



**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE COMPOSTO DE LIXO
URBANO NA CANA-DE-AÇÚCAR E NA
FERTILIDADE DO SOLO**

*Fábio Cesar da Silva
Ariovaldo Faustino Soares da Silva
Marco Antonio Azeredo Cesar
Marcelo Francisco Costa Saldanha*

Embrapa

Informática Agropecuária

FOL 2519

República Federativa do Brasil

Fernando Henrique Cardoso
Presidente

Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Marcus Vinicius Pratini de Moraes
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Márcio Fortes de Almeida
Presidente

Alberto Duque Portugal
Vice-Presidente

Dietrich Gerhard Quast
José Honório Accarini
Sérgio Fausto

Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Alberto Duque Portugal
Diretor-Presidente

Dante Daniel Giacomelli Scolari
Elza Angela Battaggia Brito da Cunha
José Roberto Rodrigues Peres
Diretores

Embrapa Informática Agropecuária

José Gilberto Jardine
Chefe-Geral

Kleber Xavier Sampaio de Souza
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Tércia Zavaglia Torres
Chefe Adjunto de Administração

Álvaro Seixas Neto
Supervisor da Área de Comunicação e Negócios



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Informática Agropecuária
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

**INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE COMPOSTO DE LIXO
URBANO NA CANA-DE-AÇÚCAR E NA
FERTILIDADE DO SOLO**

*Fábio Cesar da Silva
Ariovaldo Faustino Soares da Silva
Marco Antonio Azeredo Cesar
Marcelo Francisco Costa Saldanha*

*Campinas, SP
2000*

Embrapa Informática Agropecuária. Relatório Técnico, 8.

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Informática Agropecuária

Área de Comunicação e Negócios

Av. Dr. André Tosello s/n^o.

Cidade Universitária "Zeferino Vaz" - Barão Geraldo

Caixa Postal 6041

13083-970 - Campinas, SP

Telefone: (19) 3289-9800 ramal 143

Fax: (19) 3289-9594

E-mail: sac@cnptia.embrapa.br

URL: <http://www.cnptia.embrapa.br>

Comitê de Publicações: Adriana Farah (Secretária)
Carlos Alberto Alves Meira
Leila Maria Lenk
Marcelo Gonçalves Narciso (Presidente)
Maurício Noronha Festa

Suplentes:

Carla Geovana do N. Macário
Evandro Bacarin
Paulo César de Oliveira

Editoração: Ivanilde Dispatto

Tiragem: 150 exemplares

Influência da aplicação de composto de lixo urbano na cana-de-açúcar e na fertilidade do solo / Fábio Cesar da Silva... [et al.]. -- Campinas : Embrapa Informática Agropecuária, 2000.

38p. - (Relatório Técnico / Embrapa Informática Agropecuária. ISSN 1517-0330; 8).

1. Compostagem. 2. Fertilidade do solo. 3. Comportamento orgânico. 4. Lixo urbano. 5. Metal pesado. 6. Cana-de-açúcar. I. Silva, Fábio Cesar da. II. Série.

CDD-631.875

SUMÁRIO

Resumo.....	1
Abstract.....	2
1. Introdução.....	3
2. Revisão de literatura.....	4
2.1 Lixo urbano: conceito e destino.....	4
2.2 Compostagem do lixo.....	5
2.3 Uso agrícola do composto de lixo (CL).....	9
3. Material e métodos.....	12
4. Resultados e discussão.....	14
4.1 Efeitos da aplicação de CL na fertilidade do solo.....	14
4.2 Efeitos da aplicação de CL nas produtividades de colmos e de açúcar.....	19
4.3 Efeitos da aplicação de CL nos teores de P no caldo.....	21
4.4 Efeitos da aplicação de CL nos teores de K no caldo.....	22
4.5 Efeitos da aplicação de CL nas características tecnológicas e maturação da cana-de-açúcar.....	25
5. Conclusões.....	34
6. Referências bibliográficas.....	35
7. Agradecimentos.....	38

LISTA DE FIGURAS

FIG. 1. Influência de doses de composto de lixo na correção da acidez do solo, medida pela acidez ativa (a=pH), potencial (b=H+Al), soma (c=SB) e saturação por bases (d=V) nas camadas de 0-20 e 20-40cm, aos 120 dias após a sua aplicação.....	16
FIG. 2. Influência da aplicação de doses de composto de lixo na capacidade de troca de cátions (a=CTC), teores de cálcio (b=Ca) e de magnésio (c=Mg) no solo na camada de 0-40cm, aos 120 dias após a sua aplicação.....	17
FIG. 3. Influência da aplicação de composto de lixo e a interação com fertilizantes fosfatado e potássico nos teores de fósforo disponível (a=P) de potássio trocável (b=K) no solo.....	18
FIG. 4. Influência da aplicação de doses de composto de lixo ao solo sobre as produtividades de colmos (a) e de açúcar total (b=pol)na cana-planta.....	21
FIG. 5. Influência da aplicação de doses de composto de lixo, suplementados ou não com fertilizantes fosfatado e/ou potássico nos teores de fósforo (a) e de potássio (b) no caldo de cana-planta.....	24
FIG. 6. Influência da aplicação de composto de lixo ao solo sobre as características tecnológicas da cana-de-açúcar (a=fibra; b=cinzas; c=umidade).....	31

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Teores permissíveis de metais pesados no composto de lixo urbano em alguns países da Europa e Estados Unidos (adaptado de Grossi, 1993).....	9
TABELA 2. Teores totais máximos de metais pesados considerados admissíveis em solo agrícola (Environmental Protection Agency, 1983).....	12
TABELA 3. Análise química inicial do solo TE da área experimental pelos métodos do sistema IAC (Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo).....	12
TABELA 4. Composição média do composto de lixo usado no experimento de campo.....	13
TABELA 5. Efeitos da aplicação de composto de lixo nas faixas de disponibilidade de alguns metais pesados (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn e Cd) no solo, nas camadas de 0-20 e 20-40cm, aos 120 dias após a sua aplicação.....	19
TABELA 6. Efeitos da adição combinada de doses de composto de lixo e de suplementação PK em produção de colmos ($t \cdot ha^{-1}$) aos 369 dias após a sua aplicação.....	20
TABELA 7. Efeitos da adição combinada de doses de composto de lixo com e sem suplementação de PK em produção de açúcares totais em toneladas de pol por hectare, aos 369 dias após a sua aplicação.....	20
TABELA 8. Teores de fósforo no caldo ($mg \cdot L^{-1}$) em função das doses de composto de lixo no decorrer das épocas.....	22
TABELA 9. Teores de potássio no caldo ($mg \cdot L^{-1}$) em função das doses de composto de lixo e da interação com o fertilizante potássico no decorrer das épocas na safra	23
TABELA 10. Valores médios obtidos para Brix na cana ¹ em função da adição de doses ($t \cdot ha^{-1}$) de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.....	25
TABELA 11. Valores médios obtidos para Pol na cana ¹ em função das doses de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.....	26
TABELA 12. Efeitos da adição combinada de doses de composto de lixo e de suplementação P, K e PK na Pol na cana (média de julho a outubro da cana-planta).....	27
TABELA 13. Valores médios obtidos para AR % cana ¹ em função da aplicação de doses de composto de lixo ($t \cdot ha^{-1}$) no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação	28
TABELA 14. Valores médios obtidos para fibra % cana ¹ em função da adição de doses ($t \cdot ha^{-1}$) de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.....	29
TABELA 15. Valores médios obtidos para umidade % cana ¹ em função da adição de doses ($t \cdot ha^{-1}$) de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.....	29
TABELA 16. Valores médios obtidos para cinzas % cana ¹ em função da adição de doses ($t \cdot ha^{-1}$) de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.....	30
TABELA 17. Valores médios obtidos para pureza na cana em função da adição de doses de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.....	32

TABELA 18. Efeitos da adição combinada de doses de composto de lixo e de suplementação P, K e PK na concentração de açúcar teórico recuperável (ATR) em cana-de-açúcar, expresso em kg/t (média de maio a outubro da cana-planta da safra).....	33
TABELA 19. Valor de correlação entre as produtividades da cana-planta, expressa em colmos colhidos aos 369 dap, em relação aos testes de algumas espécies químicas do solo, amostrados aos 120 dias após a sua aplicação.....	34

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE COMPOSTO DE LIXO URBANO NA CANA-DE-AÇÚCAR E NA FERTILIDADE DO SOLO

Fábio Cesar da Silva¹; Ariovaldo Faustino Soares da Silva²; Marco Antonio Azeredo Cesar³;
Marcelo Francisco Costa Saldanha⁴

RESUMO - Estudou-se os efeitos de aplicação de composto de lixo urbano (CL) na produtividade de cana-de-açúcar (variedade RB765418) aplicado isoladamente ou suplementado com P e/ou K. O experimento foi conduzido em condições de campo, em Piracicaba, SP utilizando doses de 0, 30, 60, e 90t.ha⁻¹ de CL também combinados com doses de 120kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 120 kg.ha⁻¹ de K₂O, baseado em recomendação do Sistema IAC (Instituto Agrônomo de Campinas). As adubações P e K foram aplicadas isoladas ou em conjunto no sulco de plantio baseada na análise original do solo (TE). O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com 3 repetições e 16 tratamentos. O CL aplicado ao solo neutralizou a acidez potencial, provocando aumentos também no seu pH, na capacidade de troca de cátions (CTC), na soma (SB) e na saturação por bases (V) e atuou como fonte de P, K e Zn, tais melhorias na fertilidade proporcionaram aumentos lineares em produtividade de colmos de cana-de-açúcar e de açúcar por hectare. Os teores de P e K no caldo foram também influenciados pela adição de fertilizantes fosfatado e potássico, respectivamente. Não houve atraso na maturação da cana-de-açúcar pela adição de composto de lixo. Entretanto, a resposta ótima da cultura em acumulação de açúcar dos colmos ocorreu na combinação do composto com fertilizante (P ou K).

Termos para indexação: Compostagem; Fertilidade do solo; Composto orgânico; Lixo urbano; Metal pesado; Cana-de-açúcar.

¹ Eng. Agr., Dr., Pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Caixa Postal 6041, Barão Geraldo - 13083-970 - Campinas, SP.

² M.Sc., Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, ESALQ/USP, Caixa Postal 9 - 13418-970 - Piracicaba, SP.

³ Prof. Dr., Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, ESALQ/USP, Caixa Postal 9 - 13418-970 - Piracicaba, SP.

⁴ M.Sc., da Embrapa Solos, Rua Jardim Botânico 1024 - 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ.

INFLUENCE OF THE APPLICATION OF URBAN WASTES COMPOST IN THE SUGARCANE AND IN THE SOIL FERTILITY

ABSTRACT - It was studied the application effects of urban waste compost (CL) in the sugar cane productivity (variety RB765418) applied separately or supplied with P and or K. The experiment was conducted on field conditions, in Piracicaba, SP using levels of 0, 30, 60, and 90t.ha⁻¹ of CL combined with levels of 120kg.ha⁻¹ of P₂O₅ and 120 kg.ha⁻¹ of K₂O, based on recommendation of the IAC system (Agronomic Institute). The P and K adubation were applied isolated or together in the planting line based on it soil original analyzes (TE). The experimental design used was randomized blocks with 3 replications and 16 treatments. Applied CL to the soil, neutralized the potential acidity, provoving increases also in its pH, in the capacity of cations change (CTC), in the sum (SB) and in the saturation for bases (V) and it acted as a source of P, K and Zn, such improvements in the fertility provided linear increases in productivity of sugar cane stems and of sugar for hectare. The levels of P and K in the broth were also influenced by the addition of P and K fertilizers, respectively. There was not delay of the sugarcane maturation when the waste compost was added. However, the ideal answer of the culture in sugar accumulation in the stems occurred in the combination of the compost with fertilizer (P or K).

Index terms: Composts; Fertilization; Organic compounds; Urban wastes; Heavy metal; Sugar cane.

INFLUÊNCIA DA APLICAÇÃO DE COMPOSTO DE LIXO URBANO NA CANA-DE-AÇÚCAR E NA FERTILIDADE DO SOLO

1. Introdução

A maioria da parte orgânica do lixo é reaproveitável após ser compostado, processo que gera como produto final o composto de lixo urbano (CL), que pode ser utilizado na fertilização do solo, sendo possível o aproveitamento dos nutrientes nele contidos. Mas deve ser dada atenção para o fato de que este CL pode vincular metais pesados, fator limitante de seu uso, pois estes podem entrar gradualmente e acumular-se na cadeia alimentar chegando até ao homem.

Nos países desenvolvidos, Estados Unidos e países da Europa, já existe legislação definindo o que seja um composto de lixo urbano para fins de comercialização e normas que orientam sua taxa de aplicação ao solo como fertilizante, o que não ocorre no Brasil e em outros países em desenvolvimento.

O CL pode fornecer nitrogênio (N) às plantas em quantidades suficientes, além de outros elementos, não totalmente disponíveis no primeiro ano, como o cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), zinco (Zn) e cobre (Cu). Os teores de fósforo (P) no CL são mais altos do que aqueles da maioria dos solos agrícolas, mas sua disponibilidade é baixa, mas, é muito importante reciclar toda fonte de P, pois suas reservas são finitas e, nas regiões Tropicais e Subtropicais, o P é o elemento cuja deficiência no solo limita a produção agrícola, pois nenhum outro pode substituí-lo nas funções que exerce nas plantas. Os teores de potássio (K) são mais baixos do que a maioria dos solos agrícolas, mas sua disponibilidade é alta como o de muitos fertilizantes.

Além das vantagens de sua composição, os resíduos orgânicos são mais abundantes e de baixo custo, e ainda tem sido observado que sua adição ocasiona um aumento na comunidade microbiana e da atividade biológica do solo.

A composição do CL possui variações amplas, como nos teores de umidade, entre 20 e 50%; no teor de matéria seca que, normalmente, situa-se ao redor de 50%; no pH neutro ou ligeiramente alcalino e em teores de macronutrientes, apresentando o nitrogênio (N) em quantidades relevantes, mas, somente de 10 a 15% desse N total torna-se disponível no primeiro ano de cultivo.

Objetivou-se, com o estudo dos processos intrínsecos do solo em condições alteradas pela adição do CL avaliar os efeitos desse adubo orgânico na cana-planta e na fertilidade do solo, solucionar os problemas ambientais causados pela sua aplicação, e também, reduzir gastos com insumos e melhorar a produtividade, além de prestar auxílio para o estabelecimento de critérios de uso do CL em apoio a Legislação brasileira.

2. Revisão de literatura

2.1 Lixo urbano: conceito e destino

Uma das grandes preocupações da humanidade é a crescente geração de lixo domiciliar, o qual se manejado inadequadamente causa sérios problemas ambientais, sanitários e sociais.

O lixo é definido como os resíduos urbanos sólidos e semi-sólidos resultantes de toda e qualquer atividade humana ou animal e que não tenham valor ou utilidade suficiente para serem conservados (Kiehl, 1985; Alves, 1996).

As quantidades geradas diariamente de lixo urbano por habitante variam em função do tamanho da cidade, a saber:

- a) pequeno e médio porte: estima-se de 400-600g, valores que podem chegar a 1.500g/hab/dia;
- b) grandes centros urbanos: a exemplo de São Paulo, em 1995, a produção diária de lixo foi da ordem de 12.000t, das quais 9.000t eram de lixo domiciliar.

Entretanto, a compostagem do material orgânico desse lixo minimizará aquele efeito negativo sob o ambiente, e poderá participar melhorando a fertilidade do solo. Sendo assim, a compostagem do lixo sólido domiciliar é a melhor opção do que depositar em lixões ou nos chamados aterros sanitários, comuns no Brasil. As vantagens em comparação à disposição dos resíduos domiciliares a céu aberto podem ser mensuradas pelo: baixo custo operacional; o uso do produto obtido na agricultura e a subsequente redução da poluição do ar (mau cheiro), e da contaminação das águas superficiais e do lençol freático, não proliferação de insetos e pequenos animais transmissores de doenças, depreciação dos imóveis localizados nas proximidades, foco de doenças para pessoas que atuam como catadores de lixo (Alves, 1996). Todavia, esse material deve ser usado, preferencialmente, após estar a sua porção orgânica bioestabilizada (curtido). A compostagem é uma técnica eficiente para se conseguir a estabilidade da matéria orgânica e a redução de vários patógenos (FAO, 1978). Entretanto, atualmente o destino final do lixo predomina-se ainda a sua disposição em lixões a céu aberto, 25% em aterros sanitários, 13% em aterros controlados, 0,5% são incinerados e 1,5% foram processados em usinas de reciclagem e compostagem (Melo et al., 1997).

A composição do lixo urbano varia em função do local que se origina mas, de um modo geral, contém cerca de 500-600g kg⁻¹ de material orgânico. Tal porção pode ser sensivelmente aumentada com a coleta seletiva do lixo. Procura-se um tratamento integrado do lixo para facilitar a sua reciclagem, que envolve da catação de vidro, material ferroso, pilhas, pano, papelão, que serão reaproveitados, restando o material orgânico, que poderá ser compostado ou vermicompostado e então utilizado como adubo orgânico.

2.2 Compostagem do lixo

Kiehl (1985), define a compostagem como sendo um processo fermentativo, microbiológico e controlado de decomposição de materiais orgânicos, transformando-os em um material mais estável e humificado.

A compostagem consiste na oxidação do material orgânico oriundo do lixo por uma sucessão rápida de populações microbianas sob condições aeróbicas, dando origem a um produto estabilizado, de coloração escura, em que os compostos orgânicos sofreram mineralização e processos de neo-síntese, assumindo natureza coloidal denominado composto. Apresenta uma relação de teores de carbono e nitrogênio (C/N) próxima de 10 e uma composição em elementos minerais que variam em função da origem do material que foi compostado e da técnica de compostagem (Melo et al., 1997).

O processo de compostagem deve incluir uma fase termofílica, cuja temperatura situa-se na faixa de 45-65^oC, quando ocorre a higienização do material e uma fase de maturação ou cura, quando ocorre a humificação e a produção do composto propriamente dito (Pereira Neto & Stentiford, 1992).

O composto pode ser obtido em processos de sistemas abertos, onde a aeração é promovida pelo revolvimento do material em compostagem, ou em processos sofisticados denominados de sistemas fechados, de custos mais elevados, onde o controle da oxigenação é feita por meio de circulação forçada de ar envolvendo o uso de reatores, que permitem melhor controle da própria aeração, temperatura e umidade. No sistema aberto, o material orgânico é amontoado em leiras com seção triangular, as quais são revolvidas a intervalos de tempo para promover a aeração do meio (Melo et al., 1997). Uma outra alternativa em processo aberto são as leiras estáticas aeradas, as quais recebem um fluxo injetado por ou sucção do ar por meio de bomba de ventilação a compostagem e conseqüentemente, dispensa-se o seu revolvimento.

Xin et al. (1992) citam vários parâmetros operacionais que podem afetar significativamente as propriedades do composto: 1) fonte e natureza da matéria-prima a ser compostada; 2) o pré-tratamento; 3) temperatura de compostagem; 4) teor de umidade; 5) grau de aeração; 6) tempo de compostagem.

O lixo deve ser decomposto (parte orgânica) até atingir um material relativamente estável-húmus. Para tanto é necessário ajustar os parâmetros de compostagem, tais como: teor de umidade, aeração e tempo de preparo, os quais proporcionam efeitos significativos na desinfecção do composto, com destruição dos patógenos existentes no lixo e minimização do odor característico (Epstein & Epstein, 1989).

A velocidade de decomposição do lixo está em função de sua composição, pois os componentes podem ter diferentes graus de facilidades de degradação, tais como: carboidratos e proteínas são fáceis; a celulose e gorduras são intermediárias; e lignina e queratina são difíceis (Cravo, 1995). O pré-tratamento do lixo é um fator importante para obter um composto de melhor qualidade e de boa aparência, evitando com que se leve ao campo materiais com alto grau

de contaminação do solo, como os fragmentos metálicos, que podem principalmente modificar e enriquecer em metais pesados a composição química do composto. Ainda segundo o autor, esse é um processo físico que antecede a compostagem, podendo ser realizado manual ou mecanicamente na esteira por catação, havendo uma separação de materiais como os plásticos, vidros, metais, papel e papelão.

Na fase de decomposição do material orgânico, provenientes do lixo, os microrganismos liberam energia natural de suas atividades biosintéticas, que aquecem o material em decomposição e atua favoravelmente para aumentar a intensidade do processo, desde que essa esteja dentro de certos limites (Cravo, 1995)

Temperaturas entre 40-70^oC indicam a fase de decomposição, temperaturas em queda entre 40-30^o C correspondem à fase de maturação e temperaturas constantes abaixo de 30^oC indicam o final do processo. Temperaturas acima de 75^oC condições inadequadas do processo de compostagem pois, o processo passa a ser controlado por reações químicas, exalando odores desagradáveis (Grossi, 1993).

A mineralização dos componentes orgânicos ocorre na fase da decomposição quando a temperatura situa-se na faixa de 55 a 60^oC. Elimina-se também microrganismos patogênicos, insetos, larvas e sementes de ervas daninhas (Pereira Neto, 1989).

Umidade superior a 70% pode causar a deterioração dos materiais, e, inferior a 35% pode afetar a atividade microbiológica (Kiehl, 1985).

De acordo com Grossi (1993), para que haja melhores desempenhos das atividades dos microrganismos e a incorporação em sua biomassa, em se tratando das transferências dos nutrientes e produtos metabólicos para o meio onde estão, a umidade deve ser mantida na faixa de 45-70%.

Na compostagem do lixo urbano o sistema prevalecedor é o aeróbico (Pereira Neto & Stentiford, 1992). Tendo como elemento oxidante no processo de decomposição aeróbica é o oxigênio do próprio ar, sendo fundamental a aeração dos resíduos orgânicos quando estes estão sendo compostados, criando condições favoráveis para o crescimento e metabolismo dos microrganismos. Além da aeração manter a temperatura em condições favoráveis à decomposição do material orgânico (Egreja Filho, 1993).

O período de maturação do composto é variável em função do material usado para a compostagem, podendo maturar em um espaço de tempo entre dois a seis meses (Cravo, 1995), o que irá refletir nas suas características como fertilizante orgânico para a agricultura.

Salienta-se que o composto pode ser produzido de maneira bem simples, em processos denominados de sistemas abertos, onde a aeração é promovida pelo revolvimento do material em compostagem, ou em processos mais sofisticados, denominados de sistemas fechados, em que o controle da oxigenação é feita por meio de circulação forçada de ar. No sistema aberto, o material orgânico é amontoado em leiras com seção triangular, as quais são revolvidas a intervalos de

tempo para promover a aeração do meio e têm como limitantes: o processo é afetado por chuvas, emissão de forte odores pelo atraso no revolvimento, grande período de compostagem e tornar-se um foco de vetores no local (moscas, baratas, etc.). O sistema fechado envolve o uso de reatores, que permitem melhor controle das condições de aeração, temperatura e umidade, mas, evidentemente, apresenta custos mais elevados (Melo et al., 1997).

Uma alternativa intermediária é a técnica de leiras estáticas aeradas, desenvolvida pelo LESA/UFV, as quais são fixas sobre tubulação de PVC perfuradas com camada de palha para proteção de entupimento que faz a injeção ou sucção do ar nessa leira de compostagem promovido por bomba de ventilação. Deste modo, não há necessidade de seu revolvimento e o processo é controlado pelo nível de aeração desejado em função da manutenção das temperaturas internas da leira em faixa adequada. Após 20 a 30 dias, o material é retirado da leira e empilhado para maturar, necessitando de mais 30 a 100 dias na fase de humificação.

Xin et al. (1992) define a maturidade do composto como sendo o grau de estabilidade nas propriedades físicas, químicas, e biológicas. De acordo com Zuconi et al. (1981), no final da compostagem, obtém-se um composto maduro de fácil manuseio e contribui com decisão para a melhoria da estrutura e da fertilidade do solo, quando empregado na agricultura.

De Vleeschauwer et al. (1981), observaram que no composto imaturo haviam presenças de ácidos orgânicos (acético, propiônico, isobutírico e isovalérico) enquanto que em compostos maturados encontraram apenas pequena quantidade de ácido acético. Ainda os autores verificaram que a presença de ácido acético inibiu a emergência de sementes de leguminosa de cobertura de inverno (*Lepidium sativum L.*), quando esta dose ultrapassava o valor de 300ppm.

O composto de lixo urbano ainda não possui boa aceitabilidade pela sociedade. Fato este que se relaciona com as características do composto de lixo (Cravo, 1995): odores, aparência, presença de material cortante, patógenos, concentração de metais, entre outros.

No Brasil o fator que conduz a produção de compostos de baixa qualidade se obtém principalmente à presença de poluentes orgânicos e inorgânicos, e a melhoria deste produto seria a prática da coleta seletiva do lixo domiciliar, onde seria possível a obtenção de material que não colocasse o meio ambiente em risco através da contaminação (Grossi, 1993; Egreja Filho, 1993).

Os critérios que determinam a quantidade de um composto variam de acordo com o uso e a cultura. Os seguintes requisitos podem ser observados: a) aparência física, incluindo odor e a presença de materiais inertes, como: pedaços de metais, madeira, vidros e plásticos (Richard, 1990); b) nível de contaminação com elementos-traço, compostos químicos orgânicos tóxicos e patógenos (Epstein & Epstein, 1989; Richard, 1990; Walker & O'Donnel, 1991); c) valor fertilizante e condicionador do solo (Airan & Bell, 1980; De Haan, 1981).

Os compostos de lixo urbano possuem variação química ampla, devido as diferentes regiões geográficas, variação sazonal, diversidades de matérias-primas e de usinas de compostagem com diferentes sistemas tanto nas etapas de pré-tratamento como no controle do processamento (Xin et al., 1992). Esses autores compararam dados analíticos de compostos de lixo dos Estados Unidos e da Europa e mostraram uma variação tanto nos teores dos macro como

dos micro elementos determinados, os teores de umidade também variaram de 20-50% com uma matéria seca mantendo-se numa faixa de 50% com pouca variação. O pH das amostras analisadas mostrou-se neutro ou ligeiramente alcalino.

Com relação aos teores de macronutrientes, o composto de lixo apresenta o N em quantidades relevantes (Berton & Valadares, 1991), mas somente de 10 a 15% do N total do composto torna-se disponível no primeiro ano de cultivo (De Haan, 1981).

Uma aplicação de 30t.ha⁻¹ de um composto de lixo com 40% de umidade, segundo Berton & Valadares (1991), adicionaria ao solo cerca de 200kg de N, 36kg de P (82kg de P₂O₅), 56kg de K (67kg de K₂O) e 54kg de S.

Os teores de P nos compostos de lixo urbano são consideravelmente mais altos do que aqueles da maioria dos solos agrícolas, mas sua disponibilidade para as plantas é baixa (Cravo, 1995). De acordo com De Haan (1981), tanto no primeiro como no segundo ano de cultivo o P ficou disponível do seu total, em 15%.

O composto de lixo urbano é rico em K e Na principalmente (Melo et al, 1997). Segundo De Haan (1981), os teores de K são mais baixos do que a maioria dos solos agrícolas mas, sua disponibilidade é alta como o de muitos fertilizantes.

Com referência aos micronutrientes, geralmente apenas o Zn, o Fe e o Cu apresentam-se com alguma expressão. Uma dosagem de 30tha⁻¹ de composto forneceria cerca de 5kg de Zinco (Raij et al, 1985).

A composição química e física do composto de lixo, de acordo com Berton & Valadares (1991), seria: matéria orgânica (19 a 53%), pH água (6,8 a 8,3), C/N (8 a 16,1), umidade (38 a 42%), N (1,0 a 1,5%), P (0,2 a 0,53%), K (0,3 a 0,6%), Ca (2,1 a 5,4%), Mg (0,3 a 0,5%), S (0,2 a 0,3%), Cu (162 mg/dcm³), Zn (262 mg/dcm³) e Fe (1:600 mg/dcm³).

Já a legislação brasileira considera o composto como um fertilizante composto, mas não faz menção sobre o teor máximo de metais pesados permissíveis, como ocorre em alguns países da Europa e nos Estados Unidos (Tabela 1).

TABELA 1. Teores permissíveis de metais pesados no composto de lixo urbano em alguns países da Europa e Estados Unidos (adaptado de Grossi, 1993).

País	Pb	Cu	Zn	Cr	Ni	Cd	Hg
	----- mg kg ⁻¹ -----						
Alemanha	150	100	400	100	50	1,5	1
Minnesota (USA)	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	200	50	2	2

2.3 Uso agrícola do composto de lixo (CL)

Quase toda a parte orgânica do lixo é reaproveitada quando este é compostado. É uma forma de reciclagem, onde este processo diminui o volume do lixo e o seu produto final pode ser usado na fertilização do solo sendo possível o reaproveitamento dos nutrientes contidos na fração orgânica do lixo (Cravo,1995). Além da riqueza em matéria orgânica e nutrientes para as plantas deve ser salientado a necessidade da ausência de microrganismos patogênicos, cujos esses parâmetros dos composto são as características mais importantes para recomendá-los para o uso agrícola (Melo et al., 1997).

Messias & Moraes (1992) em pesquisa realizada com “milheto”, (*Pennisetum americanum*) empregando composto de lixo urbano da cidade de Olinda, PE, com 70 dias de compostagem, concluído em casa de vegetação e solo Latossolo Vermelho Amarelo (LV), testando doses de 10,20,30 e 40t.ha⁻¹, com, e sem suplementação de N (80kg.ha⁻¹) na forma de bicarbonato de amônio, verificaram que a dose de 20 e 30t.ha⁻¹ propiciou uma maior produtividade.

Moraes & Selbach (1991) conduzindo experimento em campo, em solo Podzólico Vermelho Escuro avaliaram o efeito do composto de lixo urbano sobre a produção da aveia (*Avena Strigosa*) e milho (*Zea mays*), mediante duas aplicações sucessivas das doses de 20, 40, 80 e 160t.ha⁻¹ antes de cada cultura. Observaram uma resposta significativa do rendimento das culturas às adições de composto, sendo que os tratamentos com doses a partir de 80t.ha⁻¹ resultaram num rendimento de milho igual ou superior do que obtido com fertilizante mineral. Houve um significativo aumento no pH do solo em todas as doses aplicadas de composto. A dose

mais alta elevou o pH para 6,7. Os teores de N, P, K, Ca, Mg, C orgânico e a CTC do solo após a última cultura foram maiores do que os teores iniciais, com as doses a partir de 40t.ha⁻¹. Também os números de fungos e bactérias, tenderam a aumentar com as maiores doses de composto.

Santos & Stamford (1991), estudaram em casa de vegetação, os efeitos de doses de fósforo na forma de fosfogesso, com e sem composto de lixo urbano do município de Igarassú, PE, no rendimento da leucena e nas características químicas de uma Latossolo Vermelho Amarelo (LVA) distrófico. O fosfogesso foi aplicado ao solo nas doses equivalente a 0, 40 e 80ppm de P. Foi adicionada uma testemunha comparativa com 80ppm na forma de superfosfato triplo, sem composto de lixo. A adição de composto de lixo ao solo favoreceu o rendimento da leucena, aumentando o peso dos nódulos em 60%; e elevou o pH e a disponibilidade de P no solo; reduziu a concentração de Al e não modificou significativamente os teores de Ca + Mg trocável do solo. Na presença de composto urbano, a disponibilidade de fósforo tendeu a diminuir com o aumento das doses de gesso.

Collier et al. (1992), testaram as doses de 0, 20 e 40t.ha⁻¹ de composto de lixo urbano da cidade do Rio de Janeiro, 3 fontes de Ca e Mg (calcário dolomítico, gesso agrícola e testemunha) e dois níveis de adubação mineral NPK (0 e 70kg na formulação 10-5-15). Os objetivos foram avaliar as alterações nos principais indicadores de fertilidade do solo e nos resultados de produção das hortaliças (berinjela e milho doce) cultivados em sucessão. O composto foi capaz de elevar os níveis de Ca e Mg no solo, superando as fontes de minerais; somente as doses de matéria orgânica proporcionaram elevação significativa no pH, neutralizaram o teor de Al e reduziram a acidez potencial (Al+H) do solo; o K trocável apresentou elevação significativa com as doses de composto, o P assimilável (P₂O₅) já se encontrava elevado e não ocorreu elevação significativa. A produção de Ca e Mg e o milho doce apresentou boas produtividades, porém sem significância estatística.

Parra et al.(1997), com o objetivo de avaliar o uso agrícola do composto de lixo urbano estudaram doses de 0 a 40 t.ha⁻¹, em um Latossolo Roxo distrófico (LRd). Encontraram significativa redução nos teores de H⁺+Al³⁺ e aumentos de pH nos teores de P (Mehlich-1), o que aumentou em 102% com a maior dose. Os incrementos nos rendimentos de algodão, em geral, foram baixos e variaram de 5%-11% em quatro safras, das quais foram significativas somente em duas. Considerando-se os rendimentos acumulados nas sucessivas safras verificou-se que estes cresceram com as doses estudadas.

Santana Filho et al. (1997), desenvolveram um trabalho com o objetivo de recuperar uma área degradada com o horizonte C do solo exposto por meio de vegetação empregando-se sementes de gramíneas e leguminosas, em tratamentos com e sem composto de lixo. Obtiveram como resultado o rápido recobrimento da área e boa produção de matéria seca pelas plantas, concluindo que a utilização do composto pode ser uma alternativa para recuperação destas áreas degradadas.

Mazur & Velloso (1983) estudaram o efeito do composto de lixo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido empregando-se doses de 150kg. ha⁻¹ de P (superfosfato triplo), 150 e 450kg. ha⁻¹ (Fosfato de Araxá). Os tratamentos foram testados na presença e

ausência de composto de lixo urbano na dose de 30t.ha⁻¹. Todos os tratamentos foram testados na presença de N e calagem. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, empregando-se milho (*Zea mays*) como planta teste. Como resultado obtiveram somente a mineralização do composto que ocasionaram elevação nos níveis de P assimilável e ainda nos tratamentos que receberam composto a média dos valores do pH elevou-se 5,2 para 5,7 com decréscimo médio do alumínio trocável de 0,55mg/100 cm³.

Em síntese a aplicação de composto ao solo promove elevação do pH (Pereira Neto, 1989; Messias & Moraes, 1992; Hernando et al., 1989). Em solos ácidos e com elevados teores em Al, além de elevar o pH, o composto forma complexos estáveis com o metal, diminuindo sua disponibilidade para as plantas.

Santos & Stamford (1997) observaram o efeito do composto urbano produzido em Estação da cidade de Recife, PE, suplementado com fósforo, na correção e acidez do solo Podzólico Vermelho Amarelo (PV) de textura média, em casa de vegetação, com doses de 0, 80, 160 e 240g.kg⁻¹ (superfósforo triplo). Cultivaram caupi como planta teste. Esses autores concluíram que o composto foi eficiente como corretivo do solo e também influenciou na disponibilidade de Ca, Mg e P. No nível 80g.kg⁻¹ de composto aumentou o pH de 4,8 para 6,7 neutralizando todo o alumínio trocável. As aplicações de 80, 160 e 240mg.kg⁻¹ de composto orgânico, proporcionaram aumentos de 100, 170 e 200% na disponibilidade de Ca+Mg, respectivamente. O P teve disponibilidade maior pela interação do composto + fósforo suplementar com acréscimos proporcionais aos níveis de composto. O nível de composto 160g.kg⁻¹ suplementado com 30mg.kg⁻¹ de P, proporcionou o maior aumento na disponibilidade de fósforo elevando o teor de 2,4mgkg⁻¹ para 120mg/kg⁻¹.

Santos et al. (1994), com o objetivo de estudarem a influência do composto urbano, em casa de vegetação no desenvolvimento da leucena inoculada com *Rhizobium loti* e com micorriza arbusculares (MVAf), com incorporação do composto no nível (5%) na base de volume, e aplicação crescente de fósforo nas doses de 0, 40 e 80mg.kg⁻¹ (superfósforo triplo) num Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. Com a incorporação do composto orgânico quando inoculado com as micorrizas, propiciou um aumento de 57% na acumulação de N total na parte aérea da planta, e a adubação fosfatada favoreceu esta variável apenas na dose 80mg.kg⁻¹. O composto propiciou interações com a adubação fosfatada e, com as MVAs aumentou a absorção dos fósforo pela parte aérea das plantas em mais de 100%. A interação composto e fósforo aumentou a absorção em todas as doses usadas. A adição de 15t.ha⁻¹ de composto na presença da inoculação com *Phizobium loti*, promoveu um aumento de 100% na produção de matéria seca da parte aérea das plantas. A adição de composto urbano, concluíram os autores, além de favorecer a nodulação (aumento em peso de 60%), a atividade da nitrogenase e o acúmulo do nitrogênio e do fósforo interagiu positivamente com o *Rhizobium loti* e com o fungo MVAs, aumentando a absorção de N-total a de fósforo e beneficiou a fixação simbiótica de N₂.

Quanto as propriedades físicas modificadas pela adição de composto de lixo, Hernando et al. (1989) observaram que ao aplicarem 60t ha⁻¹ de composto a um solo arenoso, após um período de 90 dias de incubação, aumento na porcentagem de agregados e na capacidade de retenção de água.

Já no tocante a metais pesados diversos autores observaram efeitos da adição de composto de lixo: na alface e ervilha aumentos na absorção de Cu e Zn (Purves & Mackenzie, 1973) sem prejuízos para produção e com fitotoxidez ao Zn na alface (Hernandez, 1992); mas em termos de acumulação de metal pesado em olerícolas seria o Pb que concentrar-se-ia no tecido foliar de acordo com Boon & Solstanpour (1992). Na cultura do milho, doses de composto de lixo de 30 t ha⁻¹ durante 4 anos determinaram aumento no teor de Zn e Cd nas raízes, de Cu e Zn nos grãos, de Ni nas raízes no quarto ano; os teores de Pb e Cr nos grãos não foram afetados (Petruzzelli et al., 1989). A Environmental Protection Agency (1983) já estabeleceu os teores de metais pesados considerados como permissíveis nos solos (Tabela 2).

TABELA 2. Teores totais máximos de metais pesados considerados admissíveis em solo agrícola (Environmental Protection Agency, 1983).

Elemento	Concentração (mg kg ⁻¹)
Mn	500-900
Zn	50
Cu	100
Cd	1
Ni	40
Cr	100
Pb	25

3. Material e métodos

O experimento foi instalado em área da ESALQ/USP em Piracicaba, SP, em 10.09.1998, utilizando a variedade de cana-de-açúcar RB765418 em solo de média fertilidade natural classificado como Terra Roxa Estruturada (TE), Eutrófica, textura argilosa, A moderado. Tendo a sua caracterização química exposta na Tabela 3.

TABELA 3. Análise química inicial do solo TE da área experimental pelos métodos do sistema IAC (Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo).

Prof.	M.O.	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	H+Al	SB	CTC	V	P-resina
cm	g/Kg	CaCl ₂	mmolc/dm ³ de terra						%	mg/dm ³
0-20	18,9	5,15	69,0	18,0	2,15	58,0	89,2	147,2	60,6	19,0
20-40	12,6	5,45	82,0	13,0	0,95	42,0	96,0	138,0	69,6	11,0

Aos 120 dias após o plantio e da aplicação dos adubos orgânico e químico, foram coletadas as amostras de solo das 51 parcelas para fins de obtenção da fertilidade do solo (Sistema IAC) e teores disponíveis de metais pesados por Mehlich-1 (relação solo: extrator de 1/5) com determinação em espectrômetro de emissão atômica em plasma.

O CL é material oriundo da Estação de Compostagem da Vila Leopoldina de São Paulo, SP. O material foi compostado durante 51 dias em condições aeróbicas e sua composição é apresentada na Tabela 4.

TABELA 4. Composição média do composto de lixo usado no experimento de campo.

Componentes	Concentração
	-----g.kg ⁻¹ -----
Matéria orgânica	234,01
Umidade Total	464,8
Relação C/N	16,25
Fósforo (P ₂ O ₅)	2,5
Potássio (K ₂ O)	4,1
Enxofre (S)	1,7
Cálcio (Ca)	16,2
Magnésio (Mg)	4,8
Carbono (C)	156,0
	-----mg.kg ⁻¹ -----
Cobre (Cu)	72,0
Cádmio (Cd)	0,3
Cromo (Cr)	1,2
Chumbo (Pb)	8,2
Níquel (Ni)	3,4
Zinco (Zn)	94,0

Os tratamentos são apresentados a seguir:

T01 = Testemunha	T09 = 60t.ha ⁻¹ de CL + P
T02 = P (120 Kg.ha ⁻¹)	T10 = 90t.ha ⁻¹ de CL + P
T03 = K (120Kg.ha ⁻¹)	T11 = 30t.ha ⁻¹ de CL + K
T04 = PK	T12 = 60t.ha ⁻¹ de CL + K
T05 = 30t.ha ⁻¹ de CL	T13 = 90t.ha ⁻¹ de CL + K
T06 = 60t.ha ⁻¹ de CL	T14 = 30t.ha ⁻¹ de CL + PK
T07 = 90t.ha ⁻¹ de CL	T15 = 60t.ha ⁻¹ de CL + PK
T08 = 30t.ha ⁻¹ de CL + P	T16 = 90t.ha ⁻¹ de CL + PK

A parcela foi constituída de 5 linhas de 8m de comprimento, espaçadas nas entre linhas em 1,30m e a área útil da parcela compreendeu as três linhas centrais com 6m de comprimento, ou seja, uma área efetiva de 23,4m².

As fontes dos fertilizantes empregadas foram: sulfato de amônio, superfosfato triplo e cloreto de potássio, tendo suas dosagens calculadas em função do Boletim 100 do Instituto Agrônomo de Campinas (Raij et al., 1985). Tanto os fertilizantes químicos como o CL foram aplicados de uma só vez no sulco de plantio.

As amostras de colmos das parcelas foram coletadas na data de corte, aos 369 dias após plantio (dap), enfeixadas e enviadas no laboratório. Das amostras de cana que foram desintegradas e retirou-se subamostras de 500g para a extração do caldo, através da prensa hidráulica (Cesar & Silva, 1993), obtendo-se então o caldo extraído (CE) e o bagaço fibroso da prensa, que foram empregados na determinações dos parâmetros tecnológicos. Com os resultados procederam-se os cálculos, conforme encontra-se em Cesar & Silva (1993): Brix⁵ por refratometria a 20°C/20°C; a pol²⁶ do caldo extraído, segundo ICUMSA e determinado pelo método de Schmitz sem diluição; açúcares redutores por Lane & Eynon; cinzas pelo refinômetro de Buse-Todt-Gollnow; potássio por fotometria de chama e o fósforo do caldo por colorimetria. Já a produção de pol, em toneladas por hectare, foi calculada pela multiplicação da tonelagem de colmos por hectare pela pol na cana originada da pol do caldo extraído (Cesar & Silva, 1993). E a produtividade de colmos em toneladas por hectare, foi calculada pelo peso de colmos considerando a área útil da parcela.

4. Resultados e discussão

4.1 Efeitos da aplicação de CL na fertilidade do solo

A análise química das amostras de terra coletadas antes da aplicação do CL (Tabela 1), revelou tratar-se de solo com médios teores trocáveis de Mg e K, moderada acidez e baixo teor de P no solo Terra Roxa Estruturada (TE), (Raij et al., 1985). Nas Fig. 1 e 2 encontram-se os resultados dos efeitos da adição do CL sobre o comportamento dos parâmetros de fertilidade do solo (pH, acidez potencial - H+Al, soma de bases - SB, saturação por bases - V%, capacidade de troca catiônica - CTC, cálcio trocável - Ca⁺⁺ e magnésio trocável - Mg⁺⁺).

Ocorreram efeitos significativos para a adição do CL (F**) (Fig. 1 e 2) e para as seguintes variáveis de solo: pH em CaCl₂, H+Al, SB, V%, CTC, Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺. Procederam-se os desdobramentos estatísticos e os gráficos foram elaborados apenas para as variáveis de solo onde a adubação com CL e as interações CL x adubações químicas foram significativas.

A aplicação de CL causou a neutralização da acidez potencial, provocando aumento do pH do solo (Fig. 1a), o que já havia sido observado na literatura (Messias & Moraes, 1992; Collier et

⁵ Brix - é a porcentagem em peso de sólidos solúveis no caldo.

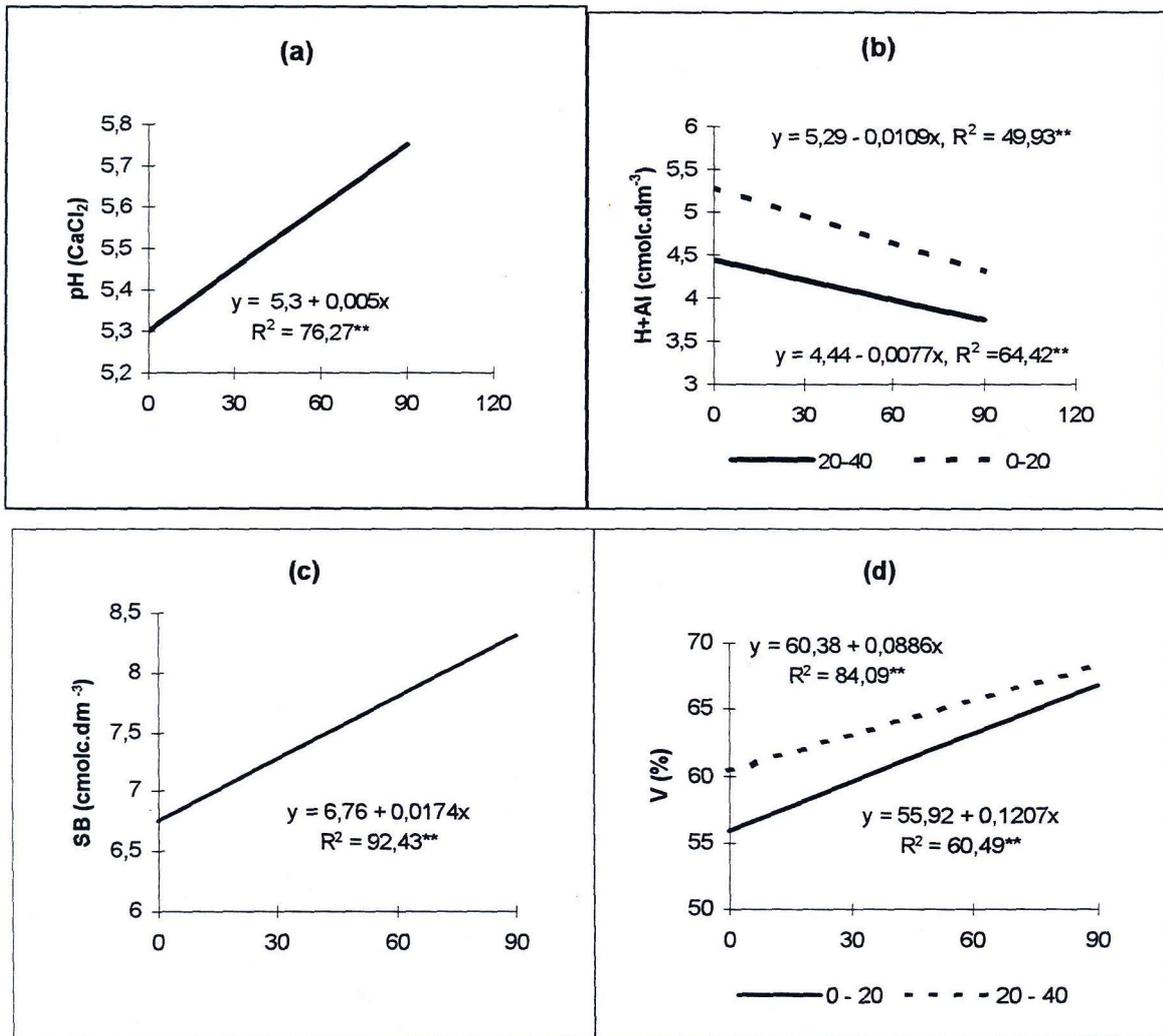
⁶ Pol - vem de "polarização" através do prisma de Nicol, especificada em uma escala oficial para determinação de sacarose em solução (26g de sacarose pura diluída em 100ml de solução, lida em tubo de 200mm de comprimento a 20°C resultando leitura de 100°S), que foi denominado de peso normal. É dita sacarose aparente porque a leitura é um desvio resultante das atividades óticas das concentrações de sacarose, glicose e frutose, sendo que os desvios das duas últimas substâncias não se anulam completamente.

al., 1992; Parra et al., 1997). A CTC e a V% tiveram seus valores aumentados com a dose de CL (Fig. 1a e 2c), mas os maiores valores obtidos foram moderados de ação do CL no solo, o que concordam com os resultados de Berton & Valadares (1991). A ação corretiva da acidez do CL foi relativamente moderada sobre o solo TE, pois houve a necessidade de aplicar $60\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ de CL para elevar em apenas 0,3 unidades de pH ou pouco mais de 10% na V%. Tal fato refletiu em um valor de saturação por bases próximos a 65% (Fig. 1d) e um acréscimo da CTC do solo (Fig. 2a) o que está de acordo com o relatado por Berton & Valadares (1991).

Outra ação importante do CL foi como fornecedor de nutrientes (Fig. 3). O teor de P e K nos compostos de lixo urbano (Tabela 2) são consideravelmente mais altos do que aqueles encontrados na maioria dos solos agrícolas (De Haan, 1981), o que refletiu na elevação de teores de K e P no solo.

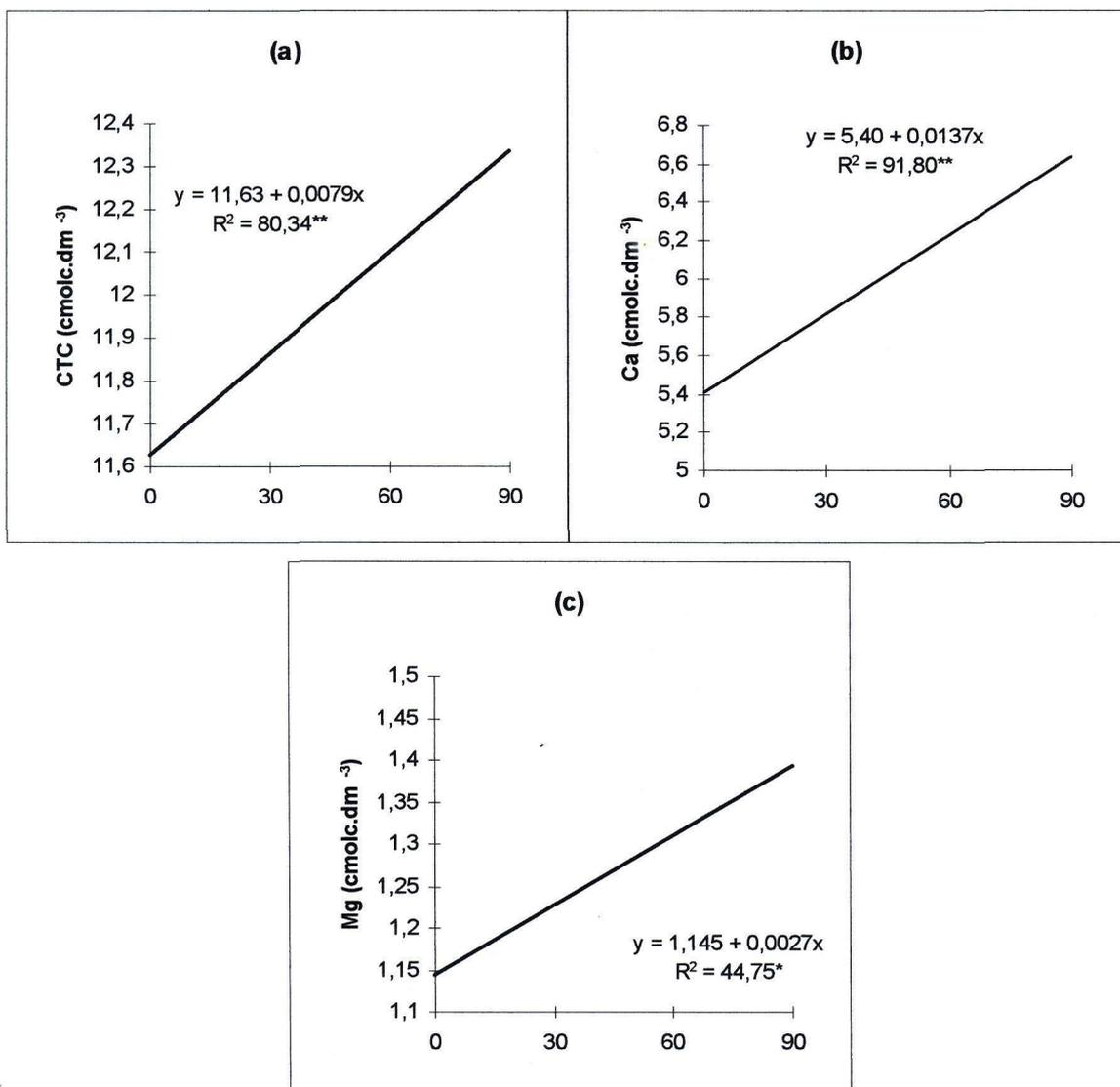
Houve uma mudança de classe de teores considerados baixos (<15) para teores médios de P, usando-se a classificação de Raij et al., (1985), até mesmo quando a menor dose de CL foi aplicada. Isto demonstra que, pelo menos em parte, o P do CL foi disponível aos vegetais. Quanto à complementação do CL com fertilizante fosfatado, pode-se verificar pelos resultados analíticos do solo que não haveria necessidade, pois o CL ao ser aplicado em quantidades de $30\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ já forneceria quantidades suficientes deste nutriente ao solo para se ter níveis compatíveis com a exigência da planta.

Quanto ao efeito do potássio (K) adicionado via CL pode-se dizer que a adubação potássica, em complementação ao uso de CL (Fig. 3b) não era necessária, pois esse resíduo é rico nesse macronutriente e o solo já possuía um teor original médio ao nível de K^+ trocável que é suficiente à cultura (Raij et al., 1985). Devido a este aspecto pode-se deduzir que a riqueza de K no CL poderia limitar a sua aplicação como fertilizante em doses mais elevadas para este solo (Collier et al., 1992; Moraes & Selbach, 1991).



Composto de Lixo Urbano, t ha⁻¹.

FIG. 1. Influência de doses de composto de lixo na correção da acidez do solo, medida pela acidez ativa (a=pH), potencial (b=H+Al), soma (c=SB) e saturação por bases (d=V) nas camadas de 0-20 e 20-40cm, aos 120 após a sua aplicação. ** significativo a 1% de probabilidade no teste F.



Composto de Lixo Urbano, t ha⁻¹.

FIG. 2. Influência da aplicação de doses de composto de lixo na capacidade de troca de cátions (a=CTC), teores de cálcio (b=Ca) e de magnésio (c=Mg) no solo na camada de 0-40cm, aos 120 após a sua aplicação. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade no teste F.

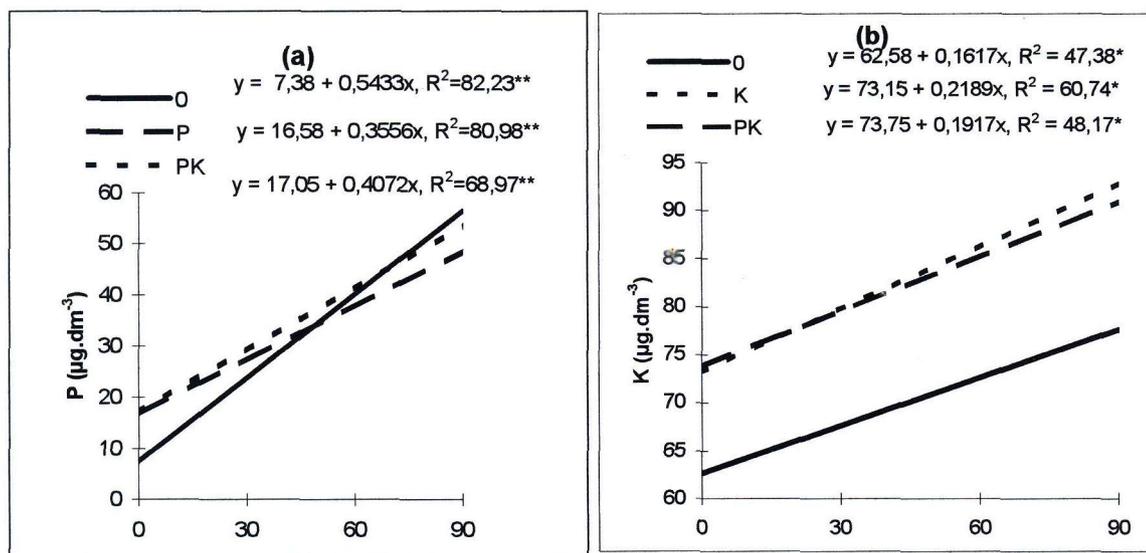


FIG. 3. Influência da aplicação de composto de lixo e a interação com fertilizantes fosfatado e potássico nos teores de fósforo disponível (a=P) e de potássio trocável (b=K) no solo. ** e * significativo a 1 e 5% de probabilidade no teste F.

No tocante à fertilidade do solo, existe ainda outros aspectos que devem ser observados, trata-se do risco de transferência de metais pesados adicionado ao solo pela aplicação do composto de lixo em um canal. Na Tabela 5, verifica-se que os valores máximos de metais pesados observados no solo que receberão aplicações de composto de lixo foram abaixo dos limites preconizados pela Norma Técnica P. 4.230 da CETESB, que baseou-se nos parâmetros da Agência Norte-Americana de Proteção Ambiental - EPA (1993).

Entretanto, deve ser ressaltado que os métodos de extração de Mehlich-1 e outros utilizados no Brasil foram desenvolvidos para detectar deficiência de micronutrientes e podem não ser tão eficientes para teores tóxicos.

Deste modo, a interpretação dos resultados por esse extrator não deve ser conclusiva e sim uma indicação de uma provável biodisponibilidade dos metais. Observou-se pelos teores de Mn, Fe, Ni, Cu, Zn e Cd no solo adubado com composto extraído pela solução de Mehlich-1 (razão solo/solução de 1:5) na camada superficial (de 0 a 20cm) após 120 dias após a sua aplicação houve aumento restrito para o zinco, o que indicaria a possibilidade desse resíduo ser uma fontes para esse elemento para cultura da cana-de-açúcar.

Já na camada subsuperficial (20 a 40cm), não foi observado qualquer tendência de elevação dos teores de metais no solo pela aplicação de composto de lixo.

TABELA 5. Efeitos da aplicação de composto de lixo nas faixas de disponibilidade de alguns metais pesados (Mn, Fe, Ni, Cu, Zn e Cd) no solo, nas camadas de 0-20 e 20-40cm, aos 120 dias após a sua aplicação.

Metal Pesado	Composto de lixo, em t.ha ⁻¹			
	00	30	60	90
-----Intervalo de confiança para teores médios -----				
Camada superficial (0 a 20cm)				
Mn	15 - 65	13 - 55	12 - 38	13 - 73
Fe	7,3 - 11,5	7,8 - 11,2	8,7 - 11,5	8,2 - 15,0
Ni	0,03 - 0,09	0,04 - 0,08	0,03 - 0,11	0,03 - 0,19
Cu	2,21 - 3,43	2,23 - 3,09	2,48 - 3,08	0,89 - 7,15
Zn	6,5 - 6,7	5,5 - 11,5	5,2 - 8,2	5,2 - 11,8
Cd	0,03 - 0,05	0,03 - 0,05	0,03 - 0,05	0,04 - 0,06
Camada subsuperficial (20 a 40cm)				
Mn	2,8 - 10,0	3,9 - 10,9	3,3 - 18,9	3,5 - 40,7
Fe	6,7 - 11,3	7,5 - 9,9	7,1 - 10,7	7,6 - 10,4
Ni	0,05	0,05	0,05	0,07
Cu	2,31 - 3,37	2,17 - 2,99	2,36 - 3,3	2,37 - 3,17
Zn	2,2 - 6,0	2,8 - 8,4	3,8 - 7,2	2,3 - 8,9
Cd	0,02 - 0,04	0,02 - 0,04	0,03 - 0,05	0,03 - 0,05

4.2 Efeitos da aplicação de CL nas produtividades de colmos e de açúcar

A produção de colmos por hectare é apresentada na Tabela 6, onde o CL não interagiu com a adubação potássica e/ou fosfatada. Mas o fator CL, quando aplicado isoladamente, obteve significância ao nível de 1% de probabilidade no teste F. A produtividade aumentou linearmente, da menor para a maior dose aplicada, conforme mostra a Fig. 4a. Esses resultados refletem um provável benefício da adição da matéria orgânica na forma de CL sobre a produção da cana-de-açúcar, embora esse parâmetro tenha elevado em apenas 4g.kg⁻¹ no solo pela adição de CL. De uma forma geral, a produtividade da cana correlacionou-se linearmente com algumas características químicas do solo: pH (0,44**); P (0,45**); V% (0,37**); CTC (0,26*); Mg (0,39**); H+Al (-0,26*), como já observaram alguns autores (Hernando et al., 1989; Messias & Moraes, 1992; Moraes & Selbach, 1991; Mazur & Velloso, 1983; Collier et al., 1992).

TABELA 6. Efeitos da adição combinada de doses de composto de lixo e de suplementação PK em produção de colmos ($t.ha^{-1}$) aos 369 dias após a sua aplicação.

Doses de CL, $t.ha^{-1}$	Fertilizantes químicos			
	Sem adição (00)	P	K	PK
0	76,98	87,16	84,62	94,54
30	87,26	97,28	94,89	95,48
60	96,73	104,08	98,84	105,22
90	97,27	99,16	97,61	99,52
Média de fertilizante	89,56	96,92	93,99	98,69

CL = Composto de lixo urbano; CV% = 8,66.

A $pol.ha^{-1}$ em toneladas da cana-planta (Tabela 7) foi significativa para o fator CL. Entretanto quando analisado a interação CL x adubação química não houve significância. A aplicação isolada de CL elevou linearmente a produtividade em açúcar (Fig. 4b), conforme o aumento das doses desse resíduo, o que foi significativo ao nível de 1% de probabilidade no teste F. A $pol.ha^{-1}$, em toneladas Tabela 6 foi significativa para a adição de CL, mas não houve interação com adubo mineral. A aplicação isolada do CL elevou linearmente a produtividade em açúcar (Fig. 4b) conforme, o aumento das doses desse resíduo, o que foi significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. Esse aspecto é muito importante, pois a utilização de CL não afetou a produtividade de açúcar, ao contrário, houve um ganho.

TABELA 7. Efeitos da adição combinada de doses de composto de lixo com e sem suplementação de PK em produção de açúcares totais em toneladas de pol por hectare, aos 369 dias após a sua aplicação.

Doses de CL, $t.h^{-1}$	Fertilizantes químicos			
	Sem adição (00)	P	K	PK
0	11,97	13,71	13,26	14,31
30	13,59	15,12	14,74	14,76
60	14,4	16,48	15,15	16,71
90	14,69	15,21	14,9	15,19
Média de fertilizante	13,66	15,28	14,51	15,24

CL = Composto de lixo urbano; CV% = 8,69.

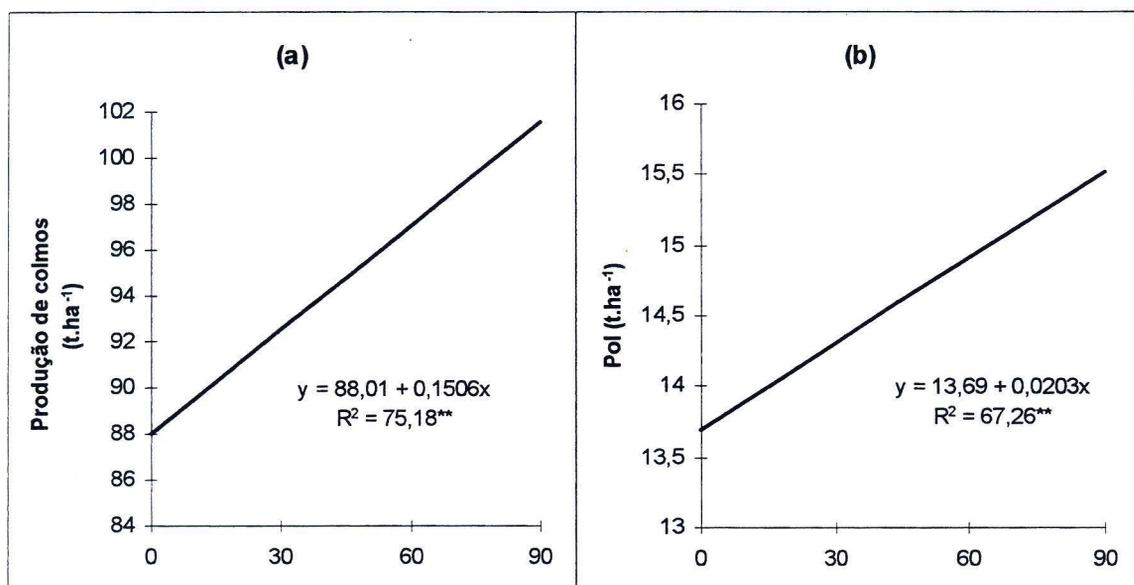


FIG. 4. Influência da aplicação de doses de composto de lixo ao solo sobre as produtividades de colmos (a) e de açúcar total (b=pol) na cana-planta.** significativo a 1% de probabilidade no teste F.

4.3 Efeitos da aplicação de CL nos teores de P no caldo

O fósforo presente no caldo é muito importante para a adequada clarificação quando da produção do açúcar, e níveis de fosfato superiores a 150mg de P₂O₅ por litro que são considerados ideais (Delgado e Cesar, 1984). Deve ser observado que o teor de P no caldo aumentou da testemunha à última dose aplicada de CL (90t.ha⁻¹) como mostra a Fig. 5a. O fator épocas não obteve valor significativo para o teste F (Tabela 8). Tal elevação do teor de P no caldo foi atribuído a mudança de classe de teores originais de P disponível no solo considerados baixos para teores médios, usando-se a classificação de Raij et al., (1985), até mesmo quando a menor dose de CL foi aplicada. Isto demonstra que, pelo menos em parte, o P contido no CL foi disponível aos vegetais e apareceu no caldo. Quanto à complementação do CL com P, pode-se verificar pelos resultados analíticos do solo que não haveria necessidade, pois o CL ao ser aplicado em quantidades de 30t.ha⁻¹ já forneceria quantidades suficientes deste nutriente ao solo para se ter níveis compatíveis com a exigência da planta.

Os teores de fósforo do caldo estão dentro das necessidades exigidas para fermentação alcoólica (Amorin, 1985) e na clarificação para o açúcar (Delgado & Cesar, 1984).

TABELA 8. Teores de fósforo no caldo (mg.L^{-1}) em função das doses de composto de lixo no decorrer das épocas.

Tratamentos	Épocas			
	303 dap	334 dap P(mg.L^{-1})	365 dap	395 dap
T	221	161	169	146
P	173	126	152	149
30t.ha ⁻¹	236	117	179	168
30t.ha ⁻¹ + P	222	179	197	174
60t.ha ⁻¹	259	172	212	179
60t.ha ⁻¹ + P	217	170	180	165
90t.ha ⁻¹	248	184	200	161
90t.ha ⁻¹ + P	226	172	203	180

¹ Média de 3 repetições, CV = 11,01%.

O teor de fósforo no caldo foi influenciado pelos fatores CL e fertilizantes fosfatados e como nota-se na Figura 1a, tendo os seguintes modelos para o P no caldo ajustados em resposta à adição ao CL: a) sem adubo: $Y=178,6+0,29.X$ ($R^2 = 75,36^{**}$); b) adição de fertilizante fosfatado: $Y= 61,4+0,42.X$ ($R^2 = 60,23^{**}$); e c) adição de fertilizante fosfatado e potássico - PK: $Y= 93,7-0,43.X$ ($R^2 = 88,40^{**}$). A aplicação isolada do CL foi significativa para o teste F no nível de 1% de probabilidade e elevou linearmente o teor de fósforo no caldo da menor para a maior dose aplicada (0, 30, 60 e 90t.ha⁻¹) obtendo respectivamente os valores de 178,6, 187,2, 195,7 e 204,3mg.L⁻¹. Tal fato pode ser explicado devido o CL possuir teores de fósforo mais altos do que a maioria dos solos agrícolas e ficarem disponíveis em 15% do seu total para as plantas (De Haan, 1981). Considerando que o teor de P₂O₅ no CL aplicado é de 2,5g.kg⁻¹, houve portanto, um acréscimo de 75kg.ha⁻¹ do fosfato para cada 30t de CL, no solo.

O CL quando suplementado com adubação fosfatada (120kg.ha⁻¹ de P₂O₅) elevou linearmente o teor de fósforo no caldo a partir da menor para a maior dose aplicada obtendo os teores respectivos de 161,4, 173,9, 186,5 e 199,1mg.L⁻¹, mas com teores menores do que quando aplicado isoladamente. Quando o CL aplicado ao solo somado da adubação PK (120kg.ha⁻¹ de KCl), o teor de fósforo no caldo decresceu linearmente conforme as doses crescentes, obtendo valores respectivos de 193,7, 180,9, 168,1 e 155,3mg.L⁻¹.

4.4 Efeitos da aplicação de CL nos teores de K no caldo

Já a questão do teor de K no caldo dos colmos foi influenciado da adição do composto de lixo, do fertilizante potássico e pela sua interação, ao nível de significância de 1% de probabilidade pelo Teste F, como evidencia-se na Fig. 5b e Tabela 9. Notou-se que o teor de K no caldo refletiu

tanto o efeito do K adicionado via CL, como na forma de adubo químico, pode-se dizer que a adubação potássica, em complementação ao uso de CL não era necessária pois esse resíduo é rico nesse macronutriente e o solo já possuía um teor original médio ao nível de K trocável que é suficiente à cultura (Raij et al., 1985). Devido a este aspecto pode-se deduzir que a riqueza de K no CL poderia limitar a sua aplicação como fertilizante em doses mais elevadas para este solo (Collier et al., 1992; Moraes & Selbach, 1991).

Tal fato, expressou-se em modelos para o teor de K no caldo ajustados em resposta à adição de composto de lixo que foram os seguintes com e sem complementação de K-fertilizante mineral: a) sem adubo: $Y=486,3+1,786.X$ ($R^2 = 59,45^*$); b) adição de K: $Y = 750,3 + 1,527 . X$ ($R^2 = 86,97^{**}$), e c) Adição de PK: $Y = 713,7 + 2,160 . X$ ($R^2 = 88,41^{**}$).

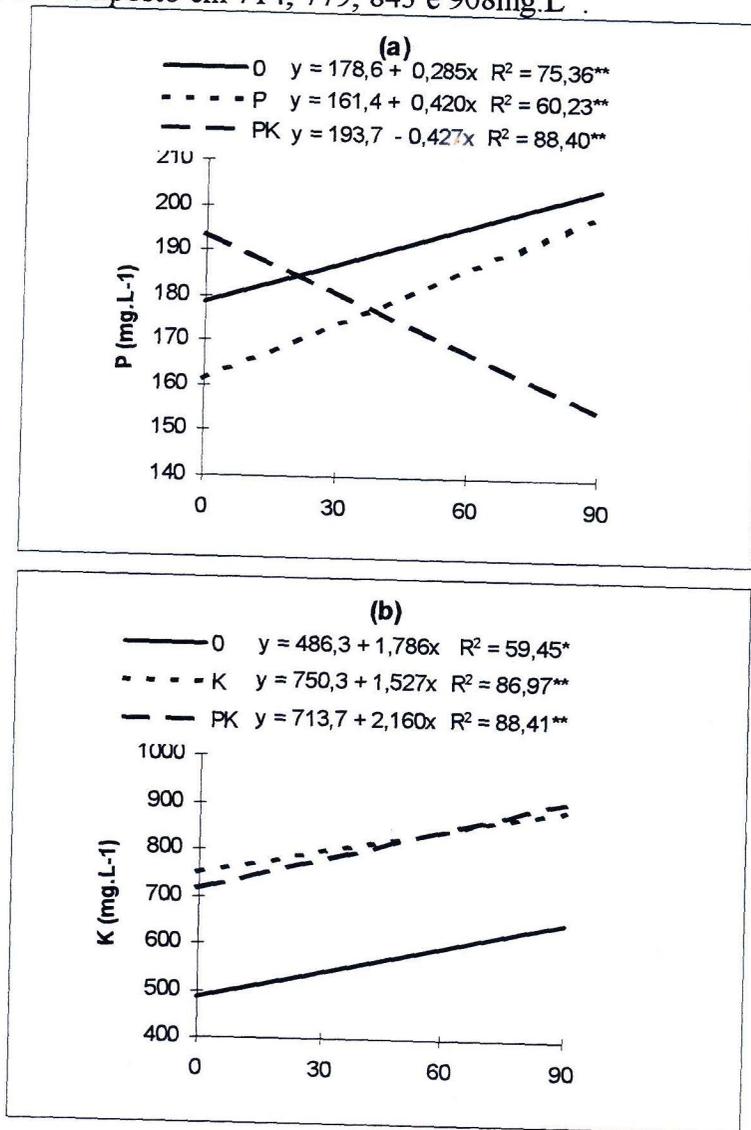
TABELA 9. Teores de potássio no caldo (mg.L^{-1}) em função das doses de composto de lixo e da interação com o fertilizante potássico no decorrer das épocas na safra.

Tratamentos	Épocas			
	303 dap	334 dap	365 dap	395 dap
T	636	656	624	546
P	720	803	816	720
30t.ha ⁻¹	501	553	611	475
30t.ha ⁻¹ + K	720	765	778	797
60t.ha ⁻¹	495	533	520	514
60t.ha ⁻¹ + K	829	823	861	932
90t.ha ⁻¹	739	701	694	668
90t.ha ⁻¹ + K	842	861	932	945

¹ Média de 3 repetições CV = 15,64%.

Para a industrialização do açúcar o K é elemento negativo por ser considerado melagigênico e positivo para a fermentação na produção de álcool quando estes valores permanecem na faixa de 700 a 1.200 mg.L^{-1} de K. A aplicação isolada do CL elevou linearmente os teores de K no caldo, da menor dose para a maior dose (0, 30, 60 e 90t.ha⁻¹) aplicada ao solo respectivamente em 486, 540, 594 e 647 mg.L^{-1} . O CL por ser rico em potássio, a aplicação de 30t.ha⁻¹ do composto empregado no presente experimento, forneceu ao solo 123kg.ha⁻¹ de K₂O, apresentando este um teor acima dos 67Kg de K₂O como mencionado por Berton & Valadares (1991). Quando o CL foi suplementado com potássio (KCl), elevou linearmente os teores de K no caldo, em valores de 750, 796, 842 e 888 mg.L^{-1} , respectivamente.

Resultado semelhante foi obtido quando se adicionou ao solo o CL + adubação PK, elevando linearmente os teores de K no caldo da cana, aumentando os valores conforme o aumento das doses do composto em 714, 779, 843 e 908mg.L⁻¹.



Composto de Lixo Urbano, t ha⁻¹.

FIG. 5. Influência da aplicação de doses de composto de lixo, suplementados ou não com fertilizantes fosfatado e/ou potássico nos teores de fósforo (a) e de potássio (b) no caldo de cana-planta. * e ** - significativo a 5% e 1% de probabilidade no teste F, respectivamente.

4.5 Efeitos da aplicação de CL nas características tecnológicas e maturação da cana-de-açúcar

Os resultados a seguir foram obtidos da média de 3 repetições, realizados no decorrer do experimento. A partir dos dados analíticos e das suas interpretações estatísticas, foram evidenciadas as seguintes observações: os coeficientes de variação do Brix, Pol, Fibr⁷, AR⁸, Umidade, Cinzas e ATR⁹ foram de 7,42, 2,10, 3,51, 23,17, 0,70, 8,35 e 2,96%, respectivamente. Esses valores encontrados são baixos pois, segundo Gomes (1985), para fins de experimentação agrícola eles satisfazem quando são inferiores a 20%.

A - Brix na cana

Os valores de Brix são de grande importância por ser considerado fator determinante no julgamento da qualidade da cana pela correlação que existe com a Pol. Os resultados para o Brix bem como as demais características tecnológicas da cana, não mostraram significância quando do estudo entre CL e as interações com adubação químicas, deste modo as interpretações serão genéricas. Os dados obtidos para Brix na cana, nas diferentes dosagens de CL empregadas (0, 30, 60, 90t.ha⁻¹) são apresentadas na Tabela 10. Em termos médios os valores oscilaram entre 16,64 e 18,40. A aplicação do teste F entre as épocas obteve valor significativo ao nível de 1% de probabilidade e valor não significativo para as doses dentro das épocas. Houve a tendência de aumentar o Brix na cana no decorrer das 4 épocas amostradas, devendo-se a isso uma ocorrência natural na cultura da cana-de-açúcar quando na época de maturação, onde há uma maior concentração de sólidos solúveis no caldo dos colmos.

TABELA 10. Valores médios obtidos para Brix na cana¹ em função da adição de doses (t.ha¹) de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.

Doses	Épocas, dias			
	303	334	365	395
CL				
0	16,64	17,27	18,35	17,83
30	16,85	17,59	18,40	17,86
60	16,92	17,52	17,80	17,84
90	17,17	17,59	18,35	17,61

¹ Média de 3 repetições CV = 7,42%.

⁷ Fibr⁷ - é a porção sólida grosseira insolúvel na fase líquida (caldo) da cana.

⁸ AR - açúcares redutores são todos aqueles que, como glicose e frutose podem reduzir o cobre presente em soluções cuproalcalinas, passando da forma Cu²⁺ para a Cu⁺.

⁹ ATR - o açúcar teórico recuperável proposto pela COPERSUCAR, permite avaliar as variedades de um modo global em um único valor. A fórmula se baseia em valores médios obtidos na indústria, permitindo o cálculo do açúcar teoricamente recuperável (ATR) nas condições normais de industrialização, considerando-se as perdas usuais de açúcar na torta, lavagem da cana e as indeterminadas (não quantificadas na prática).

B - Pol na cana

A determinação da Pol é um fator de grande importância refletindo diretamente no rendimento em açúcar e álcool durante a industrialização. Os índices obtidos para Pol na cana, em colmos produzidos nas diferentes doses de CL (0, 30, 60 e 90t.ha⁻¹) são apresentados na Tabela 11. A aplicação do teste F entre as 4 épocas amostradas apresentou valor significativo para o fator época em 1% de probabilidade. A Pol na cana tendeu a aumentar seus valores no decorrer das épocas.

Para o fator CL não apresentou valor significativo no teste F para as doses empregadas isoladamente mas, quando complementado com a adubação P e/ou K houve significância ao nível de 1% de probabilidade, como seguem os modelos ajustados de resposta ao CL: a) sem adição: $Y=15,05+0,0029.X$ ($R^2 = 80,35^{**}$); b) adição de K: $Y=15,23+0,0077.X-0,0001x^2$ ($R^2 = 93,97^{**}$); e c) adição de PK: $Y=14,92+0,0044.X$ ($R^2 = 73,63^{**}$). As crescentes dosagens dentro de épocas não causou redução da pol na cana, não prejudicando sua industrialização. A resposta da cultura de cana em acumulação de açúcar nos colmos mostrou-se significativa para a adição do CL + fosfato ou 30t.ha⁻¹ de CL + potássio (Tabela 12).

TABELA 11. Valores médios obtidos para Pol na cana¹ em função das doses de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.

Doses	Épocas, dias			
	303	334	365	395
CL				
0	14,25	14,90	15,78	15,54
30	14,49	15,24	15,72	15,54
60	14,57	15,24	15,38	15,50
90	14,79	15,20	15,68	15,24

¹ Média de 3 repetições CV = 2,10%.

TABELA 12. Efeitos da adição combinada de doses de composto de lixo e de suplementação P, K e PK na Pol na cana (média de julho a outubro da cana-planta).

Doses de CL, t.ha ⁻¹		Fertilizantes químicos				Médias de doses CL
		Sem adição (00)	P	K	PK	
00		15,00 a	15,32 ab	15,21 a	14,93 b	15,12 a
30		15,21 a	15,26 ab	15,40 a	15,12 ab	15,25 a
60		15,19 a	15,54 a	15,26 a	15,04 b	15,26 a
90		15,30 a	15,15 b	15,07 a	15,39 a	15,23 a
Média de Fertiliz.		15,18 a	15,32 a	15,24 a	15,12 a	15,22
Causas de Variação (Valor F)	CL Química CL X Q CV%	NS				
			**			
			*			
			2,10			

CL = composto de lixo urbano; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade no teste F.

C - Açúcares redutores % cana

Este elemento, como o Brix e a pol, é determinante no julgamento da qualidade da cana-de-açúcar visando o seu processamento.

Os açúcares redutores % cana, para as diferentes doses de CL (0, 30, 60, 90t.ha⁻¹) tem seus valores apresentados na Tabela 13. As médias das doses variaram de 0,20 a 0,47 sendo que a aplicação do teste F apresentou valor significativo ao nível de 1% de probabilidade apenas entre as épocas, onde houve a tendência de diminuir seu teor no decorrer das épocas.

TABELA 13. Valores médios obtidos para AR % cana¹ em função da aplicação de doses de composto de lixo (t.ha⁻¹) no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.

Doses	Épocas, dias			
	303	334	365	395
CL				
0	0,47	0,43	0,53	0,31
30	0,43	0,39	0,60	0,29
60	0,41	0,40	0,47	0,30
90	0,37	0,37	0,54	0,34

¹ Média de 3 repetições CV = 23,17%.

D - Fibra e umidade % cana

O teor de fibra na cana é um fator determinante na eficiência do processo pois, ele influencia diretamente na capacidade de moagem e na extração de sacarose.

Para as doses de CL (0, 30, 60, 90t.ha⁻¹), os valores da fibra na cana são apresentadas na Tabela 14, onde os valores médios oscilaram entre 10,45 a 11,72. A aplicação do teste F para o fator épocas não obtiveram valores significativos e para as diferentes doses do CL resultou um valor de F significativo ao nível de 1% de probabilidade, ajustando o modelo $Y=11,33-0,0067.X$ ($R^2 = 94,59^{**}$) com a tendência de diminuir os valores de fibra sobre os colmos conforme o acréscimo de doses (Fig. 6a). Também não houve interação CL X adubo (P, K e PK), como demonstrou-se no teste F. O decréscimo da fibra % cana se explica pelo aumento linear da umidade % cana, que obteve valores crescentes para as mesmas doses de CL com uma oscilação das médias entre 69,94 e 71,95 nas 4 épocas amostradas, com uma tendência de diminuir no decorrer do tempo, com um valor do teste F significativo ao nível de 1% de probabilidade (Tabela 14). De um modo geral, na média de todas as épocas mesmo fato ocorreu para o fator CL, quando empregou suas doses (0, 30, 60 e 90t.ha⁻¹) com o modelo ajustado $Y=71,11-0,0053.X$ ($R^2 = 96,60^{**}$). Houve a tendência de aumentar o teor de umidade nos colmos (Tabela 14), conforme o acréscimo das doses quais seguem: 71,11, 71,26, 71,42 e 71,58%, respectivamente (Fig. 6c).

TABELA 14. Valores médios obtidos para fibra % cana¹ em função da adição de doses (t.ha⁻¹) de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.

Doses	Épocas, dias			
	303	334	365	395
CL				
0	11,46	11,11	11,72	11,15
30	11,03	11,08	11,34	10,78
60	10,97	10,75	11,12	10,72
90	10,69	11,72	10,98	10,45

¹ Média de 3 repetições CV = 3,51%.

O aumento no teor de umidade pode ser explicado pela maior quantidade de água retida no solo quando aplicou matéria orgânica (Azeredo & Manhães, 1983). Não houve interação CL x adubação (P e/ou K).

TABELA 15. Valores médios obtidos para umidade % cana¹ em função da adição de doses (t.ha⁻¹) de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.

Doses	Épocas, dias			
	303	334	365	395
CL				
0	71,87	71,65	69,94	70,02
30	71,93	71,54	70,26	71,37
60	71,76	71,86	70,15	71,45
90	71,74	71,84	70,68	71,95

¹ Média de 3 repetições CV = 0,70%.

E - Cinzas % cana

Os valores obtidos de cinzas % cana para as doses de CL empregadas (0, 30, 60 e 90 t.ha⁻¹) são apresentadas na Tabela 16, com médias oscilando entre 0,41 e 0,49 nas 4 épocas amostradas, com tendência de aumentar os valores no decorrer do tempo. O valor do teste F, mostrou ser significativo para o fator época ao nível de 1% de probabilidade. A mesma significância ocorreu para o fator CL nas iguais dosagens como mostra a Figura 6b com o modelo ajustado: $Y=0,460+0,0057.X$ ($R^2 = 98,55^{**}$), com tendência de aumentar o teor de cinzas na cana conforme o acréscimo de doses.

Houveram também interações CL x adubação fosfatada e/ou potássica no nível de significância de 5% de probabilidade para o valor do teste F; como seguem os modelos ajustados: a) sem adição: $Y=0,379+0,0046.X$ ($R^2 = 88,90^{**}$); b) adição de P: $Y=0,361+0,0054.X$ ($R^2 = 81,85^{**}$); c) adição de K: $Y=0,446+0,0058.X$ ($R^2 = 93,32^{**}$); e d) adição de PK: $Y=0,439+0,0069.X$ ($R^2 = 87,63^{**}$). O acréscimo de cinzas % cana conforme o aumento de doses de CL é explicado por este ser rico no elemento potássio (Melo et al., 1997). Berton & Valadares (1991) mencionaram que a dose de 30 t.ha⁻¹ adicionaria ao solo 67kg de K₂O.

TABELA 16. Valores médios obtidos para cinzas % cana¹ em função da adição de doses (t.ha⁻¹) de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.

Doses CL	Épocas, dias			
	303	334	365	395
0	0,43	0,44	0,44	0,39
30	0,44	0,45	0,46	0,41
60	0,45	0,45	0,46	0,45
90	0,47	0,49	0,49	0,46

¹ Média de 3 repetições CV = 8,35%.

Além das análises tecnológicas dos colmos, pode-se analisar alguns outros aspectos ligados ao caldo. Assim verificou-se que para o caldo não houve aumento na relação AR/cinzas pela adição de CL e sim decréscimo que passou de 1,07 (Testemunha) para 1,00 (30t.ha⁻¹), 0,95 (60 t.ha⁻¹) e 0,88 (90t.ha⁻¹), o que proporcionaria uma tendência ao menor esgotamento dos melaços (Honig, 1969).

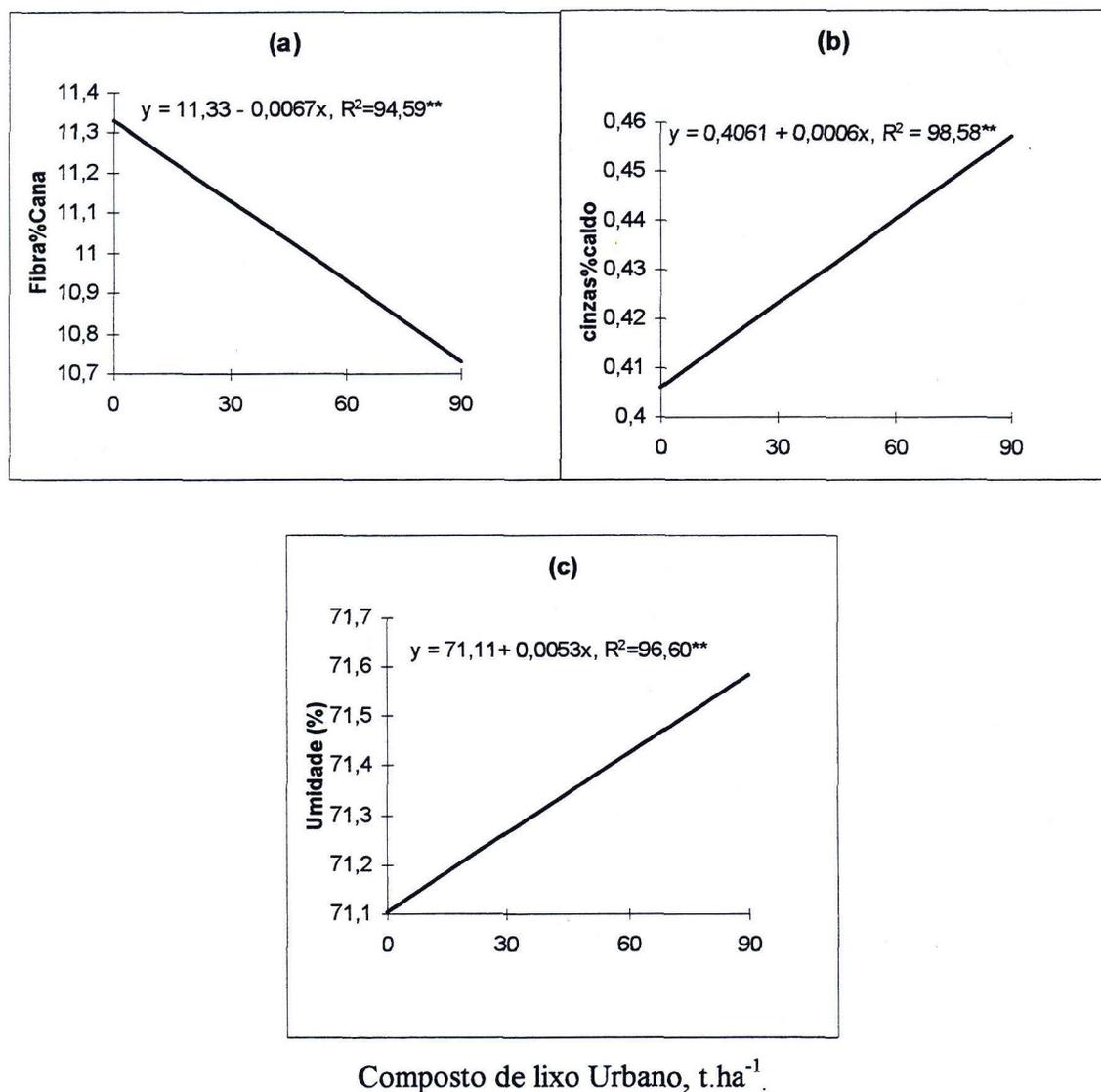


FIG. 6. Influência da aplicação de composto de lixo ao solo sobre as características tecnológicas da cana-de-açúcar (a=fibra; b=cinzas; c=umidade). ** - significativo a 1% de probabilidade no teste F.

F - Pureza da cana

A pureza aparente, obtida pela relação percentual entre a Pol e o Brix, constitui um dos índices mais utilizados para o julgamento da qualidade da cana-de-açúcar com vista à sua industrialização. Para a pureza na cana, as diferentes doses de CL empregadas são apresentadas na Tabela 17. Em termos médios os valores oscilaram entre 85,47 e 87,15 nas 4 épocas amostradas, havendo diferença significativa entre épocas ao nível de 1% de probabilidade para o teste F. O fato da pureza na cana aumentar no decorrer do tempo é devido à maturação da cana, onde a Pol na cana obteve valores crescentes da primeira até a última época, o mesmo ocorrendo com o Brix na cana.

TABELA 17. Valores médios obtidos para pureza na cana em função da adição de doses de composto de lixo no decorrer das épocas, em dias após a sua aplicação.

Doses	Épocas, dias			
	303	334	365	395
CL				
0	85,58	86,25	85,99	87,15
30	86,01	86,66	85,47	87,09
60	86,21	86,98	85,89	86,93
90	86,13	86,40	85,47	86,58

¹ Média de 3 repetições CV = 1,04%.

O primeiro aspecto se refere ao fato do CL, quando aplicado isoladamente, aumentar linearmente as produtividades de açúcar, medido pela Pol (Fig. 3a) e pelo açúcar teórico recuperável (Fig. 3b), na industrialização da cana.

G - Açúcar teórico recuperável (ATR)

Este cálculo indica a quantidade de açúcar recuperável de uma dada cana. Evidentemente, são muitas as condições que fazem este dado variar. Houve interação do CL com a adubação química, com significância ao nível de 5% de probabilidade para o teste F. O fator CL, quando aplicado de modo geral, não obteve significância para o teste F. Verificou-se pelos valores médios de ATR na cana-de-açúcar dos tratamentos que não houve redução do teor de açúcar nos colmos pela adição de CL, e combinados com fertilizantes (Tabela 18).

Tendo sido ajustados os seguintes modelos em resposta à adição de CL, combinados ou não com fertilizante (K ou PK): a) sem adubo: $Y=19,4+0,027.X$ ($R^2 = 86,60^{**}$); b) adição de K: $Y= 20,9+0,10.X-0,0013.X^2$ ($R^2 = 99,94^{**}$); e c) adição de PK: $Y=118,2+0,045.X$ ($R^2 = 75,91^{**}$).

TABELA 18. Efeitos da adição combinada de doses de composto de lixo e de suplementação P, K e PK na concentração de açúcar teórico recuperável (ATR) em cana-de-açúcar, expresso em kg/t (média de maio a outubro da cana-planta da safra).

Doses de CL, t.ha ⁻¹		Fertilizantes químicos				Médias de doses CL
		Sem adição (00)	P	K	PK	
00		119,0 b	121,9 ab	120,9 b	118,0 b	120,0 a
30		120,2 ab	121,5 ab	122,8 a	120,3 ab	121,2 a
60		120,9 ab	124,4 a	122,3 ab	119,5 ab	121,8 a
90		121,8 a	120,6 b	119,6 a	122,9 a	121,2 a
Média de Fertiliz.		120,5 b	122,1 a	121,4 ab	121,2 ab	121,1
Causas de Variação (Valor F) CV%	CL	*				
	Química	*				
	CLXQ	*				
		2,96				

CL = composto de lixo urbano; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade no teste F.

Para finalizar, a Tabela 19, contém os resultados das correlações verificadas entre os parâmetros agrotecnológicos e as variáveis do solo.

TABELA 19. Valor de correlação entre as produtividades da cana-planta, expressa em colmos colhidos aos 369 dap, em relação aos testes de algumas espécies químicas do solo, amostrados aos 120 dias após a sua aplicação.

Parâmetros agrotecnológicos	Variáveis do solo correlacionadas (r)
Peso de colmos, em t.ha ⁻¹	pH (0,44**), P (0,45**), Ca (0,39**), V% (0,37**), CTC (0,26*), Mg (0,39**), H + Al (-0,26*), Na (0,31*)
Nº colmos, por hectare	pH (0,29*), Mg (0,36*)
Tpol/ha, em t.ha ⁻¹	Não houve correlação
TAH, em t.ha ⁻¹	pH (0,42**), P (0,44**), Ca (0,36*), V% (0,34*), Mg (0,39**),
ATR, em t.ha ⁻¹	pH (0,39**), P (0,39**), Ca (0,34*), V% (0,31*), Mg (0,38**),
K ₂ O no caldo, em mg.L ⁻¹	P (0,40**), K (0,30*), CTC (0,28*)
P ₂ O ₅ no caldo, em mg.L ⁻¹	P (0,47**), K (0,30*), CTC (0,34*)

* e ** = significativos a 5 e 1% no teste F.

5. Conclusões

O CL pode ser utilizado na adubação da cana-de-açúcar, como fonte de matéria orgânica, de P, de K, de Zn e neutralizando a acidez potencial do solo, provocando ainda aumentos no seu pH, na CTC, na soma e na saturação por bases. Tais melhorias na fertilidade do solo no solo, propiciaram aumentos lineares nas produtividades de colmos e de açúcar, até a dosagem considerada de 90 t.ha⁻¹.

Não houve atraso na maturação da cana-de-açúcar pela adição de composto de lixo, pois não afetou os parâmetros que julgam a qualidade tecnológica da cana-de-açúcar para sua industrialização, quando estudado dentro de épocas, quais sejam: Brix, pol, açúcares redutores, pureza aparente. Entretanto, a resposta ótima da cultura em acumulação de açúcar dos colmos ocorreu na combinação do composto com fertilizante (P ou K).

A adição de CL elevou linearmente os teores de P e K no solo que promoveu aumentos proporcionais de seus teores no caldo. Todavia os teores de P e K no caldo foram também influenciados pela adição de fertilizantes fosfatado e potássico, respectivamente.

6. Referências bibliográficas

AIRAN, D.S.; BELL, J.H. Resource recovery through composting: a sleeping giant. In: NATURAL WASTE PROCESS CONFERENCE, 1980, Washington D.C. *Proceedings*. Washington D.C., 1980. p.121-129.

ALVES, W.L. *Compostagem e vermicompostagem no tratamento de lixo urbano*. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 46p.

AMORIN, H.V. Nutrição mineral de leveduras: aspectos teóricos e práticos. In: SEMANA DE FERMENTAÇÃO "JAIME ROCHA DE ALMEIDA", 4., 1985, Piracicaba. *Anais*. Piracicaba: STAB, 1985. p.44-48.

AZEREDO, D.F. de ; MANHÃES, M.S. Adubação orgânica. In: ORLANDO FILHO, J. (Coord.). *Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil*. Piracicaba: IAA/Planalsucar, 1983.

BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S. Potencial agrícola do composto de lixo urbano no Estado de São Paulo. *O Agrônomo*, Campinas, v.43, n.2/3, p.87-93. 1991.

BOON, D.; SOLSTANPOUR, P. N. Lead, cadmiun and zinc contamination of aspen garden soils and vegetation. *Journal Environmental Quality*, v.21, p.82-86, 1992.

CESAR, M.A.A.; SILVA, F.C. da. *A cana-de-açúcar como matéria prima para a indústria sucroalcooleira*. Piracicaba, CALQ, 1993. 107p.

COLLIER, L.S.; SANTOS, G.A.; PESSANHA, G.G.; PEREIRA, A.L. Efeito do composto de lixo urbano: fontes de Ca e Mg e adubação mineral sobre planossolo cultivado com beringela e milho doce em sucessão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, Piracicaba. *Anais*. Piracicaba: SBACS, 1992. p.402-403.

CRAVO, M.S. Composto de lixo urbano como fonte de nutrientes e metais pesados para alface. Piracicaba, 1995. 135 p. Tese (Doutorado em Solos e nutrição de plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

DE HAAN, S. Results of municipal wast compost research over more than fifty years at the Institute for Soil fertility at Haren Groningen, The Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, v.29, p.49-61, 1981.

DELGADO, A.A.; CESAR, M.A.A. Determinação de fosfatos em caldo e mosto de cana-de-açúcar. *STAB - Açúcar e álcool e subprodutos*, Piracicaba, v.3, n.2, p.42-45, 1984.

DE VLEESCHAUEWER, D.; VERDONCK, O.; VAN ASSCHE, P. Phytotoxicity of refuse compost. *BioCycle*, v.22, n.1, p.44-46, 1981.

EGREJA FILHO, F.B. *Avaliação da ocorrência de distribuição química de metais pesados na compostagem de lixo domiciliar urbano*. 1993. 176 p. Dissertação (Mestrado em Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos). *Land Application of Municipal Study*. Cincinnati, 1983. 432p.

EPSTEIN, E.; EPSTEIN, J.I. Public health issues and composting. *Biocycle*, v.30, n.8, p.50-53, 1989.

FAO. Organic recycling in Asia. *FAO Soils Bulletin*, Rome, v.36, p.320-325, 1978.

GOMES, J.P. *Curso de estatística experimental*. São Paulo: Nobel, 1985. 466p.

GROSSI, M.G.L. *Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileira de lixo doméstico através da determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas*. 1993. 222p. Tese (Doutorado em Química) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo.

HERNANDEZ, T. Utilization of municipal waste as organic fertilizers. *Suelo Planta*, v.39, p.373-383, 1992.

HERNANDO, S.; LOBO, M.C.; POLO, A. Effect of the application of municipal refuse compost on the physical and chemical properties of a soil. *Science Total Environmental*. v.81, p.589-596, 1989.

HONIG, D. *Princípios de tecnologia azucarera*. México: ContineNtal, 1969. 3v.

KIEHL, E.J. *Fertilizantes orgânicos*. Piracicaba: CERES, 1985. 492 p.

MAZUR, G.A.N.; VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solo ácido. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.7; p.153-156, 1983.

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., Riode Janeiro, 1997. *Anais*. Viçosa: SBCS/UFU, 1997. CD-ROM.

MESSIAS, A.S.; MORAES, F.A. Emprego do lixo urbano na adubação do milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20, 1992, Piracicaba. *Anais*. Piracicaba: SBCS, 1992. p.384-385.

MORAES, S.P.; SELBACH, P.A. Utilização de composto de lixo urbano em solo agrícola. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 23., 1991, Porto Alegre. *Resumos*. Piracicaba: SBCS, 1991. p.87.

PARRA, M.S.; OLIVEIRA, E.L. de; COSTA, A. Potencial agrônômico do composto de lixo urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Resumos*, Campinas: SBCS, 1997. p.494.

PEREIRA NETO, J.T.; STENTIFORD, E.I. Aspectos epidemiológicos da compostagem. *BioCycle*, v.27, n.4, p.1-6, 1992.

PEREIRA NETO, J. T. Alguns aspectos sobre o estado do gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL, 5., 1989, Lisboa. *Anais*. Lisboa, 1989. p.397-418.

PETRUZZELLI, G. Recycling wastes in agriculture: Heavy metal bioavailability. *Agricultural Ecosystems & Environment*, v.27,n.4, p.493-503, 1989.

PURVES, D. ; MACKENZIE, J.E. Effects of applications of municipal compost on uptake of copper, zinc and boron by garden vegetables. *Plant Soil*, v.39, n.1, p.361-371, 1973.

RAIJ, B. van; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI JUNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. *Recomendações de adubação para o Estado de São Paulo*. Campinas: Instituto Agrônômico, 1985. (IAC - Boletim Técnico, 100). 107p.

RICHARD, T. Clean compost production. *Compost Science*, v.3, n.2, p.46-7, 1990.

SANTANA FILHO, S.; CARDOSO, I.M.; PEREIRA NETO, J.T. Utilização de composto orgânico de lixo urbano na recuperação de áreas degradadas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Resumos*. Viçosa: SBCS/ UFV, 1997.

SANTOS, C.E.R.; STAMFORD, N.P. Efeito do composto urbano e da adubação fosfatada suplementar na correção da acidez e na disponibilidade do fósforo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. *Resumos*. Viçosa: SBCS/ UFV, 1997. p.243-244.

SANTOS, C.E.R.S.; SANTOS, J.R.; STAMFORD, N.P. Efeito do composto urbano e do fósforo em leucena inoculada com *Rhizobium loti* micorriza vesicular arbusculares. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. *Anais*. Recife: SBCS, 1994. p.248-249.

SANTOS, J.R.; STAMFORD, N.P. Efeitos da adição de composto urbano e níveis de fósforo na forma de fosfogesso, no rendimento da leucena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de wit.) e características químicas de um LVA-Distrófico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 23., 1991, Porto Alegre. *Resumos*. Porto Alegre: SBCS, 1991. v.1, p.112.

WALKER, J.M.; O'DONNELL, M.J. Comparative assessment of MSW compost characteristics. *Biocycle*, v.32, n.8, p.65-9, 1991.

XIN, T.H.; TRAINA, S.J.; LOGAN, T.J. Chemical properties of municipal solid waste compost. *Journal of Environmental Quality*, v.21, p.318-329, 1992.

ZUCCONI, F.; FORTE, M.; MONACO, A.; DE BERTOLDI, M. Biological evaluation of compost maturity. *BioCycle*, v.22, n.4, p.27-29, 1981.

7. Agradecimentos

À Fapesp pelo auxílio ao processo 98/06439-2 e ao CNPq pelas bolsas de mestrado e de pesquisa concedidas aos autores Ariovaldo Faustino Soares da Silva e Fábio Cesar da Silva.



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa Tecnológica em Informática para a Agricultura
Ministério da Agricultura e do Abastecimento

Av. Dr. André Tosello s/nº. - Cidade Universitária "Zeferino Vaz"

Barão Geraldo - Caixa Postal 6041

13083-970 - Campinas, SP

Telefone (19) 3289-9800 - Fax (19) 3289-9495

sac@cnptia.embrapa.br

<http://www.cnptia.embrapa.br>

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA
E DO ABASTECIMENTO**

**GOVERNO
FEDERAL**
Trabalhando em todo o Brasil