

Potencialidade do Uso de Composto Produzido a Partir de Lodo de Esgoto Urbano e Poda Verde de Árvore

Introdução

A fração inorgânica do solo é complexa tanto mineralogicamente como na sua composição química. Das três principais frações granulométricas do solo, areia, silte e argila, é esta última que possui maior superfície específica ou maior área de atividade. Muitos dos minerais de argila possuem carga negativa constante sendo então capazes de interagir com cátions metálicos, como a maioria dos nutrientes absorvidos pela planta, controlando sua biodisponibilidade e evitando a sua lixiviação. Esta propriedade, conhecida como capacidade de troca de cátions (CTC), está diretamente relacionada à fertilidade do solo. Baixa CTC também está relacionada ao excesso de acidez e conseqüentemente alta disponibilidade de elementos tóxicos na solução do solo, levando a uma deficiência nutricional ou fitotoxicidade pela planta. Muitos dos solos brasileiros possuem baixa CTC sendo que geralmente, a matéria orgânica presente nestes é a grande responsável pelas propriedades de troca do solo. Corrigir o solo com a adição de matéria orgânica estabilizada (como a gerada pela compostagem de resíduos orgânicos), apresenta-se como um método eficiente de melhorar suas propriedades físico-químicas e microbiológicas, gerando um ambiente mais benéfico para as plantas e conseqüentemente mais produtivo. A reciclagem de resíduos orgânicos urbanos através de processos de compostagem, visando a geração de fertilizantes orgânicos de qualidade é, portanto, uma via muito interessante tanto do ponto de vista de aproveitamento do material quanto de melhoria da fertilidade dos nossos solos.

O tratamento adequado do lodo (ou biossólido gerado em estações de tratamento de esgoto - ETE), para fins agrícola e florestal mostra-se como uma das alternativas mais apropriadas para seu aproveitamento sustentável, pois esse material tem um potencial fertilizante que não pode ser desprezado. Os biossólidos contêm matéria orgânica, macro e micronutrientes que exercem um papel fundamental na produção agrícola e na manutenção da fertilidade do solo. Além disso, a matéria orgânica contida nos biossólidos pode aumentar o conteúdo de húmus que melhora a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo, aumentando a resistência dos agregados e reduzindo a erosão.

A compostagem de resíduos orgânicos é um dos métodos mais antigos de reciclagem, durante o qual a matéria orgânica é transformada em fertilizante. Este processo é resultado da decomposição biológica do substrato orgânico em sistema aeróbio, sob condições que

permitam o desenvolvimento natural de microrganismos (bactérias, fungos e leveduras), que agindo em simbiose, elevam a temperatura, com formação de um produto suficientemente estável para armazenamento e aplicação ao solo, sem efeitos ambientais indesejáveis. Visando melhorar a qualidade da matéria orgânica do composto, pode-se submeter o material a uma biodigestão anaeróbia, onde o composto será colocado durante um certo período isolado do ar através do uso de uma lona fechada hermeticamente (do mesmo modo que se procede em uma silagem).



Foto: Arquivo

Como resultado da compostagem são gerados dois importantes componentes: sais minerais, contendo nutrientes para as raízes das plantas, e húmus, como condicionador e melhorador das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. É por esta última razão que determinados autores se referem à matéria orgânica humificada apenas como condicionador

São Carlos, SP
Dezembro, 2004

Autores

Wilson Tadeu Lopes da Silva
Químico, Dr.
Embrapa Instrumentação
Agropecuária, C.P. 741,
CEP 13560-970,
São Carlos, SP
wilson@cnpdia.embrapa.br

Lourenço Cherman Salles
Eng. Agrônomo
Sobloco S.A.

Antonio Pereira de Novaes
Veterinário, MSc.
Embrapa Instrumentação
Agropecuária

Ladislau Martin Neto
Físico, Dr.
Embrapa Instrumentação
Agropecuária

Débora M. B. P. Milori
Físico, Dra.
Embrapa Instrumentação
Agropecuária

Marcelo Luiz Simões
Físico, MSc.
Embrapa Instrumentação
Agropecuária

Renata Natsumi Haneda
Bacharel em Biologia

Lucimar Lopes Fialho
Química, MSc

do solo, relegando seu importante valor como fornecedor de elementos essenciais à vida vegetal. Outro efeito importante do processo de compostagem de materiais está na sua desinfecção devido ao aumento da temperatura das leiras. Este processo, se bem conduzido, é capaz de remover mais de 99 % dos microorganismos patogênicos e ovos de helmintos, produzindo um material livre de germes patogênicos que poderiam inviabilizar o seu uso no solo.

O objetivo desta circular técnica é a de demonstrar a potencialidade do uso deste material como fertilizante orgânico (e não somente como condicionador de solo) devido às propriedades do produto gerado. Não se pode esquecer que, devido à origem do material, torna-se necessário um controle microbiológico do ponto de vista sanitário.

Experimental

O fertilizante orgânico foi obtido da compostagem do lodo de esgoto proveniente da Estação de Tratamento Primário Avançado em presença de poda proveniente da conservação de ruas e terrenos urbanos (composta basicamente de madeira, folhas de árvores e grama), todos estes gerados no condomínio denominado Riviera de São Lourenço, na cidade de Bertioga/SP. A esta mistura, após compostagem, foi adicionado esterco bovino ou lodo de esgoto proveniente lagoa facultativa e então colocado em processo de anaerobiose (ausência de ar), para que se melhorasse o processo de humificação. Todos os materiais produzidos apresentavam quantidade de coliformes fecais menores que 1000 NMP (número mais provável) e zero de ovos viáveis de helmintos. Por tratar-se de lodo unicamente residencial (sem aporte industrial), a quantidade de metais pesados também encontrava-se bastante abaixo dos valores máximos permitidos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do estado de São Paulo (CETESB).

Após 60 dias, o material foi analisado do ponto de vista do grau de humificação e de fertilidade. Em todos os aspectos, o material foi considerado apto para uso na agricultura.

Avaliou-se o desempenho do composto gerado através da sua aplicação em vasos, para as culturas de milho (cultivar *Br 106*) e eucalipto (variedade *Glandis*), em dois solos diferentes, um coletado na Fazenda Sta. Cândida e o outro na Riviera de São Lourenço.

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, na fazenda Sta. Cândida, no município de São Carlos - SP. Não se fez uso de adubação NPK, nem correção do solo (calagem). Os experimentos foram constituídos por 60 vasos com eucalipto e 60 vasos com milho, sendo as doses de composto: 0, 5, 15 e 30% em volume e cada tratamento com 3 repetições.

Foi feito o plantio das mudas de milho e de eucalipto em março, onde foram avaliados os seguintes parâmetros: diâmetro dos caules, coloração foliar, altura e vigor das plantas. Após um mês foi feita a avaliação desses mesmos parâmetros, além da análise de macro e micronutrientes das folhas do milho coletadas assim que os experimentos foram finalizados.

Resultados

Cultivo de milho e eucalipto com aplicação do composto produzindo

Os solos utilizados nos experimentos são diferentes na procedência e na qualidade, sendo que o solo retirado da Riviera, localizada no município de Bertioga - SP, apresenta-se inferior no aspecto de fertilidade em relação ao solo da Fazenda Sta. Cândida, localizada na cidade de São Carlos - SP, menor quantidade de nutrientes, argila e matéria orgânica, e maior acidez (tabelas 1 e 2). No estado de São Paulo, a maior parte do nitrogênio está ligado à matéria orgânica, portanto é de se esperar que o solo proveniente da Riviera, apresente também maior deficiência neste nutriente. Ambos os solos utilizados são bastante arenosos.

Tabela 1: Análise química dos solos empregados nos ensaios com crescimento de plantas, sem adição de composto (análises realizadas pelo laboratório de solos da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos)

Solo	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	SB	V	m	SO ₄
		g/dm ³	mg/dm ³	Resina						mmol/dm ³		%	%	mg/dm ³
Sta. Cândida	6,8	5,8	4	1	0,2	12	7	9	0	28	19	67	0	2
Riviera	6,6	5,3	1	0	0,3	10	2	11	0	23	12	53	0	1

Obs.:

H + Al: Acidez total

M.O.: Matéria Orgânica

CTC: Capacidade de troca de cátions

SB: Soma de bases trocáveis (K + Ca + Mg)

V: Saturação de bases

m: Saturação de alumínio

P resina: Fósforo determinado pelo método da resina (IAC)

Tabela 2: Micronutrientes e granulometria dos solos utilizados, sem adição de composto (análises realizadas pelo laboratório de solos da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos)

Solo	Micro Nutrientes						Análise Granulométrica		
	Cu	Fe	Zn	Mn	B	Areia total	Argila	Silte	
	mg / dm ³						g/kg		
Sta. Cândida	0,3	8	0,3	0,6	0,12	931	56	13	
Riviera	0,2	15	0,2	0,0	0,12	979	8	13	

A tabela 3 apresenta os resultados de caracterização e fertilidade dos fertilizantes orgânicos estabilizados, oriundos do aproveitamento de lodo de esgoto e poda verde. O Fertilizante 1 possui em sua composição Poda Verde + Lodo de Tratamento Primário + Esterco Bovino. O Fertilizante 2 possui Poda Verde + Lodo de Tratamento Primário de Esgoto (tratamento físico-químico) + Lodo de Lagoa de Tratamento de Esgoto (tratamento biológico).

Tabela 3: Análise geral dos fertilizantes orgânicos utilizados nos ensaios (quantidade total).

Identificação	Fertilizante 1	Fertilizante 2
C orgânico (g/Kg)	336,4	279,0
N (g/kg)	7,79	6,26
Ca (g/kg)	7,84	6,47
Mg (g/kg)	2,15	1,16
P (g/kg)	1,02	0,47
K (g/kg)	4,66	1,11
S (g/kg)	1,23	0,62
Cu (mg/kg)	15,78	9,57
Fe (g/kg)	5,63	2,64
Mn (mg/kg)	115,52	58,61
Zn (mg/kg)	42,57	23,50
NH ₄ (mg/kg)	97,48	88,61
NO ₃ (mg/kg)	78,93	77,20
pH em CaCl ₂	7,3	7,0
RLO* (spins x 10 ⁻¹⁵)	8,7	9,7

a - Radicais livres orgânicos, determinados por Espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE), associados ao grau de humificação da matéria orgânica (material in natura).

Para entendimento dos resultados que serão apresentados, faz-se necessário a compreensão da montagem dos ensaios conforme o apresentado abaixo:

- 1 - Solo da Fazenda 100% (Testemunha)
- 2 - Solo da Fazenda 95% + 05% Fertilizante 1.
- 3 - Solo da Fazenda 95% + 05% Fertilizante 2.
- 4 - Solo da Fazenda 85% + 15% Fertilizante 1.
- 5 - Solo da Fazenda 85% + 15% Fertilizante 2.
- 6 - Solo da Fazenda 70% + 30% Fertilizante 1.
- 7 - Solo da Fazenda 70% + 30% Fertilizante 2.
- 8 - Solo da Riviera 100% (Testemunha)
- 9 - Solo da Riviera 95% + 05% Fertilizante 1.
- 10 - Solo da Riviera 95% + 05% Fertilizante 2.
- 11 - Solo da Riviera 85% + 15% Fertilizante 1.
- 12 - Solo da Riviera 85% + 15% Fertilizante 2.
- 13 - Solo da Riviera 70% + 30% Fertilizante 1.
- 14 - Solo da Riviera 70% + 30% Fertilizante 2.

Os resultados demonstraram que no caso do milho plantado em vaso com solo da Riviera, é facilmente observável um “gradiente” de crescimento das plantas proporcional à quantidade de composto adicionado (figura 1), sendo esta uma comprovação de utilização de fertilizante orgânico estabilizado. No caso das plantas em solo da Fazenda Sta. Cândida, 5% em volume de composto adicionado foi o suficiente para um crescimento satisfatório.

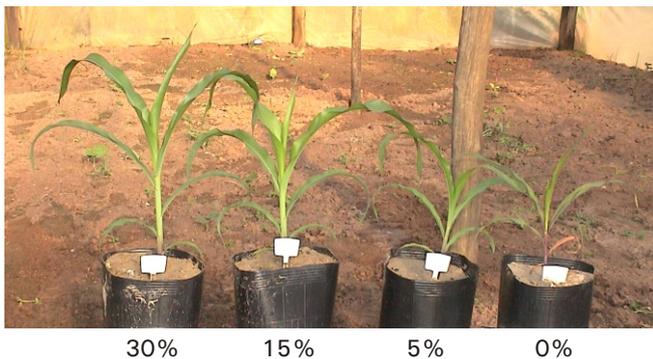


Figura 1: Crescimento de pés de milho no solo da Riviera aos quais foram adicionados diferentes quantidades de composto (0, 5, 15 e 30 % em volume)

Nas figuras 2, 3 e 4 têm-se o acompanhamento dos parâmetros: altura, diâmetro do caule (na base da planta) e vigor, respectivamente, dos pés de milho cultivados em solo da Fazenda Sta. Cândida e solo da Riviera.

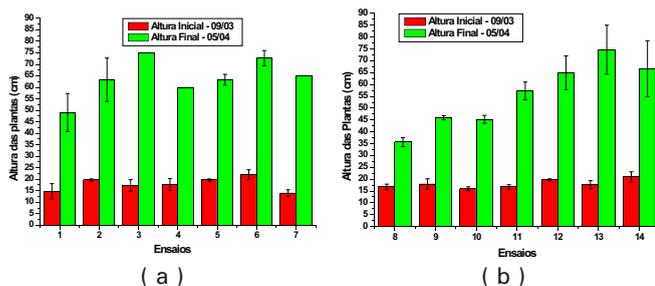


Figura 2: Comparação entre as alturas de pés de milho nos solos onde foram adicionados diferentes quantidades de composto. (a) Solo da fazenda Sta. Cândida (São Carlos - SP) e (b) Solo da Riviera de São Lourenço (Bertioga - SP).

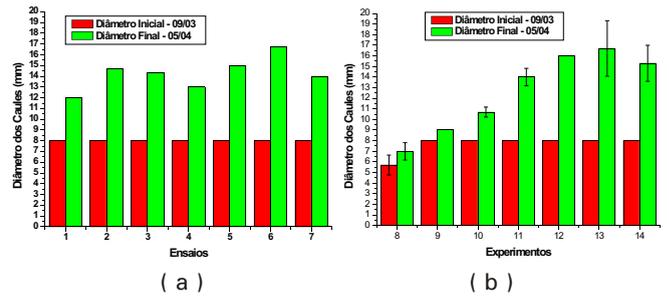


Figura 3: Comparação entre os diâmetros dos caules na base das plantas (milho). (a) Solo da fazenda Sta. Cândida (São Carlos - SP) e (b) Solo da Riviera de São Lourenço (Bertioga - SP).

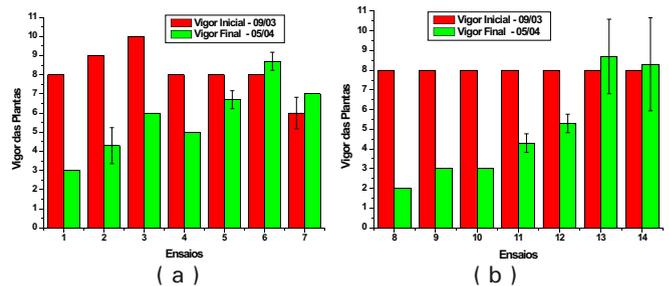


Figura 4: Comparação entre o vigor relativo das plantas (milho). (a) Solo da fazenda Sta. Cândida (São Carlos - SP) e (b) Solo da Riviera de São Lourenço (Bertioga - SP).

No cultivo do eucalipto, no solo da Riviera, foi observado melhor desenvolvimento (maior vigor) nas plantas cultivadas com maior dose do composto (figura 5).

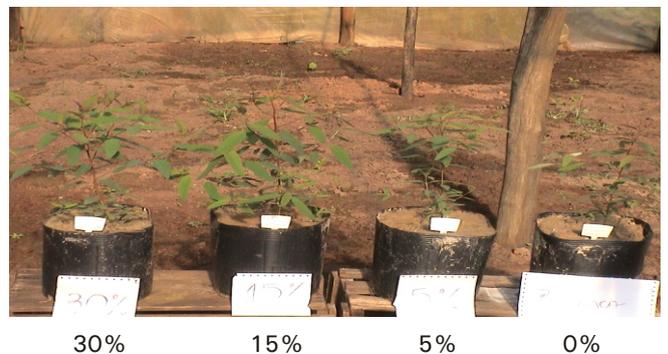


Figura 5: Crescimento de eucaliptos no solo da Riviera aos quais foram adicionados diferentes quantidades de composto (0, 5, 15 e 30 % em volume)

Nas figuras 6, 7 e 8 têm-se o acompanhamento dos parâmetros: altura, diâmetro do caule (na base da planta) e vigor, respectivamente, dos eucaliptos cultivados em solo da Fazenda Sta. Cândida e solo da Riviera.

No caso do Eucalipto, ambos os solos apresentaram resultados muito parecidos, onde o máximo de crescimento da planta foi observado com a adição de 15 % de composto, demonstrando que esta seria uma condição próxima da ideal.

As plantas cujos vasos não foram adicionados o composto, apresentaram características de carência nutricional marcante como tamanho reduzido, manchas nas folhas, coloração irregular, baixa quantidade de

clorofila nas folhas, perda de brilho e viço, e sistema radicular pouco desenvolvido (figura 9), aspectos marcantes da ausência de macro e micronutrientes como N, P, K e Zn.

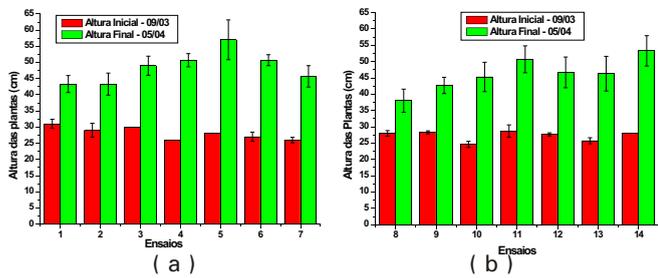


Figura 6: Comparação entre as alturas de Eucalipto nos solos onde foram adicionados diferentes quantidades de composto. (a) Solo da fazenda Sta. Cândida (São Carlos - SP) e (b) Solo da Riviera de São Lourenço (Bertioga - SP).

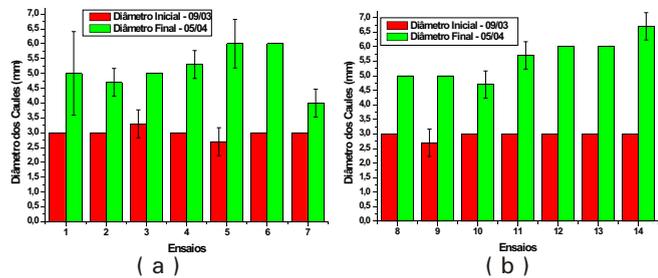


Figura 7: Comparação entre os diâmetros dos caules na base das plantas de eucalipto. (a) Solo da fazenda Sta. Cândida (São Carlos - SP) e (b) Solo da Riviera de São Lourenço (Bertioga - SP).

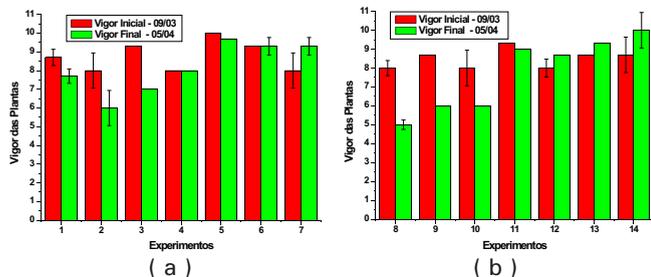


Figura 8: Comparação entre o vigor relativo das plantas de eucalipto. (a) Solo da fazenda Sta. Cândida (São Carlos - SP) e (b) Solo da Riviera de São Lourenço (Bertioga - SP).



Figura 9: Comparação entre pés de milho (a) tratado e não tratado com o composto, (b) destaque de uma planta em vaso sem adição de composto e (c) sistema radicular de eucaliptos com 0 e 30 % de composto.

As análises de nutrientes nas plantas de milho, obtidas por análise das folhas (tabela 4,) revelou um aumento da quantidade de macro e micronutrientes nas plantas, com tendência de atingir um máximo. No caso do Ferro, o comportamento foi inverso. Isso porque a adição de matéria orgânica no solo faz com que o excesso de quantidade de ferro livre diminua, em função da capacidade complexante dos sítios químicos presentes no composto.

Tabela 4: Análise de macro e micronutrientes das folhas de milho, nos ensaios que utilizaram solo da Riviera de São Lourenço.

Identificacao	RESULTADOS EXPRESSOS EM 100% DE MATERIA SECA										
	% MS	N g/kg	Ca g/kg	Mg g/kg	P g/kg	K g/kg	S g/kg	Cu mg/kg	Fe mg/kg	Mn mg/kg	Zn mg/kg
8	91,22	8,22	5,92	2,03	1,43	25,57	0,71	6,13	426,31	38,81	13,59
9	93,18	8,69	5,90	3,17	2,13	25,89	0,85	6,95	457,30	26,08	34,56
10	93,53	11,55	5,67	2,62	1,59	28,25	0,94	7,60	401,10	29,99	30,79
11	94,31	12,99	3,07	2,97	3,21	25,81	1,01	8,02	393,31	29,79	42,15
12	94,14	12,48	4,78	2,44	2,06	30,87	1,04	5,56	577,83	32,56	38,45
13	95,44	16,82	3,25	2,25	2,92	42,72	1,13	6,65	377,18	33,06	37,88
14	95,13	14,19	3,57	2,47	1,93	40,02	1,16	6,70	379,47	36,58	38,37

Seria interessante uma plantação até a coleta das espigas, para então uma análise completa desde o plantio até a colheita. Entretanto, os experimento realizados são um excelente avaliador do potencial fertilizante deste material, que apresentou resultados bastante satisfatórios, principalmente no caso do solo da Riviera de São Lourenço, que possuía características marcantes de deficiência nutricional.

Conclusões

A aplicação dos adubos orgânicos obtidos a partir de lodo de esgoto e poda de árvore, no cultivo de milho e eucalipto apresentou resultado bastante satisfatório mostrando o potencial fertilizante do material obtido. Como o solo da Riviera de São Lourenço possuía características marcantes de deficiência de nutrientes, o resultado da aplicação do composto foi ainda mais nítido.

Os resultados dos experimentos com as plantas mostram o potencial fertilizante do material. Dosagem de aplicação deste material depende basicamente do tipo de solo e do tipo de cultura, associado a uma análise de macro e micronutrientes do fertilizante produzido. Cabe realçar que o uso deste material é recomendado caso esteja devidamente estabilizado química e microbiologicamente.

Referências Bibliográficas

- BETTIOL, W; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso do lodo de esgoto**. Jaguariuna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2000. 312p.
- CETESB. **Aplicação de lodos de sistemas de tratamento biológicos em áreas agrícolas** - critérios para projeto e operação - P 4.230). São Paulo, 2000.
- EMBRAPA Instrumentação Agropecuária (São Carlos, SP). Ladislau Martin-Neto; Marcelo Luiz Simões. **Indicador de qualidade de húmus de minhoca e compostos de resíduos orgânicos através da espectroscopia de ressonância paramagnética eletrônica**. BR n. PI 0104290-4, 30 abr. 2001a.
- EMBRAPA Instrumentação Agropecuária (São Carlos, SP). Antônio Pereira de Novaes; Ladislau Martin-Neto; Aleudo Coelho Santana; Paulo Estevão Cruvinel; Marcelo Luiz Simões; Gilberto Santiago. **Fossa séptica não-contaminante de lençol freático**. Depósito n. 004103, 05 set. 2001b.
- JIMÉNEZ, E. I.; GARCIA, V. P. **Evaluation of city refuse compost maturity**: a review. *Biological Wastes*, Barking, v. 27, p. 115-142, 1989.
- KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**: maturação e qualidade do composto. Piracicaba, 1998. 171p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001.
- SILVA, W. T. L. da.; NOVAES, A. P. de.; MARTIN-NETO, L.; MILORI, D. M. B. P.; SIMOES, M. L.; HANEDA, R. N.; FIALHO, L. L.; LEONELLI, F. C. V. **Método de aproveitamento biossólido proveniente de lodo de esgoto residencial através de processo de compostagem seguido de biodigestão anaeróbia** - Relatório técnico. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2004. 55 p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos, n.13).
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C. T.; SUMNER, M.E. ed. **Methods of soil analysis**. Madison: Soil Science Society of America / American Society of Agronomy, 1996. Part 3. Chemical methods. p.1011-1020. (Soil Science Society of America Book Series, 5).
- SOCOL, V. T.; PAULINO, R. C.; CASTRO, E. A.. **Manual de métodos para análises microbiológicas e Parasitológicas em reciclagem agrícola de lodo de esgoto**. Curitiba: Biblioteca SANEPAR e Biblioteca Nacional do Rio de Janeiro, 1998. p. 27-41.
- VIEIRA, S. M. M.; SOUZA, M. E. Métodos Analíticos para o Acompanhamento da Biodigestão. **Revista Energia, fontes Alternativas**, [S.l.], v.3, nº 15, p. 26-36, jul./ ago. 1981.

Circular Técnica, 25

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Instrumentação Agropecuária
Rua XV de Novembro, 1542 - Caixa Postal 741
CEP 13560-970 - São Carlos-SP
Fone: 16 3374 2477
Fax: 16 3372 5958
E-mail: sac@cnpdia.embrapa.br
www.cnpdia.embrapa.br

1a. edição
1a. impressão 2004: tiragem 300

Comitê de Publicações

Presidente: Dr. Luiz Henrique Capparelli Mattoso
Secretária Executiva: Valéria de Fátima Cardoso
Membros: Dra. Débora Marcondes B. P. Milori,
Dr. João de Mendonça Naime,
Dr. Washington Luiz de Barros Melo

Membro Suplente: Dr. Paulo S. P. Herrmann Junior

Expediente

Supervisor editorial: Dr. Rubens Bernardes Filho
Revisão de texto: Valéria de Fátima Cardoso
Tratamento das ilustrações: Valentim Monzane
Editoração eletrônica: Valentim Monzane