

Autores

Fábio Cesar da Silva
Eng. Agr., Dr. em Solos e Nutrição
de Plantas, Pesquisador da
Embrapa Informática
Agropecuária, Caixa Postal 6041 -
13083-970 - Campinas, SP.
e-mail: fcesar@cnpia.embrapa.br

Ronaldo Severiano Berton
Eng., Agr. Ph.D em Solos,
Pesquisador do Instituto
Agrônomo de Campinas (IAC) -
Centro de Solos e Recursos
Agroambientais, Av. Barão de
Itapura, 1481 - 13020-902 -
Campinas, SP.
e-mail: rsberton@iac.br

José Carlos Chitolina
Eng. Agr., Ph.D em Agronomia,
Vice-Diretor da Escola de
Engenharia de Piracicaba, Av.
Monsenhor Martinho Salgot, 560,
Bairro Areião - 13414-040 -
Piracicaba, SP.
e-mail: jcchito@yahoo.com.br

Serafim Daniel Ballesterio
Eng. Agr., Dr. em Solos e Nutrição
de Plantas, Universidade de
Taubaté - Departamento de
Ciências Agrárias, Rua Visconde
do Rio Branco, 210 - 12020-040 -
Taubaté - SP.
e-mail: sdbalest@ig.com.br

Recomendações Técnicas para o Uso Agrícola do Composto de Lixo Urbano no Estado de São Paulo

Por que proceder a compostagem dos resíduos sólidos urbanos?

Uma das grandes preocupações da humanidade é a crescente geração de lixo urbano que necessita de um destino final sustentável, técnico e ambientalmente adequado, além de economicamente viável. Uma alternativa seria a compostagem aeróbia do material orgânico existente nesse resíduo urbano, que promove a decomposição da sua fração orgânica putrescível e gera um composto que pode ser utilizado na agricultura como fonte de adubo orgânico. Devido ser esse material originário do descarte de animais, vegetais e outros produtos, que foram consumidos pela população, seu processamento e uso agrícola apresentam-se como alternativa cíclica natural e racional para o retorno como fonte de nutrientes, uma vez que a matéria-prima para a sua produção foi, em sua maioria, originária das camadas superficiais do próprio solo. Assim sendo seu uso, como insumo agrícola, reduz o custo de fertilizantes e consiste na melhor opção do que depositar em lixões, comuns no Brasil, ou nos chamados aterros sanitários e aterros controlados. As vantagens podem ser mensuradas pelo baixo custo operacional, uso do produto orgânico na fertilização do solo para a agricultura e a subsequente redução da poluição do ar e da água subterrânea, evitando a poluição ambiental pela diminuição da carga orgânica.



Foto: José Roberto Bráulio de Melo

Leiras de compostagem de lixo urbano orgânico em pátio - na Urbam, São José dos Campos, SP.

As dimensões do problema do lixo aumentam em consequência do crescimento da população urbana e do aumento de produção desse resíduo urbano por habitante. A população brasileira é considerada predominantemente urbana, pois a maioria dos habitantes, 75% do total, reside em cidades com mais de 20.000 habitantes. No caso do Estado de São Paulo, assumindo-se que os 29 milhões de habitantes, que vivem na região urbana, produzem em média 0,5 kg/hab/dia de lixo urbano, com 50% desse resíduo constituído de matéria orgânica compostável, e assumindo-se deste, uma perda de 40%, em peso, durante o processo de compostagem, teremos uma oferta potencial de cerca de 1.000.000 t/ano de composto de lixo.

A bioestabilização desse lixo urbano gera, como produto final, um composto curado, que pode ser utilizado na fertilização do solo, proporcionando melhorias em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, devido à adição de matéria orgânica ao solo com conseqüente aproveitamento dos nutrientes para a nutrição das plantas. A quantidade de composto, em tese, teria uma demanda de área agrícola suficiente, pois, considerando-se uma aplicação média de 30 Mg ha⁻¹ para as culturas comerciais, pode-se concluir que essa quantidade potencial diária a ser produzida supriria cerca de 1% das necessidades de fertilizante orgânico para o Estado de São Paulo. Entretanto, o preço de transporte poderá limitar sua distribuição e utilização, tendo em vista que o custo para distâncias acima de 100 km torna inviável sua aplicação como adubo orgânico. Outro fator inibidor de seu uso é de que a aceitação da sua aplicação em área agrícola, pela sociedade, ainda encontra barreiras relacionadas à qualidade do composto que depende de uma adequada segregação das frações não orgânicas do lixo. Os critérios que determinam essa qualidade variam de acordo com seu uso, contudo, pode-se observar que a baixa aceitação desse material se deve a características tais como: aparência física, incluindo odor e a presença de materiais inertes (pedaços de metais, madeiras, vidros e plásticos); nível de contaminação com metais pesados, compostos químicos orgânicos tóxicos e patógenos.

Qual é a composição do lixo urbano brasileiro e paulista?

Antes do composto de lixo urbano ser utilizado como condicionador de solos ou fertilizante orgânico na agricultura, o material deve ser analisado para verificar se não há em sua composição, substâncias e microrganismos tóxicos em concentração elevada e incorrer no

risco de contaminar os recursos naturais e/ou a saúde pública. A característica desse produto reflete os conteúdos dos componentes do lixo urbano que o originou, o seu grau de segregação e a qualidade do processo de compostagem. O lixo urbano engloba o residencial e o comercial, excluindo-se aqueles dos serviços de saúde, possui composição muito variada, pois depende das características sociais, econômicas e culturais da população que habita as cidades nas quais o lixo é produzido. Além disso, há também variação dentro de uma mesma cidade, de acordo com o poder aquisitivo da população de cada bairro e do tempo em anos (Godoi, 1997), em função da mudança na disponibilidade dos produtos alimentícios e hábitos da população (Amazonas, 1990).

A composição do lixo de algumas capitais do Brasil é apresentada na Tabela 1. De acordo com esses valores (Lima, 1991), observa-se que a quantidade de matéria orgânica putrescível pode representar de 20 a 51% do material úmido. Essa fração do lixo, após sofrer a compostagem, proporciona teores médios de 51 a 70% de matéria orgânica nos compostos de lixo, a exemplo de estudos realizados em três usinas de compostagem da Grande São Paulo (Santo André, São Mateus e Vila Leopoldina) (Chitolina et al., 2001). Esses valores, no entanto, foram superiores aos obtidos por outros autores (Peres, 1993; Cravo et al., 1998; Amazonas, 1990), que encontraram matéria orgânica nos compostos de lixo de 10 a 35%.

Além da quantidade de material orgânico presente no composto é importante também conhecer a sua qualidade, que se reflete na sua facilidade de decomposição e participação na estruturação do solo. Essa qualidade da matéria orgânica, por sua vez, é principalmente constituída pela proporção de celulose, lignina e proteínas que servirão de substrato para os microrganismos na formação do composto estabilizado (Peres, 1993). Um exemplo de composição química é apresentado na Tabela 2.

Não pode ser negligenciado que os componentes do lixo que, atuando como fonte de espécies químicas, elevam os teores de micronutrientes e de metais pesados, como o plástico, fornecedor de Cd (67 a 77% do total); os metais ferrosos, como fonte de Cu e Pb (14 a 50% de Cu e 29 a 50% de Pb); o papel, como fonte de Pb (10 a 14%); o couro, como fonte de Cr (35%) e a borracha, como fonte de Zn (32 a 37%) (Rousseaux, 1988). Avaliando os dados de vários autores brasileiros (Silva et al., 2000a, 2000b, 2000c, 2000d, 2000e; Berton, 1995; Melo et al., 1997), observaram que essa variabilidade é função da fonte de espécies químicas, forma de coleta, e a intensidade de segregação, processamento e método de amostragem.

Tabela 1. Composição do lixo urbano de algumas capitais brasileiras.

<i>Componente</i>	<i>São Paulo</i>	<i>Rio de Janeiro</i>	<i>Manaus</i>
	<i>% em peso no material sem secar</i>		
Matéria orgânica putrescível	37,8	20,7	51,1
Papel e papelão	29,6	33,7	29,0
Metal ferroso	5,4	3,0	6,8
Trapó, couro e borracha	2,2	3,6	3,4
Plástico fino e grosso	9,0	3,1	2,8
Vidro, terra e pedra	14,6	33,6	4,7
Madeira	0,8	1,1	2,1
Metal não ferroso	0,1	0,2	0,0
Diversos	0,5	1,0	0,1

Fonte: Lima (1991).

Tabela 2. Composição química da fração orgânica do lixo urbano na cidade de São Paulo.

<i>Componente</i>	<i>Lixo urbano</i>
	<i>— % no material seco —</i>
Celulose	32,9
Hemicelulose	5,2
Lignina	12,5
Proteína	9,6
Lipídeos	5,9
N total	1,5
P total	0,2
S total	0,2
C total	42,6
C/N	28,0

Fonte: Peres (1993).

Por que utilizar composto de lixo urbano na agricultura? Que efeitos pode-se esperar nas propriedades dos solos?

Os solos paulistas, por serem originários de sedimentos mineralógicos pobres, predominantemente caulinitico e de sesquióxidos de ferro e de alumínio, e por também estarem associados a uma condição climática tropical, apresentam, em sua maioria, teores baixos de matéria orgânica e de nutrientes para suprir as necessidades das plantas. Deste modo, a reposição da matéria orgânica é importante para melhorar a fertilidade e a retenção de água do solo, assim como, promover a adição de nutrientes no agrossistema.

O efeito da aplicação crescente do composto de lixo urbano na retenção de água foi avaliado em um latossolo vermelho-escuro distrófico (LE) por Berton (1995), revelando que a quantidade de água facilmente disponível, ou seja, aquela retida entre as tensões de 30 a 100 kPa, aumentou em cerca de 26 L m⁻³ de solo em dose de composto de lixo de 80 Mg ha⁻¹. Esse aumento na capacidade de retenção de água é importante, principalmente, quando ocorre em período de estresse hídrico, no qual a produção estará diretamente associada a quantidade de água disponível no solo.

Do ponto de vista de mudanças em propriedades biológicas do solo pela aplicação do composto de lixo, estas ocorrem devido à continuidade no processo de decomposição da matéria orgânica, em função da existência de substâncias orgânicas parcialmente decompostas e de células mortas de microrganismos. Assim sendo, é de se esperar que a adição de compostos de lixo aumente a população dos microrganismos presentes no solo por oferecer um substrato carbônico, uma disponibilidade de água e também intensificando as atividades enzimáticas envolvidas nos ciclos de alguns nutrientes (N, P, S), até que toda a fonte de energia, ainda disponível, seja utilizada. Silveira et al. (1995) observaram que tanto a atividade como a quantidade de bactérias e fungos aumentaram com a aplicação do composto de lixo, sendo que as maiores respostas foram verificadas logo no primeiro dia após a incorporação do material orgânico ao solo. Godden et al. (1987), sintetizando vários autores sobre os efeitos do composto nas propriedades microbiológicas do solo, que seriam: melhoria na fixação biológica do N em leguminosas (atividade de nitrogenase, tamanho e número de nódulos) e aumento de biomassa microbiana, alertam que a aplicação de

metais pesados acima de 1.000 mg kg^{-1} de Zn, 500 mg kg^{-1} de Cu e de 10 mg kg^{-1} de Cd no solo, implica em contaminação e em mudanças indesejáveis na atividade microbiana.

Com relação às mudanças nos atributos químicos dos solos, o composto de lixo, além de conter matéria orgânica, possui também macronutrientes, micronutrientes e metais potencialmente tóxicos. Assim, espera-se que os valores desses elementos aumentem no solo com a adição do composto orgânico, desde que não tenha existido um fornecimento prévio. Abreu Júnior (1999), verificou que a aplicação de 60 Mg ha^{-1} de composto de lixo em solos ácidos, promove aumentos expressivos nos teores trocáveis de K, Ca, Mg e Na, em média de 195%, 200%, 86% e 1.200%, refletindo em aumento de 42% na CTC e 39% na V%. Em solos alcalinos, esses efeitos foram menos pronunciados proporcionando, em média, aumentos da CTC em 8,4% e da V% em 2%.

No aspecto ambiental, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) (Casarini et al., 2001) publicou valores orientadores para proteção da qualidade de solos no Estado de São Paulo, que valem por um período de 4 anos, aplicados na prevenção da poluição desse recurso natural. Com base em revisão bibliográfica sobre fitotoxicidade, foram estabelecidos dois tipos de valores limites para metais pesados para seus teores totais: o primeiro é o valor de alerta, que indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos e será utilizado em caráter preventivo. Alguns desses valores de alerta são (mg kg^{-1}): Cádmio – 3, Zinco – 300, Cobre – 60, Chumbo – 100, Cobalto – 25, Cromo – 75, Níquel – 30; o segundo é o valor de intervenção, que indica o limite de contaminação do solo, acima do qual, existe risco potencial à saúde humana, será utilizado em caráter corretivo no gerenciamento de áreas contaminadas e quando excedido exige alguma forma de intervenção. Alguns desses valores são (mg kg^{-1}): Cádmio – 10, Chumbo – 200, Cobalto – 40, Cromo – 300, Níquel – 50.

Em Berton (1995), observa-se que a aplicação de composto de lixo com 90 dias de incubação promoveu pequeno acréscimo de matéria orgânica no solo, mesmo na dosagem de 80 Mg ha^{-1} . Esse comportamento se justifica devido às nossas condições de umidade e temperatura que favorecem uma intensa atividade biológica. Dessa forma um aumento no teor da matéria orgânica no solo só é conseguido com aplicações freqüentes desse material orgânico. Mesmo assim, esse efeito tem curta duração chegando a desaparecer após alguns anos do término da aplicação do composto. O pH do solo se eleva pela adição do composto de lixo, variando esse efeito em função do poder tampão do solo. Provavelmente isso se deve ao

consumo de íons H^+ pela reação deste com radicais orgânicos alcalinos, presentes no composto orgânico. A curva de neutralização do composto de lixo em solo LE foi realizado por Andrade et al. (1998), observando que 90 Mg ha^{-1} de composto de lixo ou $57,4 \text{ Mg ha}^{-1}$ de matéria orgânica equivaleriam a uma dosagem de 16 Mg ha^{-1} de calcário dolomítico com PRNT de 80, isto é, para obter a mesma correção de solo proporcionado pela aplicação de uma tonelada de calcário seria necessário cerca de 3,5 toneladas desse material orgânico.

A salinização do solo, pela aplicação de composto de lixo, é também uma preocupação ambiental, que pode ser estimada pela condutividade elétrica, item que indica a quantidade de sais solúveis presentes na solução do solo e que deve ser mantida abaixo de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Estados Unidos, 1954; Abreu Júnior et al., 2000; Costa et al., 1994).

Na maioria dos ensaios avaliados e conduzidos pelos autores deste trabalho, observou-se também aumento significativo na quantidade de fósforo disponível. O potássio trocável, no entanto, aumentou menos no solo, devido ao fato desse elemento encontrar-se em pequena quantidade em algumas amostras de composto de lixo. O aproveitamento do potássio pelas plantas ocorreu em 60% dos ensaios, mas a absorção de K sofreu influência indireta dos teores de Ca e de Mg.

A adição do composto de lixo em alguns ensaios realizados por vários autores (Melo et al., 1997) também elevou a quantidade de metais pesados extraíveis pelo método DTPA ou Mehlich 1, que são métodos de extração de metais no solo e utilizados como indicadores da disponibilidade desses elementos para as plantas. Outros autores observaram aumento significativo, do ponto de vista de fertilidade do solo, apenas para os teores de zinco (Berton, 1995) e de cobre (Costa et al., 1994; Lima et al., 1999), o que é desejável, pois estes elementos são micronutrientes e o Zn já se encontra deficiente em alguns solos paulistas.

Quais as características, maturidade e composição requeridas de compostos de lixo urbano para o seu uso na agricultura?

Com relação à composição do composto orgânico, Kiehl & Porta (1979) sugeriram uma tabela onde as características químicas e físicas desse adubo orgânico são classificadas em ótimas, boas, indesejáveis ou excessivas (Tabela 3). Esses valores foram estabelecidos para que o composto, quando adicionado ao solo, venha a melhorar suas características físicas e químicas, bem como os processos biológicos, aumentando assim a sua

fertilidade. Essa classificação é utilizada até hoje no Brasil, entretanto, a composição do composto de lixo urbano produzido por algumas usinas de compostagem de lixo dificilmente satisfaz a todos os valores preconizados por esses autores.

Estudos com compostos de lixo produzidos em usinas do Brasil demonstraram que aqueles que possuem pH em água ótimo (6,5 a 8,0), quantidades de P (0,2 a 1,4%) e de Ca (1,2 a 6,0%) foram classificados entre o nível médio e alto. Entretanto, seus valores de N (0,5 a 1,4%), Mg (0,3 a 0,7%) e K (0,3 a 2,0%) apresentaram-se no nível indesejável, baixo e médio respectivamente. Isso leva a supor que a primeira resposta ao composto deve ser ao P, em frequência menor à de potássio e de nitrogênio com menor frequência.

A avaliação do grau de maturidade do composto e do processo de compostagem foi realizada por Jahnel et al. (1999), observando que os valores de evolução de CO₂, temperatura, carbono total e relação C/N diminuíram e estabilizavam-se ao final do processo e os teores de N e P totais atingiam os seus valores máximos. A temperatura e a relação C/N (1:11 a 1:18) podem ser utilizadas isoladamente como indicadores do grau de maturidade do composto, desde que sejam mantidas adequadas a umidade (20 a 40%) e a aeração. Em estudos de maturidade do composto de lixo realizados pelos autores desta Circular Técnica, observaram-se resultados similares pela aplicação de um composto com um pH em água mínimo de 6,5 e uma relação de C/N máxima de

18, não ocorrendo a 'queima' das folhas das hortaliças, no entanto, os melhores resultados na disponibilidade de nutrientes foram obtidos quando o composto possuía pH acima de 7 e razão C/N menor que 15.

Na Tabela 4, são apresentadas as concentrações de diversos elementos, presentes em diferentes compostos de lixo, relatadas por Grossi (1993), Abreu Júnior (1999), Cravo et al. (1998) e Chitolina et al. (2001). Os resultados de Grossi (1993) são representativos de 65 amostras de compostos de lixo provenientes de diversas usinas brasileiras. No trabalho de Abreu Júnior (1999) e de Chitolina et al. (2001) estão descritos as médias e as amplitudes desses valores de mais de 48 amostras de composto provenientes das usinas São Mateus, Santo André e Vila Leopoldina da cidade de São Paulo, SP e de São José dos Campos. Os resultados de Cravo et al. (1998) são referentes às análises dos compostos provenientes das capitais de Belo Horizonte, Rio de Janeiro, Florianópolis, São Paulo, Manaus e Brasília.

O composto de lixo também possui vários micronutrientes, como Zn, Mn e Cu (Tabela 4), que podem ser liberados para as plantas com o tempo, reduzindo ou mesmo substituindo o uso de fertilizante. Entretanto, o composto de má qualidade, isto é, aquele originário de um lixo indevidamente coletado e separado, pode conter outros metais potencialmente tóxicos como chumbo, crômio, cádmio e níquel, que uma vez adicionados ao solo podem ser absorvidos pela planta, entrando assim na cadeia alimentar.

Tabela 3. Classificação do composto de lixo urbano quanto as suas características químicas.

<i>Característica</i>	<i>Ótimo</i>	<i>Bom</i>	<i>Baixo</i>	<i>Indesejável</i>	<i>Excessivo</i>
Umidade %	< 25	25 – 35			> 35
PH	> 7,5	6,0 - 7,5		< 6,0	
Matéria orgânica total %	> 60	50- 60	< 50		
Matéria orgânica resistente %	< 10	10 - 15		> 15	
Cinzas %	< 20	20 - 40		> 40	
N total %	> 3,5	1,8 - 3,5		< 1,8	
Relação C/N	8 - 12/1	12 - 18/1		> 18/1	
	<i>Alto</i>		<i>Médio</i>		<i>Baixo</i>
P %	> 0,6		0,2 - 0,6		< 0,2
K %	> 1,2		0,4 - 1,2		< 0,4
Ca %	> 2,8		1,4 - 2,8		< 1,4
Mg %	> 1,2		0,6 - 1,2		< 0,6
S %	> 0,5		0,2 - 0,5		< 0,2

Fonte: Kiehl & Porta (1979).

Tabela 4. Teores máximos e mínimos encontrados em compostos de resíduos sólidos urbanos, maturados, em mg kg⁻¹, das usinas de compostagem de Santo André e outros locais do Brasil.

Elemento	Unidades				Outros Autores	
	Santo André ^{1,2}	São Mateus ^{1,2}	São José dos Campos ¹	Vila Leopoldina ¹	Grossi (1993)	Cravo (1998)
	<i>g.kg⁻¹ MS</i>					
N	15,0	13,2	11,5	12,5	-	7-14
P	10 (6-11)	9 (4-14)	4 (2-18)	5 (3-10)	-	2-5
K	4 (3-8)	5 (3-6)	6 (3-21)	10 (7-16)	-	3-11
Ca	55 (45-65)	47 (24-63)	29 (12-55)	20 (14-50)	-	20-36
Mg	5 (3-7)	4 (3-6)	6 (2-15)	4 (3-7)	-	2-5
Fe	32 (25-38)	26 (16-38)	15 (13-25)	15 (13-25)	12-23	13-52
Al	23 (20-24)	16 (12-32)	16 (13-37)	20 (18-39)	6-13	11-19
Na	4 (2-10)	4 (2-6)	6 (4-19)	8 (6-17)	-	-
	<i>Mg.kg⁻¹ MS</i>					
Cd	8,5(4,6-14,3)	5,2 (3-12,4)	2,6 (0,7-5,0)	1,2-10,1	0,1-0,5	1,0-5,3
Cr	228(141-366)	180 (52-318)	78 (18-122)	65 (33-239)	76-104	29-168
Cu	284(163-718)	336 (107-983)	178 (47-607)	210 (187-621)	61-271	45-215
Mn	384(312-518)	342 (220-466)	165 (58-445)	227 (208-648)	-	153-535
Ni	91(48-185)	84 (32-1300)	58 (13-123)	38 (27-104)	20-30	11-27
Pb	375(164-1632)	208 (65-411)	110 (1-493)	315(108-745)	56-432	92-600
Zn	1260(590-1556)	1098(312-1671)	310(217-764)	379 (170-875)	102-259	111-1006

Fonte: ¹Chitolina et al. (2001) e ²Abreu (1999).

A Tabela 4 demonstra as características nutricionais dos compostos de lixo produzidos em quatro usinas de compostagem do Estado de São Paulo apresentando teores de matéria orgânica semelhantes, variando de 30 a 49%, em função da época de coleta, tanto nos compostos crus como nos maturados (Chitolina et al., 2001), o que pode indicar que, para esta característica, os compostos apresentam as mesmas concentrações, mas não necessariamente a mesma relação C/N. Os teores de macro e micronutrientes nos compostos, de modo geral, foram comparáveis aos encontrados na literatura nacional (Cravo et. al., 1998; Abreu Júnior, 1995, 1999; Grossi, 1993; Pereira Neto & Mesquita, 1992) e internacional (Petruzzeli et. al., 1985; He et al., 1995).

Quanto aos valores de metais pesados presentes nos compostos das quatro usinas de compostagem, não se enquadram dentro das legislações alemã, suíça e holandesa (Tabela 5), mas estão abaixo dos limites médios estabelecidos pelas legislações italiana, austríaca e francesa. Esse fato deve-se aos primeiros países serem mais rigorosos em relação a esses níveis, sendo mais cuidadosos quanto à contaminação dos solos em função de não possuírem uma grande disponibilidade de terras agricultáveis disponíveis

para a aplicação de resíduos sólidos, e também um histórico de problemas ambientais, que os levou a considerarem valores mais restritivos.

Na Holanda, além de haver uma lei que limita as quantidades máximas de metais presentes no composto de lixo urbano, há também uma legislação que impede a continuação da aplicação do composto no solo agrícola se a concentração de um determinado metal ultrapassar um valor pré-estabelecido. Além disso, a questão cultural do país de origem é muito importante, pois reduzir tecnicamente os metais presentes na origem nos compostos de lixo é possível. Para tanto, existem várias maneiras que podem ser usadas, onde se destacam: a) a adoção de uma coleta seletiva eficiente; e b) no âmbito da usina, o uso de um separador balístico e de um eletroímã no final da esteira de catação.

Existe alguma legislação para uso agrícola do composto de lixo urbano?

Apesar da Cetesb já estar preocupada em estabelecer níveis mínimos de metais pesados em resíduos urbanos ou industriais para aplicação ao

solo, no Brasil, infelizmente, ainda não existe uma legislação específica que controle a aplicação do composto de lixo na agricultura. A Lei n.º 6.894, de 16.12.1980, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento regulamentou as portarias n.º 84 de 29.03.2002, n.º 31 de 08.06.1986 e n.º 01 de 04.03.1983, por tratar de fertilizantes orgânicos de maneira geral, é a única legislação brasileira sobre esse assunto. Nela, o composto, considerado como um fertilizante orgânico, deve ter as seguintes características mínimas, para poder ser registrado e comercializado como tal:

- Matéria orgânica total mínimo de 40%
- Nitrogênio total mínimo de 1%
- Umidade máximo de 40%
- Relação C/N máximo de 18/1
- pH em água mínimo de 6

No composto deverão estar ausentes as seguintes substâncias: agentes fitotóxicos, agentes patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados, agentes poluentes, pragas e ervas daninhas. De acordo com essa Lei, nem o composto de lixo ou qualquer outro material orgânico, como esterco de curral, por exemplo, podem obter registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por conterem uma quantidade detectável de metais pesados em sua composição.

A legislação em vigor em outros países regulamenta a presença de metais pesados no composto de lixo estabelecendo um limite máximo desses elementos para que esse adubo orgânico possa ser empregado na agricultura (Tabela 5). Esse conceito permite o acúmulo de metais pesados no solo, até um limite máximo

previamente estabelecido pela legislação. Nessa Circular, estabelecem-se os seguintes limites máximos para metais pesados no composto de lixo, baseado nos valores de pesquisas no Cinturão Verde da cidade de São Paulo, entre outras e em parâmetros internacionais encontrados atualmente e, em mg kg^{-1} do composto seco a 65°C :

Chumbo (Pb)	500
Cobre (Cu)	500
Zinco (Zn)	1.500
Cromo (Cr)	300
Níquel (Ni)	100
Cádmio (Cd)	5
Mercúrio (Hg)	2

Nos Estados Unidos, a Agência Federal de Proteção Ambiental é quem regulamenta as doses máximas de metais em lodo de esgoto e baseia-se no conceito de rotas de exposição, que foi empregado no estudo do Cinturão Verde de São Paulo. Deve-se ressaltar que esses limites são dinâmicos e podem ser reajustados à medida que as pesquisas nacionais apresentem valores mais ajustados para as nossas condições.

A escolha desses valores também é reforçada pelas constatações feitas em duas demonstrações por: a) estudos básicos de Silva et al. (2000a, 2000b, 2000c, 2000d, 2000e), que analisaram a disponibilidade temporal de metais pesados em sistema solo-composto incubados, em ensaios de campo e em vasos com cana-de-açúcar (Silva et al., 2000a) e; b) pesquisa realizada por Marchiori (2000), que avaliou os efeitos da aplicação de resíduos sólidos urbanos em hortaliças, por quatorze e cinco anos, em solos Glei húmico e

Tabela 5. Teores permissíveis de metais pesados (mg kg^{-1}) no composto de lixo urbano em alguns países da Europa e Estados Unidos.

País	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Hg
Alemanha	150	100	400	100	50	15	1
Estados Unidos	500	500	1000	1000	100	10	5
França	800	-	-	-	200	8	8
Áustria	900	1000	1500	300	200	6	4
Itália	500	600	2500	500	200	10	10
Suíça	150	150	500	-	-	3	3
Holanda	20	300	900	50	50	2	2

Fonte: Grossi (1993), adaptada pelos autores.

Podzólico vermelho-amarelo, respectivamente, na taxa de 200 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ (80 Mg ha⁻¹.ano⁻¹ em base seca) e cultivado com alface e beterraba na Região do Cinturão Verde da cidade de São Paulo. A composição do composto de lixo que se encontrava dentro dos valores preconizados pela Legislação Austríaca, não causaram contaminação do solo e planta, exceto para o Pb (Nascentes, 1998; Marchiori, 2000) e em parte para o Cu dos materiais originários da Usina Santo André. Dois modos de comprovação da validade dos índices propostos nesta Circular Técnica serão discutidos à luz de resultados experimentais de Silva et al. (2000a, 2000b, 2000d), Berton (1995) e de outros autores brasileiros (Nascentes, 1998; Costa et al., 1994; Abreu Júnior, 1999; Santos et al., 1998; Egreja Filho, 1993) e outra através de resultados práticos obtidos no Cinturão Verde da Grande São Paulo (Marchiori, 2000; Lima et al., 1999).

Base científica dos índices do composto

Uma forma de se evitar o acúmulo excessivo desses elementos no solo é limitar a sua concentração no composto orgânico. A primeira demonstração, fundamentada em técnica científica para se chegar a valores fitotóxicos, foi descrita por Chang et al. (1993), que define os procedimentos para estabelecer os limites para Cu, Cr, Ni e Zn no composto de lixo urbano. Com base nos dados de literatura internacional, os autores selecionaram estudos de curta duração (2 a 6 semanas) para estabelecer a relação entre a concentração do metal em plantas e o grau de redução de crescimento. A concentração de metal no tecido que corresponde a uma redução de 50% no crescimento da planta foi selecionada como ponto inicial de fitotoxicidade (*phytotoxicity threshold* – PT50). Por exemplo, estabeleceu-se que o PT50 para Zn no milho seria 2.200 mg kg⁻¹. Um exemplo

desse critério encontra-se na Tabela 6, onde também são apresentados os valores limites usuais de micronutrientes e metais pesados no solo e nas plantas.

Silva et al. (2000e) utilizando-se dos resultados de um experimento de incubação solo/composto, onde se estudou a disponibilidade do metal do composto aplicado ao solo com o decorrer tempo, obtiveram um modelo de decaimento da disponibilidade do metal no solo. Partindo-se de um composto de lixo com concentração de metais abaixo dos valores preconizados como critério nesta circular e aplicando-se uma dose elevadíssima de 150 Mg ha⁻¹ de composto de lixo, com base no material seco, obtiveram os resultados de metais pesados em valores totais no solo, em mg kg⁻¹ de: Cd (0,30), Co (18), Cu (35), Ni (22), Pb (18) e Zn (55).

Na comparação dos valores obtidos por Silva et al. (2000a, 2000b, 2000c, 2000d, 2000e), com os limites usuais de micronutrientes e metais pesados no solo e nas plantas (Tabela 6), nota-se que em todos os casos o teor total dos metais pesados estudados ficou aquém dos valores propostos por Kabatas-Pendias & Pendias (1992) e pela Cetesb (Casarini et al., 2001). Tais resultados são similares aos obtidos por Berton (1995), que aplicou uma dose de composto de lixo na ordem de 80 Mg ha⁻¹ de composto de lixo, que possuía concentrações de metais abaixo do limite da legislação austríaca, obtendo-se valores próximos de metais pesados disponíveis no solo, aos 90 dias, extraídos pela solução DTPA, em mg dm⁻³, que foram: Zn (4,6); Cu (3,3); Ni (0,34); Cd (0,05); Cr (0,05) e Pb (3,1). Portanto, fica evidente que um composto de lixo que possua uma composição compatível com os valores propostos e mesmo em doses mais elevadas (80 a 150 Mg ha⁻¹), não deve haver problemas de fitotoxidez, reforçando as evidências dos estudos de Marchiori (2000) e de Lima et al. (1999).

Tabela 6. Valores usuais de micronutrientes e metais no solo e nas plantas (mg kg⁻¹).

Metal	Solo					Planta	
	Usual ¹	CETESB alerta ⁴	Variação ¹	Nível crítico ²	CETESB intervenção ⁴	Intervalo de variação ¹	Toxidez ³
Mn	850	-	20-10000	1500-3000	-	15-100	300-500
Co	8	25	1-65	25-50	40	0,02-0,5	-
Ni	40	30	10-1000	100	50	0,02-5	10-100
Cu	20	60	2-100	60-125	100	4-15	20-100
Zn	50	300	10-300	70-400	500	8-15	100-400

Fonte: ¹Leeper, 1978; ²Kabatas-Pendias & Pendias, 1992; ³Alloway, 1995 e Ponto Inicial fitotoxicidade (*phytotoxicity threshold* – PT 10 e 20%); ⁴Casarini et al. (2001) – valores orientadores para proteção da qualidade de solos e água no Estado de São Paulo: Alerta e Intervenção. <www.cetesb.sp.gov.br>

Situação do Cinturão Verde de São Paulo

A segunda demonstração se refere à situação prática ocorrida pelo uso continuado de composto de lixo nos Cinturões Verdes das Grandes Capitais, a exemplo da cidade de São Paulo. Para tanto, foram analisados estudos realizados no Cinturão verde de São Paulo por Lima et al. (1999) e Marchiori (2000), que basicamente diferem pelo tempo de aplicação do composto na lavoura, tipos de solo e as hortícolas cultivadas.

No trabalho de Marchiori (2000), o objetivo central foi verificar os efeitos da aplicação do composto de lixo urbano, por longos períodos, em solos (glei húmico e podzólico vermelho-amarelo) e nas culturas de (alface - *Lactuca sativa* L. e beterraba - *Beta vulgaris* L.) na região do Cinturão Verde da Grande São Paulo. As aplicações de composto de lixo foram realizadas de 1982 a 1989 e de 1994 a 1997 em solo glei húmico e em 1989 e de 1994 a 1997 em solo podzólico vermelho-amarelo, na taxa de 200 m³ha⁻¹ano⁻¹ (80 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ – com base seca do material).

Numa primeira etapa, foram coletadas amostras de solos e plantas em áreas sob o cultivo de alface e beterraba e amostras de solo em áreas adjacentes com predominância de gramíneas, não cultivadas anteriormente e que nunca receberam aplicação de composto de lixo. Numa segunda etapa, foram coletadas amostras em áreas sob cultivo de alface no solo glei húmico, na mesma propriedade da primeira fase, e em duas propriedades adjacentes a esta que nunca receberam composto de lixo. Verificou-se que a aplicação do composto de lixo aos solos, em relação aos parâmetros micromorfológicos, microbiológicos e físicos revelaram que, com exceção da condutividade elétrica, não houve diferenças marcantes entre as áreas tratadas ou não com composto de lixo. Com relação aos teores totais nos solos o elemento que sofreu maior incremento em relação aos solos adjacentes às áreas tratadas foi o zinco (4,6 vezes para o glei húmico e 6,5 vezes para o podzólico vermelho-amarelo).

O segundo maior incremento foi o cobre (4,2 vezes no glei e 2,7 vezes para o podzólico). Os teores totais e extraíveis em DTPA (extrator que indica os teores de metais pesados disponíveis no solo) dos dois elementos foram maiores que aqueles observados em áreas cultivadas, adjacentes ao glei húmico, e não tratadas com composto de lixo ($p < 0,05$). Os teores totais estão dentro da faixa de

valores encontrados em condições naturais para solos do Estado de São Paulo e do recomendado como índice de alerta pela Cetesb. Através da extração sequencial avaliaram-se as amostras coletadas na primeira etapa, verificando que os elementos estudados (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) se encontravam principalmente na fração residual. Nos dois solos tratados com composto de lixo, o Cu apresentou-se, predominantemente associado à matéria orgânica e o Zn mais associado a óxidos. Verificou-se que valores de Cu acima de 500 mg kg⁻¹ no composto de lixo proporcionaram um valor no solo acima do teor de alerta da Cetesb. As amostras de folhas de alface (frescas) adubadas com composto de lixo coletadas em solo glei húmico, tiveram valores normais, com exceção do Cr e Cu em algumas amostras, que ficaram abaixo dos valores considerados como fitotóxicos e nenhum sintoma externo foi observado.

Quanto à distribuição nas diferentes partes das plantas (raiz, caule e folhas), houve um predomínio de maiores teores nas raízes, mas foi observada grande variabilidade. As diferenças fisiológicas entre espécies não permitem a extrapolação de resultados, principalmente de plantas cuja parte consumida é a parte aérea e as raízes comestíveis. Em algumas amostras dos solos tratados com composto de lixo, os teores de Pb nas plantas estiveram acima do permitido para a alimentação humana e algumas amostras dos compostos usados tinham teores de Pb acima da legislação austríaca, que recomenda valores limites mais conservadores.

Nos resultados de Marchiori (2000) demonstram que é possível o cultivo de hortaliças usando-se o composto de lixo, mas deve atentar-se com as quantidades de Pb, onde observou em aplicação com concentração de Pb acima de 500 mg kg⁻¹, um início de toxidez na alface, o que foi observado também por Costa et al. (1994). Tal fato ficou coerente com os resultados de Lima et al. (1999), que embora tenha estudado uma área adubada com composto por apenas 5 anos, demonstrou que não há contaminação das hortaliças, mas alerta para o acúmulo gradual de metais pesados no solo, a exemplo de Cr, Cu e Co. Um aspecto peculiar foi destacado pelos autores, que a área recebe uma contaminação por Cd de uma outra fonte não identificada provavelmente por deposição atmosférica, o que é típico dos grandes centros urbanos. Um outro aspecto importante no manejo de resíduos na área trata-se do pousio, que reduz a disponibilidade de metais no solo, permitindo que a disponibilidade dos metais na área se reduza. Silva et al. (2000b, 2000c, 2000e), observaram que o Cd foi

o metal que ultrapassou os limites permitidos pela EPA (1993) em dose acima de 100 Mg ha⁻¹ de composto de lixo. Em vários solos o tempo de decaimento desse metal é bem longo, isto é, a redução de metade do metal disponível às plantas no solo será de 6 e 12 meses, tornando o uso do composto de lixo, nesses solos, mais vulneráveis, necessitando de cuidados maiores e contínuo monitoramento. Já o tempo de decaimento (meia-vida) do cobalto variou bastante, dependendo do tipo de solo, ficando entre 1 e 5 meses; e o do chumbo ficou em torno de 6 e 7 meses.

O risco ambiental seria apenas devido a metais pesados contidos nos resíduos sólidos? E a questão dos patógenos e outros componentes orgânicos não oferece risco à saúde das pessoas? É possível haver salinização do solo pela aplicação do composto?

Se um resíduo sólido urbano oferecer qualquer contaminação por presença de patógenos indica que houve um processo deficiente de compostagem do lixo e esse material não deve ser utilizado na agricultura. Assim, como o lodo de esgoto, o composto de lixo também pode conter agentes causadores de doenças (Tabela 7). Os números desses patógenos variam grandemente com a saúde da população que gera o lixo urbano e como este é tratado. Quando a compostagem é feita sob condições ideais, a pilha de composto passa por uma fase mesófila, seguida de uma fase termófila, onde a temperatura chega a atingir 70°C por alguns dias (Pereira Neto & Mesquita, 1992). Segundo Kiehl (1985), essa fase destrói tanto os organismos patogênicos como as ervas daninhas presentes no composto. Gerba (1983) afirma que cistos de protozoários, ovos de helmintos e bactérias patogênicas são efetivamente inativados durante o processo de compostagem aeróbia. Entretanto, uma compostagem adequada muitas vezes é difícil de ser

conseguida devido às condições ambientais e de manejo da usina. Na própria pilha de composto há um gradiente de temperatura que tende a diminuir de dentro para fora.

No entanto, os patógenos que sobreviverem à compostagem, terão que sobreviver no solo, que em geral é um ambiente externo ao seu hospedeiro e repleto de microrganismos extremamente adaptados a esse sistema. A Tabela 7 mostra o tempo de sobrevivência de alguns patógenos no solo e na planta, onde se observa que apenas os helmintos têm um tempo de sobrevivência maior, devido ao solo fazer parte de seu ciclo vital.

Vários produtos que irão fazer parte da composição do lixo urbano, como produtos de limpeza, papel, cosméticos e restos de alimentos contêm compostos de difícil degradação, que podem provocar desde problemas dermatológicos até o câncer em seres humanos. Neste aspecto, Grossi (1993) analisando compostos orgânicos de 16 usinas de compostagem de lixo brasileiras, constatou a presença de dioxinas (dibenzo-*p*-dioxinas policloradas) em concentrações acima do valor aceitável proposto pela legislação alemã em sete delas. Nesse mesmo trabalho, se observou também que a soma das concentrações de seis congêneres de PCBs (bifenilas policloradas) foi superior ao limite de tolerância sugerido pela legislação alemã em apenas uma usina. Uma vez no solo, essas substâncias podem ser degradadas, absorvidas pelas plantas, adsorvidas ou mesmo translocadas no perfil, podendo atingir o lençol freático. Segundo Overcash (1983), as taxas de decomposição são dependentes da concentração das espécies orgânicas aplicadas ao solo e da composição de cada espécie, sendo que essa decomposição, na maioria dos casos, possui uma meia-vida não superior a um ano. Overcash (1983) afirma também, que a lixiviação desses compostos é insignificante se a aplicação estiver dentro das recomendadas para a produção agrícola, se o solo possuir uma drenagem suficiente para manter uma condição aeróbia em sua superfície e se o lençol freático permanecer a uma profundidade superior a 60 cm da superfície do solo.

Tabela 7. Tempos de sobrevivência de diversos tipos de patógenos no solo e nas plantas.

Patógeno	Solo		Planta	
	Tempo máximo	Tempo médio	Tempo máximo	Tempo médio
Bactéria	1 ano	2 meses	6 meses	1 mês
Vírus	6 meses	3 meses	2 meses	1 mês
Protozoários	10 dias	2 dias	5 dias	2 dias
Helmintos	7 anos	2 anos	5 meses	1 mês

Fonte: Page et al. (1983).

Onde, quando e quanto de composto de lixo urbano deve-se aplicar nas principais culturas do Estado de São Paulo?

Com base nos teores médios de N, P e K do composto de lixo, pode-se observar que esse produto equivale à fórmula 1-0,8-0,5, onde uma tonelada de composto irá fornecer 10 kg de N, 8 kg de P_2O_5 e 5 kg de K_2O . Esses números indicam que o composto de lixo irá ter alguma importância no suprimento desses nutrientes às plantas (Mays et al., 1973), a partir da aplicação de 10 Mg ha⁻¹ do produto seco a 65%, ou cerca de 16 Mg ha⁻¹ de um composto com 40% de umidade. Nota-se também que esse material orgânico é relativamente pobre em potássio em algumas unidades de compostagem, mostrando a necessidade de suplementação desse nutriente via fertilização mineral. A aplicação segura e técnica do composto orgânico no solo agrícola, *a priori* se recomenda uma compostagem completa até que o material esteja estabilizado — curado, ou seja, que esse material orgânico tenha um pH acima de 6,5 e a relação C/N abaixo de 18, devido à imobilização de N no solo. A dose deve ser menor que o máximo equivalente a N-total até 305 kg/ha, para não oferecer risco de contaminação por NO_3 através da percolação no perfil de solo (Oliveira et al., 2001).

Desse modo, a quantidade de composto de lixo a ser aplicada na agricultura deverá considerar os teores de N, P_2O_5 e K_2O presentes no composto de lixo, devendo ser observada também a

composição química do solo local usando os procedimentos do Boletim Técnico n.º 100 do IAC (Raij et al., 1987) para determinar as quantidades a aplicar. O uso agrícola de composto de lixo urbano produz melhores resultados quando associado aos adubos minerais, o que potencializa o aproveitamento dos nutrientes em especial o fósforo e depois o potássio e o nitrogênio, possuindo também, um efeito corretivo do solo. A resposta em produção relativa de cada grupo de culturas testadas ao composto de lixo foi diretamente correlacionada à quantidade de P e/ou K aplicada na forma de composto e proporcional aos teores desses elementos no próprio solo. Uma recomendação está sendo proposta dividindo-se as respostas a partir das classes dos teores originais nos solos, verificando-se a quantidade do nutriente a ser aplicada e a necessidade de suplementação química para atingir a produtividade adequada para a cultura.

Para as hortaliças e mandioca, em especial, recomenda-se o uso de composto de lixo proveniente de coleta seletiva, pois ele deve estar isento de patógenos e baixas concentrações de compostos orgânicos. Para as demais culturas utilizam-se os índices para patógenos equivalentes ao do bioestabilizado classe A, que será: *Salmonella* sp. – densidade inferior a 3 NMP/4g ST, coliformes fecais – densidade inferior a 1.000 NMP/g ST e helmintos – densidade menor que 1/4g ST.

1. Hortaliças: alface, beterraba e chicória

Adubação de plantio: aplicar o composto de lixo de uma só vez em área total, incorporando-o imediatamente, de acordo com a análise de solo, conforme Tabela 8.

Tabela 8. Recomendações das quantidades de composto de lixo urbano (CLU) - coleta seletiva - a serem aplicadas, em hortaliças (alface, beterraba e chicória), em toneladas com base em matéria seca por hectare, em função de teores de fósforo e de potássio, fornecidos pela análise de solo, e da composição NPK do composto de lixo.

Composição do composto		P resina, mg/dm ³			K+trocavél, mmolc/dm ³		
		0-25	26-60	>60	0-1,5	1,6-3,0	> 3,0
Nutriente % CLU		CLU, Mg/ha					
P %	> 0,6	* 15	* 5	* 5	-	-	-
	0,2 a 0,6	25	* 15	* 5	-	-	-
	< 0,2	50	35	25	-	-	-
K %	> 1,2	-	-		* 15	* 10	* 5
	0,4 a 1,2	-	-		25	* 15	* 5
	< 0,4	-	-		50	40	30

* Dosagem abaixo de 15 Mg/ha, a resposta da hortaliça é predominante à quantidade de matéria orgânica aplicada, não mais ao suprimento de PK.

Observações:

1. O fósforo do composto de lixo atende aproximadamente à metade da recomendação de P_2O_5 das hortaliças. Se o teor no solo, segundo o Boletim Técnico nº 100 do IAC (Raij et al., 1987), estiver Muito Baixo/Baixo ($0-25 \text{ mg P dm}^{-3}$), complementar com 150 kg/ha de P_2O_5 e se o teor estiver Médio ($26-60 \text{ mg P dm}^{-3}$) complementar com 100 kg/ha de P_2O_5 .
2. Se N do composto de lixo $< 0,8\%$ aplicar 40 kg/ha de N complementar.
 - Se N do composto de lixo $> 0,8\%$ não complementar.

Adubação em cobertura:

- a) beterraba - aplicar de $20-40 \text{ kg/ha}$ de N, aos 25-35 dias após a germinação; e
- b) alface e chicória - aplicar de $20-30 \text{ kg/ha}$ de N, para a alface, aos 25-35 dias após a germinação e para a chicória, aos 15-25 dias após a germinação.

Não se recomendam doses acima de 50 Mg ha^{-1} do composto em base seca, devido ao risco de salinização. A condutividade elétrica do solo não deve ultrapassar a $3,0 \text{ mS/m}$ no solo.

2. Outras culturas

- a) Arroz irrigado, feijão-de-verão

Adubação de plantio: aplicar o composto de lixo de uma só vez em área total antes do plantio, de acordo com a análise de solo, conforme Tabela 9.

Adubação em cobertura: aplicar de 40 a 60 kg/ha de N para a gramínea.

Arroz - no início da diferenciação da panícula, utilizar a menor dosagem quando as plantas apresentarem crescimento inicial muito vigoroso e coloração verde intensa.

Feijão - aos 25 a 30 dias após a emergência das plantas, utilizar uma cobertura em dose de 50 kg/ha de N em solos arenosos, principalmente no período das águas. Nos demais solos a demanda de N pode ser atendido por doses acima de 30 Mg/ha de composto. O composto deve suprir plenamente de P a cultura em dose acima de 25 Mg/ha . Entretanto, se o potássio do composto for abaixo de $0,4\%$ será necessária uma suplementação com fertilizantes potássicos.

- b) Cana-de-açúcar

Adubação de plantio: aplicar o composto de lixo de uma só vez em área total ou no sulco aprofundado a 30 cm de plantio na cana-planta, de acordo com a análise de solo e os teores de N, P e K do composto de lixo, conforme Tabela 10.

A quantidade de composto de lixo a ser aplicado na cana soqueira encontra-se em fase inicial de pesquisa, indica-se a aplicação nas entrelinhas e cultivo seqüencial a sua aplicação, cuja tendência de resposta agrônômica a esse resíduo relaciona-se com a concentração de N no mesmo. A estimativa da necessidade de aplicação de composto de lixo pode ser baseada na demanda de N (em torno de 90 kg de N/ha) pela cultura a partir da quantidade de N-total adicionada na forma do composto, considerando-se uma eficiência de aproveitamento de 40% do nutriente. Todavia, a relação NK do composto de lixo deve ser mais estudada por ser muito importante na cana soqueira.

Tabela 9. Interpretação de teores de fósforo e potássio em análise de solo e na composição do composto de lixo urbano (CLU) para recomendação de sua dosagem em toneladas de matéria seca por hectare em arroz irrigado¹ e feijão² de verão.

Composição do composto		P resina, mg/dm^3			K+trocavél, mmolc/dm^3		
		0-6	7-40	> 40	0-1,5	1,6-3,0	> 3,0
Nutriente %CLU		CLU, Mg/ha					
P %	> 0,6	15	* 10	* 5	-	-	-
	0,2 a 0,6	20	15	* 10	-	-	-
	< 0,2	50	35	* 10	-	-	-
K %	> 1,2	-	-	-	* 10	* 10	* 5
	0,4 a 1,2	-	-	-	20	* 10	* 10
	< 0,4	-	-	-	40	30	* 10

* Dosagem abaixo de 10 Mg/ha , a resposta é predominante à quantidade de matéria orgânica aplicada, não mais ao suprimento de PK. ¹Produtividade esperada de $4-6 \text{ Mg ha}^{-1}$. ²Produtividade esperada de $1,5-2,5 \text{ Mg ha}^{-1}$.

Em algumas situações observa-se que resposta ao composto de lixo urbano em produtividade de cana-de-açúcar, mesmo em área já adubada por NPK, devido a um efeito positivo na retenção hídrica no solo orgânico potencializa o uso dos próprios fertilizantes químicos (Kiehl, 1985), em parte ao fornecimento de micronutrientes e ao papel da matéria orgânica.

c) Triticale de sequeiro, milho, mandioca e aveia-branca

Adubação de plantio: aplicar o composto de lixo de uma só vez em área total antes do plantio em 20 a 30 dias, incorporando, de acordo com a

análise de solo, conforme Tabela 11.

Se houver resposta a potássio e o composto a ser empregado tenha pelo menos 0,5% de K, recomenda-se aplicar o equivalente a 50 a 80 kg de K_2O na forma de composto por hectare. Os índices de eficiência no primeiro ciclo do composto foram de: N de 35 a 50%, P_2O_5 de 35 a 65% e K_2O de 60 a 90%.

Adubação em cobertura

Triticale - aplicar 40 kg/ha de N e 30 kg/ha de K_2O , de 30-35 dias após a emergência, em complementação ao composto a ser adicionado em área total. O triticale tem uma interação muito positiva entre o composto e as fertilizações químicas, tanto nitrogenadas como fosfatadas.

Tabela 10. Interpretação de teores de fósforo e potássio em análise de solo e na composição do composto de lixo urbano (CLU), para recomendação de sua dosagem em toneladas de matéria seca por hectare em cana de açúcar (planta¹).

Composição do composto		P resina, mg/dm ³				K+trocavél, mmolc/dm ³		
		0-6	7-15	16-40	> 40	0-1,5	1,6-3,0	> 3,0
Nutriente % CLU		CLU, Mg/ha						
P %	> 0,6	15	* 10	* 5	-	-	-	-
	0,2 a 0,6	30	20	15	* 10	-	-	-
	< 0,2	50	35	25	* 10	-	-	-
K %	> 1,2	-	-	-	-	15	* 10	* 5
	0,4 a 1,2	-	-	-	-	20	15	* 10
	< 0,4	-	-	-	-	50	30	20

* Dosagem abaixo de 10 Mg/ha, a resposta é predominante à quantidade de matéria orgânica aplicada, não mais ao suprimento de PK. ¹ Produtividade esperada de 80 a 120 Mg ha⁻¹.

Tabela 11. Interpretação da análise de solo para recomendação da dose de composto de lixo urbano (CLU) em triticale de sequeiro¹, milho², mandioca³, e aveia-branca⁴, em função dos teores de N, P e K nos compostos e considerando-se o fator de eficiência.

Composição do composto		P resina, mg/dm ³				K+trocavél, mmolc/dm ³		
		0-6	7-15	16-40	> 40	0-1,5	1,6-3,0	> 3,0
Nutriente % CLU		CLU, Mg/ha						
P%	> 0,6	15	* 10	* 5	* 5	-	-	-
	0,2 a 0,6	20	15	* 10	* 5	-	-	-
	< 0,2	40	35	25	15	-	-	-
K %	> 1,2	-	-	-	-	20	15	*10
	0,4 a 1,2	-	-	-	-	25	20	15
	< 0,4	-	-	-	-	30	25	15
		CLU, Mg/ha						
**N %	> 3,5	* 10						
	1,8 a 3,5	15						
	< 1,8	30						

* Dosagem abaixo de 10 Mg/ha, a resposta é predominante devido à quantidade de matéria orgânica aplicada, não mais ao suprimento de PK. **Eficiência de N é de 35% do total. ¹Produtividade esperada de 2-3 Mg ha⁻¹. ²Produtividade esperada de 6-8 Mg ha⁻¹. ³Produtividade esperada de 15-20 Mg ha⁻¹. ⁴ Produtividade esperada de 2-3 Mg ha⁻¹.

Milho - aplicar 60 kg/ha de P_2O_5 suplementar no plantio, pois o composto tem se mostrado uma fonte moderada de P, mas excelente fonte de N.

Aveia-branca - aplicar 20 kg/ha de N, aos 30-40 dias após a brotação para a mandioca e aos 30-40 dias após a germinação para a aveia-branca. Pode-se dispensar a cobertura, no caso de plantas muito verdes, em áreas recém-desbravadas ou em pousio.

Mandioca de mesa - um aspecto a se observar é que a mandioca tem uma resposta mais consistente à adubação com composto de lixo urbano sem a suplementação mineral, devido a cultura requerer uma adequada quantidade de nutrientes para que haja um equilíbrio do crescimento da parte aérea e das raízes (Lorenzi et al., 1994).

Considerações finais

É benéfico para solos agrícolas receberem a matéria orgânica presente no lixo urbano, após estabilizada, na forma de composto orgânico, apresentando-se como uma alternativa viável de uso agrícola desta que é a maior fração do lixo.

O composto orgânico deve continuar a ser utilizado na agricultura, pois melhora as condições físicas e químicas bem como os processos biológicos do solo; a associação do composto de lixo com adubos minerais proporciona um melhor aproveitamento destes, atuando como fonte primordial de fósforo, potássio e ocasionalmente de nitrogênio aumentando a produção para as culturas mais exigentes em nutrientes. Entretanto, recomenda-se que o composto orgânico seja produzido de lixo oriundo de coleta seletiva e sempre devidamente estabilizado pela compostagem — curado.

A aplicação do composto deve ser periódica e preferivelmente em área total para que a matéria orgânica possa atuar melhor nas propriedades físicas do solo, ou seja, como um condicionador. Todavia, deve haver um monitoramento periódico do material orgânico utilizado, respeitando-se os conteúdos máximos preconizados nesta Circular, para aprimorar gradualmente esta recomendação e evitar um processo de acumulação de metais pesados até níveis de contaminação.

Um composto de lixo adequado à agricultura deve ser isento de patógenos, em especial para hortaliças, mandioca e plantas onde o composto fique em contato próximo com a parte comestível do alimento. Deve-se tomar medidas para a redução gradual dos teores de metais pesados no composto orgânico, assim como, de vidros, moedas, agulhas, enfim deve direcionar material orgânico ao solo e não usá-lo como depósito de lixo e/ou de materiais nocivos ao homem.

As pesquisas com esse produto devem ser direcionadas para o fornecimento de subsídios aos órgãos fiscalizadores a fim de que estes possam exercer um melhor controle técnico econômico-ambiental. Objetiva-se direcionar a recomendação de aplicação do composto de lixo urbano em função de uma determinada cultura e um determinado metal pesado específicos.

Em síntese, que cuidados ou restrições devem ser observados para o uso agrícola do composto?

Para o uso agrícola do composto do lixo devem ser observados alguns aspectos que restringem sua utilização:

1. A salinização do solo pela aplicação de composto de lixo. Deve ser uma preocupação que pode ser estimada pela condutividade elétrica, item que indica a quantidade de sais solúveis presentes no solo e que deve ser mantida abaixo de $4,0 \text{ dS m}^{-1}$ (Estados Unidos, 1954; Abreu Júnior, 1999; Costa et al., 1994), correspondendo a um valor trocável limite na faixa de 225 a 300 mg kg^{-1} no solo. Em tais situações recomenda-se monitorar as propriedades físicas (estabilidade de agregados e condutividade hidráulica) em área adubadas com composto ao longo do tempo.
2. Preferência pelo uso de material oriundo de coleta seletiva. Essa preocupação deve ser considerada por causar menos problemas ambientais e de saúde pública, como: a) com dioxinas (dibenzo-*p*-dioxinas policloradas) e congêneres de PCBs (bifenilas policloradas), que por percolação podem atingir o lençol freático; b) presença de patógenos; e c) metais pesados.
3. O pH em água do solo deve ser superior a 5,5 e o do composto acima de 6,5.
4. Deve-se evitar a presença de materiais inertes como agulhas, materiais cortantes e pilhas no material orgânico compostado para que sejam minimizados sua ocorrência no composto.
5. No uso agrícola de composto curado, a relação C/N não pode ultrapassar a 1/18, pois esse produto levaria a uma ação de imobilização de N no solo e, a quantidade máxima a ser adicionada em equivalente N-total deve ser em até 305 kg/ha , para não ocorrer risco de contaminação do solo e lençol freático por NO_3 através de percolação no perfil de solo (Oliveira et al., 2001).
6. Manter a distância de proteção na aplicação de resíduos urbanos, ou seja, manter 70 m de núcleos habitacionais ou edificações, 15 m

dos limites da propriedade ou de vias de domínio público, 200 m de cursos de água e lagos. Os sistemas de drenagem devem sofrer uma análise mais detalhada pela comissão paulista, pelo tipo: de solo e topografia associada é quase certo que a distância entre a superfície do terreno e o nível do lençol freático deverá ser superior a 1,5 m na época da aplicação.

7. A Composição de metais pesados no CLU não deve exceder em mg.kg^{-1} (MS): Pb (500), Cu (500), Zn (1500), Cr (300), Ni (100), Cd (5) e Hg (2). Em termos de dose máxima do metal a ser adicionado por área, em kg ha^{-1} , seria: Cd (1,0); Cu (75); Ni (15); Pb (15); Zn (115); Se (3,0) e Hg (0,5).

Referências Bibliográficas

- ABREU, M. F. de; BERTON, R. S.; ANDRADE, J. C. de. Comparison of methods to evaluate heavy metals in organic wastes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOIL TESTING AND PLANT ANALYSIS, 1995, Wageningen. Proceedings... Athens: Soil and Plant Analysis Council, 1995. p. 16.
- ABREU JUNIOR, C. H. Propriedades químicas e disponibilidade de nutrientes e metais em diferentes solos adubados com composto de resíduo urbano. 1999. 159 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- ABREU JUNIOR, C. H.; MURAOKA, T.; LAVORANTE, A. F.; ALVAREZ V., F. C. Condutividade elétrica, reação do solo e acidez potencial em solos adubados com composto de lixo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 24, p. 635-647, 2000.
- ALLOWAY, B. J. Soil processes and the behavior of metals. In: ALLOWAY, B. J. (Ed.). Heavy metals in soil. Glasgow: Blackie, 1995. p. 107-108.
- AMAZONAS, M. Compostagem de lixo urbano: projeto reciclagem. Belém: Embrapa-CPATU, 1990. p. 20-23.
- ANDRADE, C. A.; GRADJEAN, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Curvas de neutralização de lodo de esgoto e composto de lixo em latossolo vermelho escuro. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., 1998, Caxambu. Fertbio'98: resumos. Lavras: UFLA: SBCS: SBM, 1998.
- BERTON, R. S. Utilização agrícola do composto de lixo urbano. [S.l.: s. n., 1995]. 76 p. Relatório final encaminhado à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo.
- CASARINI, D. C. P.; DIAS, C. L.; LEMOS, M. M. G. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo: Cetesb, 2001. 73 p. (Cetesb. Série Relatórios Ambientais).
- CHANG, A. C.; GRANATO, T. C.; PAGE, A. L. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for chromium, copper, nickel and zinc in agricultural land application of municipal sewage sludges. Journal of Environmental Quality, v. 21, n. 4, p. 521-36, 1993.
- CHITOLINA, J. C.; SILVA, F. C. da; ABREU, M. F. de; PALMA, F. M. de S.; CARMO, J. B. do. Decomposição da matéria orgânica de compostos de lixo urbano e posterior preparo de extratos nítrico-perclórico. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2001. 12 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Circular Técnica, 1).
- COSTA, C. A.; CASALI, V. W. D.; LOURES, E. G.; CECON, P. R.; JORDÃO, C. P. Tear de metais pesados em alface (*Lactuca saliva* L.) adubada com composto orgânico de lixo urbano. Revista Ceres, v. 41, p. 629-640, 1994.
- CRAVO, M. S.; MURAOKA, T.; GINESS-ROSAS, M. F. G. Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 22, p. 547-553, 1998.
- EGREJA, FILHO, F. B. Avaliação de ocorrência e distribuição química de metais pesados na compostagem do lixo domiciliar urbano. 1993. 176 f. Tese (Mestrado em Agronomia/Agroquímica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- EPA. Standard for the use or disposal of sewage sludge. Federal Register, Washington, v. 53, n. 32, p. 9248-9415, Feb. 1993.
- ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Salinity Laboratory. Diagnosis and improvement: saline and alkali soils. Riverside, CA: USDA, 1954. 160 p. (USDA. Handbook, 60). Disponível em: <<http://www.ussl.ars.usda.gov/hb60/hb60.htm>>. Acesso em: 13 maio 2002.
- FERRO NETO, A. Produção racional de compostos de lixo urbano. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1., 1994, Botucatu. Trabalhos apresentados. Botucatu: Unesp, 1994. p. 1-14.
- GERBA, C. P. Pathogens. In: PAGE, A. L.; GLEASON III, T. L.; SMITH JUNIOR, J. E.; ISKANDER, I. K.; SOMMERS, L. E. (Ed.). Proceedings of the 1983 Workshop on Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land. Riverside, CA: University of California, 1983. p.147-198.
- GODDEN, B. M.; MARESCHEL, M.; VEKEMANS, X.; PENNINGKIS, M. Effects of manure compost on soil microbiological properties. In: BERTOLDI, M. de (Ed.). Compost production, quality and use. London: Elsevier Applied Science Publisher, 1987.

- GODOI, M. O. Origem e destino dos resíduos sólidos domiciliares em São Paulo. 1997. 223 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.
- GROSSI, M. G. de L. Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo urbano através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas. 1993. 222 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo.
- HE, X. T.; LOGAN, T. J.; TRAINA, S. J. Physical and chemical characteristics of selected U.S. municipal solid waste composts. *Journal of Environmental Quality*, v.24, p. 543-552, 1995.
- JAHNEL, M. C.; MELLONI, R.; CARDOSO, E. J. B.N. Maturidade de composto de lixo urbano. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 56, n. 2, p. 301-304, abr./jun.1999.
- KABATA-PENDIAS, A. K.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. Boca Raton: CRC Press, 1992. 315 p.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba. *Agrônoma Ceres*, 1985. 492 p.
- KIEHL, E. J.; PORTA, A. Métodos de amostragem de lixo e composto e interpretação dos resultados obtidos. *Revista Limpeza Pública*, n. 19, p. 3-7, 1981.
- LEEPER, G. W. (Ed.). *The Australian environment*. 5. ed. Melbourne: CSIRO, 1978. 163 p.
- LIMA, J. S.; LICHTIE, J.; OLIVEIRA, E. da; MENK, J. R. F. Hortaliças cultivadas com compostos orgânicos de lixo urbano não apresentam contaminação com metais pesados. *Revista Ceres*, v. 46, n. 268, p. 371-385, 1999.
- LIMA, L. M. Q. Tratamento de lixo. São Paulo: Hemus, 1991. 240 p.
- LORENZI, J. O.; BERTON, R. S.; VALLE, T. L.; MONTEIRO, D. A.; GRANJA, N. do P.; PERESSIN, V. A. Efeito da época de colheita, tipo de solo e da adubação mineral e orgânica na qualidade do cozimento culinário das raízes de mandioca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 8., 1994, Salvador. Resumos. Fortaleza: SBM, 1994. p. 90.
- MARCHIORI, A. C. C. Avaliação de agroecossistemas do cinturão verde da grande São Paulo que receberam aplicação de composto de resíduos sólidos urbanos por longos períodos. 2000. 185 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- MAYS, D. A.; Terman, G. L.; DUGGAN, J. C. Municipal compost: effects on crop yields and soil properties. *Journal Environmental Quality*, v. 1, p. 89-92, 1973.
- MELO, W. J.; SILVA, F. C.; MARQUES, M. O.; BOARETTO, A. E. Critérios para o uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26, Rio de Janeiro, 1997. Anais. Viçosa: SBCS: UFU, 1997. CD-ROM.
- NASCENTES, C. C. Efeitos do composto de lixo urbano na disponibilidade e absorção de metais pesados em alface. 1998. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Viçosa, Viçosa.
- OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; MORAES, S. O. Percolação de nitrato em latossolo amarelo distrófico afetada pela aplicação de composto de lixo urbano e adubação mineral. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 25, p. 731-741, 2001.
- OVERCASH, M. R. Specific organic compounds. In: PAGE, A. L.; GLEASON III, T. L.; SMITH JUNIOR, J. E.; ISKANDAR, I. K.; SOMMERS, L.E. (Ed). *Proceedings of the 1983 Workshop on Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land*. Riverside, CA: University of California, 1983. p.199-234.
- PAGE, A. L.; GLEASON III, T. L.; SMITH JUNIOR, J. E.; ISKANDAR, I. K.; SOMMERS, L.E. (Ed). *Proceedings of the 1983 Workshop on Utilization of Municipal Wastewater and Sludge on Land*. Riverside, CA: University of California, 1983. 480p.
- PEREIRA NETO, J. T.; MESQUITA, M. M. F. Compostagem dos resíduos sólidos urbanos: aspectos teóricos, operacionais e epidemiológicos. Lisboa, 1992. 25 p. (Informação Técnica –Hidráulica Sanitária, 37).
- PERES, C. S. Avaliação técnico-econômica da produção de composto de lixo. [S. l.: s. n., 1993]. 46 p. Relatório técnico parcial n. 31369/93, apresentado à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo., 1993. 46 p.
- PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L.; GUIDI, G. Heavy metal extractability. *Biocycles*, v. 26, n. 8, p. 46-48, 1985.
- RAIJ, B. van; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C.; QUAGGIO, J. A.; HIROCE, R.; CAMTARELLA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A. R.; TRANI, P. E. Recomendações de adubação para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 1985. 107 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).
- ROUSSEAU, P. Les métaux lourds dans les ordures ménagères: origines, formes, chimiques, teneurs. Villeurbanne: LCPAE/ANRED/NAE, 1988. 123 p.
- SANTOS, I. C.; CASALI, V. W. D.; MIRANDA, G. V. Comportamento de dez cultivares de alface adubadas com composto de lixo urbano. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*; v. 33, n. 2, p. 157-161, 1998.

SILVA, F.C. da; CALDEIRA, C. M. V.; GOMES, P. C.; BERGAMASCO, A. F. Uso agrícola de composto de lixo: estudo de transferência de metal pesado no sistema solo-cana-de-açúcar. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2000a. 5 p. (Embrapa Informática Agropecuária Comunicado Técnico, 12).

SILVA, F. C. da; SILVA, C. A.; BERGAMASCO, A. F.; RAMALHO, A. L. Uso agrícola de composto de lixo: efeito do tempo de incubação solo/resíduo na disponibilidade de metal pesado. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2000b. 8 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado Técnico, 10).

SILVA, F.C. da; SILVA, C. A.; BERGAMASCO, A. F.; RAMALHO, A. L. Uso agrícola de composto de lixo: efeito do tempo de incubação solo/resíduo na disponibilidade de micronutrientes. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2000c. 8 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado Técnico, 11).

SILVA, F. C. da; SILVA, A. F. S. da; CESAR, M. A. A.; SALDANHA, M. F. C. Influência da aplicação do composto de lixo urbano na cana-de-açúcar e na fertilidade do solo. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2000d. 38 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Relatório Técnico, 8).

SILVA, F. C. da; VENDITE, L. L.; BERGAMASCO, A. F. Uso de modelos de transferência de metal pesado e de crescimento da cana-de-açúcar sob adubação de composto de lixo urbano. In: MODELAGEM de processos para simulação de crescimento de culturas: workshop internacional, 2000, Campinas. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: JFDC: CENA, 2000e. 14 p.

SILVEIRA, A. P. D.; BERTON, R. S.; ABREU, C. A. de. Microbial activity as influenced by organic residue application to soil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MICROBIAL ECOLOGY, 7., 1995, Santos. Proceedings... São Paulo: Sociedade Brasileira de Microbiologia: International Committee on Microbial Ecology, 1995. p. 108.

Circular Técnica, 3

Embrapa Informática Agropecuária
Área de Comunicação e Negócios (ACN)
Av. André Tosello, 209
Cidade Universitária - "Zeferino Vaz"
Barão Geraldo - Caixa Postal 6041
13083-970 - Campinas, SP
Telefone (19) 3789-5743 - Fax (19) 3289-9594
e-mail: sac@cnptia.embrapa.br

1ª edição
2002 - on-line
Todos os direitos reservados

Comitê de Publicações

Presidente: José Ruy Porto de Carvalho
Membros efetivos: Amarindo Fausto Soares, Ivanilde Dispatto,
Luciana Alvim Santos Romani, Marcia Izabel Fugisawa Souza,
Suzilei Almeida Carneiro
Suplentes: Adriana Delfino dos Santos, Fábio Cesar da Silva,
João Francisco Gonçalves Antunes, Maria Angélica de Andrade
Leite, Moacir Pedroso Júnior

Expediente

Supervisor editorial: Ivanilde Dispatto
Normalização bibliográfica: Marcia Izabel Fugisawa Souza
Capa: Intermídia Publicações Científicas
Editoração Eletrônica: Intermídia Publicações Científicas