

Influências físicas sobre características químicas na compostagem da fracção sólida de chorume de bovinos leiteiros

Influence of dairy cattle slurry solid fraction physical characteristics on chemical characteristics of composts

L. M. Brito¹, A. L. Amaro¹, A. S. Fernandes² & I. Mourão¹

RESUMO

As características físicas das pilhas de compostagem da fracção sólida do chorume (FSC) são responsáveis pela criação de condições aeróbias ou anaeróbias e determinam a actividade metabólica e a temperatura no interior das pilhas. Aqui, a FSC de duas explorações leiteiras foi compostada em pilhas com e sem volteio, com o volume de 5 m³ no interior de um túnel, cobertas com um filme de polietileno, ou descobertas, e com o volume de 15 m³ no exterior do túnel, cobertas com um filme de polietileno, ou com uma tela geotextil que não permite a infiltração de água mas permite as trocas gasosas.

As pilhas cobertas com tela geotextil e as pilhas descobertas atingiram temperaturas mais elevadas na fase termófila da compostagem em comparação com as pilhas cobertas com polietileno porque beneficiaram com a difusão do oxigénio. Quando cobertas com polietileno as temperaturas mais baixas registaram-se nas pilhas com a FSC que possuía inicialmente maior teor de humidade.

As características físicas como a tempe-

ratura, humidade e arejamento das pilhas foram comparadas periodicamente durante a compostagem com características químicas dos compostados, designadamente, pH, condutividade eléctrica, matéria orgânica, azoto Kjeldahl e razão C/N. Relacionaram-se as perdas de matéria orgânica durante a compostagem com a concentração de N no material compostado, verificando-se que a FSC pode ser compostada com perdas mínimas de N em pilhas estáticas com um número reduzido de volteios.

ABSTRACT

The physical characteristics of the solid fraction from slurry are responsible for the creation of aerobic or anaerobic conditions and therefore for the metabolic activity and the temperature inside the composting pile. Here, the dairy cattle slurry solids from two different farms located at the NW Portugal was composted with and without turning the pile, in piles with 5 m³ inside an unheated greenhouse covered with a polyethylene film or not covered and with 15 m³ outside the greenhouse, covered

¹ Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, Refóios, 4990-706 Ponte de Lima – Tel: (+351) 258 909 740 – Fax: (+351) 258 909 779 – E-mail: miguelbrito@esa.ipv.pt; ² Divisão de Leite e Lacticínios, Direcção Regional de Agricultura de Entre Douro e Minho, S. Pedro de Merelim, 4700-859 Braga

with a polyethylene film or with a geotextile film which allowed gas exchange but not rain infiltration.

The piles covered with the geotextile film or uncovered reached higher temperatures compared with those covered with the polyethylene film because the oxygen could be exchanged from outside. When covered with polyethylene the temperatures were lower inside the piles with initial lower dry matter content. The physical characteristics such as temperature, moisture and aeration inside the piles were periodically related to chemical characteristics such as pH, electrical conductivity, organic matter, Kjeldahl N and C/N ratio. Organic matter losses were compared with N content throughout the composting period and it was concluded that the solid fraction from slurry can be composted with minimum N losses in static piles with a reduced number of turnings.

INTRODUÇÃO

A compostagem da fracção sólida do chorume (FSC) da pecuária intensiva, obtida por separação mecânica pode contribuir para diminuir a poluição de azoto (N) resultante da elevada quantidade de chorume que anualmente se produz na bacia leiteira do NW de Portugal. Contudo, no processo de compostagem de resíduos da pecuária intensiva as emissões de amoníaco (NH_3), óxido de diazoto (N_2O), e azoto molecular (N_2) diminuem o valor agronómico do composto final (Hao & Chang, 2001). Eghball *et al.* (1997) e Tiquia & Tam (2000) destacaram o processo de volatilização do amoníaco como responsável pelas perdas mais significativas de N, e encontraram na bibliografia referências a perdas de N entre 21% e 77%. Raviv *et al.* (2004) referiram perdas seme-

lhantes (16% - 74%) e concluíram, também, que a maioria das perdas de N era causada pela volatilização de NH_3 . Em contrapartida, a emissão de gases com efeito de estufa (N_2O e CH_4) foi muito superior com o armazenamento do chorume da pecuária leiteira em condições de anaerobiose, em comparação com a sua compostagem em condições aeróbias (Amon *et al.*, 2001).

O custo típico de 1 kg de N orgânico certificado para a agricultura biológica, em Israel, varia entre \$4-\$5 em comparação com \$0,5-\$1 na agricultura convencional (Raviv *et al.*, 2004). Estes valores não se afastam dos praticados na Europa. Por isso, para aumentar a utilização de compostos na agricultura é necessário conservar o N e aumentar o teor de N inorgânico disponível para as plantas. Levanon & Pluda (2002) identificaram que a maior concentração de N disponível no solo era alcançada com a aplicação dos compostos obtidos imediatamente após o fim da fase termófila da compostagem. Shi *et al.* (1999) registaram potenciais de mineralização e taxas de mineralização superiores com compostos maturados tratados com volteio frequente, em comparação com compostos produzidos sem volteio.

O arejamento poderá diminuir a emissão de N_2O durante a compostagem mas aumentar a emissão de NH_3 e quanto maior a dimensão da pilha, maior o número de locais no seu interior com anaerobiose. Por isso, a dimensão das pilhas de compostagem poderá alterar o tipo de emissões que se produzem (Fukumoto *et al.*, 2003). Contudo, os principais responsáveis pelas perdas de N durante o processo de compostagem, para além da intensidade com que se realizam as trocas gasosas com o exterior, são a baixa razão C/N dos materiais originais, o elevado pH e a elevada temperatura que ocorre durante a fase termófila da

compostagem (Sommer & Moller, 2000; Raviv *et al.*, 2004). O pH durante a compostagem da FSC é função do pH da FSC original, da concentração de bicarbonatos na FSC (muito utilizados na alimentação intensiva dos bovinos leiteiros em Vila do Conde), da concentração de CO₂ e da concentração de ácidos gordos voláteis (Angelidaki & Ahring, 1993).

Considerando que as características físicas das pilhas de compostagem são responsáveis pela criação de condições aeróbias ou anaeróbias, que determinam a actividade metabólica e a temperatura no seu interior, é necessário estudar e definir o processo de compostagem que melhor contribui para conservar o N nas pilhas de modo a aumentar o valor agronómico do composto final prevenindo, simultaneamente, a poluição atmosférica. Particularmente nas condições de pH alcalino, elevada concentração de matéria orgânica (MO) e elevadas temperaturas que ocorrem durante a compostagem da FSC (Brito, 2004) que propiciam a acumulação e a volatilização de N na forma de amoníaco. Neste estudo, a FSC de duas explorações leiteiras do

concelho de Vila do Conde, com diferente teor de humidade, foi compostada com e sem volteio, em pilhas com dimensões e coberturas diferentes, com a finalidade de avaliar periodicamente as características químicas dos compostos e de quantificar as perdas de matéria orgânica nas diferentes condições experimentais, com o objectivo de obter um produto final de elevada qualidade e rico em azoto.

MATERIAL E MÉTODOS

Construíram-se 16 pilhas, 8 com a FSC de uma exploração leiteira da freguesia de Outeiro Maior e 8 com a FSC de uma exploração da freguesia de Fajoses do concelho de Vila do Conde (Quadro 1). As máquinas separadoras utilizadas na extracção da FSC, ambas baseadas na pressão provocada por um sem-fim que impulsiona os sólidos para a extremidade frontal da máquina, enquanto a fracção líquida atravessa um crivo que rodeia o sem-fim, variaram muito de rendimento. Na primeira exploração o rendimento da máquina foi

QUADRO 1 - Modalidades dos ensaios experimentais com a fracção sólida do chorume

Origem da FSC	Local	Volteio	Tipo de cobertura
Outeiro Maior	Exterior	Com volteio	Poliétileno
		Sem volteio	Tela geotextil
	Interior de um túnel de poliétileno	Com volteio	Poliétileno
		Sem volteio	Tela geotextil
		Com volteio	Poliétileno
		Sem volteio	Tela geotextil
Fajoses	Exterior	Com volteio	Poliétileno
		Sem volteio	Sem cobertura
	Interior de um túnel de poliétileno	Com volteio	Poliétileno
		Sem volteio	Sem cobertura

inferior em trabalho ($1 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$) em comparação com a segunda ($3 \text{ m}^3 \text{ hora}^{-1}$) e foi inferior no teor de humidade obtida (Quadro 2).

Metade das pilhas iniciaram-se com 15 m^3 ao ar livre, 4 cobertas com um filme de polietileno preto e 4 com uma tela geotextil "toptex", o qual, não permite a infiltração de água mas possibilita as trocas gasosas com o exterior. As restantes 8 pilhas, com 5 m^3 , foram cobertas com polietileno ou descobertas no interior de um túnel de polietileno. Metade das pilhas foram iniciadas a 6 de Dezembro de 2004 e sofreram 5 volteios, enquanto que as restantes pilhas não sofreram qualquer volteio e foram iniciadas a 10 de Janeiro de 2005. Todas as pilhas foram colocadas sobre uma tela de polietileno para impedir a entrada de terra durante o volteio. O volteio realizou-se com a pá frontal de um tractor nas pilhas de 15 m^3 e manualmente nas pilhas de 5 m^3 , aos 14, 28, 56, 84 e 133 dias após o início da compostagem.

A temperatura no centro das pilhas e a temperatura do ar foi monitorizada em cada minuto com termístores (tipo ST1, Delta-T Devices), sendo os valores médios horários registados com um registador de dados (Delta-T Devices). Com base nestes registos calcularam-se as médias diárias e a acumulação térmica no interior de cada pilha.

Realizaram-se oito colheitas de quatro amostras por cada pilha de 15 m^3 e três amostras de cada pilha de 5 m^3 nos seguintes dias de compostagem: 0, 7, 14, 28, 56, 84, 133 e 154 nas pilhas com volteio e 0, 7, 14, 28, 56, 112, 154 e 182 nas pilhas sem volteio. Recorreram-se às normas europeias (CEN, 1999) para a determinação das seguintes características: humidade, com base em 50 g de material original (EN 13040); pH por potenciometria (Methrohm-632) utilizando extractos de 60 cm^3

de amostra por 300 ml de água (EN 13037); condutividade eléctrica dos extractos aquosos obtidos de acordo com a norma do pH (1+5, v/v), após filtragem (EN 13038), com um condutivímetro (Crison-CDTM/522), e os resultados ajustados à temperatura de 25°C ; matéria orgânica (MO), por calcinação numa mufla (Heraeus-MR170E) a 550°C durante 4 horas (EN 13039); e azoto (N) Kjeldahl modificado (EN 13654) (com um digestor Gerhardt-KT12S e uma unidade de destilação Vadopest-3). A MO e o N reportam-se à matéria seca (MS).

A relação C/N foi calculada pelo quociente entre a concentração de carbono e a concentração de azoto. A concentração de carbono total, destinado ao cálculo da relação C/N, foi calculada pela fracção entre a concentração da matéria orgânica e a constante 1,8 (Gonçalves e Baptista, 2001). As perdas de MO (%) foram calculadas pela fórmula: $100 - 100 [X_1 (100 - X_2)] / [X_2 (100 - X_1)]$ em que X_1 e X_2 representam a percentagem de cinzas no início e no fim de um período de compostagem (Paredes *et al.*, 2000). As perdas de MO durante a compostagem foram ajustadas a equações exponenciais simples, utilizando o programa SPSS versão 11.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fase termófila ($> 50^\circ\text{C}$) da compostagem iniciou-se pouco tempo depois da construção das pilhas e prolongou-se por um a dois meses, consoante as condições físicas dos materiais em compostagem (Figura 1).

As pilhas cobertas com a tela geotextil e as pilhas descobertas no interior do túnel alcançaram temperaturas mais elevadas na fase termófila da compostagem, em comparação com as pilhas cobertas com o fil-

me de polietileno preto, porque beneficiaram com a difusão do oxigénio (Figura 1). Nas pilhas de maior dimensão cobertas com polietileno, as temperaturas foram ligeiramente superiores com a FSC que possuía inicialmente menor teor de humidade (Outeiro Maior). O mesmo não se verificou nas pilhas destapadas onde a evaporação ocorreu com maior facilidade.

Devido à fácil degradação da MO da FSC verificou-se que mesmo em pilhas de pequena dimensão foi possível alcançar rapidamente temperaturas elevadas no seu interior, as quais terão acelerado a hidrólise das principais moléculas estruturantes da FSC, designadamente, proteínas, gorduras, e celulose, e terão possibilitado a higienização do produto final, e a perda de viabilidade das sementes de infestantes.

Após cada volteio, verificaram-se aumentos de temperatura que foram mais evidentes nas pilhas descobertas ou cobertas com tela geotextil, em comparação com as pilhas cobertas com polietileno (Figura

1). Na generalidade das pilhas, a temperatura diminui para valores pouco superiores à temperatura do ambiente exterior ao fim de 3 meses, indicando o fim do período mais activo da compostagem, sem prejuízo da existência de um período mais prolongado de maturação do composto.

A percentagem de humidade média das pilhas da FSC de Outeiro Maior variou entre 67% e 72% e de Fajoses entre 75% e 76% no início da compostagem e manteve-se, ou aumentou, na generalidade das pilhas cobertas durante a fase termófila da compostagem (Quadro 2). Este facto significa que a evaporação de água nestas pilhas não compensou a volatilização do carbono mineralizado (perda de matéria seca) e/ou a produção de água resultante do processo de mineralização da matéria orgânica. A excepção verificou-se nas pilhas descobertas e portanto mais arejadas, onde a percentagem de humidade diminuiu para valores próximos de 60%.

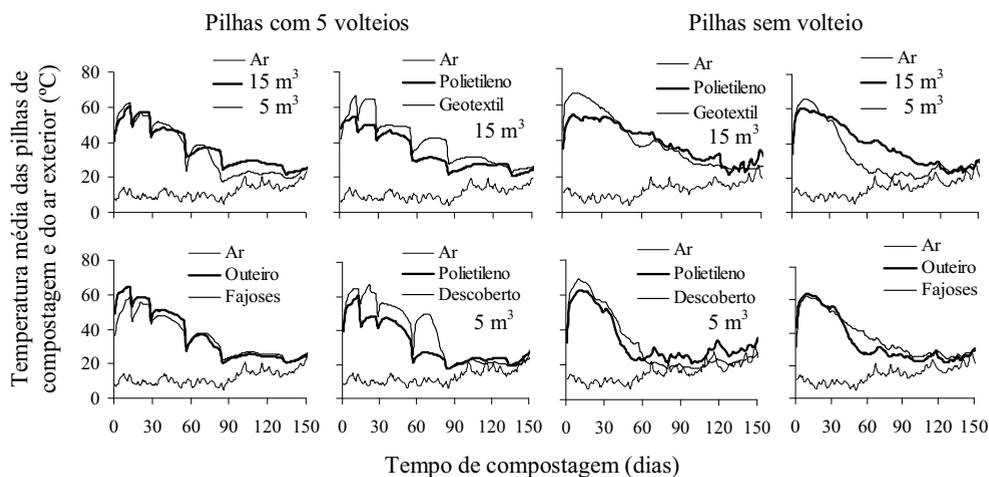


Figura 1 - Evolução da temperatura média (°C) do interior das pilhas e do ar exterior às pilhas de compostagem, em função do tempo de compostagem (dias) da fracção sólida do chorume. As pilhas incluíram diferentes origens (freguesias de Outeiro e Fajoses), dimensões (5 m³ e 15m³), tipos de coberturas (polietileno, tela geotextil e descoberto), com e sem volteio durante a compostagem

QUADRO 2 - Humidade (%), pH e condutividade eléctrica (dS m⁻¹) das médias das pilhas de compostagem com diferentes dimensões (15 m³ e 5 m³), origens (Outeiro Maior e Fajoses) e coberturas (polietileno, tela geotextil, ou descoberto) e com diferentes tempos de compostagem (dias)

Tempo (dias)	Pilhas com volteio								Pilhas sem volteio							
	0	7	14	28	56	84	133	154	0	7	14	28	56	112	154	182
Humidade (%)																
15 m ³	71	74	74	72	75	81	81	81	73	75	71	74	73	76	76	78
5 m ³	71	73	74	73	71	74	73	69	73	74	72	69	68	72	65	72
Outeiro	67	72	72	72	73	78	78	75	72	73	69	67	64	71	63	69
Fajoses	76	74	76	73	73	77	76	75	75	77	75	76	77	77	78	81
Polietileno	71	73	75	76	82	84	83	83	73	75	73	75	73	79	80	82
Geotextil	71	73	72	68	67	79	79	78	73	75	69	72	72	73	68	74
Descoberto	71	73	74	70	62	63	63	56	73	74	71	65	64	64	54	63
pH																
15 m ³	8,9	8,6	8,3	9,1	9,0	8,8	8,8	8,4	9,0	6,9	7,4	8,8	8,9	8,9	8,0	7,9
5 m ³	8,9	8,6	8,7	9,1	8,9	8,6	8,2	8,1	9,0	7,6	8,0	9,1	8,9	8,8	8,5	7,7
Outeiro	9,0	8,6	8,6	9,1	8,9	8,6	8,2	8,0	9,0	7,1	8,0	9,2	9,0	9,1	8,3	7,7
Fajoses	8,8	8,5	8,4	9,1	9,1	8,8	8,8	8,5	9,0	7,5	7,4	8,8	8,8	8,6	8,2	7,9
Polietileno	8,9	8,4	8,3	9,0	8,9	8,7	8,5	8,4	9,0	7,3	7,5	8,9	8,9	9,0	7,9	7,5
Geotextil	8,9	8,7	8,8	9,1	9,2	8,9	8,7	8,0	9,0	6,6	8,1	8,9	8,9	8,7	8,8	8,3
Descoberto	8,9	8,8	8,6	9,3	8,9	8,7	8,2	8,1	9,0	7,9	7,8	9,2	8,9	8,7	8,4	7,9
Condutividade eléctrica (dS m ⁻¹)																
15 m ³	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	1,0	0,8	1,4	1,1	0,9	0,9	0,9	1,0	1,1
5 m ³	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	1,2	0,8	1,2	1,0	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
Outeiro	0,6	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,7	1,0	0,7	1,1	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8
Fajoses	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	1,1	1,0	1,6	1,4	1,1	1,1	1,2	1,2	1,3
Polietileno	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,9	0,8	1,3	1,1	0,9	0,8	0,8	1,1	1,1
Geotextil	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	0,7	1,2	0,8	1,6	1,1	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0
Descoberto	0,7	0,6	0,7	0,6	0,9	1,1	1,0	1,3	0,8	1,2	1,0	0,6	0,8	0,8	0,9	0,9

O pH manteve-se geralmente entre 8,5 e 9,0 nas pilhas de compostagem com volteio, sem diferenças evidentes ao longo do tempo de compostagem, ou em função da técnica de compostagem, com a excepção de uma ligeira diminuição de pH verificada no final da compostagem e que poderá estar relacionada com a nitrificação. No entanto, nas pilhas sem volteio, verificou-se um abaixamento de pH nas primeiras duas semanas de compostagem, mais acentuado nas pilhas de maiores dimensões (Quadro 2).

Angelidaki & Ahring (1993) também não encontraram grandes alterações de pH durante a digestão do chorume bovino e evidenciaram que tal foi devido ao elevado poder tampão do chorume e à interacção entre amoníaco livre, ácidos gordos voláteis e o pH. O elevado pH, como já se refe-

riu, é inconveniente durante o processo de compostagem porque pode provocar o aumento das perdas de azoto na forma de amoníaco. De acordo com Tchobanoglous *et al.* (1993) para minimizar estas perdas o pH da FSC em compostagem não deveria ter excedido 8,5.

A condutividade eléctrica dos extractos aquosos variou entre 0,5 e 1,5 dS m⁻¹ para o conjunto das pilhas e foi geralmente superior na FSC de Fajoses onde ultrapassou frequentemente 1 dS m⁻¹, em comparação com a FSC de Outeiro Maior, onde este valor só foi alcançado no final da compostagem (Quadro 2).

A concentração de MO na MS diminuiu rapidamente nos primeiros 3 meses de compostagem nas pilhas com volteio (Figura 2). Posteriormente, estabilizou nas pilhas descobertas e diminuiu lenta-

mente nas pilhas cobertas, indicando uma forte redução nos materiais orgânicos facilmente biodegradáveis entre os 3 e 5 meses de compostagem.

A degradação da MO foi mais rápida nas pilhas com volteio que possuíam um teor inicial mais elevado de matéria seca (Outeiro Maior) e nas pilhas de menor dimensão, contudo a concentração de MO foi semelhante em todas as pilhas após 5 meses compostagem (Figura 2).

A concentração de N na MS aumentou quase linearmente com a diminuição da MO durante a fase termófila da compostagem nas pilhas com volteio (Figura 2) enquanto a razão C/N diminuiu rapidamente de valores próximos de 40 no início da compostagem, para valores próximos de 10 no final da compostagem, indicando assim um elevado grau de estabilização do composto final (Zucconi & Bertoldi, 1987; Bernal *et al.*, 1998).

A diminuição da razão C/N teve uma forte relação com a diminuição da concentração de MO e uma relação ainda maior com o aumento da concentração de N, obtendo-se um elevadíssimo coeficiente de determinação quando se expressou esta última relação através de uma equação de potência negativa (Figura 3).

A rápida degradação da MO nas pilhas com volteio foi responsável pelo aumento também mais rápido da concentração de N ao longo da compostagem nestas pilhas, onde se atingiu os 3% de N ao fim de 2 meses (Figura 4), em comparação com as pilhas sem volteio onde aquela concentração de N só foi atingida ao fim de 5 meses.

A razão C/N diminuiu mais rapidamente nas pilhas com volteio, onde a concentração de N aumentou também mais rapidamente (Figura 4), em comparação com as pilhas sem volteio, nas quais, a razão C/N foi também fortemente dependente da

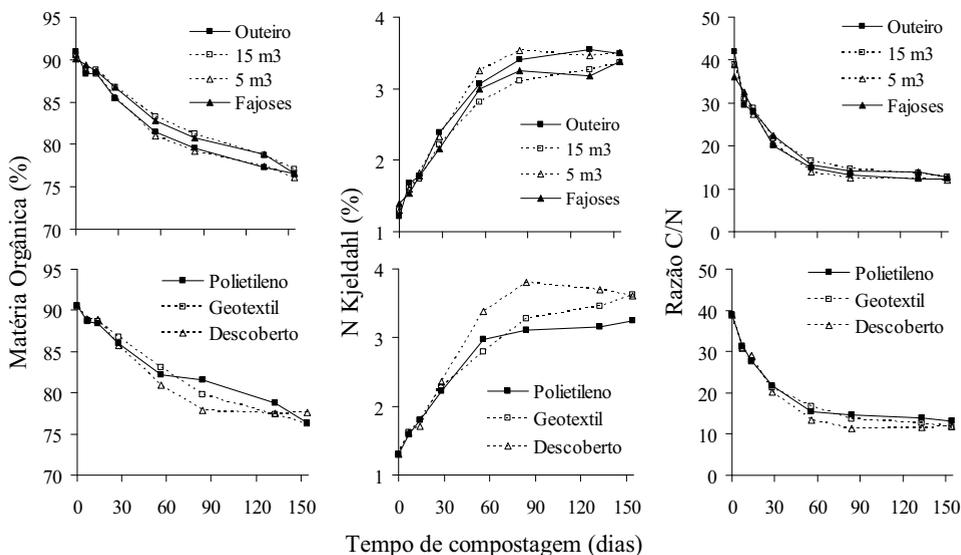


Figura 2 - Evolução da matéria orgânica (%), azoto Kjeldahl (%) e razão C/N das médias das pilhas com volteio de compostagem, em função do tempo de compostagem (dias) da fracção sólida do chorume. As pilhas incluíram diferentes origens (freguesias de Outeiro e Fajoses), dimensões (5 m³ e 15m³) e tipos de coberturas (polietileno, tela geotextil e descoberto)

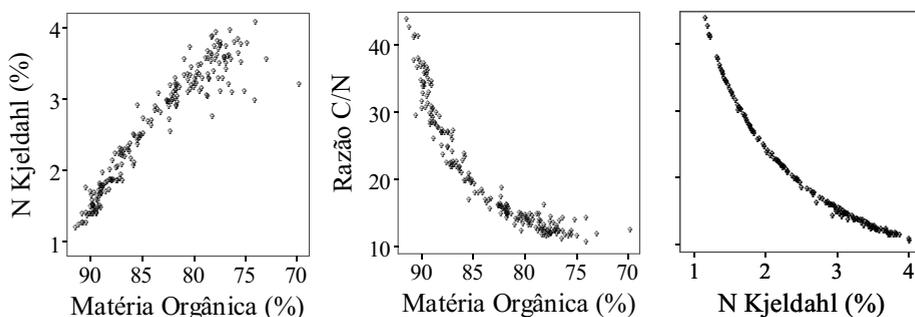


Figura 3 - Relação entre a concentração de matéria orgânica (%), azoto Kjeldahl (%) e razão C/N das médias das pilhas de compostagem da fracção sólida do chorume com volteio. As pilhas incluíram diferentes origens (freguesias de Outeiro e Fajoses), dimensões (5 m³ e 15m³) e tipos de coberturas (polietileno, tela geotextil e descoberto)

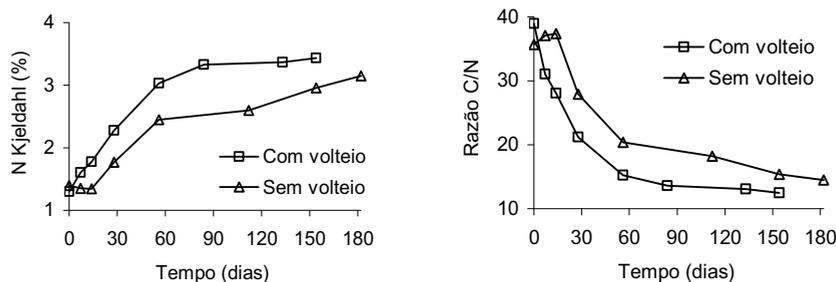


Figura 4 - Concentração de N Kjeldahl (%) e razão C/N das médias das pilhas de compostagem da fracção sólida do chorume com volteio e sem volteio

concentração de N quando se expressou esta relação através de uma equação de potência negativa:

$$(C/N = 51,95 N^{-1,1289}, R^2 = 0,9981 ***).$$

A mineralização da MO foi estimada pelas perdas de MO e obedeceu a uma cinética de 1^a ordem que pode ser expressa pela seguinte equação:

$$MO_m = MO_0 (1 - e^{-kt}).$$

Em que, MO_m representa a matéria orgânica (%) mineralizada no tempo t (dias); MO_0 a matéria orgânica potencialmente mineralizável e k a taxa de mineralização.

A Figura 5 revela que mais de metade da matéria orgânica das pilhas com volteio foi mineralizada num período de 3 meses de compostagem, mais rapidamente nas pilhas de menor dimensão e nas pilhas com menor teor de humidade inicial (Outeiro Maior). Também para a generalidade das modalidades de compostagem ensaiadas verificou-se que aproximadamente 2/3 do total da matéria orgânica inicial destas pilhas eram facilmente mineralizáveis.

A diminuição da concentração de MO e o aumento da concentração de N nas pilhas sem volteio foi semelhante à que se verificou nas pilhas com volteio, mas o processo

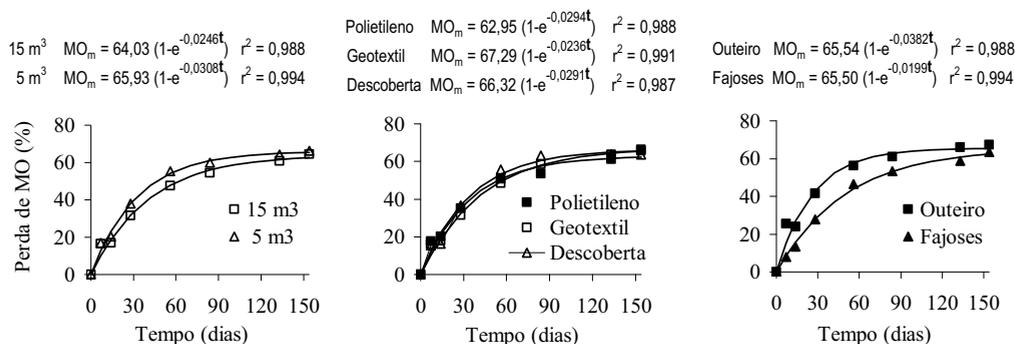


Figura 5 - Perdas de matéria orgânica (%) das médias das pilhas de compostagem da fracção sólida do chorume com volteio. As pilhas incluíram diferentes origens (freguesias de Outeiro e Fajoses), dimensões (5 m³ e 15 m³) e tipos de coberturas (polietileno, tela geotextil e descoberto)

de compostagem decorreu mais lentamente quando não se reviraram as pilhas (Figura 6). O facto da MO ter sido mineralizada a uma taxa superior nas pilhas com volteio ($k = 0,0277$), em comparação com as pilhas sem volteio ($k = 0,0092$), pode ser explicado pelo aumento do arejamento provocado pelo volteio, o que permitiu aumentar a concentração de oxigénio no interior das pilhas, aumentando assim a actividade metabólica dos microrganismos e a velocidade do processo de compostagem. As perdas de MO durante a compostagem da FSC foram semelhantes às perdas (46% a 62%) referidas por Eghball *et al.* (1997) durante a compostagem de estrume bovino.

A concentração média de N nas pilhas com volteio atingiu o valor máximo no final da fase termófila da compostagem, não aumentando com a maturação do composto entre os 3 e os 5 meses de compostagem. Isto sugere que a maior concentração de N disponível no solo poderá também ser alcançada, como foi indicado por Levanon & Pluda (2002), com os compostos da FSC obtidos imediatamente após a fase termófila da compostagem. Em todas as pilhas a percentagem de N no composto final foi

muito superior à concentração de N (1,5%) da maioria dos compostos comerciais produzidos em climas quentes (Hadas & Portnoy, 1997).

$$\text{Com volteio } MO_m = 64,78 (1-e^{-0,0277t}) \quad r^2 = 0,991$$

$$\text{Sem volteio } MO_m = 67,46 (1-e^{-0,0092t}) \quad r^2 = 0,966$$

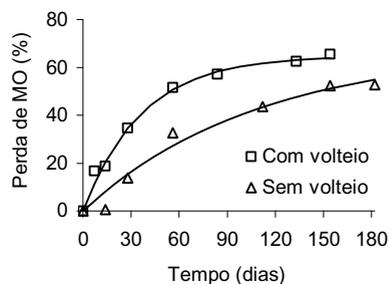


Figura 6 - Perdas de matéria orgânica (%) das médias das pilhas de compostagem da fracção sólida do chorume com volteio e sem volteio. As pilhas incluíram diferentes origens (freguesias de Outeiro e Fajoses), dimensões (5 m³ e 15 m³) e tipos de coberturas (polietileno, tela geotextil e descoberto)

Considerando que nas pilhas com volteio, em média, a concentração de N (Figura 4) aumentou de forma semelhante

às perdas de MO (Figura 6), atingindo, no final da compostagem, níveis três vezes superiores aos iniciais quando, para o mesmo período de tempo, a matéria orgânica ficou reduzida a aproximadamente 1/3 da inicial, conclui-se que as perdas de N foram mínimas durante a compostagem nestas pilhas. Nas pilhas sem volteio verificou-se, também, que a perda de N foi muito reduzida porque a concentração de N duplicou (Figura 4) quando a perda de MO se aproximou de 50% da massa original (Figura 6).

CONCLUSÕES

A FSC pode ser compostada com perdas mínimas de N em pilhas com um número reduzido de volteios, já que aqui a concentração de N aumentou proporcionalmente à redução de MO. As pilhas destapadas ou cobertas com a tela geotextil permitiram alcançar temperaturas superiores durante a compostagem, mas a diminuição de humidade só se verificou nas pilhas destapadas.

Devido à fácil degradação da MO da FSC verificou-se que, mesmo em pilhas de pequena dimensão, foi possível alcançar rapidamente temperaturas elevadas, as quais possibilitam a eliminação de agentes patogénicos e de sementes de infestantes no produto final.

Nas pilhas com volteio, mais de metade da matéria orgânica da FSC original foi mineralizada num período de 3 meses de compostagem, mais rapidamente nas pilhas de menor dimensão e nas pilhas com menor teor de humidade inicial. Contudo, as perdas de MO foram semelhantes em todas as pilhas no final da compostagem.

As pilhas com volteio alcançaram concentrações de N na matéria seca superior-

res às das pilhas sem volteio porque com os volteios a matéria orgânica foi mais rapidamente mineralizada, o que permitiu que o N se concentrasse na matéria restante.

As elevadas temperaturas alcançadas na fase termófila da compostagem, a elevada concentração de N e de MO, em acréscimo com a baixa condutividade eléctrica e o carácter alcalinizante dos compostos finais, evidencia que a compostagem da FSC em pilhas estáticas com um número reduzido de volteios, pode ser conduzida de forma a obter um produto final de elevada qualidade.

AGRADECIMENTOS

Este estudo realizou-se com o apoio dos fundos estruturais da União Europeia, através do projecto nº 794 do PO AGRO, INIAP, MADRP.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amon, B., Amon, T., Boxberger, J. & Alt, C. 2001. Emissions of NH₃, N₂O and CH₄ from dairy cows housed in a farmyard manure tying stall. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60** (1-3): 103-113.
- Angelidaki, I. & Ahring, B.K. 1993. Thermophilic anaerobic digestion of livestock waste: the effect of ammonia. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **38**: 560-564.
- Bernal, M.P., Paredes, C., Sánchez-Monedero, M.A., & Cegarra, J. 1998. Maturity and stability parameters of compost prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresour. Technol.*, **63**: 91-99.
- Brito, L.M. 2004. Compostagem de resíduos sólidos da pecuária leiteira intensi-

- va, com objetivos ambientais. *Revista Industria e Ambiente*, **35**: 14-19.
- CEN. 1999. *European Standards - soil improvers and growing media*. European Committee for Standardization.
- Eghball, B., Power, J.F., Gilley, J.E. & Doran, J. W. 1997. Nutrient, carbon, and mass loss during composting of beef cattle feedlot manure. *J. Environ. Qual.*, **26**: 189-193.
- Fukumoto, Y., Osada, T., Hanajima, D. & Haga, K. 2003. Patterns and quantities of NH₃, N₂O and CH₄ emissions during swine manure composting without forced aeration-effect of compost pile scale. *Bioresour. Technol.*, **89** (2): 109-14.
- Gonçalves, M.S. & Baptista, M. 2001. *Proposta de Regulamentação Sobre Qualidade do Composto para Utilização na Agricultura*. Laboratório Químico Agrícola Rebelo da Silva, INIA, MADRP, Lisboa.
- Hadas, A. & Portnoy, R. 1997. Rates of decomposition in soil and release of available nitrogen from cattle manure and municipal waste compost. *Compost Sci. Util.*, **53**: 48-54.
- Hao, X. & Chang, C. 2001. Gaseous NO, NO₂, and NH₃ loss during cattle feedlot manure composting. *Phyton-annales Rei Botanicae*, **41** (3): 81-93.
- Levanon, D. & Pluda, D. 2002. Chemical, physical and biological criteria for maturity in composts for organic farming. *Compost Sci. Util.*, **10** (4): 339-346.
- Paredes C., Roig A., Bernal M.P., Sánchez-Monedero M.A., & Cegarra J. 2000. Evolution of organic matter and nitrogen during co-composting of olive mill wastewater with solid organic wastes. *Biol. Fertil. Soils*, **20**: 226-236.
- Raviv, M., Medina, S., Krasnovsky, A. & Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Sci. Util.*, **12** (1): 6-10.
- Shi, W., Norton, J.M., Miller, B.E. & Pace, M.G. 1999. Effects of aeration and moisture during windrow composting on the nitrogen fertilizer values of dairy waste composts. *Appl. Soil Ecology*, **11** (1): 17-28.
- Sommer, S.G. & Moller, H.B. 2000. Emission of greenhouse gases during composting of deep litter from pig production - effect of straw content. *J. Agric. Sci., Camb.*, **134**: 327-335.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. & Vigil, S.A. 1993. *Integrated Solid Waste Management: Engineering Principles and Management Issues*. McGraw-Hill, series in water resources and environmental engineering.
- Tiquia, S.M. & Tam, N.F.Y. 2000. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. *Environ. Pollution.*, **110**: 535-541.
- Zucconi, F. & Bertoldi, M. 1987. Composts specifications for the production and characterization of composts from municipal solid waste. In Bertoldi, M. de, Ferranti, M. P., L'Hermite, P. & F. Zucconi (eds) *Compost: Quality and Use*, pp. 30-50. Elsevier Applied Science, London.