

**Produção de Adubos Orgânicos  
a partir da Compostagem dos Resíduos  
da Manutenção da Área Gramada  
do Aeroporto Internacional do  
Rio de Janeiro**



**República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*  
Presidente

**Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*  
Ministro

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**

**Conselho de Administração**

*Luis Carlos Guedes Pinto*  
Presidente

*Clayton Campanhola*  
Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*

*Ernesto Paterniani*

*Hélio Tollini*

*Marcelo Barbosa Saintive*

Membros

**Diretoria-Executiva**

*Clayton Campanhola*  
Diretor-Presidente

*Gustavo Kauark Chianca*

*Herbert Cavalcante de Lima*

*Mariza Marilena T. Luz Barbosa*

Diretores-Executivos

**Embrapa Solos**

*Celso Vainer Manzatto*  
Chefe Geral

*Alúcio Granato de Andrade*

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*David Dias Moreira Filho*

Chefe Adjunto de Administração



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro Nacional de Pesquisa de Solos  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ISSN 1678-0892

Dezembro, 2004

## ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 50***

### **Produção de Adubos Orgânicos a partir da Compostagem dos Resíduos da Manutenção da Área Gramada do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro**

Vinícius de Melo Benites  
Flávio Barbosa Bezerra  
Rondineli de Oliveira Mouta  
Igor Rodrigues de Assis  
Rojane Chapeta Santos  
Mauro da Conceição  
Alúcio Granato de Andrade

Rio de Janeiro, RJ  
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Solos**

Rua Jardim Botânico, 1.024 Jardim Botânico. Rio de Janeiro, RJ

Fone:(21) 2274.4999

Fax: (21) 2274.5291

Home page: [www.cnps.embrapa.br](http://www.cnps.embrapa.br)

E-mail (sac): [sac@cnps.embrapa.br](mailto:sac@cnps.embrapa.br)

**Supervisor editorial:** *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**Normalização bibliográfica:** *Cláudia Regina Delaia*

**Revisão de texto:** *André Luiz da Silva Lopes*

**Editoração eletrônica:** *Jacqueline Silva Rezende Mattos*

**1ª edição**

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Produção de adubos orgânicos a partir da compostagem dos resíduos da manutenção da área gramada do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro / Vinícius de Melo Benites... [et al.]. - Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2004.

21 p. - (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 50)

ISSN 1678-0892

1. Adubos Orgânicos - Compostagem. 2. Resíduos – Compostagem. 3. Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. I. Benites, Vinícius de Melo. II. Bezerra, Flávio Barbosa. III. Mouta, Rondineli. IV. Assis, Igor Rodrigues de. V. Santos, Rojane Chapeta Peixoto. VI. Conceição, Mauro da. VII. Andrade, Aluísio Granato de. VIII. Embrapa Solos (Rio de Janeiro). IX. Série.

CDD (21.ed.) 631.5

---

© Embrapa 2004

# Sumário

<b>Resumo</b> .....	<b>5</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Introdução</b> .....	<b>8</b>
<b>Material e Métodos</b> .....	<b>8</b>
Experimento de compostagem .....	8
Monitoramento das pilhas e coleta de amostras .....	10
Análises químicas e físicas .....	10
<b>Resultados e Discussão</b> .....	<b>11</b>
Monitoramento da temperatura, umidade, pH e condutividade elétrica .....	11
Características médias dos compostos após 82 dias de compostagem .....	13
Efeito da adição de uréia, de fosfato e de ativadores sobre os atributos analisados no composto após 82 dias. ....	14
Alterações nos teores de substâncias húmicas durante o processo ..	17
<b>Conclusões</b> .....	<b>18</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>19</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>19</b>

# **Produção de Adubos Orgânicos a partir da Compostagem dos Resíduos da Manutenção da Área Gramada do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro**

---

*Vinicius de Melo Benites<sup>1</sup>*

*Flávio Barbosa Bezerra<sup>2</sup>*

*Rondineli de Oliveira Mouta<sup>3</sup>*

*Igor Rodrigues de Assis<sup>4</sup>*

*Rojane Chapeta Santos<sup>2</sup>*

*Mauro da Conceição<sup>1</sup>*

*Aluísio Granato de Andrade<sup>1</sup>*

## **Resumo**

Neste trabalho foi avaliado o processo de compostagem de aparas de grama resultantes da manutenção dos gramados do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro. O processo foi conduzido em ambiente protegido, utilizando as aparas de grama como única fonte de matéria orgânica. Os tratamentos consistiram no uso de uréia, fosfato natural e ácido pirolenhoso. As pilhas de compostagem tiveram a umidade, temperatura, pH e condutividade elétrica monitorados durante todo o processo. Após 82 dias o composto foi considerado maduro e foram retiradas amostras para caracterização química e física. Os resultados indicaram que é possível produzir fertilizantes orgânicos de boa qualidade a partir de aparas de grama. A produção de adubos orgânicos a partir de aparas de grama representa uma boa perspectiva para o desenvolvimento da agricultura urbana, uma vez considerada a grande disponibilidade destes resíduos nas grandes cidades.

**Termos de indexação:** compostagem, adubos orgânicos, aparas de grama.

---

<sup>1</sup> Pesquisador Embrapa Solos, DSc, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro-RJ. CEP:22460-000.

<sup>2</sup> Técnico de Nível Superior, Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico, 1024, Jardim Botânico, Rio de Janeiro-RJ. CEP 22460-000.

<sup>3</sup> Estudante de Graduação em Eng. Química – PUC Rio.

<sup>4</sup> Estudante de Graduação em Eng. Ambiental – UFV.

# Organic Manure Production from the Grass Cuttings Composting on the Rio de Janeiro International Airport

---

## Abstract

*In this work the process of composting of grass cuttings, resultant of the maintenance of the lawns of the Rio de Janeiro International Airport was evaluated. The process was lead in protected environment, using grass cutting as only source of organic matter. The treatments had consisted of the use of urea, natural phosphate and pyroligneous acid. The stacks of composting had the humidity, temperature, pH and electric conductivity monitored during all the process. After 82 days the compost was considered mature and samples was taken for chemical and physical characterization. The results indicated that it is possible to produce organic manure of good quality using grass cuttings. The organic seasoning production from gram shavings represents a good perspective for the development of urban agriculture, a considering the great availability of these residues in the big cities.*

***Index terms:*** *composting, organic manure, grass cuttings.*

## Introdução

A compostagem é uma técnica que utiliza a atividade de microrganismos para a transformação de resíduos orgânicos, em especial aqueles compostos por material de origem vegetal, em adubos. As aparas de grama são resíduos com características apropriadas para a compostagem, em função do seu alto conteúdo de matéria orgânica, e dos baixos teores de metais pesados e outros contaminantes (Benites *et al.*, 2003a). No Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (AIRJ) cerca de 2 toneladas deste material são obtidas por dia, oriundas da manutenção das áreas gramadas da pista de pouso e adjacências, significando um potencial para a produção mensal de cerca de 60 toneladas de composto. Atualmente estes resíduos têm como destino o aterro sanitário ou áreas marginais dentro do próprio aeroporto. Estes valores representam a auto-suficiência da Infraero em relação a adubos orgânicos para fins de recuperação de áreas degradadas e ainda resulta em um excedente que pode ser utilizado na produção de mudas, manutenção dos parques e jardins e utilização em programas sociais, como hortas comunitárias e programas de agricultura urbana e periurbana.

O processo de compostagem envolve diferentes fases, cada qual representada por um grupo de microrganismos. Desta forma, grupos microbianos com diferentes mecanismos de ação sobre o substrato se sucedem, transformando aos poucos o material lignocelulósico original, e produzindo matéria orgânica humificada (Pereira Neto, 1996). Este processo pode apresentar diversas variações, influenciadas pela temperatura, aeração, constituição do material de origem, uso ou não de inóculos e ativadores, presença de nutrientes na formulação inicial entre outras. Todos os fatores podem ser controlados originando compostos com diferentes características e tempos de estabilização do processo.

Este trabalho tem como objetivo avaliar diferentes tratamentos para compostagem de aparas de grama e ainda otimizar as condições de compostagem visando a obtenção de um processo rápido, eficiente e eficaz de produção de fertilizantes orgânicos.

## Material e Métodos

### Experimento de compostagem

O experimento de compostagem foi conduzido em um galpão na área patrimonial da Infraero, protegido contra a chuva, durante o período de 80 dias (08/01/2004 a 30/

03/2004). Foram utilizadas aparas de grama, obtidas a partir da manutenção dos gramados do AIRJ, desintegradas ao tamanho de 5 a 10 cm (Quadro 1). Foi utilizado o procedimento de compostagem tradicional em pilhas, cada qual com 100 kg de aparas de grama (em matéria seca), constituindo cada pilha uma parcela experimental (Figura 1). Utilizou-se no delineamento experimental, um fatorial 2x2x3 com duas repetições, sendo doses de nitrogênio (0 e 500 g de uréia por pilha), doses de fósforo (0 e 8 Kg de fosfato reativo de rocha por pilha) e ativadores de compostagem a base de ácido pirolenhoso (ausência, Biopiroi<sup>®</sup> e Biopiroi 7M<sup>®</sup>), totalizando 12 tratamentos e 24 parcelas experimentais (Quadro 2).

**Quadro 1.** Características químicas da apara de grama, resultante da manutenção do gramado do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro (médias de 20 amostras).

	MO	C	N	C:N	Ca	Mg	P	K	S	Mn	Fe	Al	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd	Cr
	g kg <sup>-1</sup>										mg kg <sup>-1</sup>							
Média	920	415	11	38	4,2	1,3	0,5	10,7	1,2	258	289	520	2,9	49,6	<0,1	<0,1	0,5	2,3
Desvio	20	2	2	6	0,7	0,1	0,1	0,7	0,2	82	133	325	0,3	7,9	<0,1	<0,1	0,2	0,2

**Quadro 2.** Delineamento experimental utilizado na avaliação do efeito de diferentes aditivos sobre o processo de compostagem de aparas de grama.

Tratamentos	Uréia	Fosfato	Biopiroi <sup>®</sup>	Biopiroi 7M <sup>®</sup>	Rep. 1	Rep. 2
					n <sup>o</sup> da pilha	
000	-	-	-	-	4	14
001	-	-	250mL	-	7	17
002	-	-	-	250mL	11	22
010	-	8Kg	-	-	5	18
011	-	8Kg	250mL	-	3	21
012	-	8Kg	-	250mL	10	24
100	500g	-	-	-	12	23
101	500g	-	250mL	-	2	19
102	500g	-	-	250mL	9	15
110	500g	8Kg	-	-	6	20
111	500g	8Kg	250mL	-	1	16
112	500g	8Kg	-	250mL	8	13



**Fig. 1.** Visão geral do experimento de compostagem no primeiro dia (direita) e trinta dias após o início do processo (esquerda).

### **Monitoramento das pilhas e coleta de amostras**

As pilhas foram montadas no dia 08/01/2004 e reviradas duas vezes por semana visando a aeração e manutenção da umidade em torno de 60 %. Após cada revolvimento, foram retiradas amostras de cada pilha para medição de pH, condutividade elétrica e umidade. A temperatura de cada pilha foi tomada diariamente (pela manhã e pela tarde). Para as demais análises, foram selecionados seis períodos, representando diferentes etapas do processo de compostagem, identificados pelas variações dos atributos monitorados. Esses períodos corresponderam ao 1º, 6º, 21º, 35º, 49º e 82º dias após a montagem das pilhas, representando os tempos T0, T1, T2, T3, T4 e T5, respectivamente.

### **Análises químicas e físicas**

As amostras tomadas nos tempos selecionados foram secas a 65°C e moídas a 60 mesh. Foram determinados os teores de matéria orgânica por incineração à 550°C por cerca de 4 horas (Laboratório..., 1982), e alternativamente à 400 por 12 horas (Conceição *et al.*, 1999), e os teores de ácido húmico e fúlvico (Benites *et al.*, 2003b), em todas as amostras tomadas durante o processo. Foram obtidos os extratos aquosos das amostras de composto utilizando-se 5 g de composto extraídos em 50 mL de água e filtrados em filtro de nitrocelulose (0,45 µm). No extrato aquoso foram determinados: pH, condutividade elétrica, densidade óptica da solução (absorvância da solução em 665 nm), e fósforo solúvel por espectrometria de emissão por plasma acoplado indutivamente (ICP-OES). Elementos totais no extrato nitroperclórico foram determinados apenas nas amostras do T5 (Malavolta *et al.*, 1997).

Os resultados de todas as análises no T5 foram submetidas a análise de variância pelo teste F para avaliação do efeito dos fatores uréia, fosfato e ativadores sobre os atributos medidos.

## Resultados e Discussão

### Monitoramento da temperatura, umidade, pH e condutividade elétrica

Todas as pilhas atingiram a fase termofílica nas primeiras 24 horas após a montagem dos tratamentos. Algumas pilhas atingiram temperaturas superiores à 75°C indicando a intensa atividade microbiana neste material. Após o revolvimento e umedecimento das pilhas ocorreu o resfriamento das mesmas, porém as temperaturas retornaram ao patamar termofílico após cerca de 6 horas, o que ocorreu até o 38º dia após o início do experimento. Após esta data poucas oscilações na temperatura foram observadas após o revolvimento. Observou-se, contudo, uma grande variação de temperatura entre as pilhas e em uma mesma pilha, sem que essa variação pudesse ser relacionada a algum outro atributo avaliado (Figura 2). A umidade parece ter influenciado a atividade biológica e com isso a temperatura das pilhas entre o 12º e o 14º dia. Nesta fase ocorreu uma rápida secagem do material atingindo umidade inferior a 40% acompanhado de um decréscimo na temperatura média das pilhas. Após esta fase o teor de umidade foi elevado para cerca de 60% assim se mantendo até o final do experimento.

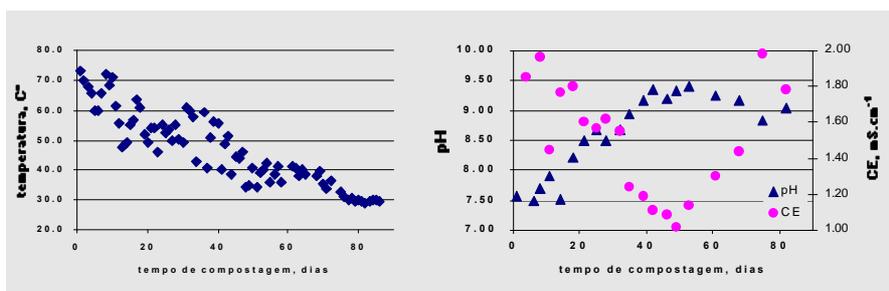


Fig. 2. Evolução da temperatura, pH e condutividade elétrica (CE) nas pilhas de compostagem (valores médios das 24 pilhas).

No início do processo, observou-se alguma dificuldade no umedecimento da grama uma vez que esta apresentava propriedades hidrofóbicas. Contudo, após o início da transformação do material, detectado pelo aumento dos teores de ácidos húmicos e pelo escurecimento do composto, tornou-se mais fácil a manutenção da umidade da pilha. Todo o processo foi conduzido sobre piso impermeável não havendo portanto perda de chorume. O umedecimento sempre foi feito tomando-se o cuidado de evitar a perda de matéria solúvel por percolação.

A granulometria da grama no início do processo de compostagem não se mostrou adequada havendo a necessidade de uma melhor desintegração do material. A granulometria grosseira dificultou o manuseio das pilhas, formando bolsões de material não decomposto em meio à massa do composto. Logo, recomenda-se que a grama seja triturada a tamanho inferior a 5 cm.

O pH das pilhas, inicialmente em torno de 7,5, aumentou de forma linear até o final da fase termofílica, em torno do 40º dia, e se manteve em torno de 9,0 (Figura 2). Estes elevados valores de pH podem estar relacionados à formação de grupos fenólicos durante o processo de biotransformação da lignina, ou ainda pelo aumento da concentração de sais. A predominância de grupos fenólicos em relação aos grupos carboxílicos nos ácidos húmicos extraídos de compostos orgânicos é conhecida (Niemeyer *et al.*, 1992, Mangrish *et al.*, 2000). Os grupos fenólicos têm seu pK entre 7 e 9, tamponando o sistema em valores de pH nesta faixa. A condutividade elétrica apresentou um decréscimo durante a fase termofílica provavelmente devido à intensa biodegradação de ácidos orgânicos de baixo peso molecular nesta fase, e posteriormente apresentou um acréscimo provavelmente devido ao aumento na concentração de sais pela perda por degradação do material orgânico (Figura 2).

Em relação ao tamanho da pilha, o mesmo mostrou-se adequado no início do processo, porém, com a transformação do material, observou-se uma redução de volume de cerca de 50% nos primeiros 50 dias de compostagem. Conseqüentemente, as pilhas após 50 dias atingiram um volume onde o processo de compostagem foi prejudicado e a decomposição de material ocorreu de forma lenta. Desta forma, para fins experimentais, recomenda-se a montagem de pilhas com o volume mínimo de 1,5 m<sup>3</sup> para que após o período de decomposição inicial a pilha continue apresentando um volume superior a 0,7 m<sup>3</sup>, o que parece ser um volume adequado para simular a compostagem em pilhas de tamanho comercial.

## Características médias dos compostos após 82 dias de compostagem

Os produtos obtidos após 82 dias de compostagem, em geral, apresentaram um aspecto escuro e odor típico de material vegetal decomposto. Entretanto, devido à grande quantidade de fibras, reconhecíveis visualmente, e a granulometria ainda grosseira, concluiu-se que a decomposição do material não foi completa, havendo a necessidade de uma fase adicional de maturação do composto ou de um processo complementar como a vermicompostagem. Outros experimentos encontram-se em andamento visando avaliar os efeitos do processo de vermicompostagem sobre a melhoria da qualidade do material resultante da compostagem.

Após o processo de compostagem, o teor médio de matéria orgânica reduziu de cerca de 92% para 66%, o que significa uma perda de massa em torno de 30% e relação ao peso inicial. Esses valores estão próximos aos valores encontrados por outros pesquisadores que trabalharam com a compostagem de resíduos lignocelulósicos (Pereira Neto, 1996, Wu *et al.*, 2000). Em relação aos macronutrientes, nota-se que o teor de N foi superior ao teor de P e K (Quadro 3) o que sugere que para a utilização destes compostos como fertilizantes orgânicos seria necessária uma complementação com fontes externas de P e K para promover um melhor balanço entre os macronutrientes. Após a compostagem os teores de N, P e K aumentaram em 100%, 2.000% e 50%, respectivamente. O alto incremento de P deveu-se à adição de fosfato natural. Observa-se que, embora a redução de massa tenha sido em torno de 30%, o aumento de N foi em torno de 100% o que sugere a possibilidade de ter ocorrido fixação de N durante o processo de compostagem. Observa-se que a utilização de doses de 1000 kg (em matéria seca) por hectare significa a adição de 22,3 kg de N, 24 kg de  $P_2O_5$  e 18,8 kg de  $K_2O$ . Quanto ao Ca e Mg, observa-se uma alta relação entre estes nutrientes (em torno de 8:1), indicando a necessidade de utilização de fonte adicional de Mg (Quadro 3), principalmente nos compostos que receberam o fosfato natural (Quadro 6). O teor de Ca aumentou em 600%, enquanto que o teor de Mg aumentou em 230% após a compostagem. Os maiores incrementos de Ca se deveram, em parte, à adição de fosfatos, os quais apresentam 35% de Ca em sua formulação. Os micronutrientes Zn, Cu e Mn tiveram seus teores aumentados em 300%, 500% e 50%, respectivamente, após a compostagem. Este aumento foi, em parte, devido à utilização de biopiról 7M, o qual contém estes micronutrientes em sua formulação. Os teores de metais pesados no composto pronto indicam tratar-se de um material de boa qualidade em relação aos padrões internacionais (Tyler *et al.*, 1994; Hogg *et al.*, 2002a-d). Contudo os teores de Cd ficaram próximos aos limites adotados pelas legislações mais restritivas como, por exemplo, a legislação

holandesa (Quadro 4). Grande parte do Cd presente nos compostos foi veiculada pelo fosfato natural utilizado e, portanto, recomenda-se cautela na escolha de fontes fosfatadas para o enriquecimento de composto.

**Quadro 3.** Valores médios de variáveis químicas e teores de elementos totais para todos as pilhas após 82 dias de compostagem.

	n	pH <sup>1</sup>	CE <sup>1</sup> mS cm <sup>-1</sup>	AH - gC kg <sup>-1</sup> -	AF	MO	N	P	K	S	Ca	Mg
----- g kg <sup>-1</sup> -----												
media	24	8,3	2,46	53,4	39,2	665	22,3	10,5	15,6	4,5	24,7	3,0
desvio	24	0,1	0,19	9,0	10,7	40	2,2	7,5	2,3	0,8	14,1	0,2
CV %		1	8	17	27	6	10	71	15	17	57	7
		P sol <sup>1</sup>	Mn	Fe	B	Zn	Cu	Co	Cr	Cd	Pb	Na
----- mg . kg <sup>-1</sup> -----												
media	24	14,7	404	3.802	32	161	15	0,7	15	1,8	2,0	1,7
desvio	24	2,5	67	646	11	31	1	0,7	9	0,9	3,3	0,7
CV %		17	17	17	36	19	9	99	58	48	163	40

**Quadro 4.** Valores limites de teor de metal pesado em composto orgânico, segundo a legislação holandesa.

Metal	Composto padrão	Composto de boa qualidade	
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
Cr	< 50	< 50	< 50
Ni	< 20	< 10	< 10
Cu	< 60	< 25	< 25
Zn	< 200	< 75	< 75
Cd	< 1	< 0,7	< 0,7
Hg	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Pb	< 100	< 65	< 65
As	< 15	< 5	< 5

### Efeito da adição de uréia, de fosfato e de ativadores sobre os atributos analisados no composto após 82 dias

A análise de variância dos 21 atributos determinados nas amostras de composto pronto (após 82 dias de compostagem) mostrou que não houve interação significativa entre os fatores (uréia, fosfato e biopiról). A partir desta constatação, repetiu-se a análise de variância, somando-se ao resíduo os graus de liberdade relativos às interações duplas e triplas entre os fatores. Este procedimento permite

maior precisão na análise do efeito relativo a cada um dos fatores (Pimentel Gomes, 1966), os quais serão discutidos separadamente a seguir.

A presença de uréia nas pilhas de compostagem não influenciou significativamente os atributos avaliados no material após 82 dias de compostagem com exceção do teor de nitrogênio (Quadro 5). Em média, os tratamentos que receberam 500 g de uréia por 100 kg de aparas de grama (em matéria seca) apresentaram um teor de nitrogênio 10% superior ao apresentado pelos tratamentos sem uréia (Quadro 6). A utilização de uréia na compostagem inviabiliza o uso do composto em sistemas de produção orgânicos. Desta forma, considerando que o efeito da adição de uréia foi pouco significativo sobre a qualidade final do composto, sugere-se a não utilização deste fertilizante nos ensaios posteriores. O nitrogênio contido na própria aparas de grama foi suficiente para desencadear o processo de decomposição biológica dispensando a utilização de fontes complementares de alta solubilidade.

O fosfato natural reativo influenciou significativamente atributos como densidade óptica e pH (Quadro 5) embora esse efeito tenha sido pouco expressivo em valores absolutos (Quadro 6). Os principais efeitos da adição de fosfato natural foram relativos aos teores de nutrientes e metais pesados. Os tratamentos que receberam

**Quadro 5.** Valores F e grau de significância dos fatores uréia, fosfato e Biopiról<sup>®</sup>, resultantes da ANOVA de 22 atributos determinados nas amostras após 82 dias de compostagem.

Variável	Uréia	Fosfato	Biopiról <sup>®</sup>	Variável	Uréia	Fosfato	Biopiról <sup>®</sup>
DO	0,6 <sup>ns</sup>	7,8 <sup>*</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	Psol	0,5 <sup>ns</sup>	0,0 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>
pH	1,7 <sup>ns</sup>	37,6 <sup>**</sup>	3,1 <sup>ns</sup>	S	1,5 <sup>ns</sup>	29,1 <sup>**</sup>	0,4 <sup>ns</sup>
CE	4,6 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>	0,7 <sup>ns</sup>	Mn	0,0 <sup>ns</sup>	7,5 <sup>*</sup>	0,1 <sup>ns</sup>
AH	0,2 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	0,9 <sup>ns</sup>	Fe	0,2 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>
AF	0,0 <sup>ns</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	2,3 <sup>ns</sup>	B	1,4 <sup>ns</sup>	33,4 <sup>**</sup>	10,8 <sup>*</sup>
MO	0,0 <sup>ns</sup>	1,6 <sup>ns</sup>	1,2 <sup>ns</sup>	Zn	0,0 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	24,0 <sup>**</sup>
N	28,4 <sup>**</sup>	67,7 <sup>**</sup>	1,7 <sup>ns</sup>	Cu	0,1 <sup>ns</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	14,3 <sup>**</sup>
P	0,1 <sup>ns</sup>	513,5 <sup>**</sup>	0,1 <sup>ns</sup>	Na	0,1 <sup>ns</sup>	296,9 <sup>**</sup>	0,4 <sup>ns</sup>
K	0,6 <sup>ns</sup>	9,3 <sup>*</sup>	0,6 <sup>ns</sup>	Cr	0,1 <sup>ns</sup>	254,5 <sup>**</sup>	0,4 <sup>ns</sup>
Ca	0,0 <sup>ns</sup>	445,2 <sup>**</sup>	0,2 <sup>ns</sup>	Cd	0,1 <sup>ns</sup>	461,2 <sup>**</sup>	0,2 <sup>ns</sup>
Mg	0,0 <sup>ns</sup>	44,4 <sup>**</sup>	3,3 <sup>ns</sup>	Al	0,0 <sup>ns</sup>	1,0 <sup>ns</sup>	0,3 <sup>ns</sup>

fosfato apresentaram em média teores cerca de cinco vezes superiores de fósforo total e três vezes superiores de cálcio em relação aos tratamentos sem fosfato. Este fertilizante apresenta em sua formulação 29% de fósforo total e 35% de cálcio. Embora o teor de fósforo total tenha aumentado, o teor de fósforo no extrato aquoso não foi afetado significativamente pela adição de fosfato. O processo de compostagem na forma e que foi conduzido não foi suficiente para a solubilização do fósforo conforme observado por outros autores (Guimarães *et al.*, 1997, Fang *et al.*, 1999, Branco *et al.*, 2001). Os teores de sódio, cromo e cádmio foram em média de duas a três vezes superiores aos teores determinados nos tratamentos sem fosfato (Quadro 6). Especialmente em relação ao cádmio, os teores determinados nas amostras de composto com fosfato ficaram bem próximos dos limites permitidos para utilização agrícola de resíduos orgânicos pelas legislações internacionais (Tyler *et al.*, 1994). A presença de metais pesados em fosfatos naturais tem sido relatada por diversos autores e está relacionada aos fatores de formação destas rochas (Lopes *et al.*, 1997).

**Quadro 6.** Valores médios por fonte de variação de atributos químicos e teores de elementos totais para todos as pilhas após 82 dias de compostagem.

Tratamento	n	pH <sup>1</sup>	CE <sup>1</sup>	AH	AF	COT	N	P	K	S	Ca	Mg
			mS.cm <sup>-1</sup>	- gC kg <sup>-1</sup> -		g kg <sup>-1</sup>						
Sem uréia	12	8,30a	2,37a	52,6a	39,4a	676a	21,3a	10,6a	15,9a	4,6a	24,7a	3,0a
Com uréia	12	8,32a	2,53a	54,2a	39,0a	655a	23,4b	10,4a	15,3a	4,3a	24,8a	3,0a
Sem fosfato	12	8,37a	2,47a	56,2a	40,9a	659a	23,9a	3,3a	16,9b	3,9a	11,2a	2,8a
Com fosfato	12	8,26b	2,43a	50,7a	37,5a	672a	20,7b	17,7b	14,4a	5,0b	38,3b	3,2b
Sem Biopírol	6	8,33a	2,46a	56,1a	36,8a	656a	22,0a	10,7a	15,4a	4,6a	25,3a	3,0a
Biopírol	6	8,33a	2,40a	54,0a	35,2a	683a	22,8a	10,4a	16,3a	4,3a	24,5a	3,1a
Biopírol 7M	6	8,28 <sup>a</sup>	2,50a	50,2a	45,5a	657a	22,1a	10,5a	15,2a	4,4a	24,4a	2,9a

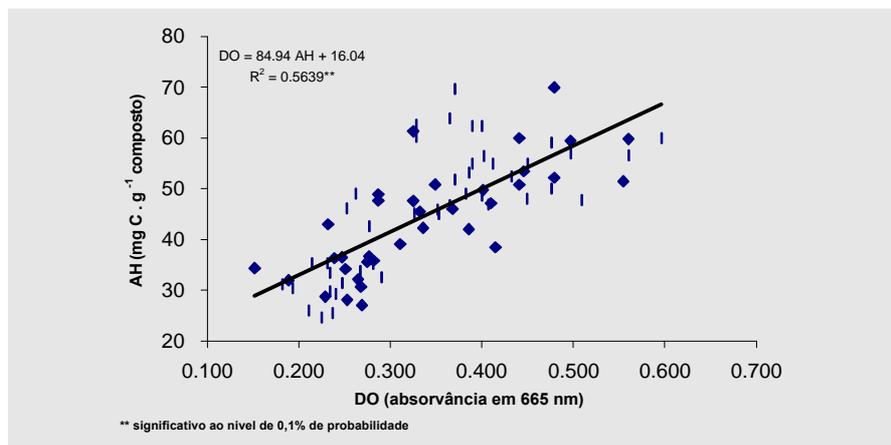
Tratamento	n	P sol <sup>1</sup>	Mn	Zn	B	Fe	Cu	Co	Cr	Cd	Pb	Na
		mg kg <sup>-1</sup>										
Sem uréia	12	14,4a	403a	161a	33a	3735a	15a	0,7a	15a	1,8a	1,8a	1,7a
Com uréia	12	15,1a	405a	160a	30b	3869a	14a	0,7a	15a	1,8a	2,3a	1,7a
Sem fosfato	12	14,7a	439b	156a	24a	3736a	14a	1,0a	7a	1,0a	2,2a	1,1a
Com fosfato	12	14,7a	369a	165a	39b	3868a	15a	0,4a	23b	2,6b	1,9a	2,4b
Sem Biopírol	6	14,4a	399a	140a	27a	3875a	13a	0,7a	15a	1,8a	1,4a	1,8a
Biopírol	6	13,8a	406a	145a	28a	3883a	14a	1,0a	16a	1,8a	1,8a	1,7a
Biopírol 7M	6	15,9a	407a	196b	40b	3649a	16b	0,5a	15a	1,8a	2,9a	1,7a

A adição de 250 mL de biopírol e de biopírol 7M às pilhas de compostagem não influenciou significativamente atributos como pH, substâncias húmicas e a cor do extrato solúvel (Quadro 5). Essa dose corresponde à 2500 ppm, equivalendo à aplicação de cerca de 5 litros de produto por hectare, considerando uma camada de 20 cm de espessura. Esses resultados sugerem que a aplicação desta dose de biopírol não interfere significativamente sobre a atividade microbiana, responsável pelo processo de decomposição de resíduos. A aplicação de Biopírol 7M, o qual contém alguns nutrientes como Zn, B, Mn, Cu, Mg, Fe e S, aumentou significativamente os teores totais de Zn, Cu e B no composto final, em média em 40, 50 e 25%, respectivamente, em relação aos tratamentos sem Biopírol (Quadro 6).

### **Alterações nos teores de substâncias húmicas durante o processo**

Os teores de ácido húmico aumentaram durante o processo de compostagem de 32 g kg<sup>-1</sup> para 70 g kg<sup>-1</sup>, em média, enquanto que os teores de ácido fúlvico aumentaram de 39 g kg<sup>-1</sup> para 35 g kg<sup>-1</sup>. Desta forma, a relação AH/AF aumentou de 0,8 para 2,2. Este resultado reflete o consumo de compostos orgânicos de baixo peso molecular durante a compostagem, os quais estão incluídos na fração ácido fúlvico, e produção de compostos de maior peso molecular, a partir da biotransformação da lignina e de mecanismos de síntese microbiana. Contudo, os teores de ácido húmico observados mostram que o processo apresentou baixa eficiência de humificação. Uma redução no tamanho de partícula do material original e o melhor controle de umidade das pilhas são medidas sugeridas para a otimização deste processo.

Observou-se uma correlação positiva significativa entre o teor de AH nas amostras de composto e a absorvância do extrato aquoso em 665 nm (Figura 3). Uma vez que a cor é um atributo de fácil obtenção, maiores estudos neste sentido devem ser conduzidos com o objetivo de desenvolver métodos expeditos que permitam estimar o teor de ácidos húmicos em amostras de composto.



**Fig. 3.** Correlação entre os teores de ácidos húmicos (AH) e a densidade ótica (DO) dos extratos aquosos de composto (valores das 24 pilhas nos tempos T1 a T4, n = 96).

## Conclusões

É possível produzir um composto de boa qualidade utilizando-se somente aparas de grama como fonte de matéria orgânica.

Uma usina de compostagem, utilizando somente os resíduos de manutenção dos gramados do Aeroporto Internacional do Rio de Janeiro, permite uma produção mensal de cerca de 60 toneladas de composto orgânico dentro dos padrões exigidos pelo Ministério da Agricultura para fertilizantes orgânicos (Instrução Normativa nº 15 – 22/12/2004).

Resíduos de aparas de grama em grandes centros urbanos representam um material com grande potencial para produção de adubos orgânicos, o que resulta numa maior disponibilidade de insumos para a agricultura urbana e periurbana e significa uma menor pressão sobre os aterros sanitários devido ao reuso destes resíduos.

## Agradecimentos

Agradecemos à Coordenadoria de Meio Ambiente da Infraero pelo apoio logístico e cessão da área experimental, e à Biocarbo Indústria e Comércio Ltda pelo apoio financeiro por meio do contrato de cooperação técnico financeira nº 25100.04/0001-0. Este trabalho é parcialmente financiado pela FAPERJ por meio do projeto de apoio à pesquisa nº E-26/170.514/2004.

## Referências Bibliográficas

BENITES, V. M.; GRANATO, A. A.; BEZERRA, F. B.; MACEDO, Z. C. **Levantamento e caracterização de resíduos orgânicos gerados no Aeroporto Internacional Antônio Carlos Jobim**: relatório técnico. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003a. 7 p.

BENITES, V. M.; MADARI, B.; MACHADO, P. L. O. **Fracionamento quantitativo de substâncias húmicas**: um procedimento simplificado e de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003b. 14 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 8).

CONCEIÇÃO; M.; MANZATTO, C. V.; ARAÚJO, W. S. A.; MARTIN-NETO, L.; SAAB, S. C.; CUNHA, T. J. F.; FLEIXO, A. A. **Estudo comparativo de métodos de determinação do teor de matéria orgânica em solos orgânicos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 5 p. (Embrapa Solos. Comunicado Técnico, 2).

BRANCO, S. M.; MURGEL, P. H.; CAVINTTO, V. M. Compostagem: solubilização biológica de rocha fosfática na produção de fertilizante organomineral. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 6, n.3, p.115 - 122, 2001.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

FANG, M.; WONG, J. W. C.; MA, K. K.; WONG, M. H. Co-composting of sewage sludge and coal fly ash: nutrient transformations. **Bioresource Technology**, Essex, v. 67, p.19-24, 1999.

GUIMARAES, G. L.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, De L. de; GUERRA, J. G. M.; AQUINO, A. M. de. Adição de fosfatos a vermicompostagem e avaliação do fornecimento de fósforo para o feijoeiro e milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 26., jul. 1997, Rio de Janeiro. **Resumos...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 1 CD-ROM.

HOGG, D.; BARTH, J.; FAVOINO, E.; CENTEMERO, M.; CAIMI, V.; AMLINGER, F.; DEVLIEGHER, W.; BRINTON, W.; ANTLER, S. **Review of compost standards in the Netherlands.** London: WRAP. Waste and Resource Action Programme, 2002a. 19 p. (Supplement 11). Disponível em: <http://www.gesource.ac.uk/roads/cgi-bin/fullrecordsql.pl?handle=1025015735-26408>.

HOGG, D.; BARTH, J.; FAVOINO, E.; CENTEMERO, M.; CAIMI, V.; AMLINGER, F.; DEVLIEGHER, W.; BRINTON, W.; ANTLER, S. **Review of compost standards in the Sweden.** London: WRAP. Waste and Resource Action Programme, 2002b. 21 p. (Supplement 14). Disponível em: <http://www.gesource.ac.uk/roads/cgi-bin/fullrecords>.

HOGG, D.; BARTH, J.; FAVOINO, E.; CENTEMERO, M.; CAIMI, V.; AMLINGER, F.; DEVLIEGHER, W.; BRINTON, W.; ANTLER, S. **Review of compost standards in the U.K.** London: WRAP. Waste and Resource Action Programme, 2002c. 33 p. (Supplement 15). Disponível em: <http://www.gesource.ac.uk/roads/cgi-bin/fullrecords>.

HOGG, D.; BARTH, J.; FAVOINO, E.; CENTEMERO, M.; CAIMI, V.; AMLINGER, F.; DEVLIEGHER, W.; BRINTON, W.; ANTLER, S. **Review of compost standards in the United States.** London: WRAP. Waste and Resource Action Programme, 2002d. 19 p. (Supplement 19). Disponível em: <http://www.gesource.ac.uk/roads/cgi-bin/fullrecords>

LABORATÓRIO NACIONAL DE REFERÊNCIA VEGETAL. **Normas técnicas para fertilizantes orgânicos:** manual de métodos. Brasília, 1982. 45 p.

LOPES, H. O. da S.; PEREIRA, G.; PEREIRA, E. A.; SOARES, W. V.; COSTA, M. de F.V. da; SANCHES, R. L. Avaliação dos níveis de metais pesados e do flúor em amostras de fosfato bicálcico e superfosfato triplo para nutrição animal. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34., 1997, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: SBZ, 1997. p. 462-465.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: EDUSP, 1997. 237 p.

MANGRISH, A. S.; LOBO, M. A.; TANCK, C. B.; WYPYCH, F., TOLEDO, E. B. S.; GUIMARÃES, E. Criterious preparation and characterization of earthworm-composts in view of animal waste recycling. Part I. Correlation between chemical, thermal and FTIR spectroscopic analyses of four humic acids from earthworm-composted animal manure. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, Campinas, v.11, n.2, p. 164-169, 2000.

NIEMEYER, J., CHEN, Y., BOLLAG, J. M. Characterization of humic acids, composts, and peat by diffuse reflectance Fourier-transform infrared spectroscopy. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 56, p. 135-140, 1992.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem**. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56 p.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 3.ed. Piracicaba, 1966. 419 p.

TYLER, M.; DIDDY, S.; ST. GERMAIN, J.; LOMBARD, S.; NIGHTINGALE, D. **Interim guidelines for compost quality**. Washington: Department of Ecology – Solid Waste Services Program, 1994. 74 p. (Publication, n. 94-38)

WU, L.; MA, L. Q.; MARTINEZ, G. A. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 29, p. 425-426, 2000.