+BA) ²	Início	19,1	51,6	1,07	27
	Final	45,3	54,9	1,42	22

¹ RV: resíduos hortícolas, PT: palha de trigo; ² RV: resíduos hortícolas, BA: bagaço de azeitona

No centro da pilha, a temperatura atingiu um valor bastante elevado, 78,6 °C, o que, apesar de não ser desejável, não comprometeu o decurso da compostagem (Figura 6). A elevação da temperatura deve ser controlada

oportunamente para maximizar a eficiência do processo, o que nem sempre é fácil de conseguir. A temperatura no centro da pilha manteve-se por várias semanas acima dos 60°C, garantindo a higienização da maior parte do material.

Após cerca de 4 meses de compostagem a temperatura foi estabilizando, isto é, aproximando-se da temperatura do ar, apesar de existirem no material adequadas condições de humidade e arejamento.

Nesta altura, que se considerou o final da compostagem, a relação C/N desceu para 14. Os nutrientes determinados apresentarem valores habituais (Tabela 2).

Tabela 2 – Teor de alguns nutrientes nos compostos (%)

Composto	Azoto (Kjeldahl)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potássio (K ₂ O)	Cálcio (Ca)	Magnésio (Mg)	Ferro (Fe)
A ¹	1,20	0,183	1,37	2,34	0,298	0,172
B ²	1,42	0,557	1,46	2,62	0,225	0,079

¹ A: resíduos hortícolas + palha de trigo; ² B: resíduos hortícolas + bagaço de azeitona

Compostagem de mistura de resíduos agrícolas e bagaço de azeitona

(Composto B - 1RV:0,2BA)

A compostagem iniciou-se com 12,6 m³ de mistura, que se reduziu a 5,7 m³ após cerca de 6 meses de compostagem, obtendo-se um rendimento de 45% em volume (Figura 5).

A relação C/N inicial apresentou um valor óptimo, 27 (Tabela 1) próximo do calculado previamente para a mistura de materiais (24). No final do processo a relação C/N desceu apenas para 22.

No centro da pilha a temperatura atingiu também valores bastante elevados (78,5 °C) (Figura 6), mantendo-se por várias semanas acima dos 60 °C. Também nesta

compostagem se observou a estabilização da temperatura cerca de 4 meses de compostagem.

Os nutrientes determinados apresentarem valores habituais (Tabela 2).

3.1.3 Conclusões

As compostagens decorreram normalmente, com uma fase termofílica suficiente, extensa mesmo, no caso da mistura B. Esta situação deve-se provavelmente à presença do bagaço de azeitona e ao seu conteúdo em lípidos residuais da extracção do azeite (Reis, 1997). No final da compostagem, a relação C/N atingiu valores normais na mistura A, mas ligeiramente elevados na mistura B, o que pode também ser justificado pela presença dos caroços de azeitona de degradação difícil.

O composto A (RV+PT) apresentou um teor de matéria orgânica muito baixo. Como as pilhas foram construídas em sequência, apesar do cuidado em usar o mesmo tipo resíduos na mistura, é possível que na preparação da pilha com a mistura B, tivessem sido empregues resíduos vegetais que incorporassem mais terra, por exemplo, aderente às suas raízes ou devido ao seu processo de recolha no campo.

Quanto à sua composição, destaca-se o teor de azoto que variou entre 1,2% e 1,4% e a riqueza em cálcio, entre 2,3% e 2,6%.



Figura 1 – Pilha de resíduos, antes da trituração com o colhedor de milho para forragem

Figura 2 – Colhedor de milho (entrada do material e da zona de trituração)

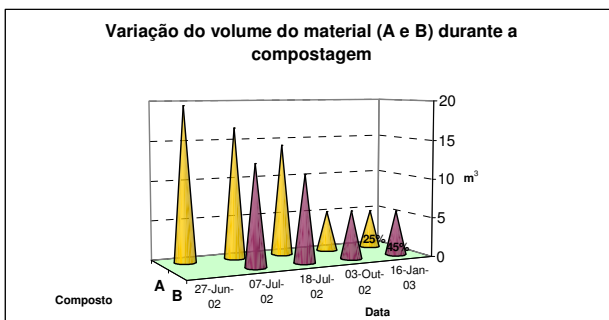


Figura 3 – Humedecimento do material para compostagem



Figura 4 – Aspecto de uma das pilhas preparadas

Figura 5 –
Variação do volume das pilhas
(A: resíduos agrícolas + palha de trigo;
B: resíduos agrícolas + bag. de azeitona)



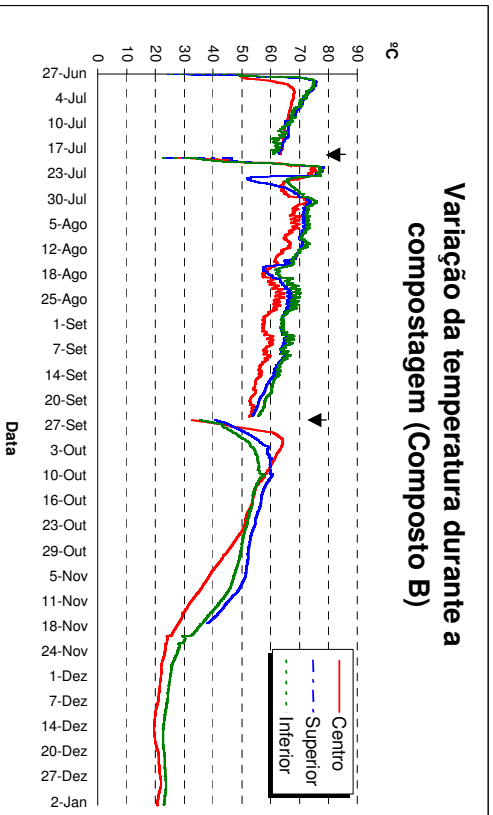
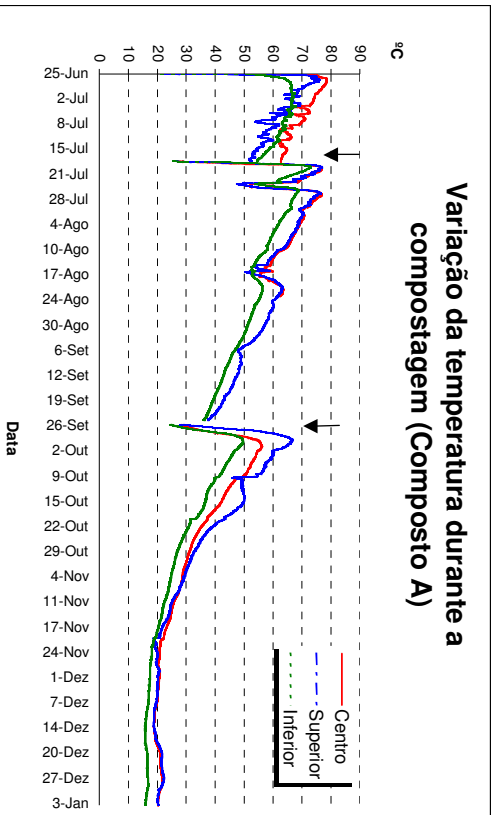


Figura 6 – Variação da temperatura durante a compostagem, em diferentes zonas das pilhas (↓ volteio)

3.2 Compostagem de bagaço de azeitona e resíduos hortícolas, em pilha ventilada e em pilha revirada

3.2.1 Condições da compostagem

Compostou-se uma mistura de bagaço de azeitona (BA) e resíduos agrícolas (RV), em pilha com ventilação forçada (PV) e em pilha com reviramento mecânico (PR).

O bagaço de azeitona era proveniente da extracção de azeite por método tradicional, em Messines, sendo constituído essencialmente por caroços triturados e resíduos de polpa. Os resíduos agrícolas foram obtidos nos campos experimentais da DRAALG, e triturados num colhedor de milho-forragem. Quando o material inicial apresenta partículas demasiado grandes, a sua trituração aumenta a superfície exposta à acção microbiana, acelerando a decomposição, e melhora o aspecto final do composto.

Em seguida, misturaram-se os materiais na proporção de 1RV:0,25BA (v/v) e foi construída uma única pilha com todo o material, que depois se separou, uma parte para compostar com reviramento mecânico (com tractor com pá frontal) (PR), outra com arejamento forçado (PV) e uma pequena parte para a compostagem em caixa. Aplicou-se fosfato natural, como anteriormente, 75 kg de fosfato natural (Fertigafsa, ADP) em cada pilha e a quantidade equivalente na caixa.

Para a construção da pilha com arejamento forçado foi colocado um tubo de drenagem (DRENOPLAS, 100 mm de diâmetro externo), com 15 m de comprimento, disposto em três linhas na zona da base da futura pilha. Este tubo permitia a injeção ou a extracção de ar através de um ventilador centrífugo, de funcionamento controlado por computador, em função da temperatura do material em compostagem (ventilação quando a temperatura excedia

55°C no centro da pilha de material).

A pilha com ventilação forçada mediu 1,20 m de altura, 2,30 m de largura e 5,90 m de comprimento. A pilha com reviramento mecânico mediu 1,10 m de altura, 2,30 m de largura e 5,60 m de comprimento. Para compostar em caixa utilizou-se uma caixa em PE, com ranhuras laterais, com cerca de 700 L de capacidade, isolada térmicamente com placas de poliestireno extrudido amovíveis de 2 cm de espessura.

Após a constituição das pilhas, colocou-se sobre estas um tecido em polipropileno para reduzir a perda de água por evaporação, sem bloquear a circulação de ar. Instalaram-se aspersores no cimo das pilhas, controlados manualmente, para molhar o material sempre que a sua humidade gravimétrica estivesse abaixo de 40 a 45 %.

Simultaneamente realizou-se a compostagem em caixa de cerca de 700 L, com reviramento manual, para comparação do processo de compostagem nestas condições.

Das propriedades físico-químicas determinou-se o pH em extracto aquoso (1:2) (Gabriels e Verdonck, 1991), a condutividade eléctrica, no extracto aquoso para o pH, após filtração por papel de filtro, e o teor de matéria seca (Martinez, 1992). Determinou-se o teor em matéria orgânica (Ramos *et al.*, 1987) e em matéria mineral, por diferença para o peso seco total. Foram também determinados os macronutrientes: azoto (total), fósforo, magnésio e cálcio. O teor de azoto Kjeldhal (por digestão a 350 °C com H₂SO₄, seguida de neutralização com NaOH 35%, destilação (destilador Pro Nitro II) e titulação com HCl 0,1 M. Em soluções obtidas por incineração por via seca determinou-se: o fósforo total, por colorimetria a 375 nm (CADAS 100), e o potássio, o cálcio e o magnésio (por espectrofotometria de absorção atómica).

3.2.2 Resultados

Não foi possível registar em contínuo a temperatura nos materiais, mas aparentemente a temperatura evoluiu de forma normal nas pilhas, com um largo período em fase termofílica (Figura 7).

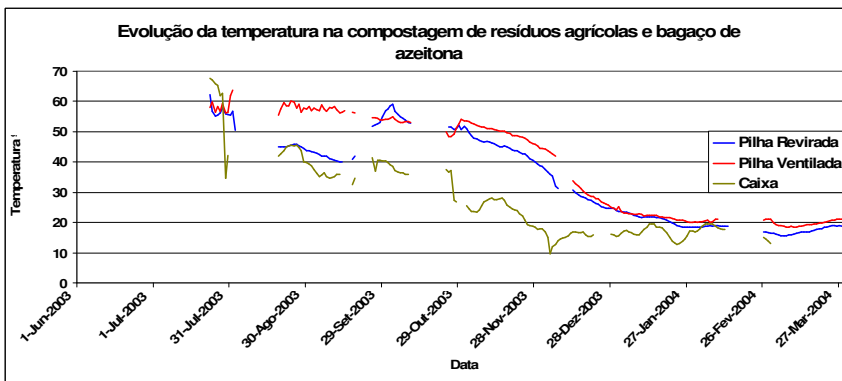


Figura 7 – Variação da temperatura durante a compostagem da mistura de bagaço de azeitona e resíduos agrícolas, em pilhas (revirada e ventilada) e em caixa.

Na caixa a compostagem também passou por uma fase termofílica, mais curta, e posteriormente a temperatura no centro da caixa manteve-se abaixo da temperatura no centro das pilhas.

O teor de nutrientes nos diferentes compostos, como era previsível, não apresentou grandes variações, excepto no caso do azoto, com um valor mais elevado na caixa, embora sem grande significado prático (Tabela 3). Destaca-se nos compostos o elevado teor em cálcio.

Observaram-se ligeiras diferenças nas variáveis físico-químicas determinadas nos compostos, excepto na CE, bastante mais baixa no composto da caixa (Tabela 4). A menor CE do composto da caixa pode ter ocorrido devido à menor altura de material e por isso este ter sido mais facilmente homogeneizado e “lavado”, resultando um

decréscimo de sais no meio.

Tabela 3 – Teor em nutrientes¹ no início e no final da compostagem de bagaço de azeitona e resíduos agrícolas

Comp. ²	Fase	Azoto (total, %)	Fósforo (P ₂ O ₅ %)	Potássio (K ₂ O ppm)	Cálcio (Ca %)	Magnésio (Mg %)	Ferro (%)
PV	Início	1,42	0,79	93	7,28	0,85	-
	Final	1,16	0,25	435	2,01	0,28	0,44
		(1,31)	(0,24)	(408)	(1,86)	(0,26)	(0,61)
PR	Início	1,21	1,72	78	5,50	0,70	-
	Final	1,19	0,28	344	2,61	0,27	0,65
		(1,17)	(0,22)	(325)	(1,93)	(0,25)	(0,65)
CX	Início	-	-	-	-	-	-
	Final	1,57	0,23	201	2,08	0,23	0,80

¹ Por baixo de valor médio nas pilhas, indica-se entre parênteses o valor na amostra de material apenas do centro das pilhas

² Comp., material inicial e composto de: PV, pilha ventilada; PR, pilha revirada e CX, caixa.

O composto final apresentou um pH médio entre 7,5 e 7,8 (Tabela 4), mas os compostos das pilhas apresentarem uma CE relativamente elevada, entre 5,2 e 3,3, respectivamente o composto da pilha ventilada e o da pilha revirada.

Tabela 4 – Caracterização físico-química¹ dos compostos de bagaço de azeitona e resíduos agrícolas²

Composto ²	pH	CE (dS m ⁻¹)	MS (%)	MO (%)	MM (%)
PV	7,71	5,15	65,6	41,9	58,1
	(7,85)	(4,94)	(48,8)	(52,6)	(47,4)
PR	7,66	3,25	52,2	38,5	61,5
	(7,55)	(3,01)	(41,0)	(52,2)	(47,5)
CX	7,54	0,88	49,1	51,9	48,1

¹ MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; MM, matéria mineral

² Comp., material inicial e composto de: PV, pilha ventilada; PR, pilha revirada e CX, caixa. Por baixo do valor médio na pilha, indica-se entre parênteses o valor na amostra de material apenas do centro das pilhas

Os compostos obtidos foram avaliados numa situação

bastante exigente, isto é, como substratos em viveiros de plantas hortícolas. Para isso utilizou-se composto colhido aleatoriamente nas pilhas e na caixa, e composto colhido apenas das zonas centrais das pilhas.

Os compostos testados apresentaram propriedades físicas normais neste tipo de materiais, nomeadamente um elevado espaço poroso, cerca de 80% (Tabela 5). A capacidade de arejamento (CA) foi maior no composto PV, que apresentou no entanto uma capacidade de água facilmente utilizável ligeiramente inferior ao PR. O composto da Caixa apresentou um valor anormalmente baixo da capacidade de arejamento, o que afecta a expressão das outras variáveis. Este composto apresentou mais partículas nas classes inferiores de granulometria e menos partículas nas classes de maior dimensão (Tabela 5), o que contribui para justificar a menor capacidade de arejamento calculada, embora o valor muito baixo de CA obtido possa ter ficado a dever-se principalmente a problema técnico na execução do método analítico.

Tabela 5 - Caracterização física dos compostos de bagaço de azeitona e resíduos agrícolas¹

Comp.	dr ^a	dap ^b	dap ^c	EPT ^d	CTR ^e	CA ^f	AFU ^g	AR ^h	ADU ⁱ
PV ²	1,97 (1,85)	0,761 (0,758)	0,389 (0,347)	80,2 (81,2)	85,9 (80,5)	37,8 (10,3)	9,4 (16,6)	1,3 (4,8)	31,8 (49,5)
PR ³	2,01 (1,85)	0,804 (0,757)	0,360 (0,339)	82,1 (81,7)	77,8 (77,3)	22,4 (3,1)	12,8 (14,3)	2,3 (2,8)	44,6 (61,4)
CX ⁴	1,85	0,960	0,368	80,2	67,7	4,4	17,5	8,5	49,7

¹ Valor médio do composto. Por baixo entre parênteses indica-se o valor na amostra de composto apenas do centro das pilhas; ² PV, pilha ventilada; ³ PR, pilha revirada; ⁴ CX, caixa.

^adensidade real, ^bdensidade aparente do material húmido, ^cdensidade aparente do material seco, ^despaço poroso total, ^econtração do volume, ^fcapacidade de arejamento, ^gágua facilmente utilizável, ^hágua de reserva e ⁱágua dificilmente utilizável.

Nos compostos do centro das pilhas existia maior percentagem de partículas finas (Tabela 6), o que justifica a

maior capacidade de retenção de água destes materiais.

Tabela 6 – Distribuição granulométrica nos compostos obtidos a partir de bagaço de azeitona e resíduos agrícolas (% v/v)

Granulometria (mm)	Pilha Ventilada		Pilha Revirada		Caixa				
>1 mm	68,4 ¹ (59,5) ²		67,2 (69,6)		63,1				
<1 mm	31,6 (40,5)		32,8 (30,4)		36,9				
Composto	Tamanho das partículas ³ (mm)								
	<0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10	10-16	>16
PV ⁴	3,27 (2,38)	6,76 (10,59)	10,1 (14,1)	11,5 (13,5)	14,6 (14,7)	42,1 (36,8)	7,59 (5,11)	2,06 (1,74)	2,10 (1,15)
PR ⁵	2,79 (1,48)	6,49 (3,78)	10,3 (11,9)	13,3 (13,3)	16,8 (17,1)	40,2 (40,4)	7,04 (6,11)	2,47 (1,65)	0,71 (4,35)
CX ⁶	1,42	0,70	15,6	19,2	13,9	36,0	6,05	3,69	3,46

¹ valor médio do composto; ² valor no composto do centro da pilha.

³ Valor médio do composto. Por baixo entre parênteses indica-se o valor na amostra de composto apenas do centro das pilhas

⁴ PV, pilha ventilada; ⁵ PR, pilha revirada; ⁶ CX, caixa.

3.2.3 Conclusões

Foi possível compostar em caixa de cerca de 700 L de capacidade, obtendo-se um composto não muito diferente do composto das pilhas apesar de, com menor volume de material, a compostagem apresentar uma fase termofílica mais curta e uma menor temperatura média.

Do ponto de vista físico, os compostos obtidos foram semelhantes, nomeadamente no espaço poroso total. Os compostos dos centros das pilhas e o composto da caixa apresentaram uma distribuição granulométrica mais rica em partículas menores, o que pode justificar a sua maior capacidade de retenção de água, em detrimento da respectiva capacidade de arejamento.

3.3 Compostagem de laranjas de refugo, bagaço de azeitona e aparas de relva, em pilha ventilada e em pilha revirada

A compostagem iniciou-se em 27 de Novembro de 2004, utilizando-se laranjas de refugo, bagaço de azeitona e aparas de relva, na proporção em volume de 2:1:1. Foram construídas duas pilhas de material para compostagem, denominadas por pilha estática com ventilação (PV) e pilha com reviramento mecânico (PR). As pilhas foram preparadas como descrito na primeira compostagem e foram cobertas com um tecido de polipropileno (Figura 11).

No 1º dia de compostagem foram recolhidas amostras para caracterização física e química, o que se repetiu regularmente ao longo do processo. Das propriedades físico-químicas determinou-se o pH em extracto aquoso (1:2) (Gabriels e Verdonck, 1991), a condutividade eléctrica, no extracto aquoso para o pH, após filtração por papel de filtro e o teor de matéria seca (Martinez, 1992). A nível químico determinou-se o teor em matéria orgânica (Ramos *et al.*, 1987) e a matéria mineral, por diferença para o peso seco total. Foram também determinados alguns macronutrientes: azoto total (método de Kjeldhal), fósforo por colorimetria, o cálcio o potássio e o magnésio por espectrofotometria de absorção atómica. Calculou-se a relação C/N a partir do teor em matéria orgânica e do azoto total.

Após 5 meses e após um ano de compostagem, efectuaram-se ensaios de cultura, com duas espécies hortícolas, com os compostos entretanto obtidos, para avaliar a sua capacidade como substratos hortícolas de viveiro em placas alveoladas.

Para verificar se os compostos apresentavam efeito supressivo de doenças do solo, efectuaram-se ensaios, na mesma altura, para avaliar o respectivo efeito supressivo

dos compostos relativamente a *Rizoctonia solani* Kühn. O método usado (Nelson *et al.*, 1983) baseia-se no cultivo de pepino em substrato, inoculado e não inoculado com *R. solani*, usando uma turfa com pH corrigido como substrato de controlo. Após 7 dias de cultura em estufa avaliou-se a infecção nas plantas, que se traduziu nos parâmetros: ds, *disease severity* e di, *disease incidence*.

3.3.1 Condições da compostagem

Durante a compostagem foram efectuados 2 reviramentos na pilha revirada (21 de Janeiro e 28 de Abril de 2005) e 1 reviramento na pilha ventilada (para homogeneização da mistura, em 29 de Abril 2005). Este reviramento em Abril foi acompanhado de um fraccionamento mecânico do material, devido à elevada resistência das laranjas à degradação. Para isso empregou-se um cultivador mecânico montado num tractor (

Figura 13). Adicionou-se água á mistura quando necessário.

3.3.2 Resultados

Evolução da compostagem

A compostagem foi mais demorada que em processos anteriores, com materiais semelhantes, embora nessas misturas não tenha havido a inclusão do refugo de laranja. O volume de composto obtido foi inferior a 50% do volume

inicial (Figura 8).

Ambas as misturas compostadas mantiveram um pH muito baixo durante um largo período, com um aumento progressivo, mas que só atingiu valores na zona de pH neutro depois de cerca de 4 meses de compostagem (Figura 10). Durante este período, a temperatura quase não atingiu o nível termofílico (Figura 9).

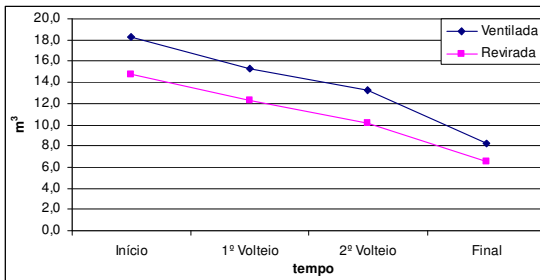


Figura 8 - Evolução do volume nas pilhas durante a compostagem

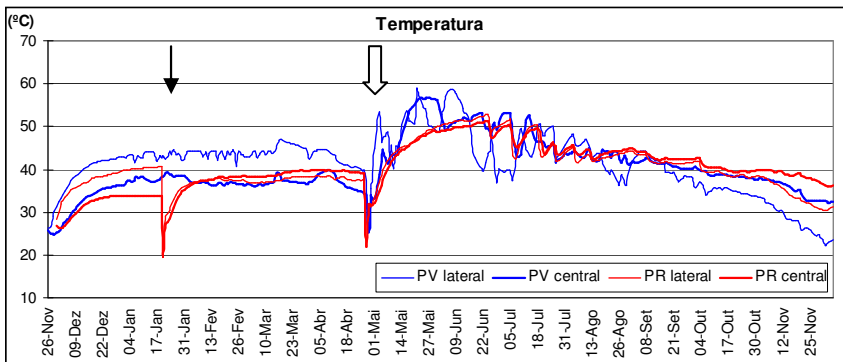


Figura 9 - Temperatura registada durante a compostagem nas pilhas ventilada (PV) e revirada (PR), em sondas colocadas no centro (central) e lateralmente (lateral) (↓ reviramento, ↓ reviramento com fraccionamento)

Após o volteio para homogeneização, a temperatura voltou a subir, mais que anteriormente (Figura 9), subindo nesta altura também o valor de pH, o que sugere um efeito muito positivo da trituração do material, sobretudo das

laranjas.

No final do período de compostagem (de acordo com a variação da temperatura) a condutividade eléctrica desceu para menos de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$, factor positivo para utilização do composto. O teor de matéria orgânica apresentou-se elevado e o teor de azoto total alcançou 2%. A relação C/N ficou um pouco acima dos valores tradicionalmente indicados como típicos de compostos estabilizados, mas é necessário considerar que uma parte do carbono estimado para o calculo daquela relação, corresponde ao contido nos caroços de azeitona, que constituem uma fonte de carbono dificilmente disponível.

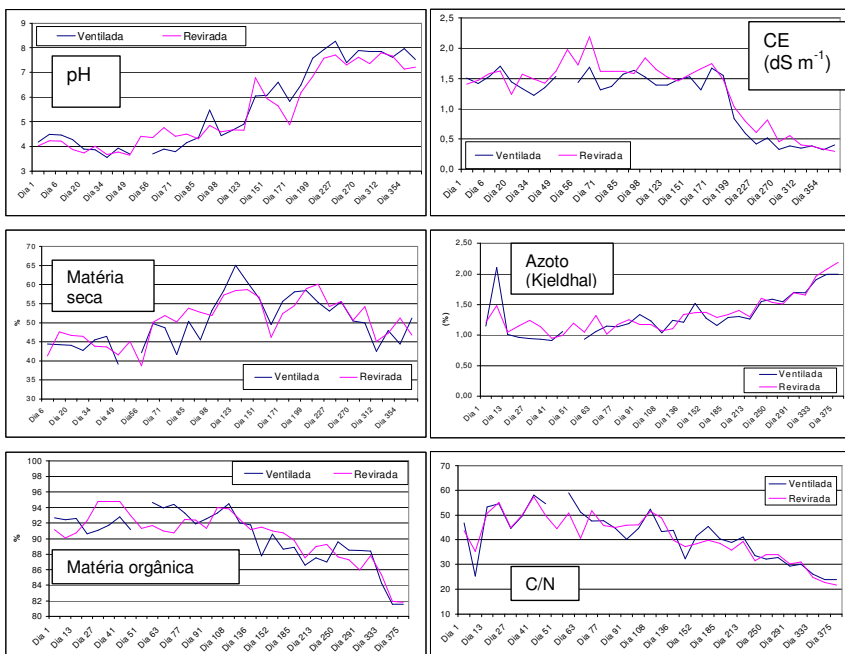


Figura 10 - Evolução de propriedades físico-químicas durante a compostagem de laranjas de refugio, bagaço de azeitona e aparas de relva (2:1:1 v/v), em pilha ventilada e pilha revirada.



Figura 11 - Pilha preparada para compostagem (à esquerda: tubo de ventilação forçada, à direita: cobertura com tecido)



Figura 12 – Ventilador



Figura 13 – Fraccionamento do material (durante o 2º reviramento)

Caracterização dos compostos

A mistura de resíduos apresentou um teor inicial de azoto de cerca 1,2% e era particularmente rica em cálcio (Tabela 7).

Tabela 7 - Elementos nutritivos durante a compostagem

	Idade (dias)	Azoto (total ¹ %)	Fósforo ⁴ (P ₂ O ₅ ppm)	Magnésio ³ (Mg %)	Cálcio (Ca %)	Potássio (K ₂ O ppm)
PV	0	1,15	158	0,85	7,28 ²	93,0 ²
	151	1,37	565	-	3,13 ³	< 250 ³
	375	2,00	1294	-	4,16 ³	< 250 ³
PR	0	1,21	152	0,77	5,50 ²	77,8 ²
	154	1,52	565	-	2,33 ³	< 250 ³
	375	2,19	992	-	4,20 ³	< 250 ³

¹ Kjeldhal, ² absorção atómica, ³ espectrofotometria de absorção atómica, ⁴ colorimetria

Entre os 5 e os 12 meses de idade, registou-se uma pequena variação da granulometria dos compostos (Tabela 8), que se traduziu numa redução do espaço poroso total com redução da capacidade de arejamento e aumento da capacidade de retenção de água (Tabela 9).

Tabela 8 - Granulometria dos compostos obtidos a partir de refugo de laranja, bagaço de azeitona e aparas de relva (% p/p)

Granulometria (mm)	Pilha Ventilada				Pilha Revirada					
	151 dias	375 dias	151 dias	375 dias	151 dias	375 dias	151 dias	375 dias	151 dias	375 dias
>1mm	85,7	83,7	82,3	81,9						
<1mm	13,3	16,3	17,7	18,1						
Pilha	idade (dias)	Tamanho das partículas (mm)								
		<0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10	10-16	>16
V	151	1,11	1,40	3,78	7,97	12,7	45,5	10,3	8,23	8,99
	375	1,33	1,25	4,58	9,13	13,6	50,2	12,1	5,85	2,01
R	154	1,10	1,96	5,15	9,45	14,7	48,2	7,2	4,87	7,37
	375	1,62	2,23	4,85	9,44	14,8	51,5	7,4	4,72	3,55

Tabela 9 - Caracterização física do substrato comercial (SC) e dos compostos das pilhas ventilada (PV) e revirada (PR)

Pilha	Idade (dias)	dr	dap _h	dap _s	ETP (%v/v)	CTR (%v/v)	CA (%v/v)	AFU (%v/v)	AR (%v/v)	ADU (%v/v)
PV	151	1,54	0,536	0,217	95,9	29,6	29,5	27,4	2,00	27,0
	375	1,58	0,655	0,274	82,7	34,3	12,4	31,0	4,08	35,3
PR	154	1,50	0,504	0,226	84,9	26,3	18,8	29,5	2,26	34,5
	375	1,58	0,650	0,255	83,9	34,0	15,3	32,1	3,81	32,7
SC		1,51	0,738	0,122	91,9	51,4	21,2	30,0	2,8	40,0

Valor agronómico dos compostos

Avaliou-se o comportamento dos compostos como substratos em viveiros em placas alveoladas após cerca de 150 e 375 dias de compostagem, relativamente a um substrato comercial específico (Exclusive, Brill).

Nos compostos com cerca de 150 dias as plantas apresentaram um comportamento muito inferior ao do substrato comercial (Tabela 10), apesar das propriedades físicas relativamente semelhantes do composto PV às do substrato comercial (Tabela 9).

Tabela 10 - Valores médios das variáveis medidas no final do viveiro com composto com cerca de 150 dias

	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Nº folhas	Peso fresco p. aérea (g)	Peso seco p. aérea (g)	Matéria seca %	Relação diâmetro /altura
Melão							
SC ^a	4,09a	19,9a	3,83a	5,54a	0,56a	9,99ab	21,9b
PV ^b	3,51b	6,54b	3,89a	2,47b	0,24b	9,79b	63,8a
PR ^c	3,27c	5,02b	3,28b	2,03b	0,22b	10,8a	66,6a
Tomate							
SC	3,47a	19,0a	5,11a	3,80a	0,46a	12,0a	18,3c
PV	2,49b	8,38b	3,83b	1,00b	0,10b	10,3b	30,5b
PR	2,10c	5,54c	2,78c	0,41c	0,04c	9,77b	38,0a

^a Substrato comercial (Exclusive, Brill), ^b composto da pilha ventilada, ^c composto da pilha revirada, ^d separação de médias pelo Teste de Duncan (em cada espécie, na mesma coluna os valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes para $p \leq 0,05$)

Registou-se uma diferença entre os compostos durante o viveiro, apresentando as plantas no composto da pilha ventilada (PV) um crescimento superior às da pilha

revirada (PR), de forma mais evidente no viveiro de tomate.

A falta de estabilidade dos compostos, pode ter sido uma causa do seu inferior comportamento como substratos em viveiro, encontrando-se o composto PV aparentemente mais estabilizado (menos fitotóxico), uma vez que as propriedades físicas não são substancialmente diferentes (Tabela 8 e Tabela 9).

Após 375 dias de compostagem, repetiu-se o teste dos compostos como substratos de viveiro. Novamente, o substrato comercial (SC) apresentou melhor comportamento (Tabela 11) mas, ao contrário do ensaio com composto com 150 dias, o composto da pilha revirada (PR) apresentou agora um comportamento igual ou superior ao composto da pilha ventilada (PV), também na cultura de tomate como anteriormente (Tabela 11).

Tabela 11 - Valores médios das variáveis medidas no final do viveiro com composto com aproximadamente 375 dias

	Diâmetro (mm)	Altura (cm)	Nº folhas	Peso fresco p. aérea (g)	P. seco p.aérea (g)	Matéria seca %	diâmetro /altura
Melão							
SC ^a	2,91b	10,1a	5,06a	1,67a	0,17a	10,0a	28,9c
PV ^b	3,27a	8,18c	3,50b	1,16b	0,08b	6,82b	40,4a
PR ^c	3,23a	9,11b	3,67b	1,32b	0,09b	6,98b	35,8b
Tomate							
SC	3,70a	11,6a	3,89b	1,80a	0,14a	7,67c	32,0c
PV	2,10c	4,62c	3,44c	0,41c	0,04c	9,24b	45,9a
PR	2,61b	6,50b	4,44a	0,77b	0,08b	10,8a	40,3b

^a Substrato comercial (Exclusive, Brill), ^b Composto da pilha ventilada, ^c composto da pilha revirada, ^d separação de médias pelo Teste de Duncan (por espécie, na mesma coluna os valores seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes para $p \leq 0,05$)

Para avaliar eventuais diferenças de maturidade calculou-se o índice de germinação dos compostos, o qual foi superior no composto da pilha revirada (99,2 *versus* 93,4).

Neste viveiro, as plantas foram avaliadas não só quando as mais desenvolvidas atingiram o tamanho comercial (duração normal do ensaio), o que demorou 44

dias, mas também quando as plantas remanescentes atingiram a altura média das plantas da 1ª avaliação. Para isso mantiveram-se as plantas em viveiro e realizou-se uma 2ª amostragem e avaliação.

Este período alargado de viveiro foi de 55 (melão) e 69 dias (tomate) para o composto PV e de apenas 50 (melão) e 63 dias (tomate) para o composto PR. Assim, o tempo necessário para as plantas nos compostos atingirem a altura média das plantas no substrato comercial foi, em média, de mais 18 dias para o PV e mais 7,5 dias para o PR.

Tabela 12 - Número de dias necessários para as plantas atingirem o tamanho (altura) adequado para a plantação

	Substrato comercial	Pilha Ventilada		Pilha Revirada	
Melão	44	55	+11 dias (20%)	50	+ 6 dias (14%)
Tomate	44	69	+ 25 dias (57%)	63	+ 19 dias (43%)

Avaliação da capacidade supressiva dos compostos

Na mesma altura da avaliação agronómica dos compostos, isto é aos 150 dias e 375 dias de compostagem, avaliou-se também a capacidade supressiva dos compostos. Com ambas as idades, os compostos apresentaram capacidade supressiva, que foi bastante elevada no composto com 150 dias (Tabela 13) e menor no de 375 dias.

3.3.3 Conclusões

Para preparar composto com laranjas é importante assegurar uma adequada trituração inicial do material, para que haja uma rápida subida do pH e o processo decorra mais rapidamente.

O composto apresentou um teor de azoto (Kjeldhal) de cerca de 2% e uma baixa CE, o que aumenta o leque

das suas possibilidades de aplicação.

Tabela 13 - Resultados do bioensaio com os compostos¹

Tratamento	Idade do composto: 150 dias	% G	ds	di
Turfa (controlo)	não inoculada	1,00 a	1,00 b	0,000 c
	inoculada	0,96 b	2,33a	0,729 a
Composto PV	não inoculada	1,00 a	1,00 b	0,000 c
	inoculado	1,00 a	1,06 b	0,049 b
Composto PR	não inoculada	1,00 a	1,00 b	0,000 c
	inoculado	1,00 a	1,08 b	0,076 b
Idade do composto: 375 dias				
Turfa (controlo)	não inoculada	0,987 a	1,00 c	0,000 c
	inoculada	0,653 b	3,81 a	0,948 a
Composto PV	não inoculada	0,704 b	1,00 c	0,000 c
	inoculado	0,533 b	2,77 b	0,532 b
Composto PR	não inoculada	0,723 b	1,00 c	0,000 c
	inoculado	0,557 b	2,82 b	0,521 b

¹ Os valores das médias de %G (percentagem de germinação), ds (*disease severity*) e di (*disease incidence*) seguidos da mesma letra não são estatisticamente diferentes para $p \geq 0,05$ segundo o teste de Duncan.

Usados estremes como substratos, o comportamento dos compostos foi inferior ao de uma mistura comercial específica, sobretudo quando mais jovens (150 dias). Nos compostos mais estabilizados, 350 dias, o composto da pilha revirada apresentou melhor comportamento, sugerindo a vantagem do reviramento na homogeneização e estabilização do composto.

O pior comportamento como substratos de viveiro dos compostos mais jovens pode estar associado a uma insuficiente estabilidade nesta fase. Deve por isso, para esta forma de utilização tão exigente, usar-se materiais bem estabilizados. Esta condição pode ser contraditória com o aproveitamento da sua capacidade supressiva pois se observou uma maior capacidade aos 150 dias do que aos 350 dias.

A capacidade supressiva manifestada deve ser testada em cultura, quer como substrato quer no solo, pois pode ser uma importante mais-valia do composto.

4. Conclusões gerais

A compostagem de resíduos agrícolas e de outras origens, nomeadamente resultantes de actividades agro-industriais e florestais, permitiu reduzir o volume de resíduos e reciclá-los na preparação de compostos com aptidão para uso agrícola.

Método de compostagem

- A compostagem em pilhas mostrou ser um método simples, que se pode realizar com maquinaria vulgar e que não exige especial acompanhamento técnico
- É muito importante a adequada preparação do material, nomeadamente a trituração e a mistura de materiais para garantir o desenvolvimento rápido e homogéneo do processo.
- Posteriormente, a manutenção da humidade e do arejamento, aliado ao seguimento da temperatura permitem um controlo satisfatório do processo.
- O arejamento forçado não conduziu, neste caso, a uma alteração sensível das propriedades dos compostos ou da duração da compostagem. A combinação de arejamento forçado com reviramento mecânico, com alguns tipos de resíduos, poderá ter interesse para acelerar a compostagem.
- O volume de material é importante por afectar a intensidade de troca de calor com o ambiente e assim condicionar o aumento da temperatura no material em compostagem. Por isso, quando se usam volumes reduzidos de material, inferiores normalmente a 1m^3 , sem qualquer isolamento térmico, embora a compostagem possa ocorrer, é mais difícil obter uma fase termofílica muito extensa, embora a que ocorre possa ser suficiente.

Valor agronómico dos compostos

- Os compostos obtidos apresentaram características gerais adequadas á sua utilização em agricultura.
- Como substratos (em viveiro de placas alveoladas, com tomate e de melão), o seu comportamento foi inferior ao do substrato comercial testado. Os compostos levaram a um aumento do período de viveiro. Este facto pode ter sido devido a falta de maturidade ou a um menor ajuste entre as propriedades físicas dos compostos e as condições ambientais em que decorreram os viveiros. Contudo, a adequação da tecnologia, nomeadamente rega, fertilização e tipo de contentor, podem alterar esta situação e conseguirem-se obter bons resultados com os compostos. Acresce que, a utilização como substrato é das mais exigentes quanto às propriedades dos compostos e o emprego em viveiros exige características muito específicas.
- Os compostos testados apresentaram capacidade supressiva para *Rizoctonia solani* Kühn, o que constitui uma mais-valia importante, pelo reforço da protecção contra esta doença que se pode obter pelo uso destes compostos, como constituintes de substratos de cultivo ou incorporados no solo.

5. Referências

- Gabriels, R. e Verdonck O. 1991. Physical and chemical characterization of plant substrates: towards a European standardization. *Acta Horticulturae* 294:249-259.
- Martinez, F.X. 1992. Propuesta de metodologia para la determinacion de las propiedades fisicas de los sustratos. *Actas de las I Jornadas de Sustratos de la SECH* 294:55-65.
- Nelson, E.B., Kuter, G.A. e Hoitink H.A.J. 1983. Effects of fungal antagonists and compost on suppression of *Rizoctonia* damping-off in container amended with composted hardwood bark. *Phytopathology* 73:1457-1462.
- Ramos, J. C. M., Vilaseca J.S. e A. C. Ramon. 1987. Control analític de la qualitat del compost i estudi de la seva maduració. In: *Experiències amb el compost*. Servei del Medi Ambient, Diputació de Barcelona (eds). *Estudis i monografies* 12. p. 31-69.
- Reis, M. 1997. Compostagem e caracterização de resíduos vegetais para utilização como substratos horticolas. Tese de doutoramento. Universidade do Algarve. Faro.

6. Bibliografia consultada

- Bertoldi, M. de *et al.* 1987. *Compost: Production, Quality and Use*. Elsevier Applied Science Publishers Ltd. Essex, Reino Unido.
- Chen Y. e Avmimelech, Y. 1986. The role of organic matter in modern agriculture. Chen Y. e Avmimelech, Y. (ed.). *Martinus Nijhoff*. Dordrecht, Holanda.
- Gray, K.R., Sherman, K. e Biddlestone, A.J. 1971. A review of composting, Part 1 - Process Biochemistry (Junho), 32-36.
- Gray, K.R., Sherman, K. e Biddlestone, A.J. 1971. A review of composting, Part 2 - The practical process. *Process Biochemistry* (Outubro), 22-28.
- Gray, K.R., A.J. Biddlestone e Clark, R. 1973. A review of composting, Part 3 - Processes and products. *Process Biochemistry* (Outubro), 11-15.
- Hoitink, H.A.J. e Keener H.M. 1993. *Science and Engineering of Composting: Design, Environmental, Microbiological and Utilization Aspects*. Renaissance Publications. Worthington, EUA.
- Stoffella, P.J. e Kahn B.A. 2000. *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems*. Stoffella, P.J. e Kahn B.A. (ed.). Lewis Publishers, Boca Raton, EUA.