

SEÇÃO IX - POLUIÇÃO DO SOLO E QUALIDADE AMBIENTAL

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE COMPOSTOS DE LIXO URBANO DE ALGUMAS USINAS BRASILEIRAS⁽¹⁾

M. S. CRAVO⁽²⁾, T. MURAOKA⁽³⁾ & M. F. GINÉ⁽³⁾

RESUMO

Uma das alternativas para diminuir o volume de lixo urbano a ser descartado é a compostagem, cujo produto - o composto - é utilizado na agricultura. Esses compostos podem apresentar substâncias tóxicas ao ser humano, a exemplo dos metais pesados. O objetivo deste trabalho foi avaliar as características químicas de compostos de lixo urbano de seis capitais brasileiras. Analisaram-se, também, amostras de esterco, calcário, superfosfato simples, KCl e uréia, para comparações com os compostos de lixo. Foram feitas determinações de M.O., C, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Mo, Zn, Fe, Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, Sr, Ti e V. As análises foram realizadas, em 1995, nos Laboratórios do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP. Houve diferenças nos teores de nutrientes entre os compostos, provavelmente devidas aos diferentes processos de compostagem, estando alguns deles acima dos níveis toleráveis em compostos na Alemanha. Os demais elementos analisados, incluindo os metais pesados, estão dentro da faixa observada em lodo de esgoto na Inglaterra. De acordo com a legislação alemã, o Pb, Cr, Ni e o Cd estão acima dos valores toleráveis para compostos de lixo. Na maioria dos compostos analisados, os teores totais de nutrientes foram menores do que no esterco, mas a concentração dos outros elementos, incluindo metais pesados, foi mais elevada do que no esterco. Embora os teores dos elementos avaliados nos compostos sejam os totais, é necessário cautela para seu uso, até que sejam obtidos resultados seguros sobre a "disponibilidade" desses elementos para as plantas.

Termos de Indexação: análise de composto de lixo urbano, nutrientes em composto de lixo, metais pesados.

⁽¹⁾ Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Curso de Ciências do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, desenvolvida com suporte financeiro da Fundação Banco do Brasil. Recebido para publicação em julho de 1997 e aprovado em junho de 1998.

⁽²⁾ Engenheiro-Agrônomo, Pesquisador em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas na Embrapa - Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Ocidental - CPAA, Rodovia AM 010, km 28, S/No, Caixa Postal, 319, CEP 69.011-970 - Manaus (AM).

⁽³⁾ Professor do Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA. Caixa Postal 96, CEP 13400-970 Piracicaba (SP).

SUMMARY: CHEMICAL CHARACTERIZATION OF URBAN WASTE COMPOSTS FROM SOME BRAZILIAN PLANTS

One of the alternatives to diminish the urban waste volume to be discarded is the composting process, whose final product - the compost - can be used in agriculture. However, these composts may present toxic substances for humans, i.e. heavy metals. The aim of this study was to evaluate the chemical composition of waste composts from six Brazilian capitals. Samples of cattle manure, lime, ordinary phosphate, potassium chloride, and urea were analysed to compare with the waste compost. Determinations of organic matter, C, N, P, K, Ca, Mg, Cu, Mn, Mo, Zn, Fe, Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, Sr, Ti, and V were made. Nutrient contents in the compost samples were dependent on the composting processes involved. Micronutrient content was variable, some presenting values above the tolerable level of the German waste composts. The other elements analyzed, including heavy metals, were at the same reported levels for sludges in England. Considering the German tables of tolerable levels in waste compost values for Pb, Cr, Ni, and Cd, some of the samples were very high. In most of them, the total content of nutrients was smaller than in cattle manure, while that of heavy metals was higher. Considering that the content of analyzed elements is the total content, caution is advised on its use until secure results are available on the bioavailability to the plants of these elements in the composts.

Index terms: Compost analysis, nutrients, heavy metals.

INTRODUÇÃO

A produção de lixo urbano está estreitamente relacionada com o crescimento populacional e industrial em todo o mundo. O aumento de produção de resíduos sólidos ou lixo vem preocupando, cada vez mais, as autoridades governamentais e científicas, pela falta de lugares seguros para sua deposição, sem riscos de contaminação ambiental. No Brasil, onde mais de 68% da população vive em cidades com mais de 10 mil habitantes, é cada vez mais crescente a geração de lixo (Associação..., 1982).

Dado ao grande volume de lixo produzido no mundo, existe uma crescente preocupação quanto ao destino final desses resíduos, para se evitar a poluição ambiental. Várias alternativas têm sido praticadas para diminuir o volume de lixo a ser descartado. Dentre essas alternativas, destacam-se: a) a incineração; b) a deposição em aterros sanitários; c) a reciclagem de materiais reprocessáveis, e d) a compostagem (Costa et al., 1991).

A reciclagem de materiais reaproveitáveis, tais como metais, vidros, plásticos e papéis, é um processo que, atualmente, vem-se tornando cada vez mais atrativo.

A compostagem é uma forma de reciclagem, pois quase toda a parte orgânica do lixo é reaproveitada. Esse processo, além de diminuir o volume, dá como produto final um composto que pode ser usado na fertilização do solo, reaproveitando-se os nutrientes contidos na fração orgânica do lixo. Entretanto, por ser o lixo de coleta não-seletiva constituído de resíduos de toda ordem, antes da compostagem é conveniente a retirada de materiais não-orgânicos, para propiciar a geração de um composto mais

homogêneo (Resende, 1991). A compostagem oferece, ainda, as vantagens de ser de baixo custo operacional (Airan & Bell, 1980), ter o uso benéfico dos produtos finais na agricultura e diminuir a poluição do ar e da água subterrânea (Airan & Bell, 1980).

A aceitação de compostos de lixo urbano pela sociedade, principalmente nos Estados Unidos, no Canadá e na Europa, encontra certos obstáculos diretamente relacionados com a qualidade do composto. Dentre os fatores considerados, estão o valor como fertilizante e condicionador do solo (Airan & Bell, 1980; De Haan, 1981) e a presença de contaminantes ambientais, como metais pesados, compostos químico-orgânicos tóxicos e patógenos (Epstein & Epstein, 1989; Richard, 1990; Walker & O'Donnell, 1991).

Uma das principais preocupações quanto ao uso de compostos de lixo urbano para fins agrícolas é a elevada concentração de metais pesados que podem conter, os quais podem levar à contaminação de solo e plantas (Petruzzelli et al., 1989; Leita & DeNobili, 1991; Xin et al., 1992).

Os metais pesados no meio ambiente são classificados em três grupos (Bidlemaier, 1990, citado por Grossi, 1993). No primeiro, estão os considerados pouco tóxicos ao ambiente, os quais, em sua maioria, são tidos como micronutrientes, mas, em concentrações elevadas, são tóxicos. Pertencem a este grupo: Al, Co, Cu, Mn, Mo, Se, V, Zn e Sn. O segundo grupo é formado por metais que apresentam probabilidade de causar câncer. Pertencem a este grupo: As, Be, Cr e Ni. No terceiro grupo, estão os metais que apresentam um caráter tóxico significativo e não se enquadram nos grupos anteriores. Fazem parte deste grupo: Pb, Cd, Hg e Ti.

Esses metais pesados, em sua maioria, têm efeito acumulativo no solo (Alloway, 1990). Assim, o objetivo deste trabalho foi fazer a caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas capitais brasileiras, a fim de verificar o grau de periculosidade que podem oferecer ao ambiente e, em particular, aos seres humanos, quando usados para fins agrícolas.

MATERIAL E MÉTODOS

Coletaram-se amostras de compostos de lixo produzidos nas cidades de Florianópolis (SC), São Paulo (SP), Belo Horizonte (MG), Rio de Janeiro (RJ), Brasília (DF) e Manaus (AM). De Brasília, tomaram-se amostras de compostos de lixo de coleta normal (cn) e de coleta seletiva (cs). As amostras foram coletadas somente em um período do ano, julho de 1994, tomando-se porções de diversas partes dos lotes que estavam prontos para ser distribuídos aos consumidores. Os compostos do Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Manaus revelam características comuns na forma de preparo, pois todos utilizam o método de catação manual de plásticos, vidros, grandes pedaços de metais e madeira, e, após a passagem por um eletroimã, sofrem moagem e compostagem. Os compostos de São Paulo e de Brasília, de coleta normal, após a passagem pelo eletroimã, são peneirados e somente o que passa na peneira é posto a compostar, sendo o composto distribuído ao público antes da completa maturação. Os compostos de Brasília, de coleta seletiva, e de Florianópolis são constituídos, na sua maioria, pela parte orgânica do lixo e distribuídos ao público somente depois de bem maturados. Para efeitos comparativos da composição dos compostos, analisaram-se amostras de um calcário dolomítico, de superfosfato simples, de cloreto de potássio e de uréia que, normalmente, são utilizados, principalmente em hortaliças, como adubação complementar aos compostos, bem como uma amostra de esterco de curral curtido.

As amostras de todos os compostos foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm de malha. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Para a solubilização total das amostras, procedeu-se a uma digestão, utilizando-se HCl, HF e HClO₄ concentrados, conforme Boaventura et al. (1995).

As determinações dos teores totais de P, Ca, Mg, Mn, Mo, Zn, Fe, Al, Ba, Cd, Pb, Co, Cr, Sr, Ti e V foram feitas por espectrometria de emissão atômica, por indução de plasma (ICP-AES). O K total foi determinado por espectrometria de emissão atômica com chama. As determinações de Cu e Ni foram feitas por espectrometria de absorção atômica. As amostras de esterco de curral, calcário, superfosfato simples, uréia e cloreto de potássio foram analisadas com os mesmos procedimentos de solubilização e determinações usados para os compostos. O N total

foi determinado pelo método Kjeldahl (Johnson & Ulrich, 1959). A matéria orgânica e o carbono orgânico foram determinados pelo método de Walkley Black modificado (Raj & Quaggio, 1983).

Os dados obtidos foram comparados com o que determina a legislação alemã, especificamente para composto de lixo urbano, em razão da falta de uma legislação brasileira adequada sobre o assunto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentam-se os teores totais de matéria orgânica e de macronutrientes presentes nas amostras de compostos de lixo urbano das diferentes procedências (Quadro 1). As diferenças nas médias observadas entre os compostos eram esperadas, considerando não só os diferentes processos de compostagem utilizados nas usinas, mas também as diversas matérias-primas utilizadas na geração dos compostos. Sobre esse aspecto, Xin et al. (1992), analisando dados de compostos de lixo de vários países, encontraram grandes variações nos parâmetros analisados; por esse motivo, afirmam ser difícil definir a composição química de "um composto de lixo urbano".

Os teores de M.O. e de todos os macronutrientes analisados (Quadro 1) são bastante elevados. Destacam-se o de Brasília (coleta normal - cn), para matéria orgânica, C e N, o do Rio de Janeiro, para N, P, K, Ca e Mg, e os de Belo Horizonte, Florianópolis e São Paulo, para K. Totais de nutrientes em compostos de lixo urbano dessa magnitude são mencionados por diversos autores, a saber: Berton & Valadares, 1991; Selbach et al., 1995; Cardoso et al., 1995, em compostos de lixo brasileiros, e por Xin et al. (1992), em compostos de lixo de diversos países.

Deve-se ressaltar, entretanto, que, dos macronutrientes analisados, somente uma pequena fração poderá efetivamente estar na forma disponível para as plantas, quando aplicados ao solo, tal como relatado por Petruzzelli et al. (1985). Nesse sentido, De Haan (1981) assegura que somente 10 a 15% do N total do composto de lixo está disponível para as plantas, no primeiro ano de cultivo, não havendo efeito residual, e 15% do P total está disponível no primeiro ano de cultivo e mais 15% no segundo. Já o K, contido no composto, tem solubilidade semelhante à do K dos fertilizantes minerais, justificando-se, por isso, o uso desses compostos para fins agrícolas, segundo o mesmo autor.

A relação C:N nos compostos variou de 6,94, no composto de Florianópolis, a 21,13, no composto de Brasília (cn). Considerando que a relação C:N de 10:1 indica um composto bem humificado (Kiehl, 1985), verifica-se que o composto que mais se aproxima dessa relação é o do Rio de Janeiro.

Quadro 1. Teores totais de matéria orgânica (M.O.) e macronutrientes em compostos de lixo urbano de algumas capitais brasileiras

Local	M.O.	C	N	P	K	Ca	Mg	C:N
	g kg ⁻¹							
Belo Horizonte	316,65 b	184,10 b	12,30 b	3,03 c	10,87 a	27,07 b	3,77 c	14,98 b
Brasília (cn) ⁽¹⁾	473,63 a	275,37 a	13,03 ab	1,83 e	4,57 c	18,30 c	2,27 d	21,13 a
Brasília (cs) ⁽¹⁾	179,40 de	104,30 de	12,23 a	3,80 b	6,67 b	26,13 b	3,57 c	8,54 c
Rio de Janeiro	225,32 c	131,00 c	14,47 a	4,17 b	10,07 a	36,07 a	4,70 b	9,06 c
Florianópolis	160,30 e	93,20 e	13,43 ab	2,17 de	9,67 a	20,10 c	3,43 c	6,94 c
São Paulo	331,10 b	192,50 b	12,63 b	2,17 de	10,57 a	27,63 b	3,50 c	15,22 b
Manaus	210,59 cd	122,43 cd	7,73 c	2,40 d	3,33 c	20,53 c	2,20 d	15,91 b
Média	271,00	157,56	12,26	2,80	7,96	25,12	3,35	13,11
Desvio-padrão	110,40	64,19	2,14	0,90	3,09	6,11	0,87	5,09
Esterco	-	-	-	10,10 a	10,40 a	20,10 c	9,50 a	-
DMS (Tukey 5%)	40,88	23,77	1,73	0,47	1,46	3,29	0,50	2,41
C.V. (%)	5,28	5,28	4,93	5,82	6,40	4,58	5,19	6,44

⁽¹⁾ (cn) coleta normal. (cs) coleta seletiva.

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. "-" não determinado.

Os teores totais de micronutrientes, obtidos nas análises dos compostos, encontram-se no quadro 2. Analogamente aos macronutrientes, observou-se uma variação considerável nos teores entre compostos, decorrente dos métodos de preparo e material de partida para a obtenção dos compostos. O elemento boro só foi detectado no composto de Brasília (cs), sendo o seu teor superior em mais de 100% ao observado em composto de lixo de São Paulo (Berton & Valadares, 1991); porém, muito abaixo dos teores encontrados em compostos de lixo da França e Holanda (Xin et al., 1992).

Os teores de Cu, com exceção do observado no composto do Rio de Janeiro (mais alto), Brasília (cs) e Florianópolis (muito mais baixos), assemelham-se aos observados em compostos de lixo brasileiros (Alcoforado & Trindade, 1993; Grossi, 1993), porém, em sua maioria, são mais baixos do que os encontrados em compostos de lixo de vários países europeus e Estados Unidos (Xin et al., 1992) e Itália (Petruzzelli et al., 1989). Mesmo assim, estão acima dos valores toleráveis (100 mg kg⁻¹) em compostos de lixo da Alemanha (Grossi, 1993). É possível que os teores mais baixos obtidos dos compostos de Brasília (cs) e Florianópolis, sejam devidos à coleta seletiva, o que elimina o efeito contaminante provocado pela moagem da parte orgânica do lixo, em conjunto com resíduos metálicos, antes da compostagem.

Os teores de Mn e Zn, com raras exceções, também foram semelhantes aos observados por Alcoforado & Trindade (1993) e, na maioria dos casos, mais baixos do que os dos compostos europeus e americanos (Xin et al., 1992). Os teores de zinco

observados na Holanda e Estados Unidos chegam a ser quatro vezes mais altos do que o observado em Manaus, por exemplo. Ainda assim, o Zn, nas amostras do Rio de Janeiro e Manaus, estaria acima do teor tolerável (400 mg kg⁻¹) em compostos de lixo na Alemanha (Grossi, 1993).

O Fe está dentro da faixa encontrada em composto de lixo (Grossi, 1993) e, por se tratar de um elemento de baixa solubilidade e não-tóxico (Alloway, 1990), seu teor nos compostos não é preocupante. Os teores de Cu, Mn, Zn e Fe estão dentro ou abaixo da faixa de teores totais mencionados para lodo de esgoto (Berrow & Webber, 1972; Kabata-Pendias & Pendias, 1985) e para compostos de lixo (Purves, 1977; Xin et al., 1992).

O Mo, nas amostras do Rio de Janeiro e Brasília (cs), está acima dos valores citados para lodo de esgoto e solos da Inglaterra (Berrow & Webber, 1972).

Os teores de Co, em todas as amostras, estão abaixo dos encontrados em lodo de esgoto (Berrow & Webber, 1972).

O Ni, somente na amostra do Rio de Janeiro, ultrapassa o valor considerado tolerável (50 mg kg⁻¹) em compostos de lixo da Alemanha (Grossi, 1993). As demais amostras apresentaram teores semelhantes aos encontrados em compostos brasileiros por vários autores (Grossi, 1993; Alcoforado & Trindade, 1993, e Selbach et al., 1995); quatro e oito vezes menores do que os relatados por Xin et al. (1992), para compostos de lixo de Holanda e França, respectivamente e, ainda, cerca de vinte vezes menores do que os valores relatados por Berrow & Webber (1972), para lodo de esgoto da Inglaterra.

No quadro 3, encontram-se os dados referentes aos elementos Al, Ba, Cd, Pb, Cr, Sr, Ti e V. Os teores de Al, especialmente no composto de Brasília (cs), foram mais elevados do que os obtidos por Grossi (1993), em compostos brasileiros de várias localidades. É possível que seja devido ao fato de o composto de Brasília (cs) ser preparado a céu aberto e no chão, em contato com o solo de cerrado, que é rico nesse elemento, podendo ter contaminado o composto.

Os teores de cádmio mais altos foram observados nos compostos de São Paulo e Rio de Janeiro, e o mais baixo, no de Florianópolis (Quadro 3). Entretanto, em todos os compostos analisados, os teores encontrados foram mais elevados do que os obtidos em outros trabalhos (Berton & Valadares, 1991; Grossi, 1993; Selbach et al., 1995) com

compostos de lixo de diversas cidades brasileiras. Alcoforado & Trindade (1993), contudo, encontraram 2,62 mg kg⁻¹ de Cd em composto de Belo Horizonte, valor considerado alto. Esses valores, embora pareçam altos, frente a outros dados encontrados no Brasil, são relativamente baixos, se comparados com os teores observados em compostos da Itália (Petruzzelli et al., 1989) e da França, Holanda e Estados Unidos (Xin et al., 1992). Ainda assim, com exceção do composto de Florianópolis, os demais apresentaram valores acima do aceitável (1,5 mg kg⁻¹) em compostos de lixo na Alemanha (Grossi, 1993).

Os teores de Pb e Cr, com exceção da concentração na amostra de Florianópolis, são muito semelhantes aos observados por outros pesquisadores em compostos de lixo do Brasil, porém muito abaixo dos encontrados em outros países (Xin et al., 1992).

Quadro 2. Teores totais de micronutrientes em compostos de lixo urbano de algumas capitais brasileiras

Local	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Co	Ni
mg kg ⁻¹								
Belo Horizonte	0,00 b	177 bc	19323 c	239 d	19 c	279 c	8,2 cd	25 bc
Brasília (cn) ⁽¹⁾	0,00 b	130 bc	15280 d	153 e	16 de	197 d	7,1 d	19 c
Brasília (cs) ⁽¹⁾	7,03 a	45 e	52145 a	399 c	37 a	195 d	21 a	24 bc
Rio de Janeiro	0,00 b	815 a	24912 b	354 c	31 b	1006 a	13 b	91 a
Florianópolis	0,00 b	46 e	13452 d	535 b	16 de	111 e	7,8 d	11 d
São Paulo	0,00 b	180 bc	12782 d	217 d	18 cd	163 c	8,5 cd	26 bc
Manaus	0,00 b	208 c	25382 b	231 d	15 e	430 b	10 c	27 b
Média	1,00	229	23325	304	22	340	10,8	32
Desvio-padrão	2,66	266	13703	132	9	311	4,9	27
DMS (Tukey 5%)	1,09	71,13	3499,10	59,67	2,22	41,23	1,82	7,17
C.V. (%)	38,05	10,87	5,25	6,86	3,47	4,07	5,82	7,87

⁽¹⁾ (cn)-coleta normal. (cs)-coleta seletiva.

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 3. Teores totais de Al, Ba, Cd, Pb, Cr, Sr, Ti e V em compostos de lixo urbano de algumas capitais brasileiras

Local	Al	Ba	Cd	Pb	Cr	Sr	Ti	V
mg kg ⁻¹								
Belo Horizonte	18675 cd	234,67 c	2,00 b	238,33 b	94,07 c	128,77 b	1382,33 c	53,00 d
Brasília (cn) ⁽¹⁾	14590 e	139,67 de	2,50 b	146,00 d	65,73 d	77,00 e	1714,67 c	68,00 c
Brasília (cs) ⁽¹⁾	35765 a	117,67 e	2,00 b	169,33 cd	167,50 a	96,83 d	5376,33 a	317,33 a
Rio de Janeiro	26869 b	437,33 a	5,00 a	599,33 a	125,47 b	169,30 a	2455,00 b	83,00 c
Florianópolis	20328 c	155,67 d	1,00 c	92,33 e	29,43 e	111,17 c	912,67 d	51,33 d
São Paulo	17775 d	290,00 b	5,33 a	217,67 b	65,87 d	117,67 bc	1487,00 c	41,33 e
Manaus	11337 f	84,67 f	2,00 b	209,33 bc	80,80 cd	59,90 f	1653,00 c	118,00 b
Média	20763	208,53	2,83	238,90	89,84	108,77	2140,14	104,57
Desvio-padrão	8193	123,02	1,66	166,43	45,10	35,80	1499,89	97,25
DMS (Tukey 5%)	1981	30,59	0,88	41,03	20,41	13,64	418,60	19,14
C.V. (%)	3,34	5,13	10,89	6,01	7,95	4,39	6,84	6,40

⁽¹⁾ (cn)-coleta normal. (cs)-coleta seletiva.

Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Quadro 4. Teores totais de micronutrientes em alguns adubos

Adubo	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Co	Ni
Esterco	314,0	12520,0	958,0	16,0	251,0	9,0	14,0
Calcário	5,0	3014,0	213,0	9,0	13,0	8,0	24,0
KCl	4,0	1147,0	18,0	0,0	18,0	20,0	5,0
SS ⁽¹⁾	25,0	5635,0	251,0	8,0	84,0	11,0	33,0
Uréia	25,0	47,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0

⁽¹⁾ SS - Superfosfato simples.

Não obstante, considerando a legislação alemã (Grossi, 1993), os teores de Pb, com exceção dos encontrados nas amostras de Florianópolis e Brasília (cs), e os de cromo, nas amostras do Rio e Brasília (cn), estão acima do nível tolerável (150 e 100 mg kg⁻¹, respectivamente), em compostos de lixo urbano.

Comparando as concentrações dos elementos analisados nos compostos (Quadros 1, 2 e 3) com os elementos encontrados nos adubos e corretivos analisados (Quadros 4 e 5), o que chama a atenção são os teores de Cd no calcário e os teores de Cd, Cr, Sr, Ti e V no superfosfato simples. Considerando porém, as quantidades desses insumos normalmente aplicadas no solo, em comparação com as de composto, pode-se supor que a introdução desses elementos no solo, através deles, seja praticamente desprezível.

Por outro lado, confrontando os compostos analisados com esterco de curral, observa-se que os teores totais de nutrientes (Quadros 1 e 2), na maioria dos compostos, são inferiores aos do esterco (Quadro 4). Já os teores dos outros elementos, incluindo metais pesados (Quadro 3), mostram-se superiores aos do esterco. Esses dados conferem a desvantagem ao uso da maioria dos compostos em relação ao esterco. O único problema é que nem sempre se dispõe de esterco, em quantidades suficientes, nos chamados "cinturões verdes" das grandes cidades, onde a maior parte dos compostos de lixo urbano é utilizada, principalmente, na olericultura.

Quadro 5. Teores totais de Al, Ba, Cd, Pb, Cr, Sr, Ti e V em alguns adubos

Adubo	Al	Ba	Cd	Pb	Cr	Sr	Ti	V
Esterco	14732,0	160,0	1,0	26,0	11,0	99,0	1225,0	0,0
Calcário	4066,0	45,0	4,0	61,0	0,0	452,0	220,0	0,0
KCl	411,0	3,0	1,0	19,0	0,0	14,0	33,0	0,0
SS ⁽¹⁾	1598,0	96,0	3,5	38,0	133,0	2636,0	176,0	62,0
Uréia	77,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	0,0

⁽¹⁾ SS - Superfosfato simples.

CONCLUSÕES

1. Os compostos de lixo urbano analisados apresentaram teores médios totais de matéria orgânica, C, N, P, K, Ca, Mg e micronutrientes bastante variados e elevados, constituindo, assim, fontes alternativas de matéria orgânica para o solo e de nutrientes para as plantas. As variações nos teores dos elementos podem estar relacionadas com os diferentes processos empregados pelas usinas.

2. Considerando a legislação alemã, constatou-se que: os teores de Cu, exceto nos compostos de Brasília (cs) e Florianópolis, estão acima do nível tolerável (100 mg kg⁻¹); os teores de Zn, (Rio de Janeiro e Manaus), também estão acima do tolerável (400 mg kg⁻¹); os valores encontrados para: Pb (Rio de Janeiro, São Paulo e Manaus); Cr, (Rio de Janeiro e Brasília (cs); Ni, (Rio de Janeiro); e Cd, exceto na amostra de Florianópolis, estão acima do tolerável (150, 100, 50 e 1,5 mg kg⁻¹, respectivamente).

3. Na maioria dos compostos, os teores de nutrientes são inferiores aos do esterco de curral, e os teores dos outros elementos são mais elevados. Esses dados conferem a desvantagem ao uso desses compostos para fins agrícolas, em relação ao esterco de curral, semelhante ao utilizado.

AGRADECIMENTOS

À Fundação Banco do Brasil, pelo apoio financeiro; às usinas de compostagem de Manaus, Brasília, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, São Paulo e Florianópolis, pelas amostras e pelas informações fornecidas; à EMBRAPA/CPAA e ao CENA/USP, pela oportunidade oferecida ao primeiro autor para realização do curso e pelas facilidades oferecidas para execução do trabalho.

LITERATURA CITADA

AIRAN, D.S. & BELL, J.H. Resource recovery through composting - a sleeping giant. In: NATURAL WASTE PROCESS CONFERENCE. New York, 1980. Proceedings. New York, Am. Soc. Mech. Eng. Proc., 1980. p.121-129.

- ALCOFORADO, P.A.R.G. & TRINDADE, A.V. Efeito do composto de lixo urbano nos teores de metais e outras características químicas do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., Goiânia, 1993. Resumos. Goiânia, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p.307-308.
- ALLOWAY, B.J., ed. Heavy metals in soil. New York, John Wiley & Sons, 1990. 339p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA. Resíduos sólidos - Grupo prepara diretrizes para limpeza urbana. Eng. Sanit., 21:2-4, 1982.
- BERROW, M.L. & WEBBER, J. Trace elements in sewage sludges. J. Sci. Ford. Agric., 23:93-100, 1972.
- BERTON, R.S. & VALADARES, J.M.A.S. Potencial agrícola de compostos de lixo urbano no Estado de São Paulo. O Agrônomo, 43:87-93, 1991.
- BOAVENTURA, G.R.L.; SANTOS, A.R.; PINELLI, M.P. & DIAS, R.P. Metodologia analítica para determinação dos metais em composto de lixo urbano usando espectrometria de emissão atômica com plasma e espectrometria de absorção atômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.2306-2308.
- CARDOSO, E.J.B.N.; JAHNEL, M.C. & MELONI, R. Avaliação do composto de lixo urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.2297.
- COSTA, F.; GARCIA, C.; HERNANDES, T. & POLO, A. Resíduos orgânicos urbanos - Manejo y utilización. Murcia, CSIC, 1991. 181p.
- De HAAN, S. Results of municipal waste compost research over more than fifty years at the Institute for Soil Fertility at haren Groningen. Neth. J. Agric. Sci, 29:49-61, 1981.
- EPSTEIN, E. & EPSTEIN, J.I. Public health issues and composting. Biocycle, Emmaus, 30:50-53, 1989.
- GROSSI, M.G.L. Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileira de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas. São Paulo, Universidade de São Paulo, 1993. 222p. (Tese de Doutorado)
- JOHNSON, C.M. & ULRICH, A. Analytical methods. Berkeley, Agricultural Experimental Station. 1959. (Bulletin, 766)
- KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, CRC Press, 1985. 315p.
- KIEHL, E.J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba, CERES, 1985. 492p.
- LEITA, T. & DeNOBILI, M. Water-soluble fractions of heavy metals during composting of municipal solid waste. J. Environ. Qual., 20:73-78, 1991.
- PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L. & GUIDI, G. Heavy metal extractability. Biocycle, 26:46-68, 1985.
- PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L. & GUIDI, G. Uptake and chemical extractability of heavy metals from a four year compost-treated soil. Plant Soil, 116:23-27, 1989.
- PURVES, D. Trace-element contamination of the environment. Oxford, Elsevier Scientific Publishing, 1977. 260p.
- RAIJ, B. van & QUAGGIO, J.A. Métodos de análise de solos para fins de fertilidade. Campinas, Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- RESENDE, A.A.P. Estudo e avaliação de um processo de reciclagem e compostagem dos resíduos sólidos urbanos. Belo Horizonte, UFMG, 1991. 151p. (Tese de Mestrado)
- RICHARD, T. Clean compost production. Biocycle, 31:46-47, 1990.
- SELBACH, P.A.; PIRES, D.C.A.S. & BERNARDI, C.M. Adubação com composto de lixo urbano e relações com teores de metais pesados no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. Resumos expandidos. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p.2309-2311.
- WALKER, J.M. & O'DONNELL, M.J. Comparative assessment of MSW compost characteristics. Biocycle, 32:65-69, 1991.
- XIN, T.H.; TRAINA, S.J. & LOGAN, T.J. Chemical properties of municipal solid waste compost. J. Environ. Qual., 21:318-329, 1992.