PROPRIEDADES QUÍMICAS E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E DE METAIS EM DIFERENTES SOLOS ADUBADOS COM COMPOSTO DE RESÍDUO URBANO

CASSIO HAMILTON ABREU JUNIOR

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. TAKASHI MURAOKA

.....
.....
.....
Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura “Luiz de Queiroz”,
Universidade de São Paulo, para obtenção
do título de Doutor em Agronomia. Área de
Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo – Brasil
Janeiro - 1999

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Abreu Junior, Cassio Hamilton

Propriedades químicas e disponibilidade de nutrientes e de metais em
diferentes solos adubados com composto de resíduo urbano / Cassio Hamilton
Abreu Junior. -- Piracicaba, 1999.

159p. : il.

Tese (doutorado) -- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1999.
Bibliografia.

1. Arroz 2. Espectrometria de emissão de plasma 3. Extrator químico 4.
Fertilidade do solo 5. Metal 6. Nutrição vegetal 7. Propriedade físico-química-do-
solo 8. Resíduo urbano I. Título

CDD 631.86

Aos meus pais, *Cassio (in memoriam)* e *Célia*,
e a minha mãe de coração *Maria (in memoriam)*

Minhas homenagens

À fascinante experiência da vida...à Terra...ao aprendizado,
Agradeço essa dádiva a DEUS.

À minha *Valéria*, pelo companheirismo,
paciência, apoio e cumplicidade. À família
Amadio pelo carinho,
Ofereço

Às crianças, *Felipe*, *Raíssa*,
Paola, *Vitória*, *Veridiana*, *André*
e *Lucas*, pelo futuro que lhes
aguarda,
Dedico

Agradecimentos

Ao Prof. Dr. Takashi Muraoka, não só pela orientação segura, mas confiança e apoio nas decisões que foram tomadas durante o curso e pelo estímulo nas dificuldades surgidas, que foram muitas;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de doutoramento e pela reserva técnica, sem o qual muito deste trabalho não teria sido realizado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa nos dois primeiros anos do Curso de Pós-Graduação;

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e seu corpo docente, em especial aos Departamentos de Solos e de Nutrição de Plantas, aos Professores Dr. Luiz Ignácio Prochnow, Dr. Arquimedes Lavorenti e Dr. Luiz Reynaldo F. Aleoni, pelas sugestões dadas no desenvolvimento deste trabalho;

Ao Prof. Dr. Francisco Antônio Monteiro, como coordenador da Comissão de Pós-Graduação de Solos e Nutrição de Plantas e demais membros, por ter possibilitado minha participação neste Curso de Doutorado e pelo apoio e amizade durante o Curso;

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), pela amizade com seus Pesquisadores e Funcionários, e a possibilidade da utilização de seus laboratórios e dependências;

Aos Laboratórios de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do CENA, ao Prof. Dr. Antônio Enedi Boaretto, às laboratoristas Marileuza Aparecida Bassi Elias, Sandra Teresa Pereira dos Santos e Enriqueta M. Gimenes Fernandes, cujos os infinitos auxílios prestados foram imprescindíveis para a realização deste trabalho. Ao João Odemir

Salvador e à Maria Aparecida Calegaro Soares pelos auxílios prestados sempre que necessário;

Ao Laboratório de Química Analítica do CENA, em especial à Prof. Dra. Maria Fernanda Giné-Rosias, por ter possibilitado a utilização do ICP-AES, aos seus pós-graduandos que cederam espaço para que eu utilizasse o equipamento e o Laboratório de preparo de soluções, e à Técnica de Laboratório Aparecida de Fátima pela assessoria no ICP-AES;

Ao Pesquisador Dr. Manoel da Silva Cravo, EMBRAPA de Manaus, com quem tive as primeiras conversas que deram origem à este trabalho e pelo fornecimento de solos da Amazônia;

Ao Laboratório de Biogeoquímica de Solos do CENA, a seus Pesquisadores e Laboratoristas pelas análises de carbono total e, somando-se aos pós-graduandos, pela vivência agradável;

À Professora Maria Izalina Ferreira Alves e ao colega Marcelo Alves Corrêa, pelas elucidações em como proceder as análises estatísticas;

Ao estagiário do Laboratório de Fertilidade do Solo André F. Lavorante e estagiários do Laboratório de Nutrição de Plantas Felipe R. B. Granja e Rodrigo M. Boaretto pelo auxílio na condução do experimento e nas análises químicas;

Ao amigo Marciano de Medeiros Pereira Brito, pelo indispensável auxílio na confecção desta Tese;

Aos colegas de Pós-Graduação, Robson Rui C. Duete, Felipe C. A. Villanueva, Sânia Lucia Camargo, Fernando Grossi e Adônis Moreira pelas trocas de experiências e bons momentos vividos juntos;

Enfim, à todos aqueles que de uma forma ou outra colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Considerações gerais.....	3
2.2 Resíduos urbanos resultantes da atividade do homem.....	3
2.3 Aplicação agrícola do composto de resíduo urbano e suas conseqüências.....	5
2.3.1 Generalidades e caracterização do composto.....	5
2.3.2 Efeitos sobre as propriedades do solo.....	7
2.3.3 Efeito sobre as plantas.....	8
2.4 Avaliação da disponibilidade de nutrientes e metais no solo.....	11
2.5 Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente.....	20
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 Solos utilizados.....	24
3.2 Composto de Resíduo Urbano.....	26
3.2.1 Informações adicionais sobre o processo de obtenção do composto na usina.....	26
3.3 Experimento I.....	27
3.3.1 Arranjo dos tratamentos e delineamento experimental.....	27
3.3.2 Condução do experimento I.....	29
3.4 Experimento II.....	31
3.4.1 Arranjo dos tratamentos e delineamento experimental	31
3.4.2 Condução do experimento II.....	32

3.5 Caracterização química do composto de resíduo urbano	33
3.6 Caracterização física e química dos solos utilizados no experimento.....	33
3.7 Caracterização química dos fertilizantes e calcário e gesso natural usados no experimento.....	34
3.8 Análise química dos solos.....	34
3.9 Análise química do material vegetal.....	36
3.10 Parâmetros de operação do ICP-AES.....	36
3.11 Análise estatística dos dados.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1 Caracterização do composto de resíduo urbano, solos, adubos, calcário e gesso natural	39
4.1.1 Análise química e física do composto de resíduo urbano.....	39
4.1.2 Análise química e física dos solos.....	42
4.1.3 Análise química dos adubos, calcário e gesso natural.....	46
4.2 Propriedades químicas do solo devido à aplicação do composto de resíduo urbano.....	52
4.2.1 Condutividade elétrica.....	52
4.2.2 Reação do solo e acidez potencial.....	55
4.2.3 Carbono orgânico, nitrogênio total e relação C/N.....	63
4.2.4. Disponibilidade de fósforo e enxofre.....	67
4.2.5. Bases trocáveis, Soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases.....	72
4.2.6 Disponibilidade de micronutrientes.....	82
4.2.7 Disponibilidade de metais.....	91
4.3. Efeito da adubação com composto de resíduo urbano sobre as plantas de arroz.....	102
4.3.1 Produção de matéria seca.....	102
4.3.2 Absorção de macronutrientes e de sódio.....	107

4.3.3 Absorção de micronutrientes.....	114
4.3.4 Absorção de metais.....	121
4.4 Efeito do enriquecimento do composto de resíduo urbano com Cd, Cu, Mn, Pb e Zn sobre a extração de metais no solo.....	131
4.5 Efeito do enriquecimento do composto de resíduo urbano com Cu, Cd, Mn, Pb e Zn sobre a Produção de matéria seca de plantas de arroz.....	131
4.6 Efeito do enriquecimento do composto de resíduo urbano com Cu, Cd, Mn, Pb e Zn sobre a absorção de metais em plantas de arroz....	132
4.7 Avaliação da eficiência agronômica dos extratores.....	135
5 CONCLUSÕES.....	146
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	147

PROPRIEDADES QUÍMICAS E DISPONIBILIDADE DE NUTRIENTES E DE METAIS EM DIFERENTES SOLOS ADUBADOS COM COMPOSTO DE RESÍDUO URBANO

Autor: CASSIO HAMILTON ABREU JUNIOR

Orientador: Prof. Dr. TAKASHI MURAOKA

RESUMO

Foram instalados dois experimentos em casa de vegetação. No experimento I, foram estudados os efeitos da aplicação de composto de resíduo urbano, da cidade de São Paulo, na presença ou ausência de calagem e adubação, sobre as propriedades químicas de 21 solos ácidos e 5 solos alcalinos, nos quais a calagem foi substituída pela aplicação de gesso natural, e sobre a nutrição e produção de matéria seca da cultura de arroz. O calcário foi aplicado para elevar a saturação por bases a 70 %, e o gesso natural na dose de 3 g dm^{-3} . Após incubação por 30 dias, foi aplicado o composto (30 g dm^{-3}) e o adubo N-P-K + micronutrientes. Após nova incubação por mais 30 dias, fez-se a amostragem de terra e cultivou-se arroz (IAC 165), 7 plantas por vaso, por 60 dias. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com parcelas em faixas, com três repetições. Foi realizado um segundo cultivo de arroz, para se avaliar o efeito residual do composto sobre a produção de matéria seca. No experimento II, foram avaliados os efeitos do enriquecimento do composto com Cd, Cu, Mn, Pb e Zn (0, 15, 30, 60, 120 e 240 mg dm^{-3}) sobre a disponibilidade desses metais no solo, nutrição e

produção de matéria seca de plantas de arroz. Foram utilizados 7 solos. A condução e o delineamento experimental foram semelhantes a do experimento I.

Em ambos os experimentos, foi avaliado a eficácia dos métodos de extração com Resina de troca iônica, DTPA, Mehlich-1, Mehlich-3, AB-DTPA, Wolf-Morgan, AA-EDTA.Na₂ e CaCl₂ na predição da disponibilidade e toxicidade de nutrientes e metais pesados, para o arroz. Foram determinados, tanto no solos como nas plantas, os teores de P, Ca, Mg, B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn, Ba, Cd, Cr, Pb, Sr, Ti e V por espectrometria de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente (ICP-AES) e de K e Na por fotometria de chama de emissão. Os teores de P, K, Ca e Mg obtidos pela Resina e de micronutrientes e de metais obtidos pelo DTPA foram considerados como de referência para a avaliação das propriedades químicas dos solos no experimento I.

A aplicação do composto com calagem promoveu a maior elevação no pH do solo. A condutividade elétrica aumentou em cerca de 10 vezes nos tratamentos com o composto e foi maior onde se aplicou composto com adubo. A aplicação do composto aumentou os teores de nitrogênio total e de carbono orgânico, notadamente nos solos de textura arenosa a média. Os teores de Ca e Mg foram superiores e a acidez potencial foi menor nos tratamentos com composto + calagem, enquanto que o K foi maior no tratamento com composto + adubação. O teor de Na aumentou devido à aplicação do composto, independentemente do modo de aplicação. O aumento no teor de Na foi proporcional ao das demais bases trocáveis. A disponibilidade dos micronutrientes e dos metais foi aumentou com a aplicação do composto, tendo todavia sido diferenciada em função da textura, teor de matéria orgânica nativa e reação do solo, exceto o V e Ti. O aumento da disponibilidade dos demais metais devido ao composto, geralmente, não diferiu da aplicação de calcário com adubo, nos solos ácidos e com gesso + adubo nos solos alcalinos.

A aplicação do composto com adubo, na presença ou ausência de calagem, aumentou a produção de matéria seca da parte aérea, no primeiro e segundo cultivo, e raízes de plantas de arroz. Todavia, estes efeitos não foram superiores ao da calagem com adubo. A aplicação do composto sem adubação, com ou sem calagem, promoveu um efeito intermediário, dependendo do tipo de solo, mas geralmente superior à testemunha.

Em alguns solos ácidos de textura arenosa, hidromórfico ou de pH inicial relativamente alto, o aumento no pH, C.E. e bases trocáveis, associado à uma provável atividade microbiana mais intensa, transformações bioquímicas e liberação de compostos orgânicos/inorgânicos estranhos ao solo devido à aplicação do composto, foi observado produção de matéria seca igual ou superior à testemunha. Constatou-se esse tipo de comportamento, também nos solos alcalinos, destacando-se o solo Salino-Sódico, no qual foi observado ausência de desenvolvimento completo das plantas de arroz em todos os tratamentos. No segundo cultivo, foi observado um padrão bem mais uniforme entre os tratamentos com composto, sendo que o composto + adubação, independentemente da calagem, promoveu maior produção de matéria seca.

Não houve diferenças significativas entre as propriedades químicas dos solos devido à aplicação do composto enriquecido com diferentes doses de metais. No primeiro cultivo de arroz, não houve redução no peso de matéria seca da parte aérea (PMSPA) até a dose de 30 mg dm^{-3} , exceto nos solos PV e LV, onde a redução ocorreu a partir de 60 mg dm^{-3} . O peso de matéria seca da raiz (PMSR) praticamente não foi afetada com o enriquecimento do composto até a dose de 60 mg dm^{-3} e foi menos afetada, também, nos solos PV e LV. A capacidade dos solos PV e LV em promoverem maior PMSPA e PMSR, sob condições de dose alta de metais (acima de 30 mg dm^{-3} de metais), deve estar relacionada ao alto teor de M.O. nativa (41 e 36 g dm^{-3} , respectivamente) presente nesses solos. No segundo cultivo, foi observado redução de cerca de 25 a 40 % na PMSPA da dose de 0 para 15 mg dm^{-3} de enriquecimento do composto. Essa diferença entre os cultivos deve ter sido causada, possivelmente pela redução do pH do solo devido às subseqüentes adubações, principalmente com nitrogênio (uréia), e o próprio cultivo, aumentando a solubilidade dos metais ligados à matéria orgânica, CTC e óxidos de Fe e Al, que passaram a ter concentrações tóxicas.

CHEMICAL PROPERTIES AND NUTRIENT AND METAL AVAILABILITY AS CONSEQUENCE OF URBAN WASTE COMPOST APPLICATION IN SOIL

Author: CASSIO HAMILTON ABREU JUNIOR

Adviser: Prof. Dr. TAKASHI MURAOKA

SUMMARY

Two experiments were carried out in green house. In the experiment I, the effects of applying urban waste compost, from S. Paulo city, with or without lime (to reach 70% of base saturation) and fertilizer, on the chemical properties of 21 acid and 5 alkaline soils, and on nutrition and dry matter weight of rice crop were studied. Natural gypsum (3 g dm^{-3}) was applied in the alkaline soil, instead of lime. After incubation for 30 days, the compost (30 g dm^{-3}) and N-P-K fertilizers + micronutrients were applied. The soils were further incubated for 30 days. Then, soil samples were taken for analysis and rice (IAC 165 7 plants per pot), were grown for 60 days. The experimental design was spit-plot completely randomized block with 3 replicates. Rice as then grown again for evaluate the residual effect of compost on the dry matter yield. In the experiment II, the effects of Cd, Cu, Mn, Pb and Zn ($0, 15, 30, 60, 120$ and 240 mg dm^{-3}) enrichment of compost, on the availability of these metals in the soils, rice plant nutrition and dry matter weight were studied. Seven soils were utilized. The experiment was carried out, as in the experiment I and the experimental design was also similar. The efficiency of extraction methods: Ionic exchange resin, DTPA, Mehlich 1, Mehlich 3, AB-DTPA,

Wolf-Morgan, AA-EDTANa₂ and CaCl₂, in predicting the availability and toxicity of nutrients and heavy metals to rice plants was evaluated. The following elements were determined in both soil and plant samples: P, Ca, Mg, B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn, Ba, Cd, Cr, Pb, Sr, Ti e V by ICP-AES and K and Na by flame emission photometry. The P, K, Ca and Mg content obtained by resin method and micronutrients and metals obtained by DTPA were considered as the reference for evaluating the chemical properties of soils in the experiment I.

The compost application with liming promoted the greater increase on soil pH. The electric conductivity increased around 10 times in the treatments with composts and the effect was the greatest when the compost was applied with fertilizers. The application of compost increased the total N and organic carbon O.M. content, mainly in the sandy and medium texture soil. The Ca and Mg contents were higher and the potential acidity was lower in the treatment compost + liming, while the K content was higher in the treatment compost + fertilizer. The Na content increased due to the compost application, irrespective to lime or fertilizer addition. This increase was proportional to the other exchangeable bases increase. The availability of micronutrients and of heavy metals increased with compost application, being however differentiated as a function of soil texture, native O.M. content and pH, except for V and Ti. The increase on the availability of other metals due to compost, did not differ, generally, with the lime and fertilizer application in the acid soils and with gypsum + fertilizer in the alkaline soils.

The application of compost + fertilizer, with or without liming, increased the above ground part dry matter weight (AGDMW), in the first and second rice growing, and also of rice roots dry weight (RDW). However, the effects was not better than lime + fertilizer. The application of compost without fertilizers, with or without liming, promoted an intermediate effect, depending on the soil type, but generally superior to the control. In some sandy texture acid soils, hidromorfic or relatively high initial pH soil, the increase on pH, E.C. and exchangeable bases, associated with a probable microbial activity, biochemical transformations and organics/inorganics composts, unusual to the soil caused by the compost application. The dry matter

weights were equal or superior to the control treatment. This type of behavior was also observed in alkaline soils, the saline-sodic soil being outstanding, in which occurred the absence of complete plant development in all treatments. In the second crop, a more uniform pattern was observed among the treatments with compost, and the treatment compost + fertilizer, irrespective to the liming, promoted higher yield of dry matter.

These were not significative differences, among the soil chemical properties due to the application of compost enriched with different metals levels. In the first growing, there were no reduction on AGDMWs up to 30 mg dm^{-3} , except in the PV and LV soils, where the reduction occurred from 60 mg dm^{-3} . The root RDWs, were almost not affected with the metals enrichment up to 60 mg dm^{-3} and were less affected, also, in the PV and LV soils. The capability of PV and LV soils on promoting greater AGDMW and RDW, under high metals doses (over 30 mg dm^{-3} metals), may be related to high native O.M. content (41 and 31 g dm^{-3} , respectively) present in these soils. In the second growing, there was decrease of approximately 25 to 40% in AGDMW in the 0 to 15 mg dm^{-3} compost metal enrichment. This difference between the crops might be caused, probably, by the soil pH reduction, due to subsequent fertilizer applications, mainly with nitrogen (urea), and to the crop itself, increasing the solubility of O.M. bound metals, CEC and Fe and Al oxides, which passed to toxic levels.

1 INTRODUÇÃO

Tem sido observado um aumento crescente na quantidade de resíduo urbano, ou seja de lixo, produzido devido à atividade humana e ao crescimento populacional. A falta de controle sobre a produção e destino final do resíduo urbano, principalmente nos grandes centros, tem levado à constante ameaça de poluição dos rios, do ar e do solo. Uma considerável parcela destes recursos próximos aos grandes centros urbanos, encontram-se, atualmente, com um nível de poluição elevado, causando prejuízos à saúde da população, e de um modo praticamente irreversível a curto ou médio prazo, havendo a necessidade de se estabelecer uma política agrícola e/ou ambiental que reverta tal quadro.

A estruturação de uma política ambiental, tendo como sustentáculo a pesquisa e educação sobre o controle no modo de produção e sobre as possibilidades de utilização racional dos resíduos provenientes da atividade humana, é um dos primeiros passos para se evitar a poluição indiscriminada do ambiente e dos seus recursos, conseqüentemente, a sobrevivência da própria espécie humana. Atualmente, com o intuito de reduzir o volume de resíduos nos grandes centros urbanos, tem-se realizado algumas práticas, tais como a incineração, a deposição em aterros sanitários, a reciclagem dos diversos materiais via coleta seletiva, a descarga em rios ou bombeamento para os oceanos e a compostagem.

A aplicação de composto de resíduo urbano na agricultura, observada em experimentos instalados a partir da década de 80, tem-se mostrado como uma importante fonte de nutrientes para as plantas e um excelente corretivo das propriedades químicas e físicas do solo. Todavia, permanecem dúvidas quanto à possibilidade de contaminação do solo e das plantas por metais pesados.

Concomitantemente à necessidade de se avaliar a disponibilidade e o acúmulo de nutrientes e de metais pesados no solo, devido à aplicação de composto de lixo, existe a problemática dos diferentes procedimentos para a extração dos elementos no solo. Não é recente, na Ciência do Solo, a busca por um extrator que possibilite a determinação simultânea do maior número possível de nutrientes do solo, proporcionando uma economia em tempo e de recursos financeiros. A utilização de soluções extratoras multielementares associada a espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-AES) têm permitido avanços nos estudos envolvendo nutrientes, metais pesados e a qualidade dos solos.

Baseados nos problemas acima, este trabalho propôs o estudo dos efeitos da adubação com composto de resíduo urbano, proveniente da cidade de São Paulo, na presença e ausência de calagem e adubação, sobre as propriedades químicas, disponibilidade de nutrientes e metais de diferentes solos do Brasil, nutrição e produção de matéria seca de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) em condições de casa de vegetação, e a avaliação de extratores multielementares na predição da disponibilidade e toxicidade de nutrientes e de metais nos solos por ICP-AES.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Considerações gerais

O termo metal pesado tem sido usado na literatura científica de uma forma bastante abrangente (Alloway, 1990; Malavolta, 1994; Melo et al., 1997). De acordo com Alloway (1990), metais pesados são os elementos, e respectivas formas iônicas, que pertencem ao grupo de transição e não transição da tabela periódica com densidade maior que 6 g dm^{-3} . Outros autores consideram os metais pesados como sendo os elementos com densidade maior que 4,5 ou 5 g dm^{-3} (Malavolta, 1994; Melo et al., 1997). Observa-se que o termo tem sido utilizado para designar qualquer elemento, metal, semi-metal e não metal, associados à problemas de poluição, contaminação e toxicidade no solo, plantas e animais. Alguns desses elementos são nutrientes essenciais às planta (B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) e são denominados aqui por micronutrientes. Baseando-se em Malavolta (1994) e Malavolta et al. (1997), os elementos Co e Ni também foram considerados como micronutrientes. Assim, utilizou-se o termo metais para designar todos os outros elementos, metais ou não, excluindo-se os micronutrientes.

2.2 Resíduos urbanos resultantes da atividade do homem

Toda e qualquer atividade do homem tem como consequência a produção de um resíduo e a alteração do meio que o cerca. O desenvolvimento dos grandes centros urbanos tem conduzido a um aumento crescente na quantidade de resíduo urbano, ou seja de lixo, produzido devido à atividade humana. A intensidade de produção de resíduo está diretamente relacionado com o aumento da densidade

demográfica nesses grandes centros (Melo et al., 1997). Assim, a produção de lixo de modo desordenado tem levado à constante ameaça de poluição dos rios, do ar e do solo do ambiente em que vivemos, quando não a ocorrência de contaminação *in situ*, de modo praticamente irreversível a curto ou médio prazo (Matiazzo-Prezotto, 1992). Os principais resíduos sólidos urbanos, derivados da atividade humana, são o lixo domiciliar e o lodo de esgoto (Kiehl & Kiehl, 1996; Melo et al., 1997).

Embora o homem sempre tenha utilizado o solo, o ar e os recursos de água como forma natural de descarte dos resíduos gerados de sua atividade, nas últimas duas décadas, iniciou-se uma série de discussões sobre o que se fazer com a grande quantidade de resíduo urbano e o qual o destino final deste lixo. Tal preocupação é decorrente de uma maior conscientização sobre a importância de se preservar a natureza, fonte de recursos naturais para o homem, do descarte indiscriminado de resíduos, visto que esses recursos apresentam uma capacidade de depuração limitada (Matiazzo-Prezotto, 1992).

A estruturação de uma política ambiental, tendo como sustentáculo a pesquisa e educação sobre o controle no modo de produção e sobre as possibilidades de utilização racional dos resíduos provenientes da atividade humana, é um dos primeiros passos para se evitar a poluição indiscriminada do ambiente e dos seus recursos, conseqüentemente, a sobrevivência da própria espécie humana. Atualmente tem-se realizado algumas práticas, com o intuito de reduzir o volume de resíduos nos grandes centros urbanos, tais como a incineração (seja para geração de energia ou simples eliminação), a deposição em aterros sanitários e ou industriais, a reciclagem dos diversos materiais reaproveitáveis via coleta seletiva, a descarga em rios, o bombeamento para os oceanos e a compostagem para a aplicação na agricultura. Todavia, de acordo com Matiazzo-Prezotto (1992), o bombeamento para os oceanos, a incineração e os aterros, são práticas consideradas insuficientes para receber a quantidade cada vez maior de resíduos. A consorciação destas práticas com técnicas de compostagem, contribuiria, sem dúvida, para reduzir o volume de resíduos descartados (Ferro Neto, 1994) e reciclagem dos elementos neles contidos (Melo et al., 1997).

De um modo geral, pode se estimar que a produção de resíduo urbano no Brasil esteja na faixa de 0,5 a 0,7 kg por habitante por dia (Kiehl & Kiehl, 1996). Sabendo-se que na Grande São Paulo a produção de resíduo per capita está no limite superior desta faixa e que do total produzido apenas 5 % é reciclado (Costa, 1983), podemos estimar um acúmulo anual de resíduo urbano da ordem de $3,6 \times 10^9$ kg.

De acordo com Ferro Neto (1994), o Estado de São Paulo apresenta 282 municípios com população de até 12.500 habitantes e que produzem no máximo 5 t dia⁻¹ de resíduo urbano, cada um; 123 municípios com até 25.000 habitantes e que produzem no máximo 10 t dia⁻¹; 73 municípios com até 50.000 habitantes e que produzem de 10 a 20 t dia⁻¹; e acima disto temos 41 municípios que produzem de 20 a 30 t dia⁻¹; 14 que produzem de 30 a 50 t dia⁻¹ e 15 que produzem de 50 a 75 t dia⁻¹. Quanto à disposição final dos resíduos, o autor relata que em 87 % do Estado de São Paulo é feita em lixões a céu aberto, em 5% na forma de aterro sanitário e usina (apenas 1 % utiliza aterro sanitário), e em 8 % na forma de aterro controlado.

2.3 Aplicação agrícola do composto de resíduo urbano e suas consequências

2.3.1 Generalidades e caracterização do composto

A utilização agrícola de resíduos urbanos parece ser uma opção bastante razoável para, pelo menos em parte, reduzir o volume e reciclar os minerais neles contidos. Todavia, é totalmente inviável a utilização agrícola do resíduo bruto, este deve ser tratado pelo processo de compostagem para se tornar adequado a este fim (Kiehl, 1985).

O composto de resíduo urbano é o lixo domiciliar que, após a remoção prévia dos componentes não orgânicos na usina de reciclagem e compostagem, passou por decomposição microbiológica da parte orgânica, transformando-se, então em fertilizante orgânico (Kiehl, 1985; Kiehl & Kiehl, 1996). De acordo com Kiehl & Kiehl (1996), as características exigidas pela lei brasileira para a comercialização sob registro desse tipo de fertilizante orgânico, dentro de certos limites, são: mínimo de 40 % de

matéria orgânica total, umidade máxima de 40 %, pH mínimo de 6, mínimo de 1,0 g kg⁻¹ de N total, relação C/N mínima de 18:1 e, a ausência de agentes fitotóxicos, agentes patogênicos ao homem, animais e plantas, metais pesados, agentes poluentes, pragas e ervas daninhas.

O êxito na aplicação agrícola do composto de resíduo urbano sólido é em grande parte determinada pela maturidade do composto, ou seja, pelo grau de estabilidade nas suas propriedades físicas, químicas e biológicas (Xin et al., 1992). O composto devidamente curado deve apresentar reação alcalina ou próxima da neutralidade e relação C/N baixa (Kiehl, 1985; Berton & Valadares, 1991). Assim, enquanto que a aplicação de composto imaturo (elevada relação C/N) ao solo pode causar a deficiência de N nas plantas, devido à imobilização desse nutriente pela microbiota do solo, a aplicação de composto com relação C/N estreita pode ter efeito tóxico às plantas, devido ao excesso de N mineralizado (Cardoso et al., 1995).

A composição química dos compostos de resíduos urbanos é extremamente variável, dependendo da região, da época do ano e da usina de compostagem (Xin et al., 1992; Cravo, 1995; Cravo et al., 1998). Xin et al. (1992) compararam as análises químicas de vários compostos de resíduo dos Estados Unidos e de vários países da Europa, e observaram que os teores de C, N, P, K, Ca, Mg, S, Cl e Na variaram, em g kg⁻¹, de 270 a 400; 9,0 a 17,8; 1,5 a 6,0; 0,7 a 9,7; 12,0 a 75,7; 0,8 a 6,0; 2,0 a 6,0; 3,2 a 5,0 e de 2,0 a 6,7; respectivamente. Berton & Valadares (1991) determinaram, em composto de resíduo urbano proveniente da cidade de São Paulo, valores de pH entre 6,8 a 8,3, teor de umidade de 40 %, teores de matéria orgânica de 190 a 530 g kg⁻¹, C orgânico de 120 a 220 g kg⁻¹, P de 2 a 5,3 g kg⁻¹, K de 3 a 6 g kg⁻¹, Mg de 3 a 5 g kg⁻¹ e S de 2 a 3 g kg⁻¹. A análise química de compostos de lixo urbano proveniente de Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro, Florianópolis, São Paulo e de Manaus, de um modo geral, apresentou teores dentro destas faixas (Cravo et al., 1998).

De acordo com Petruzzelli (1989), Petruzzelli et al. (1989) e Xin et al. (1992), a principal preocupação com relação ao uso de compostos de resíduos urbanos na agricultura é devido aos elevados teores de metais pesados, principalmente Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn, que estes produtos podem conter e que, portanto, podem levar à

contaminação do ambiente. Xin et al. (1992), comparando compostos de diversos países da Europa e Estados Unidos, observaram as seguintes variações nos teores de metais, em mg kg^{-1} com base no peso seco: 0,04 a 100 de Cd; 2 a 270 de Cr; 100 a 630 de Cu; 4 a 5 de Hg; 0,76 a 190 de Ni; 300 a 600 de Mn; 5 a 900 de Pb e 500 a 1.650 de Zn. Deve-se salientar que os valores inferiores de Cd, Cr, Ni e Pb foram observados exclusivamente para o composto proveniente da Espanha. A análise de composto de resíduo da Itália apresentou teores de Cd, Cr, Cu, Pb e Zn próximos aos limites superiores das faixas mostradas acima (Petruzzelli et al., 1985).

As análises químicas de compostos de lixo urbano proveniente de Belo Horizonte, Brasília, Rio de Janeiro, Florianópolis, São Paulo e de Manaus, realizadas por Cravo (1995) e Cravo et al. (1998), apresentaram as seguintes faixas de teores de micronutrientes e de metais pesados, em mg kg^{-1} : 11.300 a 35.800 de Al; 0 a 7 de B; 85 a 437 de Ba; 1 a 5 de Cd; 7 a 21 de Co; 29 a 168 de Cr; 45 a 815 de Cu; 13,5 a 52,1 de Fe; 154 a 536 de Mn; 16 a 38 de Mo; 11 a 91 de Ni; 92 a 599 de Pb; 60 a 169 de Sr; 912 a 5.376 de Ti; 41 a 317 de V; e 111 a 1.007 de Zn. Destacam-se os elevados teores de Al, Fe e Ti. De acordo com Petruzzelli et al. (1985), embora sejam observados teores totais elevados de nutrientes e de metais em compostos de lixo, nota-se que apenas uma pequena fração desses totais se apresenta em formas disponível às plantas, quando da aplicação destes compostos ao solo.

2.3.2 Efeitos sobre as propriedades do solo

A aplicação de composto, quando obtido de modo adequado, tem propiciado a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Embora, em muitos casos, tenha havido a necessidade de complementação com adubação mineral. Também, tem sido relatado um efeito sinérgico da aplicação combinada de composto e adubo mineral sobre o solo e a planta.

Conforme mostrado por Hortenstine & Rothwell (1972), Giordano et al. (1975), Mazur et al. (1983), Kiehl (1985) e Ferro Neto (1994), entre outros, os principais efeitos do composto sobre as propriedades químicas do solo são: elevação do pH,

redução da acidez potencial e aumento da disponibilidade de P, Ca, Mg e K. De acordo com Igue & Pavan (1984), a elevação do pH do solo diminui a disponibilidade de metais, devido à formação de complexos estáveis.

Trabalho conjunto realizado pela CETESB de Novo Horizonte e a UNESP de Jaboticabal, mostrou que a aplicação de 30 t ha⁻¹, de um vermicomposto, aumentou os teores de matéria orgânica em 15 %, de K em 40 %, de Mg em 50 % e de Mn e de Zn em 30 %, e aumentou o pH do solo, com conseqüente diminuição da acidez potencial (Ferro Neto, 1994).

Foi, também observado por Trindade et al. (1996) que a aplicação de composto, nas doses de 0, 10, 20, 40 e 60 t ha⁻¹, promoveu aumento linear do pH (de 4,74 para 5,03) do solo e nos teores disponíveis de P (2,8 para 13,2 mg kg⁻¹), Cu (1,28 para 2,60 mg kg⁻¹), Zn (1,16 para 9,75 mg kg⁻¹), Mn (23 para 39 mg kg⁻¹) e de Cd (0,09 para 0,14 mg kg⁻¹), e efeito quadrático no caso do Pb (0,31 para 1,49 mg kg⁻¹), extraídos com Mehlich-1. Embora tenha sido verificado o aumento da disponibilidade de metais, estes não atingiram níveis considerados tóxicos.

Em um outro experimento com 6 anos de aplicação de composto em um solo calcário, foi observado um aumento significativo e gradativo dos teores totais de Cu, Zn e Pb do solo já no primeiro ano, aumento de Cu a partir do segundo ano e aumento de Cr no quinto ano (Gigliotti et al., 1996). Contudo, não houve transferência significativa de metais do solo para plantas de milho.

2.3.3 Efeito sobre as plantas

Embora haja respaldo científico para a aplicação do composto de resíduo urbano na agricultura, observa-se algumas dúvidas quanto aos efeitos sobre o desenvolvimento e produção das plantas, quando da sua aplicação isolada. Todavia, também tem sido relatado um efeito sinérgico da aplicação combinada de composto e adubo mineral sobre os vegetal.

De acordo com Cravo (1995), parece que para algumas culturas, dependendo do tipo de solo, a aplicação de compostos de resíduo urbano não é suficiente

para garantir o adequado suprimento de nutrientes e da produção, havendo necessidade de adubação mineral complementar. Isto pode estar associado ao fato de que, embora sejam observados teores totais elevados de nutrientes em compostos de resíduo urbano, apenas uma pequena fração desses totais se apresenta disponível às plantas (Petruzzelli et al., 1985). Foi observado por Cravo (1995), em estudo sobre o efeito da aplicação de doses de 0, 10, 20, 40, 80 e 120 t ha⁻¹ de composto proveniente da cidade de São Paulo sobre a produção de alface fresca, que a aplicação do composto em um solo argiloso promoveu a diminuição da produção nos dois primeiros cultivos. Todavia, a aplicação do mesmo composto em um solo arenoso promoveu aumento significativo na produção dos dois primeiros cultivos, mas com decréscimo no terceiro cultivo.

Em povoamentos de eucalipto, também foi relatado o aumento da produção de madeira devido à aplicação de composto (Zen et al., 1994). Os autores verificaram que a aplicação de composto, na fase de plantio, com doses variando de 4 a 56 t ha⁻¹, promoveu aumento crescente nas produções volumétricas de madeira, que variaram de 58,85 a 90,59 m³ ha⁻¹ (contra 66,72 m³ ha⁻¹ obtido pela adubação convencional: 210 kg ha⁻¹ da fórmula 10-20-10 + 100 kg de fosfato parcialmente solúvel) aos dois anos de idade; de 137,37 a 226,58 m³ ha⁻¹ (contra 154,67 m³ ha⁻¹ obtido pela adubação convencional) aos três anos e de 184,99 a 308,78 m³ ha⁻¹ (contra 233,13 m³ ha⁻¹ obtido pela adubação convencional) aos quatro anos. Na fase de manutenção, a aplicação de doses de 7, 14, 21, 28 e 56 t ha⁻¹ levou a incrementos volumétricos crescentes até a dose de 28 t ha⁻¹ (de 296,09 a 428,55 m³ ha⁻¹).

De acordo com Lopes et al. (1996), a adição de composto proporcionou maior nodulação e maior absorção de N, produção de matéria seca da parte aérea de caupi quando aplicado uma pequena dose de adubo nitrogenado (25 mg kg⁻¹), do que quando aplicado doses mais elevadas (50 e 100 mg kg⁻¹) que inibiam o processo simbiótico, proporcionando baixo desenvolvimento do caupi. Foi observado, também por Trindade et al. (1996) que houve um efeito sinérgico entre a aplicação de composto e a inoculação com fungos micorrízicos (*Glomus clarum*), sobre o crescimento de plantas de milho, promovendo maior absorção de P e Cu e menor de Mn e Cd.

Não obstante os altos teores de metais nos compostos de resíduo urbano e o aumento do teor destes metais no solo devido à aplicação deste material, para algumas culturas tem sido relatado a ausência de efeitos negativos sobre a nutrição e produção. Mortvedt & Giordano (1975) observaram que a aplicação de doses elevadas de composto de lixo urbano e de lodo de esgoto contaminados com Zn e Cr não causaram efeitos fitotóxicos em plantas de milho e nem redução na produção de forragem, mesmo após um período relativamente longo da aplicação e sob altas doses de Zn (0 a 1.400 mg kg⁻¹) e Cr (0 a 1.360 mg kg⁻¹) aplicados ao solo.

Plantas de milho crescidas em solos tratados com composto de resíduo urbano durante seis anos, apresentaram uma maior absorção de Cu, Zn, Pb, Cr e de Ni, do que as testemunhas (Gigliotti et al., 1996). Todavia, devido ao maior desenvolvimento das plantas tratadas com o composto, as concentrações destes elementos nas plantas tratadas e não tratadas praticamente não diferiram entre si. As concentrações de Cu, Zn, Pb, Cr e Ni na planta toda, do primeiro ao sexto ano de tratamento, variam em mg kg⁻¹ de 4,4 a 22,6; 34,8 a 79,3; 0,80 a 2,07; 0,34 a 1,00 e de 1,85 a 6,76; respectivamente. Também, foi observado que o Cr e o Pb apresentaram baixa mobilidade e se acumularam nas raízes.

A dimensão dos efeitos que os metais podem exercer sobre as plantas depende muito da espécie, do cultivar, variedade e do melhoramento genético. Dentre quatorze espécies vegetais estudadas por Bingham et al. (1975), o arroz foi a única que apresentou tolerância à doses elevadas de Cd. Eles observaram que a aplicação ao solo de 0 a 640 mg kg⁻¹ de Cd, na forma de lodo de esgoto enriquecido com CdSO₄, causou o aumento da produção relativa de arroz. Espécies susceptíveis, como o espinafre, alface, milho, cenoura e soja, tiveram redução de 25 % na produção relativa com a aplicação de 4 a 20 mg kg⁻¹ de Cd. Espécies com tolerância média, tais como tomate, repolho e abobrinha, tiveram redução de 25% na produção relativa com a aplicação de 160 a 170 mg kg⁻¹ de Cd.

Existem, também, outras fontes com potencial de introduzir metais pesados no solo. As rochas fosfatadas utilizadas na produção de fertilizantes, podem conter quantidades significativas de Cd, sendo observado concentrações desde 10 até

200 mg kg⁻¹ (Adriano, 1986). A presença deste elemento no fertilizante poderá acarretar um acúmulo de Cd nos solos. Outro metal pesado que também pode ser encontrado em alta concentração nos adubos fosfatados, é o Cr. A análise química de adubos fosfatados revelou teores de 23, 232, 41, 60, 39 e 557 mg kg⁻¹ de Cd, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn, respectivamente (Pezzarozza et al., 1990).

Os resultados da análise química de esterco de vaca, calcário dolomítico, cloreto de potássio, superfosfato simples e uréia, obtidos por Cravo (1995), são apresentados na Tabela 1. O autor chama a atenção para os teores de Cd no calcário e de Cd, Cr, Sr, Ti e V no super simples. O teor de Ti no esterco, também deve ser destacado. Todavia, considerando-se as quantidades desses insumos que normalmente são aplicadas ao solo, em comparação as de composto, pode-se supor que o acúmulo desses elementos no solo seja praticamente desprezível.

2.4 Avaliação da disponibilidade de nutrientes e metais no solo

Concomitantemente à necessidade de se avaliar a disponibilidade e acúmulo de nutrientes e de metais pesados no solo e nas plantas, devido à aplicação de compostos de lixo, existe a problemática dos diferentes procedimentos para a extração dos elementos do solo (Jones Junior, 1990; Raij, 1994). Não é recente, na Ciência do Solo, a busca por extratores que possibilitem à determinação simultânea do maior número possível de nutrientes do solo, proporcionando uma economia de tempo e recursos financeiros (Raij, 1994).

Dependendo do enfoque, tais extratores são chamados de extratores multinutrientes ou multielementares ou ainda de universais. Tais termos têm sido utilizados para designar extratores que possibilitam a determinação simultânea da concentração de vários elementos ou íons no solo e, permitindo o estabelecimento dos níveis de fertilidade e de toxicidade (Jones Junior, 1990; Raij, 1994), sendo cada extrator composto por um ou mais reagentes. Tem sido sugerido que tais extratores são de grande aplicabilidade em estudos envolvendo a aplicação de compostos de resíduos urbanos e a qualidade do ambiente, pois possibilitam uma avaliação eficaz das alterações

químicas no solo e, conseqüente disponibilidade de nutrientes e de metais pesados para às plantas (Wolf, 1982; Soltanpour, 1985; Houba et al., 1990, 1992; Sippola, 1994; Hanlon et al., 1996).

Tabela 1. Teores de micronutrientes e de metais pesados em esterco de vaca, calcário dolomítico, cloreto de potássio , superfosfato simples e uréia (Cravo, 1995).

Elemento	Esterco	Calcário	KCl	Super Simples	Uréia
	----- mg kg ⁻¹ -----				
Al	14.732	4.066	411	1.598	77
Ba	160	45	3	96	3
Cd	1	4	1	3,5	0
Co	9	8	20	11	0
Cr	11	0	0	133	0
Cu	314	5	4	25	25
Fe	12.520	3.014	1.147	5.635	47
Mn	958	213	18	251	0
Mo	16	9	0	8	0
Ni	14	24	5	33	0
Pb	26	61	19	38	0
Sr	99	452	14	2.636	0
Ti	1.225	220	33	176	19
V	0	0	0	62	0
Zn	251	13	18	84	7

Atualmente, os laboratórios de análise de solo do Estado de São Paulo têm utilizado a resina trocadora de íons e o DTPA como os métodos oficiais para a análise de P, K, Ca e Mg e de Cu, Fe, Mn e Zn, respectivamente (Cantarella et al., 1995). O DTPA, também, tem sido utilizado para a extração de metais pesados do solo (Abreu et al., 1995). Para a extração de B tem sido utilizado a extração com água quente. Todavia, até o ano de 1995 o extrator para micronutrientes (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn) mais empregado nos laboratórios de análise de solo no Brasil era o Mehlich-1 (Cantarella et al., 1995).

A solução de Morgan (acetato de sódio $0,73 \text{ mol L}^{-1}$, tamponado em pH 4,8 com ácido acético) foi muito usada para determinação de Al, As, Ca, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, N-NO₃, N-NH₄, P, S-SO₄, Pb e Zn em solos, na década de 50 e início de 60 nos Estados Unidos, sendo atualmente muito pouco empregada (Jones Junior, 1990). Wolf (1982) modificou este extrator através da combinação com ácido dietilenotriaminopentacético (DTPA), para melhorar a extração de Cu, Fe, Mn e Zn, que passou a ser conhecido como extrator Wolf-Morgan.

O pH 4,8 foi escolhido devido à similaridade com a solução do solo saturada em CO₂ próximo as raízes secundárias, que poderia atuar como um solvente moderado de nutrientes e, o uso do acetato de sódio e ácido acético pode permitir a extração de quase todos os nutrientes, exceto do Na (Wolf, 1982). Também, segundo Wolf (1982) a introdução de DTPA à solução de Morgan, somente foi possível após avaliação de vários agentes quelantes (DTPA, Na₂-EDTA e NTA) em diversas concentrações. A adição de DTPA promoveu um aumento significativo nas correlações entre as concentrações de Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas de várias culturas e no solo. O extrator Wolf-Morgan tem sido utilizado com êxito para a avaliação de Al, B, Ca, Cu, F, Fe, K, Mg, Mn, N-NO₃, N-NH₄, P, S-SO₄ e Zn em solos ácidos e neutros (Wolf, 1982; Jones Junior, 1990) e pelas suas características parece ser promissor para à avaliação de metais pesados em amostras de solos.

A utilização de uma mistura de bicarbonato de amônio 1 mol L^{-1} e ácido dietilenotriaminopentacético $0,005 \text{ mol L}^{-1}$, em solução pH 7,6 (AB-DTPA) foi proposta por Soltanpour & Schwab (1977) para a extração de NO₃, P, K, Cu, Fe, Mn e Zn em

solos alcalinos. Posteriormente, este procedimento foi modificado por Soltanpour & Workman (1979), através da remoção do carvão ativado, o qual adsorvia complexos metais-DTPA, o método passou a ser mais abrangente possibilitando a avaliação eficaz de P, K, Cd, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Se e Zn (Soltanpour, 1985). Teoricamente este extrator, também, poderia avaliar o S, As e Cu em condições normais e, o B em níveis tóxicos.

Soltanpour & Schwab (1977) observaram boas correlações com valores obtidos com o extrator AB-DTPA e o padrão (Olsen para P, acetato de amônio para K e DTPA para Cu, Fe, Mn e Zn), embora os teores em si tenham sido diferentes, exceto o K e Fe que apresentaram valores semelhantes. O AB-DTPA não é adequado para a determinação de Ca e Mg, uma vez que durante o processo de extração há liberação de CO_2 , o pH se eleva de 7,6 para aproximadamente 8,5, e conseqüentemente ocorre precipitação de carbonato de Ca e Mg (Soltanpour, 1985). Todavia, segundo Hanlon et al. (1996), o método não compromete a avaliação do Mg, quando a sua determinação é realizada logo após a extração.

Hanlon et al. (1996) observaram que o extrator AB-DTPA apresentou resultados promissores quanto ao monitoramento de nutrientes e de metais pesados, em um solo calcário do sul da França, devido à aplicação de composto de resíduo urbano e de lodo de esgoto processados. Boon¹ (1984) e Boon & Soltanpour² (1983), ambos citados por Soltanpour (1985) observaram correlação significativa entre os teores de Cd, Mo, Ni e Pb nas plantas com teores destes elementos extraídos do solo com AB-DTPA.

O extrator Mehlich-1 tem sido utilizado para a determinação de P, Ca, Mg, K, Cu, Mn, Na e Zn (Sims, 1989; Jones Junior, 1990). E como observado por Cantarella et al. (1995), este era o extrator mais empregado nos laboratórios de análise de solo no Brasil para a determinação de B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn em amostras de

¹ BOON, D.Y. The NH_4HCO_4 -DTPA soil test for determination of plant available Pb, Cd, Ni, and Mo in mine tailings and contaminated soils. Proc. of 6th High Altitude Vegetation Conference. Colorado State Univ. Water Resources Res. Inst. Ft. Collins, CO, 1984.

² BOON, D.Y. & Soltanpour, P.N. The NH_4HCO_4 -DTPA soil test for determination of plant available lead, cadmium, and molybdenum in mine tailings and contaminated soils. Agronomy Abstracts, p.29, 1983.

terra. Posteriormente, a utilização do extrator Mehlich-3 ampliou a possibilidade para determinação de P, Ca, Mg, K, B, Cu, Fe, Mn, Na e Zn (Mehlich, 1984; Jones Junior, 1990). Embora, este extrator tem sido utilizado sem grandes problemas para a avaliação do Ca (Mehlich, 1984), uma vez que a presença de F na sua composição dificulta a determinação de Ca nos extratos de solo (Hanlon & Johnson, 1984).

Amaral Sobrinho et al. (1993) estudaram a eficiência de extração de Cu, Fe, Mn, Ni e Zn pelos extratores Mehlich-1 e Na₂-EDTA, em um latossolo vermelho-amarelo tratado com resíduo siderúrgico. O extrator Mehlich-1 apresentou maior capacidade extratora, exceto para o Cu, que foi mais extraído pelo EDTA. Os teores de Cu e Ni extraídos com a solução Mehlich-1 foram altamente correlacionados com a concentração desses elementos na parte aérea de plantas de sorgo (0,90 e 0,81; respectivamente). Todavia, tal extrator se mostrou ineficiente para a avaliação da disponibilidade de Fe, Mn e Zn.

Com relação a determinação de macronutrientes, Hanlon & Johnson (1984) obtiveram valores de K e Mg, extraídos por Mehlich-3 e AB-DTPA, comparáveis com o padrão acetato de amônio. Todavia, comparando os dois primeiros extratores, o Mehlich-3 proporcionou uma melhor eficiência analítica em termos da rapidez de análise. Os teores de P, Ca, Mg, K, Cu e Zn obtidos pelo extrator Mehlich-3 e Mehlich-1, em amostras de 400 solos da Planície litorânea do Atlântico dos EUA, foram altamente correlacionados entre si ($r = 0,92$ a $0,97$), quando todos os dados foram considerados. Todavia, quando se excluíam teores altos, os coeficientes de correlação variaram de 0,67 a 0,90 (Sims, 1989). O extrator Mehlich-3 apresentou teores superiores de P, K, Mn, Cu e Zn.

Mamo et al. (1996), comparando a eficiência de vários extratores na avaliação da disponibilidade de P, Ca, Mg, K e Na de solos da Etiópia e da Alemanha, tendo como referência o método de Olsen para P e o NH₄OAc 1 mol L⁻¹ para os cátions trocáveis, observaram que o Mehlich-3 proporcionou teores semelhantes de K e Mg, e de Ca um pouco inferior, em ambos os grupos de solos. Os extratores de P apresentaram comportamento diferenciado em cada grupo de solo. Em solos alemães, o extrator Olsen parece não ser eficiente na avaliação de P, sendo utilizado como referência o P extraído

com uma solução lactato e acetato de cálcio. O extrator Mehlich-3 apresentou as melhores correlações, exceto para o Na. O extrator Mehlich-1 apresentou os menores teores para todo os elementos avaliados.

Outro extrator que vem sendo utilizado nos países europeus, é uma solução CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ (Houba et al., 1986; Houba et al., 1990; Houba et al., 1992). Houba et al. (1990) propuseram a utilização de CaCl_2 , originalmente indicada para a determinação do pH do solo, como extrator multielemento do solo (P, Mg, K, Na, Zn, N-NO_3 , N-NH_4 e N orgânico solúvel), objetivando em parte, conciliar a análise multielementar com a avaliação de frações do N do solo.

Houba et al. (1990) apresentaram as seguintes vantagens na utilização do extrator CaCl_2 : a) a concentração da solução é próxima a da solução do solo; b) sendo o Ca o cátion predominante do complexo de troca, uma solução relativamente diluída em Ca facilitaria a troca dos demais cátions; c) é possível determinar diferentes frações do N, incluindo o N orgânico solúvel, além dos principais cátions; d) facilidade na automação da determinação de diferentes parâmetros com um único extrator; e) a extração é adequada para a determinação de micronutrientes e de metais pesados, especialmente em estudo de poluição ambiental; f) é possível medir relevantes relações entre nutrientes; g) a análise química é acurada e reproduzível; e h) alta economia na quantidade de reagentes químicos usados nas análises em comparação com os métodos convencionais, o que também contribui para reduzir a poluição ambiental. A capacidade de medir o fator intensidade de disponibilidade elementos, faz da solução extratora CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ter grandes perspectivas para a diagnose de fitotoxicidade de um número significativo de metais pesados (Houba et al., 1990).

O potencial da solução CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ ser utilizada como extrator de elementos do solo para fins de avaliação da fertilidade do solo e da poluição ambiental, foi avaliado por Houba et al. (1990) em diversos solos do Quênia, Indonésia e Países Baixos. Os teores de N-NO_3^- e de N-NH_4^+ , obtidos nos extratos de CaCl_2 , apresentaram boa correlação com o procedimento padrão (Eleto Ultra Filtração), além de permitiu a extração do N orgânico solúvel. O teor de P, que apresentou boa correlação com a extração em água, obtido por este extrator avalia apenas o fator intensidade de P no solo,

portanto, em solos tropicais (cujas intensidades de P é muito baixa), este procedimento não deve ser muito adequado. Os teores dos cátions Mg, K e Na, também apresentaram muito boa correlação com o padrão acetato de amônio 1 mol L^{-1} , todavia a quantidade extraída depende do tipo de solo, pois o extrator desloca apenas uma parte dos cátions trocáveis. Por exemplo, cerca de 90 % do K é extraído em solos arenosos, enquanto solos argilosos apenas 40 % é extraído.

Em 1994, foi apresentado por Sippola (1994) um novo extrator multielemento, uma solução de acetato de amônio-EDTA dissódico com pH 4,65 (AA-EDTA.Na₂), desenvolvida pelo Centro de Pesquisa Agrícola da Finlândia. Esta solução foi inicialmente proposta por Lakanen & Erviö³ (1971), citados por Sippola (1994), e tem mostrado bons resultados para a avaliação de P, Ca, Mg, K, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb e Zn em solos não ácidos. Conforme o autor, este extrator parece ser adequado tanto para a recomendação de adubação, quanto para o monitoramento da qualidade do solo. Sippola (1994) relata que não foram observadas diferenças significativas entre os teores de macronutrientes obtidos pelo AC-EDTA e pelo padrão acetato de amônio, exceto para o P, que foi de quatro a sete vezes maior no primeiro extrator, devido a sua maior eficiência em extrair o P ligado à fração orgânica.

O extrator DTPA tem sido satisfatoriamente empregado em solos tropicais para a extração de Cu, Fe, Mn e Zn do solo, notadamente em solos ácidos do Estado de São Paulo (Muraoka et al., 1983a, 1983b; Bataglia, & Raij, 1989; Abreu & Raij, 1996; Abreu et al., 1996), onde é método oficial, embora o método tenha sido originalmente estabelecido para solos alcalinos (Lindsay & Norvell, 1978). O único inconveniente de sua utilização isolada, é a de não permitir a determinação simultânea dos macronutrientes.

O extrator DTPA, também, tem sido utilizado para a extração de metais pesados, tais como Cd, Cr, Ni e Pb (Street et al., 1977; Abreu et al., 1995). Foi constatado por Sommers & Lindsay (1979) que o DTPA apresenta relações de equilíbrio

³ LAKANEN, E. & ERVIÖ, R. A comparison of eight extractants for the determination of plant available micronutrients in soils. *Acta Agr. Fenn.*, v.123, p.223-232, 1971.

que dão suporte teórico à sua potencialidade em extrair Cd, Ni e Pb do solo, embora outros quelantes, tais como EDTA, EGTA e HEDTA, também o tenham apresentado.

Muraoka et al. (1983a, b) estudaram a eficiência de vários extratores ácidos (H_2SO_4 0,05 mol L^{-1} ; HCl 0,1 mol L^{-1} ; ácido cítrico 0,05 mol L^{-1} e 0,5 mol L^{-1} ; com diferentes tempos de agitação) e salinos (MgCl_2 0,05 mol L^{-1} ; CaCl_2 0,05 mol L^{-1} ; CoSO_4 0,5 mol L^{-1} ; acetato de amônio 0,5 mol L^{-1} ; acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} e KNO_3 1 mol L^{-1}), agentes quelantes (EDTA 0,005 mol L^{-1} e DTPA, com diferentes concentrações de CaCl_2 , tempos de agitação e modificações no pH das soluções) e água na avaliação da disponibilidade de Mn e Zn para a cultura do feijão, em diferentes solos do Estado de São Paulo. Para a avaliação da disponibilidade de Mn, a solução de CaCl_2 0,5 mol L^{-1} foi a que mais se destacou e, o DTPA não apresentou resultados satisfatórios em alguns solos. O DTPA modificado com o pH ajustado de acordo com o do solo e o EDTA com CaCl_2 e, também, com pH ajustado e, ambos com 60 minutos de agitação, foram os melhores para a avaliação da disponibilidade de Zn. Os demais extratores, na sua maioria, praticamente não discriminaram o comportamento do Mn e Zn em função da reação do solo.

Bataglia, & Raij (1989) comparam a eficiência de extração de Cu, Fe, Mn e Zn com os extratores DTPA, Mehlich-1 modificado (HCl 0,05 mol L^{-1} e H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}), HCl 0,1 mol L^{-1} e EDTA 0,1 mol L^{-1} , em 26 solos de SP, e observaram que os extratores ácidos extraíram mais Zn e menos Cu, Fe e Mn do que os complexantes. O EDTA teve um comportamento diferenciado dos demais extratores, extraindo maior quantidade de Cu, Fe e Mn. Embora os extratores DTPA, Mehlich e HCl tenham proporcionado teores médios próximos e todos os extratores foram igualmente eficientes, notadamente na avaliação do Zn, os autores indicaram o HCl e o DTPA como os mais adequados, o primeiro pela simplicidade e o segundo pela capacidade de discriminação dos elementos em relação à acidez do solo.

Abreu & Raij (1996) constataram, também, a capacidade do DTPA em discriminar a disponibilidade do Zn conforme a com a reação do solo. Todavia, o teor de Zn obtido pelo DTPA foi menor do que aquele proporcionado pelo Mehlich-1. Com relação ao Cu, foi reportado por Abreu et al. (1996) que o extrator Mehlich-3 apresentou

maior extração deste micronutriente (de 0,9 a 36,8 mg dm⁻³ antes da calagem e de 0,7 a 44,2 mg dm⁻³ depois da calagem), o DTPA apresentou teores medianos (0,4 a 29,9 mg dm⁻³ antes da calagem e de 0,3 a 29,5 mg dm⁻³ depois da calagem) e o Mehlich-1 teores bem inferiores (0,3 a 10,1 mg dm⁻³ antes da calagem e de 0,2 a 5,5 mg dm⁻³ depois da calagem). Deve-se salientar, porém, que a capacidade de extração não significa a eficácia em predizer a disponibilidade de um nutriente.

Bingham et al. (1975), aplicando lodo de esgoto enriquecido com doses de 0 a 640 mg kg⁻¹ de CdSO₄ ao solo, observaram correlação altamente significativa entre o teor de Cd no solo extraído com DTPA e as doses aplicadas. Silveira & Sommers (1977) observaram que enquanto a proporção de Cu, Zn e Cd extraído com DTPA aumentava com o tempo de incubação, o teor de Pb permanecia constante. Também, foi observado que as proporções relativas destes metais no solo extraídos com HNO₃ e DTPA variavam inversamente entre si.

De acordo com Maclean & Dekker (1976), o DTPA não apresentou boa extração de Pb em amostra de solo contendo resíduo ácido de descarte de mineração (pH entre 2,5 a 3,3), possivelmente devido à imobilização na forma de PbFe₆(SO₄)₄(OH)₁₂.

Em um experimento de casa de vegetação com lodo de esgoto marcado com CdSO₄, Street et al. (1977) encontraram correlação significativa entre o teor de Cd no solo, extraído com DTPA e, a concentração deste elemento em plântulas de milho ($r = 0,96$). O DTPA, também, se mostrou como o mais eficiente para a predição de Cu para a cultura de cevada (Singh et al., 1986).

Lee & Zheng (1994), compararam a eficiência dos extratores HCl 0,1 mol L⁻¹; CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹; DTPA-pH 7,3 e DTPA-pH 5,3 com uma membrana de resina quelante de metais na avaliação da disponibilidade de Cd, Cu e Pb, de solos contaminados, para plântulas de trigo, observaram que as correlações entre absorção e extração de Cd, Cu e Pb foram significativas ao nível de 1 % para todos os extratores, exceto para o Pb extraído com CaCl₂. O melhor extrator para a avaliação de Cd foi o CaCl₂ ($r = 0,93$), de Cu foi a resina quelante (0,82) e para o Pb foi o DTPA-pH 5,3 ($r = 0,99$) e DTPA-pH 7,3 ($r = 0,98$).

Em um estudo sobre a eficiência dos extratores Mehlich-1, Mehlich-3 e DTPA na avaliação da disponibilidade de metais em solos representativos do Estado de São Paulo, foi observado por Abreu et al. (1995) que o extrator Mehlich-3 extraiu quantidades bem superiores de Cd, Cr, Ni e Zn. O DTPA não foi capaz de discriminar a disponibilidade destes metais em relação à reação do solo, diferindo, nesse caso, do comportamento que normalmente tem sido observado com os micronutrientes. Os extratores foram ineficientes para avaliar a disponibilidade de Cd, Cr, Ni e Pb para plantas de trigo e de Pb e Cd para plantas de feijão. Tal fato, foi atribuído como sendo consequência dos baixos teores destes metais no solo.

De acordo com Raij (1994) há uma certa limitação na maioria dos estudos de extratores multielementos do solo. Grande parte dos trabalhos com Mehlich-3 e AB-DTPA são feitas regressões dos dados obtidos em amostras de diferentes solos, considerando geralmente uma faixa de valores muito além das de interesse nas análises de solo, o que resultaria em coeficientes de correlação altos. Tem-se dado muita ênfase no aspecto analítico dos métodos, contudo sem se considerar os aspectos agronômicos, sendo poucos os estudos onde se correlacionam os teores dos elementos no solo, obtidos pelos extratores, com a extração destes elementos pelas plantas.

2.5 Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente

A técnica de espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente, ou ICP-AES (do inglês “inductively coupled plasma atomic emission spectrometry”) vem sendo utilizada com sucesso na análise multielementar nas mais diversas áreas, e tem se mostrado de grande aplicabilidade em análises de interesse agronômico. Conforme apresentado por Malavolta et al. (1997), é possível se determinar os teores de P, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Al com boa precisão e exatidão em apenas um minuto e em 1 mL de amostra de planta.

Conforme descrito por Conte (1995) e Giné (1998), o plasma pode ser definido como gases que possuem uma fração significativa de seus átomos ou moléculas no estado ionizado em movimento. Para a formação do plasma, o gás argônio é

direcionado através de uma tocha de quartzo conforme indicado na Figura 1. Há uma bobina de cobre refrigerada a água (chamada de bobina de carga) que circunda a extremidade superior da tocha e é conectada a um gerador de rádio-freqüência. Quando a potência de rádio-freqüência (tipicamente 700 a 1.500W) é aplicada à bobina de carga, uma corrente oscila com uma freqüência correspondente à freqüência do gerador (em geral 27 ou 40 MHz). Estas correntes de rádio-freqüência oscilantes geram campos eletromagnéticos cujas linhas de força são orientadas axialmente dentro da bobina de carga. Com o gás argônio sendo suprido continuamente através da tocha uma faísca é aplicada ao gás fazendo com que alguns elétrons sejam ejetados dos átomos de argônio (ionização do argônio). Estes elétrons são capturados pelo campo magnético e acelerados por ele. O fornecimento de energia aos elétrons através de uma bobina, da forma descrita acima, é conhecida como acoplamento indutivo. Os elétrons com alta energia por sua vez colidem com outros átomos de argônio, ejetando mais elétrons. Os campos magnéticos axiais induzidos forçam as partículas (elétrons e íons) a fluírem em órbitas anulares fechadas. Os elétrons e íons encontram resistência ao seu fluxo, a geração de calor ôhmico ou por efeito Joule é uma consequência natural e a ionização do gás argônio continua numa reação em cadeia, quebrando o gás em um plasma constituído em átomos de argônio, elétrons e íons de argônio, formando o que é conhecido como uma descarga de plasma acoplado indutivamente, ou do inglês “inductively coupled plasma” (ICP).

A descarga de um ICP aparece como uma descarga em forma de lágrima, brilhante e intensa. Um plasma formado desta maneira atinge temperaturas entre 500 e 10.000 K, portanto é necessária alguma isolamento térmico para o tubo de quartzo. Esta isolamento térmico é feita através da técnica de estabilização de vórtices de Reed, que usa um fluxo de argônio introduzido tangencialmente (Figura 2). O fluxo de argônio tangencial, que é superior a 12 L min^{-1} , flui de baixo para cima, resfriando o tubo de quartzo na seção anular externa e centrando o plasma radialmente no tubo, e também atuando como fluxo de sustentação primário. O plasma propriamente dito é ancorado perto da extremidade de saída do arranjo de tubos concêntricos. Na seção anular intermediária entra o gás auxiliar ($1 \text{ a } 2 \text{ L min}^{-1}$) necessário para a estabilização do

plasma. Outro fluxo de argônio, na seção interna ou tubo injetor, menor que 1 L min^{-1} , transporta a amostra como um aerossol por arraste até o plasma (Conte, 1995; Giné, 1998).

Após a introdução da amostra no plasma, seus átomos são excitados e emitem espectros de radiações característicos de cada átomo, que são detectados por um espectrômetro ótico. O espectrômetro é formado por um conjunto de lentes, espelhos, rede de difração e detectores (válvulas fotomultiplicadoras), que pode ser do tipo monocromador ou policromador e, cuja função é selecionar a linha espectral do elemento de interesse com o mínimo de interferência. Os detectores são os responsáveis pela quantificação dos elementos através da conversão dos sinais óticos em sinais elétricos proporcionais aos teores dos elementos na amostra (Malavolta et al., 1997; Giné, 1998).

A principal precaução de se deve ter com esta técnica, é a de se evitar possíveis interferências espectrais e de matriz, que podem ocorrer e causar graves erros se não forem tomadas as devidas medidas de correção. Soltanpour et al. (1982) e Malavolta et al. (1997) comentaram que as determinações de P, Ca, Mg, Al, B, Cu, Fe, Mn e Zn em extratos de solos e de plantas são relativamente simples. A determinação de Mo pode ser problemática devido às interferências espectrais e limite de detecção. Todavia, a análise total por ICP-AES de extratos de solo, consequentemente de outros materiais complexos, é complicada devido às elevadas concentrações de Fe, Al, Ti, entre outros elementos que interferem de sobremaneira na determinação dos outros elementos de interesse em menor concentração (Soltanpour et al., 1982).

Soltanpour et al. (1979), utilizando o extrator AB-DTPA, observou que os teores de K, Cu, Fe, Mn e Zn determinados por ICP-AES eram comparáveis a dos obtidos por espectrometria de absorção atômica, enquanto que o teor de P determinado por ICP-AES foi maior que o método colorimétrico, provavelmente devido à presença de P orgânico nos extratos e, cujas as formas não são determinadas pelos métodos colorimétricos.

Figura 1. Secção transversal de uma tocha ICP de quartzo e da bobina de carga mostrando uma seqüência de ignição: (A) o argônio é circulado através da tocha; (b) potência RF é aplicada à bobina de carga; (C) uma faísca produz alguns elétrons livre no argônio; (D) os elétrons livres são acelerados por campos magnéticos, ocasionando ionização e a posterior formação do plasma; e em (E) o fluxo do nebulizador conduzindo o aerossol da amostra faz um buraco no plasma.

Figura 2. Esquema de montagem da tocha de quartzo e espiral de indução do plasma.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em condições de casa de vegetação, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, (CENA/USP), em Piracicaba, Estado de São Paulo. O experimento I teve por objetivo o estudo dos efeitos da aplicação de composto de resíduo urbano (que será denominado apenas de composto), na presença e ausência de calagem e adubação sobre as propriedades químicas, nutrição e produção de matéria seca pela cultura de arroz. O experimento II teve por objetivo se avaliar o efeito do enriquecimento do composto com Cd, Cu, Mn, Pb e Zn sobre a disponibilidade desses metais no solo, nutrição e produção de matéria seca de plantas de arroz. E, em ambos os experimentos, foi avaliado o potencial de análise multielementar de vários extratores empregados na análise química de solos por espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP-AES).

3.1 Solos utilizados

Experimento I: foram utilizados 26 solos, sendo 21 solos ácidos e 5 solos alcalinos, englobando 4 solos calcários e 1 solo salino-sódico, de diferentes Estados do Brasil.

Experimento II: foram selecionados sete solos (PE, LRa, PV-3, LV-1, LA-5, LA-6 e SS) cujas as características químicas se revelaram mais distintas.

A sigla, classificação e localização dos diferentes solos utilizados nos experimentos I e II são apresentadas na Tabela 2. A amostra do solo TR-2 foi coletada na ESALQ/USP, a do PE na estação experimental do IAC, em Piracicaba, SP, a da AQa em São Pedro e o LRa em Guataporã, próximo à cidade de Ribeirão Preto, os demais

Tabela 2. Sigla, classificação e localização dos solos utilizados nos experimentos I e II.

Sigla	Solo	Município	Estado
<i>Solos ácidos</i>			
GPH	Glei Pouco Húmico	Iranduba	AM
AQd	Areia Quartzosa, distrófica	Paraipabas	CE
LUa	Latossolo Variação Una, ácrico, A moderado, textura muito argilosa	Viçosa	MG
LE-1	Latossolo Vermelho-Escuro textura argilosa	Três Lagoas	MS
LE-2	Latossolo Vermelho-Escuro textura muito argilosa	Cuiabá	MT
LA-1	Latossolo Amarelo álico, caulinitico, A moderado, textura argilosa	Capitão Poço	PA
PV-1	Podzólico Vermelho-Amarelo álico, caulinitico, A moderado, textura média/argilosa	Capitão Poço	PA
LA-2	Latossolo Amarelo álico, A moderado, textura muito argilosa	Ipixuna	PA
LA-3	Latossolo Amarelo, álico, A moderado, textura média	Ipixuna	PA
TR-1	Terra Roxa Estruturada, textura muito argilosa	Maringá	PR
LA-4	Latossolo Amarelo textura média	Ariquemes	RO
PV-2	Podzólico Vermelho-Amarelo, textura média/argilosa	Ariquemes	RO
LA-5	Latossolo Amarelo, textura argilosa	não identificado	SC
PV-3	Podzólico Vermelho-Amarelo, álico, textura média/argilosa	Capão Bonito	SP
LRa	Latossolo Roxo, ácrico, textura muito argilosa	Guatapará	SP
LE-3	Latossolo Vermelho-Escuro, textura argilosa	Piracicaba	SP
PE	Podzólico Vermelho-Escuro, textura argilosa	Piracicaba	SP
PV-4	Podzólico Vermelho-Amarelo, distrófico, textura média/argilosa	Piracicaba	SP
TR-2	Terra Roxa Estruturada, textura argilosa	Piracicaba	SP
AQa	Areia Quartzosa, álica	São Pedro	SP
LV-1	Latossolo Vermelho-Amarelo, álico A proeminente, textura média	Três Barras	SP
<i>Solos calcários</i>			
CL	Cambissolo Latossólico, textura muito argilosa	Irecê	BA
CV	Cambissolo Vértico, textura muito argilosa	Irecê	BA
LA-6	Latossolo Amarelo, textura argilosa	Irecê	BA
LV-2	Latossolo Vermelho-Amarelo, textura argilosa	Irecê	BA
<i>Solos salinos-sódicos</i>			
SS	Salino-Sódico	Souza	PB

solos pertenciam à coleção de solos do Laboratório de Fertilidade do Solo, CENA/USP. As respectivas amostras foram coletadas na camada superficial de 0 a 20 cm de profundidade, secas ao ar, passadas em peneiras de 2 mm de malha, homogeneizadas e armazenadas em sacos plástico. Subseqüentemente foram retiradas três subamostras representativas de cada solo para a caracterização química.

3.2 Composto de Resíduo Urbano

O composto de resíduo urbano foi coletado na usina de compostagem São Matheus, da cidade de São Paulo (Figura 3). Por ocasião da coleta do composto, foram tomadas três amostras da parte mais externa para a parte mais interna da pilha de compostagem, de aproximadamente 60 litros cada uma, as quais foram designadas por amostra 1, amostra 2 e amostra 3, respectivamente. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 4 mm (fração < 4 mm), sendo estimado a umidade e a relação entre a fração < 4 mm e o composto bruto.

Após a retirada de três subamostras, de cada uma das amostras do composto, para a caracterização química, todo o material < 4 mm foi homogeneizado e armazenado para ser utilizado nos experimentos.

3.2.1 Informações adicionais sobre o processo de obtenção do composto na usina

Em visita realizada à usina de compostagem, por ocasião da coleta do composto, observou-se que o lixo urbano é recebido em uma esteira rolante horizontal, passando por um processo de catação manual do material mais grosseiro (madeira, metal, plástico, vidro, etc.), seguido de passagem por um eletroímã, moagem, peneiragem e compostagem. De acordo com Kiehl (1985), a usina São Matheus emprega o processo DANO de compostagem, tendo como equipamento principal um bioestabilizador. Para a obtenção de um composto de boa qualidade o material deveria ser compostado por um período de 60 a 120 dias (Kiehl, 1985). Porém, pôde-se observar que, devido à grande demanda, o material distribuído ao consumidor era um

composto cru. Fato semelhante, também foi relatado por Cravo (1995). O composto, utilizado nesse trabalho, foi obtido a partir de uma leira com cerca de quatro meses de compostagem e que se destinava à Prefeitura de São Paulo.

3.3 Experimento I

3.3.1 Arranjo dos tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos primários (denominados apenas de solos) foram constituídos pelos diferentes solos e os tratamentos secundários (denominados apenas de tratamentos), para os solos ácidos, foram baseados na aplicação do composto de resíduo urbano com e sem calagem e adubação mineral, somente calagem com adubação e uma testemunha (Tabela 3), enquanto que para os solos alcalinos, a calagem foi substituída pela aplicação de gesso natural (Tabela 4). O experimento foi instalado em um delineamento em blocos, com os solos em faixas e os tratamentos nas subparcelas com 3 repetições, de modo independente para solos ácidos e calcários.

Tabela 3. Tratamentos secundários aplicados nos solos ácidos do experimento I.

Subtratamentos	Composto de resíduo urbano	Adubação química	Calcário dolomítico
T1 (C)	60 t ha ⁻¹ (peso seco)	Ausente	Ausente
T2 (C+A)	60 t ha ⁻¹	N-P-K-S-B-Cu-Fe-Mn-Mo-Zn	Ausente
T3 (C+C)	60 t ha ⁻¹	Ausente	saturação por bases a 70 %
T4 (C+C+A)	60 t ha ⁻¹	N-P-K-S-B-Cu-Fe-Mn-Mo-Zn	saturação por bases a 70 %
T5 (A+C)	Ausente	N-P-K-S-B-Cu-Fe-Mn-Mo-Zn	saturação por bases a 70 %
T6 (T)	Ausente	Ausente	Ausente

Figura 3. Visão geral da usina de compostagem São Matheus, da cidade de São Paulo, e das pilhas de compostagem.

Tabela 4. Tratamentos secundários aplicados nos solos alcalinos do experimento I.

Subtratamentos	Composto de resíduo urbano	Adubação química	Gessagem
T1 (C)	60 t ha ⁻¹ (peso seco)	Ausente	Ausente
T2 (C+A)	60 t ha ⁻¹	N-P-K-S-B-Cu-Fe-Mn-Mo-Zn	Ausente
T3 (C+G)	60 t ha ⁻¹	Ausente	Gesso natural 6 t ha ⁻¹
T4 (C+G+A)	60 t ha ⁻¹	N-P-K-S-B-Cu-Fe-Mn-Mo-Zn	Gesso natural 6 t ha ⁻¹
T5 (A+G)	Ausente	N-P-K-S-B-Cu-Fe-Mn-Mo-Zn	Gesso natural 6 t ha ⁻¹
T6 (T)	Ausente	Ausente	Ausente

3.3.2 Condução do experimento I

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), em Piracicaba, SP. No primeiro cultivo foram utilizados vasos plásticos revestidos com sacos plásticos, nos quais foram adicionados 1,1 dm³ de terra e uma quantidade de calcário dolomítico suficiente para elevar a saturação por bases a 70 %, de acordo com análise química nas amostras iniciais (Tabela 10), nos respectivos tratamentos. O solo salino-sódico e os solos calcário receberam 3 g dm⁻³ (6 t ha⁻¹) de gesso natural, em substituição à calagem. Após a mistura do calcário com o solo, foi adicionado em todos os vasos, água destilada-deionizada suficiente para manter a umidade em torno de 60 % da capacidade de retenção de água (CRA) do solo, mantendo-se as mesmas condições em todos os tratamentos. Para se estimar a CRA de cada solo, foi tomada uma amostra de 100 cm³ de terra em copo plástico tarado, cuja a base havia sido perfurada com uma agulha fina, e colocado sobre uma placa de vidro contendo água destilada, permitindo-se que houvesse saturação da terra por água. Após a saturação, colocou-se o copo sobre uma peneira e permitiu-se que houvesse drenagem da água retida, por uma noite, anotando-se o peso do conjunto terra + água retida + copo. Assim, a CRA foi calculada através da fórmula: $CRA \text{ (em } m^3 m^{-3}) = [(peso \text{ do conjunto terra + água + copo em g}) - tara \text{ em g} - 100]/100$.

Através de uma ou duas pesagem diária, durante o período de rega, se completava o peso com água destilada-deionizada de acordo com o solo e tratamento. Com o desenvolvimento das plantas, dependendo do subtratamento, tal processo se tornou mais complicado. Todavia, como a pesagem era realizada pela manhã e o vaso se encontrava com menor umidade, adicionava-se uma quantidade de água relacionada com 60 % da CRA e se recalculava a quantidade de água a ser adicionado por subtratamento. Desta forma foi evitado o encharcamento da terra e possíveis condições anaeróbias.

Os solos foram incubados por 30 dias para permitir a correção da reação do solo. Após o que, os vasos ficaram sem receber água até secarem. Foi, então, misturado ao solo, o composto de resíduo urbano (60 t ha^{-1} , ou seja 30 g dm^{-3} na base de peso seco ao ar) e os adubos contendo macro e micronutrientes, conforme o respectivo tratamento. O N, P e K foram aplicados nas doses de 100, 150 e 100 mg dm^{-3} (equivalente a 200, 300 e 200 kg ha^{-1}) e nas formas de uréia, superfosfato simples (adição simultânea de S) e cloreto de potássio, respectivamente. O B, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn foram aplicados nas doses de 1; 1; 3, 2,5; 0,05 e 2,5 mg dm^{-3} (equivalente a 2, 2, 6, 5, 0,1 e 5 kg ha^{-1}), respectivamente, na forma de solução nutritiva. Novamente, os vasos receberam água destilada-deionizada suficiente para manter a umidade em cerca de 60 % da CRA, sendo as amostras dos solos incubadas por mais 30 dias, para permitir a decomposição e estabilização do material orgânico adicionado ao solo.

Após o término deste novo período de incubação, se interrompeu a rega dos vasos para permitir uma certa secagem da terra, sendo retirada uma amostra de cada vaso, aproximadamente 130 cm^3 , e procedeu-se, então, a semeadura de arroz, na proporção de doze sementes por vaso. Uma semana após a germinação as plantas foram desbastadas, deixando-se sete plantas por vaso, que foram cultivadas por cerca de 60 dias. No final deste período, foi coletada a parte aérea de todas as plantas, para avaliação da absorção e concentração de nutrientes e metais pesados. As regas foram suspensas e as raízes mantidas nos vasos. No início de dezembro de 1997 (60 dias após a germinação), foram cortadas, lavadas e levadas para secagem em estufa a 60°C a parte aérea de todas as plantas. As regas foram suspensas e as raízes mantidas nos vasos e coletadas posteriormente. Para a coleta das raízes, foi retirado o conjunto terra + saco

plástico de cada vaso, a terra seca foi destorroada mecanicamente com o auxílio de um batedor de madeira. As raízes maiores foram separadas manualmente e as menores através de peneiração. As raízes foram lavadas em água de torneira, solução de ácido clorídrico a 10 % (v/v), água destilada-deionizada e secas em estufa a 60 °C e pesadas. Esta etapa foi lenta e morosa, exigindo cuidados, todavia permitiu boa recuperação das raízes e pouca perda de terra, que necessita ser muito bem aproveitada. Na terra passada por peneira de 2 mm de abertura, retornada para um saco plástico novo, foi retirada uma amostra de cerca de 100 cm³ (amostra menor que da 1ª amostragem, pois esta última se encontrava com uma granulometria menor) após uma nova adubação de acordo com o respectivo subtratamento e homogeneização através de revolvimento do saco plástico.

No final de março de 1998, após a 2ª amostragem de terra e perfuração dos sacos plásticos pela parte inferior dos vasos, foi feita a semeadura do 2º cultivo de arroz. A germinação ocorreu no início de abril e a colheita foi realizada 60 dias após a germinação.

3.4 Experimento II

3.4.1 Arranjo dos tratamentos e delineamento experimental

Nos solos PE, LRa, PV-3, LV-1, LA-5, LA-6 e SS foram aplicados subtratamentos com composto de resíduo urbano enriquecido com Cd, Cu, Mn, Pb e Zn de acordo com a Tabela 5. Analogamente ao experimento I, os tratamentos primários foram constituídos pelos solos e os tratamentos secundários pelas doses de enriquecimento do composto. As doses de enriquecimento do composto com Cd, Cu, Mn, Pb e Zn foram estabelecidas de acordo com sugestões de Melo.⁴ O experimento II, também, foi instalado em um delineamento em blocos ao acaso com os subtratamentos aleatorizados em faixas subdivididas, com 3 repetições.

⁴ Melo, W.J. (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP de Jaboticabal). Comunicação pessoal, 1997.

Tabela 5. Quantidade de metais pesados adicionados ao solo através do composto enriquecido no experimento II.

Tratamentos secundários	Quantidade de metais pesados adicionados ao solo				
	Cd	Cu	Mn	Pb	Zn
	----- mg dm ⁻³ -----				
S0	0	0	0	0	0
S1	15	15	15	15	15
S2	30	30	30	30	30
S3	60	60	60	60	60
S4	120	120	120	120	120
S5	240	240	240	240	240

3.4.2 Condução do experimento II

O experimento II foi conduzido de modo semelhante ao experimento I. Para o enriquecimento do composto de resíduo urbano em Cd, Cu, Mn, Pb e Zn foram utilizadas soluções de $\text{CdCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, PbCl_2 e ZnCl_2 , respectivamente, de tal forma que as doses desses elementos adicionadas ao solo foram de 0, 15, 30, 60, 120 e 240 mg dm⁻³, conjuntamente. As soluções diluídas em água destilada-deionizada foram aplicada em porções individuais do composto, homogeneizadas, secas ao ar antes da aplicação ao solo. Todos os solos receberam calagem, exceto os solos LA-6 e SS que receberam gessagem.

A parte aérea das plantas de arroz do 1º cultivo foram colhidas em meados de dezembro de 1997 (60 dias após a germinação), sendo o material vegetal lavado e seco em estufa. Em abril de 98, após a 2ª amostragem de terra e perfuração dos sacos plásticos pela parte inferior dos vasos, foi feita a semeadura do 2º cultivo de arroz. A colheita do material vegetal (parte aérea) foi realizada em meados de junho de 98 (60 dias após a germinação).

3.5 Caracterização química do composto de resíduo urbano

Para a análise química do composto, foram tomadas três subamostras, com aproximadamente 500 g cada uma, das amostras 1, 2 e 3 do composto < 4 mm. As subamostras foram secas em estufa com circulação forçada de ar a 60-65 °C, moídas e passadas em peneira de 0,250 mm, para a análise de C total pelo método da combustão por via seca através do uso de “Carmograph 12A-WOSTHOFF” (Cerri et al., 1995).

Com a finalidade de se verificar a ocorrência ou não de segregação de materiais do composto, de maior resistência à moagem e peneiragem, o composto < 4 mm, o resíduo da peneiragem e a fração < 0,250 mm sofreram digestão com HCl, HF e HClO₄ (Boaventura et al., 1994).

Nos extratos obtidos procedeu-se a determinação dos teores totais de P, Ca, Mg, Al, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, V e Zn, por ICP-AES e dos teores de K e Na por fotometria de emissão em chama. O teor de N total foi determinado pelo método de Kjeldahl, de modo semelhante ao descrito por Malavolta et al. (1997) para a análise de tecido vegetal.

3.6 Caracterização física e química dos solos utilizados no experimento

Para a caracterização química dos solos foram feitas as determinações de N total pelo método Kjeldahl, P, K, Ca e Mg pelo método da resina trocadora de íons, matéria orgânica via úmida, pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, acidez potencial pelo tampão SMP (Raij et al., 1987), e de S-SO₄ extraído com CaCl₂ 0,15 %, e determinado por turbidimetria do sulfato de bário (Vitti, 1988). Os micronutrientes e metais disponíveis foram extraídos com DTPA e determinados por ICP-AES. A análise granulométrica foi feita pelo método do densímetro no laboratório de Física do Solo, da ESALQ.

A análise dos teores totais foi realizada de modo semelhante à análise do composto de resíduo urbano.

3.7 Caracterização química dos fertilizantes e calcário e gesso natural usados no experimento

Para se verificar se os fertilizantes, o calcário e o gesso natural podiam ser fontes de contaminação do solo, principalmente com metais, procedeu-se a análise química para a determinação dos teores totais de micronutrientes e metais de modo análogo à análise do composto.

3.8 Análise química dos solos

Nas amostra de terra, obtidas na primeira amostragem dos experimentos I e II, e passadas em peneira de 0,5 mm de malha, foram feitas as extrações pelos seguintes métodos:

- a) **Resina de troca iônica** conforme descrito em Raij et al. (1987). Na extração foi utilizado 2,5 g de terra, 2,5 cm³ de uma mistura de resinas de troca de cátions (resina catiônica código Deion, CGRC-MEL) e de ânions (resina aniônica código Deion, CGRA-MEL) em 25 mL de água destilada-deionizada, sob agitação contínua de 16 h e promovida a troca de íons da resina com 50 mL de uma solução NH₄Cl 0,8 mol L⁻¹ + HCl 0,2 mol L⁻¹.
- b) **DTPA** (solução de ácido dietilenotriaminopentacético 0,005 mol L⁻¹; trietanolamina 0,1 mol L⁻¹ e CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, com pH 7,3) de acordo com Lindsay & Norvell (1978). O extrato foi obtido a partir de 10 g de terra e 20 mL da solução extratora, agitação por 2 horas e filtração.
- c) **Mehlich-1** (solução HCl 0,05 mol L⁻¹ e H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹) de acordo com Jones Junior (1990). Para a extração utilizou-se de 10 g de terra e 50 mL da solução extratora, agitação vigorosa por 5 minutos e filtração.
- d) **Mehlich-3** (solução de ácido acético 0,2 mol L⁻¹; nitrato de amônio 0,25 mol L⁻¹; fluoreto de amônio 0,015 mol L⁻¹; ácido nítrico 0,013 mol L⁻¹ e ácido etilenodiaminotetracético · EDTA 0,001 mol L⁻¹) de acordo com Mehlich (1984). Para

a extração foi utilizado 10 g de terra e 100 mL da solução extratora, 5 minutos de agitação vigorosa e filtração.

- e) **Wolf-Morgan** (solução de acetato de sódio $0,73 \text{ mol L}^{-1}$ e DTPA $0,0001 \text{ mol L}^{-1}$, com pH 4,8) de acordo com Jones Junior (1990) e Wolf (1982). Para a extração empregou-se 10 g de terra e 20 mL da solução extratora, agitação vigorosa por 5 minutos e filtração.
- f) **CaCl₂ $0,01 \text{ mol L}^{-1}$** de acordo com Houba et al. (1986), com modificações para se permitir a determinação simultânea do pH, de acidez potencial pelo tampão SMP (Raij et al., 1987) e de S-SO₄ por turbidimetria do sulfato de bário (Vitti, 1988). Procedeu-se, previamente, com as amostra iniciais de terra, uma calibração entre a determinação do pH (CaCl₂ $0,01 \text{ mol L}^{-1}$), acidez potencial e de S-SO₄ extraído com CaCl₂ 0,15 % pela metodologia convencional e aqueles determinados através das seguintes modificações: agitação por 2 horas de 5, 10 e 20 g de terra com 50 mL de CaCl₂ $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, em frasco de 100 mL (*f1*); leitura do pH em *f1*; transferência de uma alíquota de 25 mL do extrato *f1* para outro frasco *f2*; nova leitura do pH em *f1*, leitura do pH SMP em *f1* através do procedimento usual e determinação de S-SO₄ em *f2*. O extrato *f2* não foi submetido à determinação multielementar por ICP-AES, pois, como esse não havia sido obtido por filtração, continha material orgânico em suspensão. Assim, mantendo-se a relação terra:extrator em 1:2,5 (p/v) no momento da leitura do pH e pH SMP, optou-se pela seguinte marcha para obtenção dos extratos *f1* e *f2*: agitação por 2 horas de 8 g de terra com 40 mL de CaCl₂ $0,01 \text{ mol L}^{-1}$, em frasco de 100 mL (*f1*); transferência com filtração de uma alíquota de 20 mL do extrato *f1* para outro frasco *f2*; leitura do pH e pH SMP em *f1*; e determinação multielementar por ICP-AES e de S-SO₄ em *f2*.
- g) **AA-EDTA.Na₂** (solução acetato de amônio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ e ácido etilenodiaminotetracético dissódico $0,02 \text{ mol L}^{-1}$ em ácido acético $0,5 \text{ mol L}^{-1}$; com pH 4,65) de acordo com Sippola (1994). Para a extração utilizou-se de 10 g de terra e 100 mL da solução extratora, 1 h de agitação e filtração.
- h) **AB-DTPA** (solução bicarbonato de amônio 1 mol L^{-1} e DTPA $0,005 \text{ mol L}^{-1}$, pH 7,6) de acordo com Soltanpour & Workman (1979). Para a obtenção do extrato utilizou-se de

10 g de terra e 20 mL da solução extratora, agitação por 15 minutos com os frascos mantidos abertos e filtragem.

Procedeu-se, em todos os extratos obtidos, a determinação dos teores de P, Ca, Mg, B, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Pb, Sr, Ti, V e Zn por ICP-AES e dos teores de K e Na por fotometria de emissão com chama.

3.9 Análise química do material vegetal

As amostras de parte aérea das plantas de arroz, de ambos os experimentos, foram lavadas em água destilada-deionizada, secas em estufa com circulação de ar forçada a 60-65 °C, pesadas, moídas e armazenadas em sacos de papel até a análise. O teor de N total foi determinado através do método semi-micro Kjeldahl conforme descrito em Malavolta et al. (1997).

As concentrações de B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti V e Zn foram determinadas a partir de extrato de digestão nítrico-perclórica e determinação por ICP-AES. Sempre que necessário, procedeu-se à concentração do extrato para a leitura. Os teores de K e Na que foram determinados por fotometria de chama e o S por turbidimetria (Vitti, 1988).

3.10 Parâmetros de operação do ICP-AES

A análise por ICP-AES foi empregada para a análise dos teores de B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo, Ni, P, Pb, Sr, Ti V e Zn em extratos de solos e materiais vegetais. Utilizou-se de um aparelho da Jarrell-Ash, Plasma Atomcomp 975, do Laboratório de Química Analítica, do CENA/USP, em Piracicaba-SP. Durante a determinação a potência incidente foi de 1,6 kW, com frequência entre 27 a 40 MHz, a potência refletida inferior a 5 W, o fluxo de argônio para manutenção do plasma foi de 15 a 17 L min⁻¹, o fluxo de gás auxiliar de 2 L min⁻¹ e a amostra foi injetada no interior do plasma utilizando-se argônio como carregador, com fluxo de cerca de 1 L min⁻¹.

3.11 Análise estatística dos dados

O delineamento utilizado, em ambos os experimentos, foi o de blocos ao acaso com os solos em faixas. Conforme foi definido por Alves⁵ o modelo e a análise estatística são semelhantes ao de um esquema em parcelas subdivididas, diferindo apenas quanto à disposição dos solos em faixas, uma vez que estes se encontravam em vasos. Assim, utilizou-se do seguinte modelo para as análises estatísticas:

$$y_{ijk} = m + S_i + b_j + e_{ij} + T_k + (ST)_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

Onde: y_{ijk} = valor observado referente ao i -ésimo solo no j -ésimo bloco, no k -ésimo tratamento; m = fator fixo, estimado pela média geral; S_i = efeito do i -ésimo solo; b_j = efeito do j -ésimo bloco; e_{ij} = erros aleatórios correspondentes às parcelas (variação do acaso sobre as observações do i -ésimo solo no j -ésimo bloco), supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos; T_k = efeito do k -ésimo tratamento; $(ST)_{ik}$ = efeito da interação do i -ésimo solo com o k -ésimo tratamento; ε_{ijk} = erros aleatórios correspondentes às faixas (variação do acaso sobre as observações do i -ésimo solo, k -ésimo tratamento, no j -ésimo bloco), supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

O esquema de análise da variância e teste F para os tratamentos foi idêntico ao modelo de blocos completos, com parcelas subdivididas. No experimento 1, quando constatado interação significativa, as médias dos tratamentos dentro de solos, foram testadas através do teste de Tukey, considerando, um nível mínimo de significância de 5%. No experimento 2 as médias dos tratamentos dentro de solos, foram testadas por modelos de regressão linear e quadráticos.

Para se avaliar a eficiência dos extratores, empregou-se a análise de correlação entre os teores de nutrientes e de metais pesados, obtidos para cada extrator, com a absorção destes elementos pela planta de arroz.

Realizou-se, inicialmente a análise exploratória de todos os dados obtidos, antes da análise estatística propriamente dita, para se verificar se os modelos de

⁵ ALVES, M.I.F. Comunicação pessoal, 1998.

análise descritas eram válidas. Foram verificadas a homogeneidade de variâncias (devem ser comparados tratamentos com variâncias homogêneas entre si), a independência dos erros e a distribuição normal (ou aproximadamente normal) dos erros devido à variação do acaso. Quando qualquer uma das pressuposições foram violadas, fez a análise de variância com os dados transformados.

A análise exploratória dos dados e as correlações foram executadas pelo SAS/SAS lab (SAS Institute Inc., 1998); e as análises de variância, testes de médias e regressões foram obtidas pelo programa estatístico SANEST (Zonta et al., 1987).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do composto de resíduo urbano, solos, adubos, calcário e gesso natural

4.1.1 Análise química e física do composto de resíduo urbano

Os resultados das análises de pH e condutividade elétrica (C.E.) das três amostras do composto de resíduo urbano, obtidas por ocasião da coleta do material, mostraram que o mesmo apresentava características alcalinas e acentuada salinidade (Tabela 6). Propriedades semelhantes foram relatadas por Berton & Valadares (1991). De acordo com Kiehl (1985), o material orgânico humificado em condições aeróbicas apresenta reação alcalina devido à formação de humatos alcalinos.

Observou-se que as amostras obtidas por ocasião da coleta do composto apresentaram pouca variação nos valores de pH (média de 7,97) e de C.E. (média de 7,25 dS m⁻¹), diferentemente do que foi observado para a umidade e relação fração < 4 mm/composto bruto. Essas características refletiram a posição de coleta das amostras na pilha de compostagem. A amostra 1, que foi coletada na parte mais externa da pilha, apresentou menor umidade e maior quantidade de partículas finas (Tabela 6). Os valores de umidade, quando convertidos para a base de peso úmido (média de 39 %) e de fração < 4mm, estão dentro da faixa dos valores observados por Cravo (1995) e Cravo et al. (1998) em compostos provenientes das principais capitais do país.

Pela Tabela 7 pode-se observar que os teores de macronutrientes, Na, Al, Fe e Ti são bastante elevados no composto. O teor de carbono total foi superior no resíduo do processo de peneiragem para a obtenção de amostra < 0,250 mm. Isso indica

Tabela 6. Características físicas e pH de três amostras do composto de resíduo urbano, da cidade de São Paulo, obtidas por ocasião da coleta do material na usina de compostagem.

Amostra	pH	C.E.	Umidade da amostra	Umidade da amostra	Relação entre a fração < 4mm e o composto bruto seco ao ar
	água 1:4		seca ao ar (base de matéria seca)	seca em estufa (base de matéria seca)	
dS m ⁻¹			g kg ⁻¹		
1	8,01	69,6	585 (37 % [‡])	46	619
2	7,92	74,8	644 (39 %)	48	658
3	7,95	73,1	691 (41 %)	53	575

[‡] - os valores entre parênteses se referem à porcentagem de umidade na base de peso úmido.

a ocorrência de segregação de materiais constituintes do composto quando passados por peneira de 0,250 mm de malha, mesmo que a amostra tenha sido moída. Partículas de madeira, plástico, vegetal e, principalmente, de papel, resistente à moagem, são retidas na peneira, enquanto que o vidro, material inerte facilmente triturado, se concentra no material peneirado. Por outro lado, os teores de todos os outros tenderam a ser inferior no resíduo. Os teores desses elementos nas amostras do composto < 4mm foram intermediários ou próximos dos obtidos na fração < 0,250 mm, corroborando com a hipótese de ocorrência de segregação dos elementos, devido à peneiragem. Os teores observados encontram-se dentro da faixa dos valores apresentados por Berton & Valadares (1991), Cravo (1995) e Cravo et al. (1998) em compostos das principais capitais do país, e por Xin et al. (1992) em compostos de outros países. Excetua-se o Na, cujo valor observado foi aproximadamente 5 vezes superior aos valores observados por Xin et al. (1992).

A relação C/N do composto também foi superior no resíduo da peneiragem, o que mais uma vez, parece confirmar a ocorrência de acúmulo de materiais inertes (ex.: papel) nessa fração. A fração < 0,250 mm apresentou relação C/N média de 19, que é superior ao valor indicado por Kiehl (1985) como desejável, que é de 10:1.

Tabela 7. Teores totais de C, N, P, K, Ca, Mg, Na, Al, Fe, Ti e relação C/N de três amostras do composto de resíduo urbano, proveniente da cidade de São Paulo, que foi utilizado nos experimentos (< 4mm), nas frações dessas que passaram em peneira de 0,250 mm e nos resíduos da peneiragem.

Amostra	C	N	P	K	Ca	Mg	Na	Al	Fe	Ti	C/N
----- g kg ⁻¹ -----											
Fração < 0,25 mm <i>I</i>	272	12,8	3,10	2,47	29,1	3,99	1,75	20,6	17,0	1,29	21,2
Fração < 0,25 mm <i>2</i>	243	13,6	3,02	2,36	29,2	4,09	1,70	20,2	18,8	1,20	17,8
Fração < 0,25 mm <i>3</i>	245	13,6	3,04	2,47	27,4	4,10	1,65	21,0	19,0	1,27	18,0
Resíduo <i>I</i>	393	10,1	1,46	0,94	9,3	1,88	1,35	7,5	7,5	0,76	38,8
Resíduo <i>2</i>	404	12,8	3,08	1,35	14,9	2,53	1,40	10,0	11,4	0,77	31,7
Resíduo <i>3</i>	475	13,4	1,92	1,09	9,1	1,79	1,10	4,0	16,8	0,62	35,5
Composto < 4 mm <i>I</i>	nd [†]	11,1	3,53	2,47	25,7	3,46	1,80	17,9	14,8	0,99	nd
Composto < 4 mm <i>2</i>	nd	15,3	2,75	2,15	25,1	3,61	1,30	17,8	15,4	1,20	nd
Composto < 4 mm <i>3</i>	nd	13,1	3,18	2,36	31,8	3,83	1,55	19,5	17,5	1,04	nd

nd – valor não determinado.

Os teores totais de micronutrientes e de metais (Tabela 8) no composto apresentaram o mesmo comportamento de acúmulo na fração $< 0,250$ mm e praticamente todos os elementos se encontram próximos aos valores obtidos por Xin et al. (1992), Cravo (1995) e Cravo et al. (1998). Embora os valores observados encontram-se próximos ou superiores aos respectivos níveis toleráveis em compostos de resíduo urbano da Alemanha (Grossi, 1993), tem sido reportado que apenas uma pequena fração desses totais se encontram na fração disponível. A análise de composto de resíduo urbano, proveniente da cidade de Araraquara (SP), revelou que apenas 1% dos teores totais de Cu, Pb, Zn e 16 % do total de Cd estariam presentes na formas disponíveis (Jordão, et al., 1996).

4.1.2 Análise química e física dos solos

Pela análise granulométrica, verificou-se que 9,5 % das amostras de terra dos solos ácidos utilizados nos experimentos apresentavam textura arenosa, 24% textura média arenosa, 9,5% média arenosa, 33% argilosa e 24% muito argilosa (Tabela 9). Dos solos alcalinos, uma amostra apresentou textura média argilosa, duas textura argilosa e outras duas textura muito argilosa. A densidade das amostras variou de 844 a 1.464 kg m^{-3} (Tabela 9), estando relacionada com a textura da amostra.

Os resultados da análise química nas amostras iniciais, dos diferentes solos na camada 0-20 cm, para fins de fertilidade são apresentados na Tabela 10. Observa-se que foram utilizados solos com grande variabilidade nas suas propriedades químicas. Nos solos ácidos, o pH em CaCl_2 variou de 3,82 a 5,52; o teor de M.O. de 11,5 a 52,2 g dm^{-3} , o teor de N de 0,4 a 3,0 g dm^{-3} , o S- SO_4 de 2,1 a 21,4 mg dm^{-3} , o P de 1,1 a 62 mg dm^{-3} e a saturação por bases de 4,3 a 67 %. Alguns solos com V% elevada (> 60 %) indicam que as amostras ou foram obtidas de área com alta fertilidade natural ou que haviam recebido calagem e adubação recente, como parece ter sido o caso da amostra da Areia Quartzosa distrófica (AQd). Os solos alcalinos destacam-se pelo elevado pH, alto teores de cátions trocáveis, baixa acidez potencial, ausência de Al^{3+} e

Tabela 8. Teores totais de alguns micronutrientes e metais em três amostras do composto de resíduo urbano, proveniente da cidade de São Paulo, que foi utilizado nos experimentos (< 4mm), nas frações dessas que passaram em peneira de 0,250 mm e nos resíduos da peneiragem.

Amostra	B	Cu	Mn	Zn	Ba	Cd	Co	Cr	Mo	Ni	Pb	Sr	V
-----mg kg ⁻¹ -----													
Fração < 0,25 mm <i>1</i>	3,5	252	232	412	268	3,14	9,8	173	26	60	182	119	36
Fração < 0,25 mm <i>2</i>	3,4	248	235	377	265	2,73	11,6	473	32	148	170	117	40
Fração < 0,25 mm <i>3</i>	2,5	245	281	389	298	2,17	15,1	515	33	146	222	128	43
Resíduo <i>1</i>	2,3	399	73	248	341	0,81	4,3	258	22	62	106	51	21
Resíduo <i>2</i>	1,3	656	131	281	155	3,67	6,8	185	42	90	106	74	32
Resíduo <i>3</i>	3,0	1458	143	247	251	2,86	7,9	189	45	143	164	54	38
Composto < 4 mm <i>1</i>	5,0	213	200	370	300	1,50	9,4	91	14	39	167	111	30
Composto < 4 mm <i>2</i>	2,9	240	202	378	228	1,94	11,2	103	14	48	180	104	33
Composto < 4 mm <i>3</i>	5,1	218	241	404	288	2,87	11,5	98	29	64	200	126	43

Tabela 9. Resultados da análise granulométrica e da densidade nas amostras dos solos utilizados nos experimentos, na camada de 0 a 20 cm.

Solos	Areia Total	Silte	Argila total	Densidade	Classe de textura
	g kg ⁻¹			kg m ⁻³	
GPH	110	540	350	904	argilosa
AQd	920	40	40	1444	arenosa
LUa	310	40	650	956	muito argilosa
LE-1	500	100	400	1212	argilosa
LE-2	250	60	690	940	muito argilosa
LA-1	700	80	220	1220	média arenosa
PV-1	640	60	300	1160	média argilosa
LA-2	290	140	570	984	argilosa
LA-3	740	60	200	1216	média arenosa
TR-1	60	150	790	1096	muito argilosa
LA-4	600	80	320	1208	média argilosa
PV-2	700	120	180	1256	média arenosa
LA-5	180	430	390	1004	argilosa
PV-3	180	170	650	844	muito argilosa
LRa	80	210	710	1002	muito argilosa
LE-3	250	160	590	1080	argilosa
PE	380	150	470	1100	argilosa
PV-4	700	60	240	1272	média arenosa
TR-2	300	270	430	1112	argilosa
AQa	920	20	60	1464	arenosa
LV-1	740	110	150	1260	média arenosa
CL	120	270	610	1136	muito argilosa
CV	140	210	650	1152	muito argilosa
LA-6	490	120	390	1212	argilosa
LV-2	330	200	470	1160	argilosa
SS	440	310	250	1216	média argilosa

saturação por bases muito elevada. Os solos salinos sódicos, por definição, apresentam altos teores de Na trocável e CE elevada, reflexo de sua salinidade.

De modo semelhante aos teores de macronutrientes, os teores de micronutrientes e metais disponíveis nas amostras iniciais (Tabela 11) apresentaram grande variabilidade. Na maioria dos casos, as faixas obtidas para os diversos elementos encontram-se dentro da faixa observada na literatura (Kabata-Pendias & Pendias, 1986; Abreu et al., 1995; Rodrigues, 1998). Normalmente, a disponibilidade de B, Co e Mo em solos tem sido avaliado empregando-se extratores específicos (Kabata-Pendias & Pendias, 1986; Bataglia & Raij, 1989; Santos, 1991; Malavolta, 1994).

Os teores totais de macronutrientes, micronutrientes e metais são apresentados nas Tabelas 12 e 13. De um modo geral, os teores totais observados para os diversos elementos estão em concordância com aqueles reportados por Kabata-Pendias & Pendias (1986) e Rodrigues (1998), embora haja grande variação entre os diferentes solos. O Al, Fe, Ti e Mn foram os elementos que apareceram com os maiores teores totais, notadamente os dois primeiros elementos que são os constituintes mais abundantes dos minerais do solo.

O Mo e o Cd são os elementos que apresentaram os menores teores totais, seguidos pelo B, Co e Ni. Os solos TR-1, TR-2, LRa e LE-3 apresentaram os maiores teores totais de micronutrientes e de metais. Os teores dos elementos nos solos refletem o material de origem e o processo de intemperismo responsável pela formação do solo. O mesmo ocorre com os metais, exceto onde há ocorrências de ações antrópicas. Parece haver um maior potencial de disponibilidade de metais às plantas, em solos originários de basalto, do que em solos desenvolvidos de gnaiss e arenito + sedimentos do terciário (Oliveira, 1996). Através da análise de solos formados a partir de rochas ultramáficas, pode-se supor a ocorrência de teores tóxicos de metais no solo exclusivamente devido ao material de origem (Ross, 1994).

O Fe e o Ti, que se encontram predominantemente na fase mineral dos solos, apresentaram baixa relação entre o teor disponível e teor total (Tabela 14). O mesmo ocorre com o P, que é facilmente adsorvido à fase sólida. Os dados da Tabela 14 sugerem que o B, Ni, Ba, Cr, Pb e Sr estão em formas de baixa disponibilidade, mais

não muito inferior à do Co, Cu, Zn, e Cd, e o K, Ca, Mg, Na, Mn e Mo em formas de maior disponibilidade, principalmente o Ca.

Os resultados obtidos indicam que o Mn e o Cd merecem um manejo mais criterioso, pois há indícios de que possa ocorrer condições de toxicidade para eles. Isso difere do comentário de Ross (1994), que pressupõe que concentrações tóxicas de Pb e Zn devem ocorrer mais prontamente que a de Cd, Cr e Mg, uma vez que, normalmente, os teores totais de Pb e Zn são maiores.

Todavia, os fatores e processos que atuam sobre a disponibilidade de um elemento no solo são extremamente complexos. Sendo que os fatores pH, matéria orgânica, tipo e quantidade de minerais de argila, óxidos de Fe, Al e Mn (sendo este último de menor importância para os solos tropicais), capacidade de retenção de cátions e o potencial de oxi-redução atuam sobre os processos de dissolução, transporte e de sorção/adsorção regulando a disponibilidade dos elementos no solo (Adriano, 1986; Kabata-Pendias & Pendias, 1986; Alloway, 1993; Ross, 1994)

4.1.3 Análise química dos adubos, calcário e gesso natural

A análise química dos insumos utilizados nos experimentos (Tabelas 15 e 16) revelou que o superfosfato simples continha um maior teor de micronutrientes e metais, exceto para o Ba que foi maior no KCl, o Cr e Ti que foram maiores no calcário dolomítico, e o Pb no gesso mineral. Merece atenção os teores de Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Pb, Sr, Ti, e V no superfosfato simples; o teor de Ba no KCl; os de Cr, Pb, Sr, Ti e V no calcário dolomítico; e os de Pb, Sr e V no gesso mineral.

De um modo geral os teores observados são semelhantes aos da literatura nacional e internacional (Kabata-Pendias & Pendias, 1986; Amaral Sobrinho et al., 1992; Malavolta, 1994; Cravo et al., 1998). Entretanto, há algumas diferenças para alguns dos elementos, cuja causa principal pode ser atribuída ao material de origem do insumo. Os teores de Cd e Pb no super simples foram superiores aqueles observados por Amaral Sobrinho et al. (1992) e Cravo et al. (1998). Os teores de Cr no superfosfato simples, calcário e gesso foram bem superiores aqueles obtidos por Amaral Sobrinho et

Tabela 10. Resultados da análise química das amostras dos solos, na camada de 0 a 20 cm, para caracterização da fertilidade.

Solo	pH CaCl ₂	M.O.	N	S-SO ₄ ²⁻	P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	T	V	m
		g dm ⁻³		mg dm ⁻³					mmol _c dm ⁻³					%
GPH	4,56	13,9	1,37	8,3	12,0	1,57	29,6	7,4	39,4	3,9	38,5	77,9	49,4	9,1
AQd	5,52	17,4	0,41	5,4	3,2	0,91	12,8	5,4	10,3	0,0	19,1	29,4	65,0	0,0
LUa	3,82	31,9	2,05	6,8	6,3	1,13	2,7	1,6	120,7	16,9	5,4	126,1	4,3	75,7
LE-1	5,52	21,2	1,01	9,5	4,7	2,72	25,2	13,9	20,4	0,0	41,9	62,3	67,3	0,0
LE-2	4,10	29,2	1,14	2,1	3,7	0,83	1,3	1,2	71,7	7,3	3,3	75,1	4,4	68,9
LA-1	3,78	20,6	1,13	13,7	4,5	0,64	4,3	2,0	45,8	6,7	7,0	52,8	13,3	49,2
PV-1	3,98	27,2	1,26	10,9	3,6	0,80	8,8	2,7	44,0	5,3	12,2	56,3	21,8	30,2
LA-2	3,91	49,0	2,71	21,4	7,5	1,37	11,9	10,8	105,9	11,6	24,1	130,0	18,5	32,6
LA-3	4,72	30,9	1,26	17,2	3,7	1,81	20,0	5,6	27,1	0,6	27,5	54,6	50,4	2,1
TR-1	4,64	11,5	0,62	2,9	1,1	0,76	13,2	5,4	34,8	2,8	19,3	54,1	35,6	12,5
LA-4	4,52	14,9	0,72	6,3	5,2	1,96	11,6	2,7	22,7	1,0	16,2	38,9	41,7	5,8
PV-2	4,54	25,8	1,29	7,6	5,7	1,52	9,0	4,2	28,3	0,8	14,8	43,1	34,2	5,2
LA-5	4,58	29,2	2,17	13,0	16,5	2,59	44,1	12,9	56,7	5,0	59,6	116,3	51,2	7,7
PV-3	4,25	52,2	3,00	5,6	1,7	2,99	5,5	3,1	139,0	18,7	11,6	150,5	7,7	61,9
LRa	4,63	36,5	1,39	3,0	5,3	1,30	16,2	10,5	50,3	0,1	28,0	78,3	35,8	0,4
LE-3	4,57	37,9	1,95	14,8	61,6	5,21	22,8	14,6	70,3	2,9	42,6	112,9	37,7	6,4
PE	4,72	30,8	1,24	2,1	3,1	0,77	24,6	8,9	44,5	0,8	34,3	78,8	43,5	2,3
PV-4	4,28	21,9	0,77	8,5	3,2	0,65	9,0	3,0	33,5	4,6	12,7	46,1	27,3	27,0
TR-2	5,28	38,7	1,96	7,4	8,8	1,86	43,0	12,1	29,5	0,0	57,0	86,5	65,9	0,0
AQa	3,96	11,5	0,44	9,2	1,8	0,46	1,1	0,5	28,2	5,3	2,1	30,3	6,8	72,0
LV-1	4,43	32,6	0,95	18,4	4,5	1,76	7,1	3,0	43,4	4,4	11,9	55,2	21,4	27,2
CL	6,06	25,7	1,89	7,4	49,7	2,64	149,6	24,1	23,3	0,0	176,4	199,6	88,3	0,0
CV	7,58	35,4	2,67	15,1	6,0	1,45	449,2	22,4	10,7	0,0	473,1	483,8	97,8	0,0
LA-6	6,74	23,2	1,62	13,5	24,3	7,53	87,3	16,9	12,9	0,0	111,8	124,6	89,7	0,0
LV-2	7,29	23,6	1,65	10,5	40,5	13,08	112,0	24,2	10,4	0,0	149,2	159,6	93,5	0,0
SS	7,86	20,2	0,94	70,7	11,1	1,93	137,7	33,5	6,6	0,0	173,2	179,8	96,3	0,0

Tabela 11. Teores disponíveis de micronutrientes e metais nas amostras dos solos utilizados nos experimentos.

Solos	B	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Zn	Ba	Cd	Cr	Pb	Sr	Ti	V
mg dm ⁻³															
GPH	0,11	1,23	4,03	261,5	144,4	0,70	1,55	3,34	1,45	0,22	0,26	0,93	2,51	0,02	0,51
AQd	0,07	0,01	0,29	12,4	14,5	0,00	0,13	1,95	0,71	0,02	0,10	0,49	0,76	0,05	0,00
LUa	0,08	0,01	1,47	140,6	9,1	0,58	0,65	1,08	0,00	0,04	0,07	2,35	0,00	0,00	0,22
LE-1	0,09	3,01	12,84	19,1	262,1	0,25	1,50	2,50	2,45	0,05	0,43	0,48	0,00	0,02	0,18
LE-2	0,04	0,00	0,45	94,7	1,4	0,22	0,08	0,14	0,00	0,02	0,00	0,37	0,00	0,00	0,00
LA-1	0,10	0,01	0,89	273,5	5,8	0,39	0,07	1,04	0,00	0,02	0,09	0,40	0,00	0,00	0,22
PV-1	0,08	0,03	0,57	187,5	10,9	0,19	0,10	0,58	0,04	0,02	0,05	0,19	0,00	0,02	0,09
LA-2	0,09	0,00	0,28	249,9	8,2	0,45	0,16	0,99	0,01	0,03	0,09	0,25	0,00	0,00	0,27
LA-3	0,07	0,00	0,27	153,1	10,6	0,14	0,08	1,06	0,00	0,01	0,07	0,04	0,00	0,03	0,03
TR-1	0,07	1,10	2,58	9,1	59,8	0,12	1,24	0,39	1,37	0,03	0,12	0,25	0,05	0,06	0,15
LA-4	0,12	0,29	1,10	82,3	32,5	0,18	0,64	1,78	0,08	0,03	0,10	0,96	0,00	0,01	0,06
PV-2	0,12	0,64	1,06	60,3	179,3	0,36	0,98	1,98	0,78	0,06	0,10	1,07	0,00	0,02	0,22
LA-5	0,11	1,72	1,45	101,8	299,0	0,47	0,85	2,82	6,06	0,07	0,51	2,42	0,96	0,01	0,38
PV-3	0,04	0,00	0,31	35,8	2,8	0,22	0,10	0,51	0,00	0,01	0,00	0,77	0,00	0,00	0,00
LRa	0,05	0,54	6,75	38,4	46,7	0,13	0,43	0,86	0,00	0,03	0,10	0,44	0,00	0,03	0,02
LE-3	0,08	0,18	2,83	38,9	136,8	0,19	0,35	1,87	0,18	0,05	0,06	1,45	0,00	0,01	0,05
PE	0,09	0,92	1,91	38,0	219,7	0,23	0,47	2,59	0,75	0,06	0,44	1,43	0,00	0,02	0,17
PV-4	0,05	0,00	0,85	76,6	10,4	0,06	0,10	1,17	0,08	0,04	0,06	1,07	0,00	0,02	0,00
TR-2	0,15	2,97	10,10	95,2	197,6	0,61	1,81	6,68	4,28	0,15	0,26	1,17	0,31	0,03	0,50
AQa	0,07	0,00	0,25	144,1	1,1	0,33	0,02	0,58	0,00	0,02	0,04	0,45	0,00	0,19	0,03
LV-1	0,06	0,01	0,35	108,5	11,3	0,31	0,05	2,01	0,07	0,03	0,06	1,04	0,00	0,24	0,04
CL	0,09	1,00	1,92	24,1	138,1	0,19	1,07	1,87	0,42	0,05	0,14	4,01	0,00	0,02	0,19
CV	0,17	0,40	1,38	10,4	26,2	0,00	1,22	0,68	0,79	0,03	0,23	1,74	0,00	0,01	0,11
LA-6	0,17	0,42	1,26	8,9	56,7	0,11	1,14	1,15	0,15	0,03	0,20	1,79	0,00	0,02	0,10
LV-2	0,21	0,40	1,71	12,1	52,1	0,10	1,10	1,22	0,45	0,04	0,22	0,68	0,93	0,02	0,10
SS	0,18	0,34	2,22	23,4	39,9	0,14	1,24	2,18	1,02	0,03	0,44	1,25	7,42	0,03	0,33

Tabela 12. Teores totais de P, K, Ca, Mg, Al, Na, Fe e Ti nas amostras dos solos utilizados nos experimentos, na camada de 0 a 20 cm.

Solos	P	K	Ca	Mg	Al	Na	Fe	Ti
----- g dm ⁻³ -----								
GPH	1,01	15,43	8,35	8,54	53	9,77	38	3,2
AQd	0,13	1,69	0,54	0,23	13	0,21	3	2,0
LUa	0,94	0,32	0,08	0,18	79	0,09	73	6,6
LE-1	0,80	0,39	0,88	0,93	50	0,13	95	12,5
LE-2	0,81	0,17	0,04	0,15	98	0,07	71	5,6
LA-1	0,38	0,16	0,14	0,17	43	0,08	13	6,7
PV-1	0,37	0,22	0,21	0,23	49	0,09	21	8,2
LA-2	0,64	0,18	0,26	0,35	90	0,10	17	17,5
LA-3	0,29	0,19	0,56	0,16	35	0,09	7	2,8
TR-1	1,45	0,37	0,80	2,32	102	0,29	197	17,8
L A-4	0,57	0,90	0,46	0,50	53	0,06	46	5,2
PV-2	0,46	5,12	0,32	0,68	34	0,41	22	3,4
LA-5	0,80	15,97	1,97	3,48	50	2,80	27	3,3
PV-3	0,92	1,39	0,13	0,39	91	0,12	64	6,5
LRa	1,74	0,28	0,30	0,78	105	0,18	238	30,4
LE-3	1,71	0,92	0,62	1,19	78	0,24	138	26,0
PE	1,11	1,27	0,79	1,27	66	0,15	81	12,1
PV-4	0,43	0,19	0,25	0,32	38	0,09	30	10,7
TR-2	1,91	1,08	1,74	1,50	66	0,64	175	34,4
AQa	0,20	0,07	0,05	0,06	14	0,02	10	1,2
LV-1	0,30	0,23	0,22	0,30	27	0,10	22	5,3
CL	1,69	6,09	3,72	4,28	66	0,15	55	2,8
CV	0,89	6,94	11,18	4,85	59	0,25	53	2,5
LA-6	0,88	4,18	2,38	2,24	55	0,16	27	2,5
LV-2	1,17	10,71	3,14	3,06	59	0,48	39	2,6
SS	0,65	35,22	11,18	5,62	62	13,64	30	3,9

Tabela 13. Teores totais de alguns micronutrientes e metais nas amostras dos solos, na camada de 0 a 20 cm.

Solos	B	Co	Cu	Mn	Mo	Ni	Zn	Ba	Cd	Cr	Pb	Sr	V
	mg dm ⁻³												
GPH	5,5	11,4	28,9	583	1,47	26,0	104,0	463	1,95	28,0	90	165,4	165
AQd	1,0	1,8	4,1	96	0,21	5,9	10,7	78	0,49	8,9	16	12,9	28
LUa	12,7	9,0	35,0	172	0,90	17,8	40,0	44	0,81	36,6	112	5,3	201
LE-1	17,1	23,5	127,7	1102	1,53	31,0	73,4	96	1,23	98,8	86	10,6	336
LE-2	10,7	8,5	20,4	73	2,12	7,4	33,2	9	1,47	39,3	129	10,2	234
LA-1	3,4	6,3	10,6	104	0,53	13,9	20,3	29	0,81	27,9	50	29,3	111
PV-1	3,0	8,6	16,6	148	0,57	21,6	25,1	14	0,98	27,2	60	11,4	145
LA-2	4,4	16,0	21,2	234	0,86	30,2	34,6	26	1,00	37,5	113	25,6	220
LA-3	1,3	2,7	6,8	50	0,29	6,0	12,6	17	0,92	18,2	45	14,7	53
TR-1	27,9	43,8	322,2	1412	3,94	72,8	138,3	86	3,02	79,3	167	9,9	420
LA-4	7,2	7,2	18,0	237	0,41	9,7	33,6	20	0,44	34,9	68	5,0	140
PV-2	3,3	6,5	10,7	765	0,44	12,7	24,8	155	0,28	18,5	51	14,7	69
LA-5	5,1	11,6	19,8	1070	0,55	8,8	80,4	443	0,66	15,9	81	59,0	115
PV-3	10,3	9,4	37,5	155	2,02	14,8	61,6	47	1,98	14,1	132	35,0	236
LRa	33,3	48,3	220,4	1205	4,90	67,2	135,7	25	3,47	83,2	197	5,8	801
LE-3	20,8	33,3	98,5	1275	2,89	25,7	95,9	134	2,72	32,8	151	27,3	474
PE	11,6	19,7	54,5	1176	2,31	19,5	76,8	147	1,92	16,7	118	34,6	329
PV-4	5,1	11,2	22,6	272	0,99	16,0	33,1	14	0,53	19,2	58	7,5	216
TR-2	32,4	56,7	153,7	1940	2,83	49,3	214,1	348	2,08	17,6	132	33,3	751
AQa	0,8	0,9	3,1	36	0,49	0,0	7,9	7	0,18	9,9	13	2,6	40
LV-1	3,5	5,8	9,7	146	0,35	6,2	17,9	12	1,37	26,6	38	3,8	132
CL	8,5	13,0	30,5	667	1,97	39,2	129,5	106	2,07	64,7	141	23,8	194
CV	8,1	14,4	33,3	809	1,66	39,5	86,8	206	1,72	67,0	121	22,2	192
LA-6	4,5	9,1	22,7	561	1,09	33,9	50,7	77	1,11	69,1	99	14,4	138
LV-2	6,2	10,0	31,9	535	1,44	38,0	64,1	206	1,84	61,8	94	24,4	173
SS	4,4	11,7	21,6	549	1,09	30,1	57,9	1244	2,07	40,6	111	261,5	131

Tabela 14. Relação entre os teores disponíveis e totais de macronutrientes, micronutrientes e metais nas amostras de solos.

Solos	P	K	Ca	Mg	Na	B	Co	Cu	Fe	Mn	Mo	Ni	Zn	Ba	Cd	Cr	Pb	Sr	Ti
disponibilidade em mg kg ⁻¹																			
GPH	12	4	71	11	3	20	109	139	7	248	473	60	32	3	114	9	15	15	0,01
AQd	25	21	476	291	34	77	3	71	4	150	0	21	181	9	41	11	51	59	0,03
LUa	7	139	684	110	53	6	1	42	2	53	641	37	27	0	49	2	33	0	0,00
LE-1	6	273	574	182	47	5	128	101	0,2	238	162	48	34	26	43	4	8	0	0,00
LE-2	5	193	602	98	69	4	0	22	1	20	102	11	4	0	10	0	5	0	0,00
LA-1	12	162	640	142	156	29	2	84	21	56	743	5	51	0	26	3	14	0	0,00
PV-1	10	142	838	139	184	25	3	35	9	74	344	5	23	3	20	2	5	0	0,00
LA-2	12	298	901	372	285	21	0	13	15	35	517	5	29	0	26	2	4	0	0,00
LA-3	13	372	723	439	143	52	2	40	21	211	490	13	84	0	15	4	2	0	0,01
TR-1	1	82	332	28	32	2	25	8	0,05	42	32	17	3	16	10	1	2	5	0,00
L A-4	9	85	506	65	286	17	41	61	2	137	434	66	53	4	78	3	23	0	0,00
PV-2	12	12	571	75	10	36	99	99	3	234	819	77	80	5	220	5	32	0	0,01
LA-5	21	6	448	45	7	22	149	73	4	280	840	97	35	14	108	32	43	16	0,00
PV-3	2	84	819	95	34	3	0	8	1	18	111	7	8	0	6	0	9	0	0,00
LRa	3	184	1074	164	28	2	11	31	0,2	39	26	6	6	0	8	1	3	0	0,00
LE-3	36	221	737	149	31	4	5	29	0,3	107	66	14	20	1	17	2	11	0	0,00
PE	3	24	627	85	37	8	47	35	0,5	187	102	24	34	5	32	26	15	0	0,00
PV-4	7	133	709	116	71	10	0	38	3	38	56	6	35	6	66	3	27	0	0,00
TR-2	5	67	494	98	9	5	52	66	1	102	215	37	31	12	70	15	12	9	0,00
AQa	9	270	442	92	1034	94	0	82	14	31	688	3	73	0	137	4	68	0	0,16
LV-1	15	304	650	121	154	17	2	37	5	78	898	8	112	6	19	2	43	0	0,04
CL	29	17	806	68	37	11	77	63	0,4	207	94	27	14	4	26	2	33	0	0,01
CV	7	8	805	56	108	21	28	42	0,2	32	3	31	8	4	19	3	19	0	0,01
LA-6	28	70	734	92	78	39	47	56	0,3	101	104	34	23	2	31	3	25	0	0,01
LV-2	35	48	715	96	32	34	40	54	0,3	97	69	29	19	2	21	4	10	38	0,01
SS	17	2	247	73	74	40	29	103	1	73	124	41	38	1	16	11	16	28	0,01

al. (1992). Todavia, conforme Cravo et al. (1998), o teor de Cr no superfosfato simples, observado por foi 3,6 vezes superior.

Considerando porém, que as doses de aplicação de fertilizantes são baixas quando comparadas às de adubos orgânicos, em especial à de composto de resíduo urbano (Cravo et al., 1998), e a calagem quando feita adequadamente apresenta um efeito residual, dispensando à aplicação anual (Malavolta, 1994), pode-se supor que a utilização desses insumos, baseados em critérios agrônômicos e no acúmulo de metais em solos, não deverá causar efeitos tóxicos à médio prazo.

4.2 Propriedades químicas do solo devido à aplicação do composto de resíduo urbano

4.2.1 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica dos solos foi um dos atributos mais modificado pela aplicação do composto. Nos solos ácidos, a C.E. foi menor na testemunha, em todos os solos e variou de 1,26 a 9,73 dS m⁻¹ (Tabela 17). A aplicação isolada do composto promoveu aumentos na C.E. que variaram de 3,3 dS m⁻¹, no solo TR-2 a 13,7 dS m⁻¹ no solo PV-2, e foi semelhante ou superior ao composto + calagem. A aplicação de adubo mineral potencializou o efeito do composto sobre a C.E., sendo que os tratamentos com composto + calagem + adubação e composto + adubação causaram os maiores aumentos na C.E. (de 5 a 10 vezes superior a testemunha), exceto nos solos LUa e LE-1, onde o composto com adubação apresentou valores intermediários.

A aplicação de calcário + adubo, geralmente apresentou valores de C.E. intermediários entre aqueles que receberam composto com adubo, com ou sem calagem, e composto com ou sem calagem, exceto nos solos GPH, LUa, PE e TR-2 onde foram semelhantes a aplicação de composto + calcário + adubo. Os solos de textura muito argilosa (LUa, TR-1, PV-3 e LRa) e arenosa (AQd e AQa) apresentaram aumentos relativamente inferiores aos de textura média arenosa e média argilosa.

Tabela 15. Teores totais de micronutrientes nos adubos, calcário e gesso natural utilizados nos experimentos.

Adubo	B	Co	Cu	Fe	mg kg ⁻¹					
					Mn	Mo	Ni	Zn		
Super Fosfato Simples	18	8	350	8004	690	23	65	989		
KCl	7	3	9	1383	27	4	32	87		
Uréia	4	0	0	22	1	0	0	1		
Calcário dolomítico	10	6	5	2767	219	21	26	12		
Gesso mineral	8	9	9	647	95	13	83	5		

Tabela 16. Teores totais de alguns metais nos adubos, calcário e gesso natural utilizados nos experimentos.

Adubo	Ba	Cd	Cr	Pb	mg kg ⁻¹				
					Sr	Ti	V		
Super Fosfato Simples	10	26	37	67	1202	113	92		
KCl	163	0	8	26	114	64	36		
Uréia	1	0	1	0	1	6	0		
Calcário dolomítico	40	3	52	69	421	207	93		
Gesso natural	18	3	19	83	787	57	98		

Tabela 17. Condutividade elétrica em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- dS m ⁻¹ -----						
GPH	15,49 B [‡]	27,56 A	17,49 B	26,25 A	22,27 A	4,09 C
AQd	12,15 C	25,66 A	11,68 C	22,24 AB	19,64 B	2,94 D
LUa	9,96 D	18,23 B	13,12 C	24,56 A	21,41 AB	3,97 E
LE-1	14,72 C	21,73 B	11,13 D	28,19 A	16,71 C	5,51 E
LE-2	13,64 C	31,82 A	16,33 C	34,51 A	24,63 B	4,21 D
LA-1	15,93 C	33,13 A	16,09 C	35,66 A	25,26 B	5,31 D
PV-1	17,98 C	32,69 AB	17,88 C	34,48 A	26,91 B	5,57 E
LA-2	11,63 D	21,12 AB	14,64 C	24,13 A	17,27 BC	5,49 E
LA-3	15,24 C	29,62 A	16,52 C	28,31 AB	23,28 B	8,04 D
TR-1	6,69 D	18,35 A	8,67 C	18,03 A	11,58 B	1,26 E
LA-4	16,02 C	30,02 A	15,34 C	32,95 A	23,95 B	3,96 D
PV-2	18,46 BC	30,00 A	16,09 C	28,91 A	21,12 B	4,79 D
LA-5	16,57 B	19,92 AB	17,61 B	22,48 A	17,72 B	6,42 C
PV-3	8,05 D	17,83 A	10,83 C	18,02 A	14,04 B	3,09 E
LRa	9,81 C	22,33 A	11,90 C	24,46 A	15,89 B	1,67 D
LE-3	12,28 B	20,55 A	15,05 B	22,99 A	15,13 B	6,99 C
PE	10,55 B	22,51 A	10,90 B	25,65 A	23,29 A	2,03 C
PV-4	14,71 C	28,36 A	14,83 C	29,56 A	21,79 B	4,95 D
TR-2	13,03 B	19,99 A	12,62 B	18,68 A	16,48 A	9,73 C
AQa	10,73 C	23,69 A	10,08 C	24,99 A	18,09 B	2,17 D
LV-1	14,22 C	29,59 A	16,78 C	30,23 A	21,69 B	6,71 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- dS m ⁻¹ -----						
CL	12,72 B	16,31 B	21,67 A	24,54 A	16,58 B	5,22 C
CV	18,25 B	30,29 A	23,86 A	30,60 A	26,80 A	9,16 C
LA-6	16,08 C	25,91 AB	22,86 B	30,42 A	28,87 AB	8,60 D
LV-2	17,19 B	23,16 A	26,19 A	29,59 A	23,99 A	7,27 C
SS	28,83 B	43,93 A	41,30 A	44,24 A	44,40 A	21,40 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Nos solos alcalinos, a aplicação de composto isoladamente duplicou os valores de C.E. dos solos. Nos solos CV, LV-2 e SS os demais tratamentos apresentaram os mais altos valores de C.E. e não diferiram entre si. Os maiores valores de C.E., no solo CL, foram observados nos tratamentos com composto e gesso, com ou sem adubo, e no solo LA-6, não diferiram do gesso + adubo. Ressalta-se que, independentemente do tratamento aplicado, a C.E. no solo SS foi de 1,6 a 4,1 vezes superior aos valores observados nos demais solos alcalinos.

Resultados semelhantes foram observados por Hortenstine & Rothwell (1972) que, avaliando a aplicação de composto de resíduo urbano sobre a correção de substrato arenoso derivado da exploração de rochas fosfatadas, verificaram um aumento linear da C.E. da areia em função da dose de aplicação.

Um aspecto importante do aumento da C.E. nos solos está associado ao potencial osmótico (ψ_o) da solução do solo, que pode impedir o desenvolvimento das plantas (Raij, 1991; Marschner, 1995). Uma vez que o ψ_o da solução do solo for menor que a da raiz, a planta passa a perder água (pela raiz) para o solo e sofre danos fisiológicos que pode levá-la à morte. A determinação da C.E. é uma forma rápida e simples de se avaliar o potencial osmótico, através da seguinte equação $\psi_o = C.E. \times 0,036$ (Marschner, 1995). Porém, de acordo com esse autor, em solos salinos a alta concentração de B pode-se tornar mais limitante ao desenvolvimento das plantas, do que a própria concentração salina..

4.2.2 Reação do solo e acidez potencial

Os resultados da alteração no pH dos solos, em CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ e em água, devido à aplicação do composto de resíduo urbano são apresentados na Tabelas 18 e 19, respectivamente. Foram observadas diferenças entre as diferentes formas de aplicação do composto e calagem com adubação mineral nos solos ácidos ou gessagem com adubação nos solos alcalinos. Nos solos ácidos, de um modo geral, cada tratamento tendeu a promover o mesmo comportamento sobre o pH dos diferentes solos cujos os valores foram em ordem crescente nos seguintes tratamentos: testemunha < calagem +

Tabela 18. Variação do pH em CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
GPH	5,71 B [‡]	5,53 C	5,98 A	5,83 AB	4,87 D	4,69 E
AQd	7,38 A	6,81 B	7,39 A	6,91 B	5,77 D	5,97 C
LUa	4,85 D	4,95 D	6,26 A	5,89 B	5,18 C	3,97 E
LE-1	6,52 A	6,25 B	6,58 A	6,34 B	5,19 C	5,14 C
LE-2	5,23 CD	5,13 D	6,35 A	6,15 B	5,33 C	4,18 E
LA-1	5,36 C	5,33 C	6,52 A	6,03 B	5,35 C	4,17 D
PV-1	5,54 C	5,27 D	6,41 A	6,02 B	4,80 E	4,38 E
LA-2	5,25 B	5,27 B	6,15 A	6,02 A	5,28 B	4,41 C
LA-3	6,17 B	5,78 C	6,52 A	6,21 B	4,89 D	4,41 E
TR-1	5,75 B	5,78 B	6,28 A	6,23 A	5,49 C	4,55 D
LA-4	6,24 B	5,79 C	6,74 A	6,32 B	5,09 D	4,61 E
PV-2	6,33 B	6,05 C	6,84 A	6,47 B	5,48 D	5,04 E
LA-5	5,25 C	5,10 D	5,70 A	5,50 B	4,65 E	4,56 E
PV-3	4,85 D	5,00 C	5,71 A	5,67 A	5,25 B	4,20 E
LRa	5,93 B	5,94 B	6,41 A	6,32 A	5,68 C	4,91 D
LE-3	5,50 B	5,35 C	6,06 A	5,97 A	5,16 D	4,42 E
PE	5,99 B	5,93 B	6,41 A	6,35 A	5,51 C	4,84 D
PV-4	5,70 C	5,49 D	6,48 A	6,17 B	5,06 E	4,17 F
TR-2	6,07 AB	5,96 B	6,21 A	6,09 AB	5,25 C	5,14 C
AQa	5,85 C	5,72 C	6,69 A	6,38 B	5,29 D	4,26 E
LV-1	5,37 C	5,23 C	6,22 A	5,92 B	4,98 D	4,10 E

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
CL	6,68 A	6,55 B	6,66 A	6,57 B	5,89 C	5,86 C
CV	7,66 A	7,51 BC	7,67 A	7,53 B	7,43 C	7,52 B
LA-6	7,40 A	7,17 B	7,39 A	7,18 B	6,52 D	6,65 C
LV-2	7,50 AB	7,37 C	7,56 A	7,42 BC	7,01 E	7,14 D
SS	7,84 A	7,55 B	7,81 A	7,58 B	7,51 B	7,81 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 19. Variação do pH em água em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Adubação e calagem	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
GPH	5,74 B [‡]	5,49 C	5,93 A	5,59 BC	4,88 D	5,01 D
AQd	7,90 A	7,15 B	7,95 A	7,23 B	5,89 C	6,56 C
LUa	5,26 C	5,08 D	6,41 A	6,01 B	5,26 C	4,37 E
LE-1	6,62 A	6,22 B	6,74 A	6,20 B	5,26 C	5,38 C
LE-2	5,48 CD	5,32 D	6,64 A	6,28 B	5,49 C	4,62 E
LA-1	5,77 C	5,53 D	6,88 A	6,30 B	5,68 CD	4,82 E
PV-1	5,92 C	5,52 D	6,71 A	6,28 B	4,97 E	5,02 E
LA-2	5,62 C	5,48 C	6,44 A	6,22 B	5,49 C	5,15 D
LA-3	6,49 B	6,02 C	6,82 A	6,39 B	5,06 D	4,68 E
TR-1	6,16 C	6,00 D	6,54 A	6,35 B	5,61 E	4,99 F
LA-4	6,52 B	6,09 C	6,96 A	6,51 B	5,26 D	5,18 D
PV-2	6,62 B	6,33 C	7,04 A	6,63 B	5,68 D	5,75 D
LA-5	5,30 B	5,06 C	5,68 A	5,41 B	4,61 D	4,75 D
PV-3	5,16 D	5,13 D	5,95 A	5,76 B	5,34 C	4,28 E
LRa	6,26 BC	6,14 C	6,69 A	6,38 B	5,79 D	5,47 E
LE-3	5,86 B	5,57 C	6,21 A	6,09 A	5,36 D	4,66 E
PE	6,18 C	5,96 D	6,62 A	6,41 B	5,76 E	5,44 F
PV-4	6,03 C	5,68 D	6,78 A	6,36 B	5,29 E	4,44 F
TR-2	6,39 B	6,22 C	6,54 A	6,30 BC	5,51 D	5,46 D
AQa	6,25 C	5,79 D	6,94 A	6,42 B	5,36 E	4,89 F
LV-1	5,81 C	5,45 D	6,56 A	6,17 B	5,24 E	4,20 F

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
CL	6,82 A	6,67 BC	6,72 B	6,59 C	5,95 E	6,05 D
CV	7,75 A	7,46 C	7,72 A	7,57 B	7,38 C	7,69 A
LA-6	7,62 A	7,28 C	7,51 B	7,24 C	6,57 E	6,89 D
LV-2	7,60 A	7,39 BC	7,55 A	7,44 B	7,03 D	7,32 C
SS	8,19 A	7,77 C	7,95 B	7,73 C	7,63 D	8,22 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

adubação $\leq$ composto + adubo $\leq$ composto $\leq$ composto com calagem + adubação $\leq$ composto com calagem. Exceto nos solos LE-1, LA-5 e TR-2, onde não houve diferença significativa entre testemunha e calagem + adubação, e no solos AQd aonde o pH na testemunha (5,97) foi superior a calagem + adubação (5,77). Esse efeito, se deve principalmente ao elevado poder acidificante da adubação nitrogenada com uréia, associado a dose baixa de calcário aplicado a esses solos, que apresentavam inicialmente pH elevado e/ou alta saturação por base, uma vez que a dose de calcário foi em função deste parâmetro.

Esse efeito da adubação nitrogenada foi ainda mais acentuado sobre o pH em água, o que pode ser observado pela menor diferença entre os valores de pH, entre os tratamentos testemunha e calagem + adubação (Tabela 19). Enquanto que, os adubos nitrogenados, sulfato de amônio e uréia apresentaram alto índice de acidificação do solo, superfosfato simples e KCl não modificam a reação do solo (Raij, 1991).

Verificou-se que a aplicação de composto + adubo aumentou o pH em CaCl_2 do solo em média de 1 unidade, o composto isoladamente em 1,2 unidades, o composto + calcário + adubo em 1,6 unidades e o composto + calcário em 1,8 unidades. O efeito da aplicação de composto sobre a reação do solo foi mais acentuada nos solos arenosos do que nos solos de textura mais argilosa. Resultados semelhantes foram observados por Hortenstine & Rothwell (1972), entretanto Mazur et al. (1983) constataram resultados diferentes quanto a forma de aplicação do composto, obtendo valor de pH superior para a aplicação simultânea de composto (30 t ha^{-1}), calagem ($2,5 \text{ t ha}^{-1}$) e nitrogênio (60 t ha^{-1} , na forma de uréia) em relação à aplicação de composto e calagem.

A aplicação do composto promoveu efeito distinto sobre a reação de cada um dos solos alcalinos (Tabelas 18 e 19, respectivamente). Nos solos CL, LA-6 e LV-2, a aplicação de composto, na ausência ou presença de gesso, promoveu os maiores valores de pH, enquanto que o composto + adubo, com ou sem gesso, apresentou valores intermediários de pH. Nos solos CV e SS, a aplicação isolada de composto não diferiu da testemunha, e os demais tratamentos com composto abaixaram significativamente o pH do solo. Em todos os solos alcalinos, a maior redução no pH foi promovida pela

gessagem + adubação, exceto no CL. No CV a aplicação de composto + adubação não diferiu da testemunha.

O aumento de pH dos solos ácidos devido à aplicação do composto é proporcionado pelo aumento nos teores de bases trocáveis do solo (Mazur et al., 1983) e pela presença de humatos alcalinos no composto (Kiehl, 1985). De acordo com Glória (1992), a matéria orgânica adicionada ao solo sofre uma oxidação e libera elétrons, esses elétrons são recebidos por H^+ resultando na neutralização direta da acidez, ou pelo O_2 com a formação de íons O^{2-} , que apresentam forte característica básica, promovendo à neutralização indireta. Conclui-se que efeito alcalinizante do composto é diretamente proporcional à carga orgânica adicionada ao solo.

Em todos os solos, ácidos e alcalinos, houve alta correlação entre o pH em $CaCl_2$ e em água (Figura 4). Pode-se observar, pelas equações de regressões, que o pH em água foi superior ao pH em $CaCl_2$ em 0,46 unidades, em média. Diferença que é muito próxima a da que tem sido verificado para solos do Estado de São Paulo, que é de 0,6 unidades (Raij, 1991). Os valores de pH em $CaCl_2$ e em água nos solos alcalinos foram muito próximos entre si, sendo que o pH em água foi 0,1 unidades inferior ao medido em $CaCl_2$ 0,01 mol L^{-1} .

A diferença entre os valores de pH em água e em $CaCl_2$ foi influenciado significativamente pela condutividade elétrica (Figura 5). Esse fato está associado ao efeito da concentração salina dos adubos e composto sobre o valor de pH. Assim, nos solos ácidos, existe uma maior diferença entre o pH em água e em $CaCl_2$ em solos com menor C.E. ($< 10 \text{ dS m}^{-1}$) do que em solos com alta C.E. ($> 15 \text{ dS m}^{-1}$), como ocorreu nos solos AQd, LUa, LA-1, PV-1, LA-2, etc. em que apresentaram valores de pH em água inferiores do que em $CaCl_2$. Nos solos alcalinos, onde normalmente a concentração salina já é elevada, não houve efeito da regressão linear entre a diferença de pH e a C.E. De acordo com Raij (1991), a medida do pH em água fornece valores variáveis em função da época do ano, manuseio da amostra, mineralização nas amostras e adubações recentes, enquanto que a solução de $CaCl_2$ permite equilibrar os efeitos dos sais e os resultados são pouco modificados pela reação do solo.

Figura 4. Relação entre o pH em CaCl_2 e o pH em água nos solos ácidos (Δ linha contínua) e solos alcalinos ($\square$ linha pontilhada).

Figura 5. Efeito da condutividade elétrica do solo sobre a diferença entre o pH em água e o pH em CaCl_2 (ΔpH), devido à aplicação de composto de resíduo urbano, com e sem calagem e adubação, em solos ácidos (Δ linha contínua) e solos alcalinos ($\square$ linha pontilhada).

A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$), nos solos ácidos, variou de 13,9 a 109 $mmol_c\ dm^{-3}$ nos tratamentos testemunha, sendo o menor valor observado no solo AQd e o maior no PV-3 (Tabela 20). A aplicação do composto + calagem causou a maior redução da concentração de $H+Al$, exceto nos solos PV-3, LE-3 e PE, onde não diferiu do composto + calcário + adubação; e nos solos AQd, LE-1 e TR-2, onde não diferiu da aplicação isolada do composto. O tratamento com composto + adubo, dentre os tratamentos com composto, foi o que apresentou menor redução do $H+Al$ em todos os solos. A redução do $H+Al$ devido à calagem + adubação, de modo semelhante ao que ocorreu com o pH, foi proporcional à dose de calcário aplicado, não diferindo da testemunha nos solos GPH, LE-1, LA-4, LA-5 e TR-2, e no solo AQd foi superior, devido à acidificação residual da uréia e baixa dose de calcário aplicado. Resultados semelhantes foram obtidos por Ferro Neto (1994), que relatou redução de 30% na acidez potencial devido à aplicação de $30\ t\ ha^{-1}$ de composto de resíduo urbano.

Nos solos alcalinos, a acidez potencial, que é baixa pela própria natureza desses solos, foi aumentada em média de $1\ mmol_c\ dm^{-3}$ devido à gessagem + adubação, exceto no solo CL onde não houve diferença com a testemunha. Em todos os solos, a aplicação de composto + adubo, com ou sem gesso, causou a maior redução do $H+Al$; porém no solo CL, não diferiram composto e composto + adubo. No solo SS a aplicação do composto, com ou sem adubo, não diferiu da testemunha.

Pode-se observar pela Figura 6 que houve uma relação significativa entre os teores de $H+Al$ e o pH dos solos. A redução da acidez potencial está em concordância com os processos alcalinizantes descritos por Kiehl (1985) e Glória (1992), onde há neutralização direta de H^+ , neutralização do Al^{3+} devido à elevação do pH e a formação de complexos.

Tabela 20. Acidez potencial em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mmol _c dm ⁻³ -----						
GPH	19,8 C [‡]	22,8 B	17,5 D	19,5 C	32,1 A	35,2 A
AQd	11,2 D	12,7 C	11,2 D	12,5 C	15,7 A	13,9 B
LUa	45,8 B	45,6 B	18,7 E	23,6 D	36,3 C	86,0 A
LE-1	17,5 CD	19,7 B	17,0 D	18,5 BC	29,6 A	28,1 A
LE-2	31,5 C	37,8 B	16,9 E	19,5 D	31,5 C	60,1 A
LA-1	22,8 C	25,1 B	14,7 E	18,1 D	22,9 C	38,7 A
PV-1	20,6 D	24,8 C	15,0 F	17,6 E	29,5 B	32,7 A
LA-2	29,8 B	30,8 B	17,7 D	19,4 C	29,3 B	50,1 A
LA-3	17,4 D	20,7 C	14,6 E	17,0 D	31,0 B	37,2 A
TR-1	27,1 C	27,8 C	20,1 E	22,3 D	31,7 B	47,7 A
LA-4	17,5 C	21,4 B	14,6 D	17,5 C	27,6 A	29,9 A
PV-2	16,6 D	18,5 C	13,9 E	16,2 D	22,1 B	24,3 A
LA-5	33,2 C	37,7 B	25,9 E	30,0 D	49,2 A	51,2 A
PV-3	67,4 B	61,6 B	35,0 D	36,2 D	49,3 C	109,0 A
LRa	22,6 C	24,1 C	17,7 E	19,3 D	27,7 B	37,5 A
LE-3	32,5 C	35,6 C	23,6 D	24,8 D	39,6 B	58,6 A
PE	22,1 D	24,0 C	18,0 E	18,9 E	29,4 B	38,5 A
PV-4	22,1 D	26,0 C	16,7 F	18,8 E	30,0 B	43,9 A
TR-2	24,8 CD	27,5 B	23,1 D	25,4 BC	42,2 A	42,6 A
AQa	23,1 C	25,0 C	16,7 E	19,2 D	29,3 B	45,8 A
LV-1	30,7 D	34,4 C	19,5 F	23,8 E	38,4 B	62,2 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mmol _c dm ⁻³ -----						
CL	17,8 B	18,0 B	17,4 B	18,2 B	26,3 A	26,4 A
CV	10,0 C	10,8 B	10,0 C	10,7 B	11,5 A	11,0 B
LA-6	11,5 D	12,7 C	11,5 D	12,7 C	16,9 A	15,8 B
LV-2	10,5 D	11,4 C	10,3 D	11,1 C	13,7 A	12,9 B
SS	9,3 C	10,3 AB	9,3 C	10,1 B	10,5 A	9,5 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Figura 6. Relação entre a acidez ativa (pH em CaCl₂) e a acidez potencial devido à aplicação do composto de resíduo urbano, com e sem calagem e adubação, em solos ácidos (Δ) e solos alcalinos (≡).

4.2.3 Carbono orgânico, nitrogênio total e relação C/N

A aplicação do composto, independentemente da calagem e adubação, aumentou significativamente os teores de carbono orgânico nos solos ácidos, exceto nos solos GPH, PV-1 e PV-3 (Tabela 21). A aplicação de calagem + adubo mineral causou um comportamento indefinido sobre os teores de C orgânico, que às vezes apresentou tendência de aumento e outras de diminuição; entretanto não diferindo significativamente da testemunha em nenhum dos solos e foi semelhante a qualquer forma de aplicação do composto nos solos LE-2, PV-1, TR-1, PV-3, LRa e AQa. Em geral, a aplicação de composto, independentemente do modo, promoveu um aumento no C orgânico de 2 a 3 mg dm⁻³, excluindo-se o solo AQd.

Nesse solo a aplicação de composto duplicou o teor de C, porém, observando-se uma redução do teor apresentado na amostra inicial (Tabela 10),

Tabela 21. Carbono orgânico em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	14,2 A [‡]	14,8 A	12,2 AB	14,6 A	10,7 B	12,1 AB
AQd	10,7 A	11,0 A	10,7 A	12,7 A	5,8 B	5,5 B
LUa	27,1 A	25,6 AB	26,0 A	25,0 ABC	22,9 C	23,0 BC
LE-1	18,6 A	17,3 A	17,7 A	19,0 A	13,5 B	14,2 B
LE-2	27,1 A	27,9 A	26,1 AB	27,3 A	25,4 AB	24,4 B
LA-1	19,8 A	19,4 A	19,1 A	19,1 A	14,7 B	15,8 B
PV-1	19,2 A	18,2 A	18,6 A	18,8 A	17,2 A	18,0 A
LA-2	30,3 AB	31,6 A	30,9 A	31,0 A	28,1 BC	27,0 C
LA-3	20,4 ABC	21,2 AB	21,6 AB	22,0 A	19,1 BC	17,8 C
TR-1	12,8 AB	13,8 AB	13,6 AB	15,0 A	13,0 AB	11,1 B
LA-4	13,4 AB	13,2 AB	13,2 ABC	15,0 A	10,4 BC	9,9 C
PV-2	15,1 A	14,7 AB	14,4 AB	16,5 A	10,8 C	11,5 BC
LA-5	22,3 A	21,3 A	21,7 A	22,5 A	18,2 B	18,4 B
PV-3	36,0 A	36,0 A	36,0 A	35,9 A	34,7 A	34,4 A
LRa	26,9 AB	27,5 A	25,1 AB	27,1 AB	26,8 AB	24,7 B
LE-3	24,7 A	23,5 A	23,5 A	22,3 A	19,2 B	19,2 B
PE	20,9 AB	20,9 AB	21,0 AB	21,8 A	17,3 C	18,8 BC
PV-4	15,8 AB	17,7 A	17,2 A	15,1 AB	12,9 B	14,1 B
TR-2	33,2 A	30,8 BC	32,5 AB	32,5 AB	29,6 C	29,4 C
AQa	12,0 AB	13,2 AB	14,3 A	14,6 A	12,3 AB	10,9 B
LV-1	24,1 AB	24,9 AB	23,3 AB	25,8 A	20,4 C	22,6 BC

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
CL	21,5 A	19,8 AB	20,4 AB	19,6 AB	17,2 B	17,0 B
CV	24,1 AB	23,2 B	26,5 AB	27,6 A	19,4 C	25,4 AB
LA-6	19,0 A	16,6 AB	16,0 AB	16,8 AB	16,0 AB	14,2 B
LV-2	21,4 A	19,2 AB	21,4 A	21,0 AB	18,6 AB	17,8 B
SS	18,0 AB	16,9 A	19,9 A	19,1 A	15,1 B	16,9 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

indicando ter ocorrido uma degradação da M.O. desse solo durante o período de incubação, o que parece, também ter ocorrido em outros solos, mas em menor escala.

Nos solos alcalinos CL, LA-6 e LV-2 a aplicação do composto, em qualquer uma das formas, também levou ao aumento no teor do C orgânico. No solos CV e SS a aplicação de composto não diferiu da testemunha e a aplicação de gesso + adubo causou a redução no C orgânico. No solo CV, a aplicação do composto + adubo reduziu o teor de C orgânico.

Os resultados obtidos concordam com os apresentados pela literatura científica (Hortenstine & Rothwell, 1972; Kiehl, 1985; Ferro Neto, 1994; Sikora & Yakovchenko, 1996). De acordo com os dados obtidos por Hortenstine & Rothwell, o aumento no teor de M.O. foi proporcional à dose de aplicação do composto. Ferro Neto (1994) observou um aumento de 15% no teor de M.O. devido à aplicação de 30 t ha^{-1} de composto. Sikora & Yakovchenko (1996) observaram que a aplicação de composto não estimulou a decomposição da matéria orgânica nativa do solo e que aproximadamente 95% do C adicionado como composto permaneceu no solo por pelo menos 60 dias.

A aplicação de composto + adubação mineral promoveu os maiores teores de nitrogênio total em todos os solos ácidos (Tabela 22). As demais formas de aplicação do composto também promoveram elevação no N total, mas o tratamento com composto isoladamente não diferiu da testemunha nos solos LE-1, PV-1 e AQa; o composto + calcário não diferiu da testemunha nos solos LA-1, PV-1 e LA-2, e o composto + calcário + adubo foi semelhante à testemunha nos solos PV-1 e AQa. Em todos os solos não houve efeito significativo da calagem + adubação sobre o teor de N total. Os solos AQd e AQa apresentaram os menores teores de N ($< 1 \text{ mg dm}^{-3}$) e os solos LA-2, PV-3 e TR-2 os maiores ($> 2 \text{ mg dm}^{-3}$).

Todos os solos alcalinos tiveram o teor de N total aumentado em 0,2 a 0,3 mg dm^{-3} pela aplicação do composto, independentemente do modo de aplicação. A aplicação de gesso + adubo não diferiu da testemunha, porém no solo LA-6, esse tratamento foi semelhante à aplicação do composto + gesso.

Efeitos semelhantes da adição de composto ao solo sobre os teores de N foram relatados por Sikora & Yakovchenko (1996) e Melo et al. (1997). Resultados

Tabela 22. Nitrogênio total em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	1,47 A [‡]	1,50 A	1,43 A	1,45 A	1,26 B	1,23 B
AQd	0,77 A	0,79 A	0,68 AB	0,76 A	0,59 BC	0,49 C
LUa	1,91 A	1,97 A	1,86 A	1,84 A	1,68 B	1,66 B
LE-1	1,13 BC	1,31 A	1,27 AB	1,31 A	1,10 C	1,01 C
LE-2	1,25 A	1,37 A	1,29 A	1,32 A	1,10 B	1,02 B
LA-1	1,40 ABC	1,50 A	1,33 BCD	1,46 AB	1,31 CD	1,22 D
PV-1	1,35 AB	1,46 A	1,35 AB	1,38 AB	1,29 B	1,25 B
LA-2	2,23 AB	2,35 A	2,14 BC	2,26 AB	1,95 D	2,04 CD
LA-3	1,58 AB	1,63 A	1,53 AB	1,61 AB	1,47 BC	1,35 C
TR-1	1,09 A	1,08 A	0,98 AB	1,06 A	0,86 BC	0,78 C
LA-4	1,24 A	1,25 A	1,17 AB	1,25 A	1,08 BC	0,96 C
PV-2	1,24 A	1,28 A	1,20 AB	1,28 A	1,10 BC	1,05 C
LA-5	1,99 A	2,01 A	2,02 A	2,04 A	1,81 B	1,78 B
PV-3	2,55 ABC	2,70 A	2,53 BC	2,68 AB	2,46 CD	2,35 D
LRa	1,42 A	1,52 A	1,52 A	1,50 A	1,26 B	1,17 B
LE-3	1,68 A	1,71 A	1,62 A	1,70 A	1,42 B	1,41 B
PE	1,54 A	1,61 A	1,55 A	1,65 A	1,32 B	1,27 B
PV-4	1,07 A	1,09 A	1,05 AB	1,07 A	0,92 BC	0,87 C
TR-2	2,50 A	2,51 A	2,44 AB	2,52 A	2,28 BC	2,26 C
AQa	0,79 BC	0,94 A	0,81 AB	0,77 BC	0,75 BC	0,68 C
LV-1	1,37 AB	1,51 A	1,43 A	1,47 A	1,25 BC	1,21 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
CL	1,98 A	2,08 A	1,99 A	2,07 A	1,82 B	1,80 B
CV	2,79 A	2,82 A	2,79 A	2,88 A	2,56 B	2,53 B
LA-6	1,79 A	1,87 A	1,76 AB	1,79 A	1,66 BC	1,61 C
LV-2	1,95 A	1,91 A	1,96 A	2,00 A	1,76 B	1,66 B
SS	1,39 A	1,44 A	1,43 A	1,42 A	1,14 B	1,10 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

obtidos por Sikora & Yakovchenko (1996) mostraram que a adição de composto ao solo não causou decomposição da matéria orgânica do solo e concluíram que o aumento no teor de N foi devido à decomposição do composto. Assim, esses autores sugerem que o efeito sinérgico observado quando da aplicação de composto + adubo mineral é, provavelmente, resultado do aumento da mineralização do composto e não da matéria orgânica nativa do solo.

Para a grande maioria dos solos ácidos, não houve efeito do composto sobre a relação C/N (Tabela 23). Todavia, observou-se uma tendência do tratamento com composto + calcário + adubo apresentar uma relação C/N mais elevada. Houve redução na relação C/N solos LE-1 e AQa devido à aplicação de composto + adubo; no solo TR-1 devido ao composto isoladamente; e no solo LRa devido ao composto + calcário. A aplicação de calagem + adubo, nos solos AQd, LE-1, LA-1, LA-4 e PV-2, também reduziu a relação C/N devido à baixa fertilidade e a, provável, degradação da M.O. desses solos. A aplicação de composto + adubo nos solos CV e SS reduziu a relação C/N. Embora no solo CV, efeito mais acentuado tenha sido causado pelo gesso + adubo. Nos demais solos alcalinos, não houve diferença entre os tratamentos.

4.2.4 Disponibilidade de fósforo e enxofre

A disponibilidade de fósforo foi altamente modificada pelas diferentes formas de aplicação do composto (Tabela 24). Dentre os tratamentos com composto, a aplicação do composto com adubo promoveu os maiores teores de P disponível em todos os solos ácidos, independentemente de calagem ou não, exceto no solo AQa, onde a calagem propiciou teores mais elevados. Os tratamentos com composto, sem e com calcário, apresentaram teores intermediários de P, mas não diferiram da testemunha nos solos GPH e LE-3. No solo AQd, o composto + calcário, também não diferiu da testemunha. A aplicação de calcário + adubo produziu resultados semelhantes ao composto + calcário + adubo, exceto nos solos PV-1 e AQa, onde foi inferior. Sugere-se que há um sinergismo da adubação mineral sobre a mineralização do P do composto, assim como ocorre com o N.

Tabela 23. Relação C/N em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	9,7 A [‡]	9,9 A	8,5 A	10,1 A	8,5 A	9,9 A
AQd	13,8 A	13,9 A	15,9 A	16,7 A	9,7 B	11,2 B
LUa	14,2 A	13,0 A	14,0 A	13,6 A	13,6 A	13,9 A
LE-1	16,9 A	13,2 B	14,0 AB	14,5 AB	12,3 B	14,0 AB
LE-2	21,7 A	20,3 A	20,1 A	20,8 A	23,0 A	24,0 A
LA-1	14,1 A	12,9 AB	14,4 A	13,2 AB	11,2 B	13,0 AB
PV-1	14,3 A	12,5 A	13,8 A	13,7 A	13,4 A	14,5 A
LA-2	13,6 A	13,4 A	14,4 A	13,8 A	14,4 A	13,3 A
LA-3	12,9 A	13,0 A	14,1 A	13,7 A	12,9 A	13,1 A
TR-1	11,7 B	12,8 AB	13,8 AB	14,2 AB	15,1 A	14,2 AB
LA-4	10,9 AB	10,5 AB	11,3 AB	12,0 A	9,6 B	10,4 AB
PV-2	12,2 AB	11,4 AB	12,0 AB	12,9 A	9,9 B	10,9 AB
LA-5	11,2 A	10,6 A	10,7 A	11,0 A	10,1 A	10,3 A
PV-3	14,2 A	13,4 A	14,2 A	13,4 A	14,1 A	14,7 A
LRa	19,0 AB	18,0 AB	16,6 B	18,0 AB	21,3 A	21,1 A
LE-3	14,7 A	13,7 A	14,5 A	13,1 A	13,6 A	13,5 A
PE	13,6 A	13,0 A	13,6 A	13,2 A	13,1 A	14,9 A
PV-4	14,7 A	16,2 A	16,4 A	14,1 A	14,0 A	16,3 A
TR-2	13,3 A	12,3 A	13,4 A	12,9 A	12,9 A	13,0 A
AQa	15,3 BC	14,2 C	17,8 AB	19,1 A	16,5 ABC	15,9 ABC
LV-1	17,7 A	16,5 A	16,3 A	17,6 A	16,3 A	18,7 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
CL	10,9 A	9,5 A	10,2 A	9,5 A	9,5 A	9,4 A
CV	8,6 ABC	8,2 BC	9,5 AB	9,6 AB	7,6 C	10,0 A
LA-6	10,6 A	8,9 A	9,1 A	9,4 A	9,6 A	8,8 A
LV-2	11,0 A	10,1 A	11,0 A	10,5 A	10,6 A	10,7 A
SS	12,9 AB	11,8 C	14,0 AB	13,5 AB	13,3 AB	15,4 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A aplicação de composto e composto + gesso não modificou a disponibilidade de P nos solos alcalinos, cujo aumento foi devido à adubação, uma vez que não se observou diferenças entre os tratamentos com composto + adubação, com ou sem gesso, e gesso + adubação. Excluindo-se no solo CV, onde as aplicações de gesso + adubo e de composto + gesso + adubo, apresentaram teores de P inferiores à aplicação de composto + adubo.

Efeitos mais expressivos sobre a disponibilidade de P foram assinalados por Mazur et al. (1983), que atribuíram um aumento de 57% na disponibilidade de P devido exclusivamente à aplicação de composto. Esses autores observaram resultados diferentes quanto ao efeito da calagem em combinação com o composto sobre a disponibilidade de P.

A aplicação do composto aumentou os teores enxofre na forma de sulfato nos solos ácidos e dependeu do modo de aplicação (Tabela 25). Em parte, de modo semelhante ao que ocorreu com o fósforo, o acentuado aumento na disponibilidade de S-SO₄ nos solos foi devido principalmente à adubação mineral. Os tratamentos com composto + adubo, na ausência ou presença de calcário, e calcário + adubo não diferiram entre si e aumentaram os teores de S-SO₄ em mais de 20 vezes os valores na testemunha. Exceto no solo GPH, onde o composto + adubo foi superior. Nos solos LUa, LE-1, TR-1 e PV-3, o tratamento com composto + calcário foi superior à aplicação isolada de composto, sendo que esses dois tratamentos aumentaram de 2 a 5 vezes os valores de S-SO₄.

Nos solos alcalinos, excluindo-se o solo SS, a aplicação isolada do composto aumentou em mais de 100 % os teores de S-SO₄. Todavia, a aplicação do gesso natural, juntamente com o composto, composto + adubo e com o adubo, foi o fator preponderante no aumento da disponibilidade de S, notadamente nos solos CL, LA-6 e LV-2. Teores elevados de S-SO₄ (próximo a 1.000 mg dm⁻³) foram notados nos tratamentos com composto + gesso + adubo e gesso + adubo no solo SS.

Supõe-se que, assim como discutido para o N e C, o aumento no teor de S-SO₄ devido à aplicação do composto é efeito da mineralização da matéria orgânica do composto e não do solo, e está relacionada com as transformações do C, N e P.

Tabela 24. Disponibilidade de fósforo em solos adubados com composto de resíduo urbanos.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	29,3 B [‡]	129,8 A	32,5 B	125,8 A	109,1 A	22,8 B
AQd	25,5 B	201,6 A	22,3 BC	175,9 A	191,5 A	14,7 C
LUa	17,1 B	132,3 A	25,2 B	134,9 A	106,3 A	2,3 C
LE-1	25,1 B	135,3 A	24,0 B	165,1 A	118,5 A	8,6 C
LE-2	14,0 B	145,5 A	20,0 B	156,3 A	155,5 A	3,7 C
LA-1	22,4 B	201,3 A	21,9 B	173,7 A	154,7 A	8,6 C
PV-1	12,5 C	194,2 AB	18,3 C	242,4 A	168,2 B	6,5 D
LA-2	20,4 B	133,6 A	20,5 B	152,7 A	145,5 A	5,2 C
LA-3	16,1 B	158,5 A	18,2 B	173,4 A	140,3 A	6,1 C
TR-1	13,7 B	116,7 A	19,1 B	160,2 A	144,1 A	5,5 C
LA-4	22,1 B	182,1 A	21,8 B	169,9 A	146,0 A	5,2 C
PV-2	23,0 B	142,1 A	24,8 B	149,4 A	116,4 A	8,7 C
LA-5	29,5 B	111,5 A	33,0 B	137,2 A	116,3 A	15,1 C
PV-3	12,3 B	99,3 A	13,4 B	93,9 A	84,1 A	3,7 C
LRa	21,6 B	128,2 A	22,5 B	113,5 A	110,5 A	7,4 C
LE-3	88,8 C	151,9 AB	110,3 BC	179,3 A	166,2 A	76,7 C
PE	13,3 C	159,9 A	22,4 B	138,0 A	126,2 A	4,2 D
PV-4	15,3 B	146,9 A	17,1 B	152,7 A	136,0 A	5,2 C
TR-2	26,4 B	92,9 A	25,9 B	109,1 A	94,0 A	14,7 C
AQa	19,9 C	89,9 B	15,7 C	178,8 A	107,8 B	7,9 D
LV-1	18,7 B	153,4 A	22,0 B	143,2 A	114,9 A	2,9 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	73,3 C	141,5 A	76,8 BC	127,7 A	108,2 AB	62,6 C
CV	21,9 C	178,4 A	21,6 C	129,5 B	124,0 B	11,0 C
LA-6	49,0 B	114,7 A	45,3 B	120,4 A	117,1 A	35,7 B
LV-2	62,4 B	124,3 A	61,1 B	129,5 A	104,2 A	48,1 B
SS	36,1 B	189,0 A	39,7 B	161,6 A	173,8 A	22,5 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 25. Disponibilidade de enxofre em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	50,9 C [†]	274,4 A	43,1 C	255,6 AB	157,0 B	22,6 D
AQd	35,9 B	277,6 A	34,6 B	242,2 A	321,0 A	16,9 C
LUa	45,2 C	309,1 A	77,5 B	378,5 A	349,3 A	11,7 D
LE-1	47,5 B	258,5 A	38,6 B	299,5 A	245,5 A	14,4 C
LE-2	11,3 C	270,5 A	20,4 B	266,2 A	244,1 A	6,9 D
LA-1	58,2 B	378,6 A	77,6 B	392,1 A	346,7 A	22,6 C
PV-1	52,1 B	380,4 A	50,0 B	362,8 A	318,7 A	16,2 C
LA-2	59,5 B	312,8 A	87,6 B	382,1 A	374,4 A	27,0 C
LA-3	48,8 B	297,5 A	46,2 B	300,7 A	257,2 A	16,4 C
TR-1	25,5 C	227,3 A	47,2 B	228,8 A	149,1 A	8,2D
LA-4	73,1 B	413,1 A	60,3 B	376,5 A	335,3 A	17,4 C
PV-2	57,1 B	402,9 A	49,3 B	365,6 A	324,1 A	20,5 C
LA-5	34,0 B	220,3 A	40,7 B	238,3 A	223,3 A	13,1 C
PV-3	17,7 C	205,7 A	39,9 B	201,2 A	174,0 A	7,1 D
LRa	15,9 B	183,9 A	20,1 B	184,0 A	160,3 A	8,9 C
LE-3	50,4 C	148,8 A	77,1 BC	162,0 A	120,8 AB	14,4 D
PE	23,9 B	321,8 A	30,6 B	295,7 A	291,8 A	8,5 C
PV-4	55,6 B	277,7 A	50,7 B	317,4 A	259,3 A	13,8 C
TR-2	37,6 B	268,5 A	38,1 B	272,4 A	196,2 A	11,8 C
AQa	53,8 B	303,9 A	47,2 B	345,2 A	243,3 A	20,2 C
LV-1	41,3 B	329,4 A	52,4 B	296,0 A	213,9 A	16,1 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	33,1 C	141,0 B	463,6 A	515,5 A	436,9 A	12,9 D
CV	44,5 C	341,9 B	430,6 B	711,1 A	739,3 A	18,1 D
LA-6	43,9 C	170,6 B	414,5 A	570,4 A	556,9 A	19,9 D
LV-2	44,6 C	144,9 B	483,2 A	576,3 A	575,2 A	16,9 D
SS	161,2 C	465,1 B	597,9 B	909,6 A	997,8 A	151,5 C

† - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

4.2.5 Bases trocáveis, Soma de bases, capacidade de troca de cátions e saturação por bases

No estudo do efeito da aplicação do composto, na ausência e presença de calcário e adubo mineral nos ácidos; e na ausência e presença de gesso e adubo mineral nos solos alcalinos foram utilizados os teores de Ca, Mg e K obtidos pelo método da resina de troca iônica, e os teores de Na determinado pelo extrator Mehlich-1.

As Tabelas 26, 27, 28 e 29 apresentam os efeitos da aplicação do composto sobre a disponibilidade de K, Ca, Mg e Na nos solos, respectivamente.

A aplicação de composto + adubo, na presença ou ausência de calcário, promoveu os maiores teores de K trocável em todos os solos ácidos. A aplicação do composto, sem ou com calagem resultou em teores intermediários de K e semelhante à adubação + calagem. Exceto nos solos LA-3, PV-2 e PV onde os teores foram superiores para o composto isoladamente, e nos solos LE-1 e AQA, onde os tratamentos composto + calcário e calcário + adubo não se diferiram. Todos os tratamentos foram superiores à testemunha. Nos solos alcalinos a aplicação de composto + adubo, com ou sem calagem, também promoveu maiores teores de K disponível. Exceto no solo LV-2, onde não houve diferença entre a aplicação de composto com e sem adubo. Neste solo, diferentemente dos demais, a adubação + calagem não diferiu da testemunha.

Esperava-se que os teores de Ca e Mg tivessem o mesmo comportamento nos solos ácidos devido à aplicação de calcário (Tabelas 27 e 28). Todavia, isto não foi observado, uma vez que o Ca apresentou um comportamento mais irregular, em parte devido às diferentes doses de calcário que foram aplicadas em cada solo. A disponibilidade de Ca e Mg foi superior no tratamento com composto + calcário + adubo. Em nove dos solos ácidos, os teores de Ca não diferiram entre os tratamentos com composto + adubo e composto + calcário + adubo. A aplicação de composto + calcário, geralmente, foi semelhante à calagem + adubação.

Os teores de Mg foram semelhantes nos tratamentos com composto + calcário e composto + calcário + adubação, e estes superiores ao calcário + adubo (exceto nos solos LE-2, PV-1, TR-2 e AQA). Outro fator importante a se destacar, é o

maior aumento relativo dos teores de Ca do que de Mg, principalmente nos tratamentos com composto + adubo, composto + calcário e composto + calcário + adubo.

Os solos alcalinos, que já apresentavam uma relação Ca/Mg elevada, tiveram esse efeito acentuado devido à aplicação do gesso natural, com ou sem composto. A aplicação do composto a esses solos, com ou sem adubo, não aumentou os teores de Ca nos solos, a não ser no solo SS onde houve diferença com a testemunha. O Mg apresentou um comportamento bastante heterogêneo entre os tratamentos nos solos alcalinos. De uma forma geral, a aplicação do composto tendeu a aumentar os teores de Mg disponível no solo, independentemente do modo de aplicação, e os efeitos também não foram tão acentuados quanto aos verificados nos solos ácidos.

A aplicação do composto promoveu um aumento muito significativo nos teores de Na trocável (Tabela 29), independentemente do modo de aplicação, tanto nos solos ácidos quanto nos alcalinos, excluindo-se o solo SS, cujo teor inicial de Na era muito alto ($40,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Observou-se, considerando solos ácidos e alcalinos, que a aplicação do composto aumentou em aproximadamente dez vezes os teores de Na trocável. Excluindo-se os solos GPH, PV-1, LA-5, LRA, CL, CV, LV-2 e SS, a aplicação de calcário + adubo, no caso dos solos ácidos; e de gesso + adubo no solo alcalino LA-6, também promoveu uma elevação nos teores de Na, porém este aumento foi da ordem de $0,5$ a $0,8 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Aumentos nos teores de K, Ca e Mg no solo devido à aplicação de composto foram observados por Hortenstine & Rothwell (1972), Ferro Neto (1994), Cravo (1995) e Trindade et al. (1996). Todavia, o efeito do composto sobre os teores de K, Ca e Mg depende da procedência, do modo de produção deste material e do número de cultivos (Cravo, 1995).

Há um forte efeito dos cultivos sobre os teores desses nutrientes. Cravo (1995) verificou a diminuição nos teores de K, em termos absoluto, do primeiro para o segundo cultivo de alface em um solo arenoso. A remoção dos nutrientes ocorre devido à remoção pelas plantas indicando a necessidade de adubação, pelo menos potássica, no próximo cultivo.

Tabela 26. Potássio trocável em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
GPH	2,63 B [‡]	3,61 A	2,29 B	3,39 A	2,56 B	1,58 C
AQd	4,97 B	6,98 A	4,82 B	6,90 A	4,49 B	1,13 C
LUa	4,33 B	6,24 A	4,06 B	6,04 A	3,89 B	1,11 C
LE-1	5,98 BC	7,02 AB	5,55 CD	7,77 A	5,02 D	2,91 E
LE-2	4,02 B	6,64 A	4,23 B	6,42 A	3,61 B	0,76 C
LA-1	4,32 B	7,64 A	4,23 B	7,03 A	3,83 B	0,67 C
PV-1	4,37 B	6,89 A	3,85 B	6,39 A	3,87 B	0,76 C
LA-2	4,14 B	6,71 A	3,89 B	5,89 A	3,48 B	0,95 C
LA-3	5,50 B	7,68 A	5,32 B	6,89 A	4,37 C	1,72 D
TR-1	3,14 B	4,77 A	2,80 B	4,72 A	3,02 B	0,97 C
LA-4	6,21 B	9,17 A	5,99 B	8,23 A	5,72 B	2,32 C
PV-2	5,34 B	7,64 A	5,28 B	7,19 A	4,26 C	1,43 D
LA-5	3,66 B	4,96 A	3,61 B	5,01 A	3,64 B	2,36 C
PV-3	4,98 B	7,28 A	4,62 B	6,20 A	3,82 C	2,24 D
LRa	4,44 B	6,95 A	4,39 B	6,60 A	3,77 B	1,24 C
LE-3	5,69 B	8,53 A	5,74 B	8,26 A	5,39 B	3,83 C
PE	2,97 B	5,24 A	3,04 B	4,83 A	2,99 B	0,67 C
PV-4	4,19 B	6,57 A	4,32 B	6,34 A	3,94 B	0,78 C
TR-2	4,70 B	6,30 A	4,67 B	6,24 A	4,25 B	2,19 C
AQa	5,14 B	8,04 A	4,81 BC	7,60 A	4,12 C	0,92 D
LV-1	5,28 B	7,92 A	5,49 B	6,95 A	4,15 C	1,91 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
CL	3,16 B	4,30 A	2,90 B	4,31 A	2,76 B	1,84 C
CV	1,81 B	2,68 A	1,75 B	2,51 A	1,74 B	0,99 C
LA-6	7,98 BC	10,25 A	7,81 BC	9,96 A	8,43 B	7,03 C
LV-2	13,50 AB	14,82 A	13,36 AB	14,80 A	12,32 BC	11,60 C
SS	3,45 B	5,10 A	3,54 B	4,55 A	3,53 B	2,00 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 27. Cálcio trocável em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	97,8 B [‡]	123,9 A	109,7 AB	124,6 A	95,1 B	29,6 C
AQd	40,9 B	70,1 A	41,0 B	66,3 A	44,9 B	17,9 C
LUa	31,5 D	54,7 C	69,5 B	88,0 A	67,7 B	1,9 E
LE-1	53,8 B	72,1 A	58,4 B	84,7 A	56,0 B	25,8 C
LE-2	30,3 D	56,6 C	56,9 C	113,5 A	81,1 B	1,3 E
LA-1	34,8 C	65,8 A	47,6 B	70,2 A	46,1 B	3,9 D
PV-1	37,3 D	63,4 B	47,8 C	86,1 A	52,2 C	8,1 E
LA-2	32,7 C	52,0 B	58,5 B	82,8 A	60,2 B	8,2 D
LA-3	44,4 B	62,9 A	51,7 B	74,4 A	48,0 B	19,5 C
TR-1	50,8 C	87,9 B	81,3 B	113,9 A	76,7 B	23,9 D
LA-4	44,6 C	72,7 A	54,7 B	83,9 A	55,1 B	11,4 D
PV-2	38,9 B	64,9 A	46,6 B	70,6 A	39,9 B	7,3 C
LA-5	91,1 BC	105,8 B	106,3 B	125,4 A	86,0 C	29,3 D
PV-3	38,3 C	69,0 B	83,1 A	93,3 A	68,5 B	4,3 D
LRa	41,1 C	62,4 A	51,8 B	63,9 A	42,5 C	9,5 D
LE-3	47,9 C	56,5 BC	63,9 AB	72,0 A	49,4 C	17,2 D
PE	50,6 C	87,5 A	71,5 B	92,8 A	71,0 B	23,4 D
PV-4	36,6 D	58,8 B	48,4 C	70,6 A	45,7 C	10,1 E
TR-2	85,5 C	103,5 B	86,8 C	120,5 A	95,4 BC	61,0 E
AQa	29,9 C	36,7 BC	35,7 BC	84,4 A	41,0 B	1,5 D
LV-1	30,3 D	52,0 B	46,4 B	63,3 A	37,9 C	4,4 E

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
CL	151,0 C	166,9 B	198,5 A	190,3 A	188,5 A	153,9 BC
CV	444,6 A	468,3 A	474,7 A	482,3 A	398,5 A	417,1 A
LA-6	125,6 C	134,3 C	150,5 B	167,3 A	146,5 B	109,4 D
LV-2	142,3 C	144,8 C	175,5 A	187,3 A	158,5 B	135,3 C
SS	175,2 B	179,1 B	211,8 A	212,7 A	211,6 A	148,7 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 28. Magnésio trocável em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	27,5 C [‡]	28,2 BC	31,4 A	30,8 AB	26,0 C	10,3 D
AQd	12,1 A	12,6 A	12,6 A	13,2 A	9,6 B	9,3 B
LUa	7,0 B	6,9 B	24,3 A	22,6 A	22,2 A	1,2 C
LE-1	21,2 AB	19,9 B	21,9 AB	23,1 A	19,9 B	16,2 C
LE-2	6,2 D	6,5 D	18,6 C	25,2 A	22,6 B	1,1 E
LA-1	8,3 C	9,7 C	17,1 A	17,4 A	13,6 B	2,2 D
PV-1	8,7 D	8,4 D	14,5 B	17,2 A	12,5 C	3,0 E
LA-2	12,2 B	13,0 B	26,4 A	25,9 A	24,0 A	8,5 C
LA-3	11,4 B	11,3 B	14,6 A	15,1 A	11,6 B	6,7 C
TR-1	16,0 D	18,5 C	26,7 A	28,3 A	22,9 B	9,6 E
LA-4	9,7 B	10,4 B	14,4 A	14,8 A	10,8 B	3,3 C
PV-2	10,9 B	11,1 B	14,4 A	14,5 A	10,7 B	5,0 C
LA-5	28,9 B	26,7 B	33,1 A	32,5 A	27,2 B	11,7 C
PV-3	9,0 C	10,4 C	30,7 A	26,7 B	25,6 B	2,9 D
LRa	15,4 C	15,3 C	20,6 A	18,9 AB	16,8 BC	9,2 D
LE-3	19,0 C	18,3 C	26,9 A	26,0 AB	24,2 B	12,8 D
PE	15,4 C	18,6 B	23,7 A	22,5 A	19,8 B	10,0 D
PV-4	8,7 C	9,2 C	14,5 A	14,8 A	12,0 B	3,8 D
TR-2	23,6 BC	22,7 BC	24,1 BC	27,5 A	25,0 AB	22,4 C
AQa	6,3 C	6,0 C	11,7 B	16,0 A	12,1 B	1,2 D
LV-1	8,2 C	8,9 C	17,0 A	16,0 A	12,8 B	3,1 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	25,3 B	26,6 AB	28,9 A	26,5 AB	25,9 B	26,2 B
CV	26,8 A	24,4 B	22,8 BC	23,5 BC	21,6 CD	20,5 D
LA-6	22,4 AB	22,5 AB	24,2 A	24,0 A	21,1 B	21,0 B
LV-2	32,0 AB	30,2 BC	33,0 AB	33,4 A	28,8 C	32,4 AB
SS	44,7 BC	41,9 C	50,3 A	48,9 AB	45,5 ABC	41,8 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 29. Sódio trocável em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	10,0 A [‡]	9,2 A	10,2 A	8,7 A	2,1 B	1,8 B
AQd	8,6 A	8,3 A	8,0 A	7,9 A	1,3 B	0,3 C
LUa	8,9 A	8,2 A	8,0 A	8,2 A	1,2 B	0,5 C
LE-1	9,2 A	7,1 B	7,6 AB	8,4 AB	1,0 C	0,3 D
LE-2	7,3 A	8,0 A	7,2 A	7,2 A	1,0 B	0,5 C
LA-1	9,1 A	10,2 A	8,8 A	9,7 A	1,3 B	0,7 C
PV-1	9,7 A	8,7 A	8,0 A	8,5 A	1,7 B	0,8 C
LA-2	8,8 A	8,8 A	8,6 A	8,8 A	1,9 B	1,4 B
LA-3	9,6 A	8,5 A	9,3 A	8,1 A	1,1 B	0,4 C
TR-1	6,8 A	7,1 A	6,4 A	6,4 A	1,3 B	0,6 C
LA-4	11,1 A	10,7 A	9,4 A	10,0 A	1,6 B	1,0 C
PV-2	10,9 A	10,1 A	10,0 A	9,8 A	1,0 B	0,4 C
LA-5	10,6 A	9,3 A	10,6 A	9,4 A	1,7 B	1,3 B
PV-3	8,2 A	8,6 A	8,2 A	8,0 A	0,8 B	0,4 C
LRa	6,5 A	7,2 A	6,3 A	7,0 A	0,7 B	0,4 B
LE-3	8,6 A	8,1 A	9,2 A	8,1 A	0,9 B	0,2 C
PE	8,4 A	8,0 A	7,6 A	7,3 A	1,0 B	0,5 C
PV-4	8,8 A	8,1 A	8,1 A	7,9 A	1,1 B	0,4 C
TR-2	9,0 A	8,6 A	8,7 A	8,3 A	1,2 B	0,6 C
AQa	9,2 A	10,2 A	9,1 A	9,1 A	1,7 B	1,4 C
LV-1	8,9 A	9,2 A	10,2 A	8,4 A	1,2 B	0,6 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	7,9 A	7,3 A	8,2 A	7,1 A	1,0 B	0,7 B
CV	9,6 A	9,5 A	8,9 A	9,2 A	1,8 B	1,7 B
LA-6	8,5 A	8,1 A	8,3 A	7,6 A	1,4 B	0,6 C
LV-2	9,3 A	8,2 A	9,3 A	8,4 A	1,3 B	1,2 B
SS	40,5 A	39,9 A	41,8 A	40,2 A	40,7 A	40,5 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Outro problema sério que pode ocorrer quando da aplicação de altas doses de composto, é a salinização. Melo et al. (1997) explicam que a aplicação de composto rico em Na e K ao solo promove o aumento dos teores destes elementos na solução do solo, segue-se com o aumento da condutividade elétrica, o deslocamento de Ca e Mg adsorvidos ao complexo de troca, a dispersão dos colóides e a redução na condutividade elétrica. Estes eventos concordam com os resultados observados neste estudo.

Pode-se inferir dois aspectos da utilização do composto. O primeiro, é o fato da aplicação do composto ter acentuado os problemas dos solos alcalinos, notadamente no solo SS. Pode-se concluir, de ante mão, que a aplicação do composto neste solos deve ser evitada. O segundo é com relação a adição de Ca e Mg pela calagem, em solos ácidos, que pode minimizar os efeitos do sódio proveniente do composto.

Em decorrência dos aumentos de K, Ca, Mg e Na devido à aplicação do composto, do adubo e do calcário, verificou-se aumentos proporcionais na soma de bases dos solos (Tabela 30), na capacidade de troca de cátions (Tabela 31) e, conseqüentemente, na saturação por bases (Tabela 32).

Os maiores valores de soma de bases e de capacidade de troca de cátions (CTC) foram decorrentes da aplicação do composto + calcário + adubo, seguido pelo composto + adubo, composto + calcário e composto isoladamente. A intensidade do efeito da aplicação de calcário + adubo sobre estas propriedades foi dependente da dose de calcário aplicado ao solo. Nos solos GPH, AQd, LE-1, LA-5, e TR-2 não houve diferenças entre os modos de aplicação do composto sobre a saturação por bases. Nos demais solos a saturação por bases foi maior nos tratamentos com calagem. Nos solos alcalinos prevaleceu o efeito do gesso sobre os teores de Ca, com aumento da soma de bases, CTC e saturação por bases.

Os resultados obtidos estão em concordância com Melo et al. (1997) e foram semelhantes àqueles obtidos por Ferro Neto (1994).

Tabela 30. Soma de bases em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	137,9 BC [‡]	164,9 A	153,7 AB	167,4 A	125,7 C	43,1 D
AQd	66,6 B	97,9 A	66,4 B	94,3 A	60,2 B	28,6 C
LUa	51,8 D	76,1 C	105,8 B	124,9 A	95,1 B	4,8 E
LE-1	90,2 C	106,2 B	93,4 BC	124,0 A	81,9 C	45,2 D
LE-2	47,8 D	77,9 C	87,0 C	152,4 A	108,3 B	3,6 E
LA-1	56,6 C	93,3 A	77,6 B	104,3 A	64,9 C	7,5 D
PV-1	60,0 D	87,5 B	74,1 C	118,1 A	70,3 CD	12,7 E
LA-2	57,9 D	80,5 C	97,4 B	123,4 A	89,5 BC	19,0 E
LA-3	70,9 CD	90,3 AB	80,9 BC	104,6 A	65,1 D	28,3 E
TR-1	76,7 C	118,3 B	117,1 B	153,3 A	103,9 B	35,0 D
LA-4	71,7 C	103,0 A	84,4 B	116,9 A	73,2 BC	18,1 D
PV-2	66,1 BC	93,7 A	76,3 B	102,1 A	55,9 C	14,0 D
LA-5	134,3 CD	146,8 BC	153,6 AB	172,4 A	118,5 D	44,7 E
PV-3	60,5 C	95,3 B	126,6 A	134,2 A	98,8 B	9,9 D
LRa	67,5 B	91,9 A	83,1 A	96,4 A	63,8 B	20,4 C
LE-3	81,2 C	91,4 BC	105,7 AB	114,4 A	79,9 C	34,0 D
PE	77,3 D	119,4 AB	105,9 BC	127,4 A	94,9 C	34,5 E
PV-4	58,2 C	82,7 B	75,4 B	99,6 A	62,8 C	15,0 D
TR-2	122,9 C	141,1 B	124,3 BC	162,6 A	125,9 BC	86,2 D
AQa	50,5 C	60,9 B	61,3 B	117,1 A	58,9 BC	5,1 C
LV-1	52,6 C	78,0 B	79,2 B	94,7 A	56,1 C	10,0 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	187,4 C	205,1 B	238,5 A	228,2 A	218,2 AB	182,6 C
CV	482,8 AB	504,9 AB	508,2 A	517,5 A	423,6 B	440,2 AB
LA-6	164,6 D	175,1 CD	190,9 B	208,9 A	177,5 C	138,1 E
LV-2	197,0 B	198,1 B	231,2 A	243,9 A	201,0 B	180,5 C
SS	263,8 B	266,1 B	307,4 A	306,3 A	301,4 A	233,0 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 31. Capacidade de troca de cátions em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	157,8 B [‡]	187,8 A	171,2 AB	186,9 A	157,8 B	78,2 C
AQd	77,8 B	110,6 A	77,6 B	106,7 A	75,9 B	42,5 C
LUa	97,5 C	121,6 B	124,5 B	148,5 A	131,3 B	90,8 C
LE-1	107,8 C	125,9 B	110,4 C	142,5 A	111,5 C	73,3 D
LE-2	79,3 D	115,7 C	103,8 C	171,9 A	139,8 B	63,7 E
LA-1	79,4 C	118,4 A	92,3 B	122,3 A	87,9 BC	46,2 D
PV-1	80,5 D	112,2 B	89,2 CD	135,8 A	99,7 BC	45,4 E
LA-2	87,7 C	111,3 B	115,1 B	142,8 A	118,8 B	69,2 D
LA-3	88,3 B	111,0 A	95,5 B	121,6 A	96,2 B	65,5 C
TR-1	103,8 C	146,0 B	137,2 B	175,6 A	135,6 B	82,7 D
LA-4	89,1 B	124,4 A	99,0 B	134,3 A	100,8 B	47,9 C
PV-2	82,7 BC	112,2 A	90,3 B	118,4 A	78,0 C	38,3 D
LA-5	167,5 B	184,5 AB	179,5 B	202,3 A	167,7 B	95,9 C
PV-3	127,9 C	156,9 AB	161,6 AB	170,4 A	148,1 B	118,8 C
LRa	90,1 B	115,9 A	100,9 B	115,7 A	91,5 B	57,9 C
LE-3	113,7 C	127,0 ABC	129,2 AB	139,2 A	119,5 BC	92,6 D
PE	99,4 C	143,3 A	123,8 B	146,3 A	124,3 B	73,0 D
PV-4	80,3 C	108,7 A	92,0 B	118,4 A	92,8 B	58,9 D
TR-2	147,7 B	168,6 A	147,4 B	187,9 A	168,1 A	128,9 C
AQa	73,7 C	85,8 B	78,1 BC	136,3 A	88,3 B	50,9 D
LV-1	83,3 C	112,3 A	98,7 B	118,5 A	94,6 B	72,2 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	205,2 C	223,1 B	255,9 A	246,0 A	244,5 A	209,0 BC
CV	492,8 AB	515,7 AB	518,3 AB	528,2 A	434,5 B	451,2 AB
LA-6	176,1 D	187,8 C	202,5 B	221,6 A	194,4 BC	153,8 E
LV-2	207,6 B	209,4 B	241,5 A	255,0 A	214,7 B	193,4 C
SS	273,1 B	276,4 B	316,7 A	316,5 A	312,0 A	242,5 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 32. Saturação por bases em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	87,4 A [‡]	87,8 A	89,8 A	89,6 A	79,7 B	55,1 C
AQd	85,6 A	88,5 A	85,6 A	88,3 A	79,3 B	67,3 C
LUa	53,1 D	62,5 C	85,0 A	84,1 A	72,4 B	5,2 E
LE-1	83,7 A	84,3 A	84,6 A	87,0 A	73,4 B	61,6 C
LE-2	60,3 E	67,3 D	83,7 B	88,7 A	77,4 C	5,7 F
LA-1	71,3 C	78,8 B	84,1 A	85,2 A	73,9 C	16,2 D
PV-1	74,5 D	77,9 C	83,1 B	87,0 A	70,4 E	28,0 E
LA-2	66,0 C	72,3 B	84,6 A	86,4 A	75,3 B	27,5 D
LA-3	80,2 C	81,4 BC	84,7 AB	86,0 A	67,7 D	43,2 E
TR-1	73,9 C	81,0 B	85,3 A	87,3 A	76,6 C	42,3 D
LA-4	80,4 C	82,8 BC	85,2 AB	87,0 A	72,7 D	37,7 E
PV-2	79,9 B	83,5 A	84,5 A	86,3 A	71,7 C	36,6 D
LA-5	80,2 A	79,6 A	85,6 A	85,2 A	70,7 C	46,6 D
PV-3	47,3 D	60,7 C	78,4 A	78,8 A	66,7 B	8,3 E
LRa	74,9 C	79,2 B	82,4 AB	83,3 A	69,7 D	35,3 E
LE-3	71,4 B	72,0 B	81,8 A	82,2 A	66,9 C	36,7 D
PE	77,8 C	83,3 B	85,5 AB	87,1 A	76,4 C	47,3 D
PV-4	72,5 C	76,1 B	81,9 A	84,1 A	67,6 D	25,5 E
TR-2	83,2 A	83,7 A	84,3 A	86,5 A	74,9 B	66,9 C
AQa	68,6 CD	70,9 C	78,6 B	85,9 A	66,8 D	10,0 E
LV-1	63,1 C	69,4 B	80,2 A	79,9 A	59,3 D	13,8 E

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	91,3 D	91,9 C	93,2 A	92,6 B	89,3 E	87,4 F
CV	98,0 A	97,9 AB	98,1 A	98,0 A	97,4 B	97,6 AB
LA-6	93,5 B	93,2 B	94,3 A	94,3 A	91,3 C	89,8 D
LV-2	94,9 B	94,6 B	95,7 A	95,7 A	93,6 C	93,3 C
SS	96,6 ABC	96,3 BC	97,1 A	96,8 AB	96,6 ABC	96,1 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

4.2.6 Disponibilidade de micro nutrientes

Para a avaliação do efeito da aplicação do composto sobre a disponibilidade de micronutrientes no solo foram utilizados os resultados obtidos pelo extrator DTPA. Com base em Malavolta (1994) e Malavolta et al. (1997), os elementos Co e Ni foram considerados como micronutrientes. Normalmente, a disponibilidade de B, Co e Mo em solos tem sido avaliado empregando-se extratores específicos (Bataglia & Raij, 1990; Santos, 1991; Kabata-Pendias & Pendias, 1986; Malavolta, 1994).

Os efeitos da aplicação do composto sobre os teores disponíveis de B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn são apresentados nas Tabelas 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39 e 40, respectivamente. Observou-se, de um modo geral, que a aplicação de composto com adubo, na presença ou ausência de calcário, promoveu aumentos significativos nos teores de B, Cu, Ni e Zn, notadamente nos solos ácidos.

No caso do B (Tabela 33), a adubação foi o fator mais importante no aumento de sua disponibilidade, todavia houve um efeito positivo do composto + adubação sobre este nutriente, tanto nos solos ácidos quanto nos alcalinos, devido ao B contido na matéria orgânica do composto. Embora não seja usual a utilização do extrator DTPA para a determinação de B, a determinação multielementar com esse extrator por ICP-AES forneceu teores de B consistentes com os resultados obtidos por Bataglia & Raij (1989), com os extratores água quente, CaCl_2 0,01 mol L^{-1} e Mehlich-1, e por Rodrigues (1998) com o extrator Mehlich-1 e determinação por ICP-AES.

No caso do Cu e do Zn (Tabelas 35 e 40), os tratamentos com composto + adubo e composto + calcário + adubo foram superiores à calagem + adubação, excluindo-se o solo GPH, onde o teor de Zn (de modo semelhante ao B) não diferiu do tratamento com calcário + adubo. A aplicação de composto, na ausência ou presença de calcário, não diferiu do calcário + adubo, e estes tratamentos foram superiores à testemunha. Nos solos alcalinos o efeito devido ao composto + adubo foi o mesmo, mas os tratamentos com composto e com composto + gesso, que não diferiram entre si, promoveram maior disponibilidade de Cu e Zn do que o tratamento com gesso + adubo. Enquanto que os teores de Zn nos tratamentos com composto + adubo e com composto +

Tabela 33. Disponibilidade de B em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	0,11 CD [‡]	0,33 A	0,11 CD	0,26 AB	0,18 BC	0,08 D
AQd	0,20 B	0,69 A	0,19 B	0,66 A	0,47 A	0,05 C
LUa	0,06 B	0,21 A	0,08 B	0,29 A	0,25 A	0,05 B
LE-1	0,08 CD	0,20 AB	0,08 CD	0,28 A	0,13 BC	0,06 D
LE-2	0,11 B	0,29 A	0,10 B	0,29 A	0,23 A	0,06 C
LA-1	0,13 B	0,49 A	0,14 B	0,51 A	0,38 A	0,10 B
PV-1	0,10 B	0,44 A	0,11 B	0,43 A	0,32 A	0,08 B
LA-2	0,12 B	0,27 A	0,12 B	0,26 A	0,24 A	0,10 B
LA-3	0,12 BC	0,31 A	0,10 C	0,42 A	0,18 B	0,05 D
TR-1	0,11 BC	0,14 AB	0,08 C	0,19 A	0,20 A	0,11 BC
LA-4	0,16 B	0,44 A	0,14 B	0,44 A	0,35 A	0,06 C
PV-2	0,12 B	0,44 A	0,12 B	0,49 A	0,35 A	0,06 C
LA-5	0,14 BC	0,28 A	0,15 B	0,27 A	0,21 AB	0,09 C
PV-3	0,11 C	0,26 A	0,09 C	0,20 AB	0,15 BC	0,03 D
LRa	0,02 B	0,18 A	0,03 B	0,17 A	0,13 A	0,02 B
LE-3	0,11 C	0,24 A	0,13 BC	0,28 A	0,19 AB	0,09 C
PE	0,07 B	0,18 A	0,07 B	0,21 A	0,15 A	0,05 B
PV-4	0,09 CD	0,31 AB	0,12 C	0,43 A	0,25 B	0,07 D
TR-2	0,11 BC	0,22 A	0,10 BC	0,16 AB	0,14 AB	0,08 C
AQa	0,21 B	0,78 A	0,20 B	0,78 A	0,61 A	0,08 C
LV-1	0,17 C	0,65 A	0,19 C	0,63 A	0,37 B	0,08 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
CL	0,07 C	0,11 AB	0,07 C	0,13 A	0,09 BC	0,05 D
CV	0,18 B	0,31 A	0,18 B	0,32 A	0,26 AB	0,18 B
LA-6	0,21 C	0,48 A	0,22 C	0,39 AB	0,30 BC	0,14 D
LV-2	0,21 C	0,36 A	0,23 BC	0,40 A	0,32 AB	0,19 C
SS	0,23 B	0,71 A	0,24 B	0,67 A	0,60 A	0,18 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 34. Disponibilidade de cobalto em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	0,14 B [‡]	0,16 B	0,13 B	0,16 B	0,23 A	0,27 A
AQd	0,03 A	0,03 A	0,01 B	0,02 AB	0,03 A	0,01 B
LUa	0,04 A	0,06 A	0,05 A	0,06 A	0,06 A	0,01 B
LE-1	0,96 C	0,88 C	0,93 C	0,92 C	1,61 B	1,89 A
LE-2	0,02 C	0,09 A	0,08 A	0,05 B	0,04 B	0,00 C
LA-1	0,03 A	0,04 A	0,02 AB	0,03 A	0,01 B	0,00 B
PV-1	0,03 AB	0,04 A	0,03 AB	0,04 A	0,04 A	0,02 B
LA-2	0,02 AB	0,04 A	0,02 AB	0,02 AB	0,00 B	0,00 B
LA-3	0,02 AB	0,03 A	0,01 B	0,02 AB	0,03 A	0,01 B
TR-1	0,63 A	0,46 B	0,39 C	0,48 B	0,49 B	0,50 B
LA-4	0,21 A	0,24 A	0,16 B	0,21 A	0,23 A	0,15 B
PV-2	0,20 D	0,28 C	0,17 D	0,20 D	0,41 A	0,36 B
LA-5	0,44 D	0,55 C	0,33 E	0,39 D	0,64 B	0,74 A
PV-3	0,00 B	0,02 AB	0,00 B	0,03 A	0,00 B	0,00 B
LRa	0,22 C	0,23 BC	0,21 C	0,22 C	0,26 AB	0,27 A
LE-3	0,08 A	0,08 A	0,05 B	0,06 AB	0,08 A	0,08 A
PE	0,39 B	0,32 C	0,29 CD	0,26 D	0,38 B	0,67 A
PV-4	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,02 A	0,00 A	0,00 A
TR-2	1,56 C	1,51 C	1,56 C	1,44 C	2,16 B	2,50 A
AQa	0,04 A	0,04 A	0,02 AB	0,03 A	0,01 B	0,00 B
LV-1	0,00 B	0,03 A	0,00 B	0,02 AB	0,03 A	0,00 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
CL	0,36 B	0,40 B	0,38 B	0,41 B	0,69 A	0,64 A
CV	0,22 B	0,30 A	0,29 AB	0,25 AB	0,29 AB	0,24 AB
LA-6	0,33 ABC	0,34 ABC	0,26 C	0,29 BC	0,43 A	0,38 AB
LV-2	0,19 AB	0,19 AB	0,18 B	0,19 AB	0,21 AB	0,25 A
SS	0,15 AB	0,17 A	0,15 AB	0,14 AB	0,12 AB	0,11 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 35. Disponibilidade de cobre em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
GPH	5,25 AB [‡]	5,78 A	5,43 AB	5,54 A	4,43 B	4,35 B
AQd	2,62 AB	3,29 A	2,35 BC	3,36 A	1,61 C	0,89 D
LUa	2,78 AB	3,46 A	2,34 BC	3,19 AB	1,65 CD	1,26 D
LE-1	13,76 A	14,88 A	13,35 A	14,50 A	14,88 A	14,00 A
LE-2	2,02 A	2,74 A	2,22 A	2,23 A	0,95 B	0,51 B
LA-1	3,28 AB	4,21 A	2,99 B	3,72 AB	1,83 C	1,24 C
PV-1	2,22 B	3,41 A	1,75 B	3,30 A	1,87 B	1,01 C
LA-2	2,49 AB	2,86 A	1,80 B	2,61 A	1,07 C	0,40 D
LA-3	2,46 A	2,44 A	2,20 A	2,64 A	1,37 B	0,79 B
TR-1	3,44 A	3,33 AB	2,37 CD	3,23 ABC	2,48 BCD	1,72 D
LA-4	3,11 BC	4,29 A	3,17 BC	3,92 AB	2,66 C	1,25 D
PV-2	2,77 BC	4,15 A	2,72 C	3,70 AB	1,87 D	1,18 E
LA-5	4,01 AB	4,79 A	3,64 B	3,93 AB	2,21 C	2,18 C
PV-3	1,51 AB	2,25 A	1,36 B	2,06 AB	0,68 C	0,31 C
LRa	7,15 ABC	7,83 A	6,87 ABC	7,38 AB	6,39 BC	6,03 C
LE-3	3,93 AB	4,48 A	3,82 AB	4,53 A	2,98 BC	2,54 C
PE	3,27 AB	4,07 A	2,99 B	4,20 A	2,61 B	1,75 C
PV-4	2,05 B	3,07 A	1,68 B	3,10 A	1,85 B	0,74 C
TR-2	10,06 AB	10,78 AB	10,05 AB	10,99 A	10,33 AB	9,48 B
AQa	2,42 AB	2,81 A	1,88 BC	2,90 A	1,22 C	0,58 D
LV-1	1,91 BC	2,77 A	1,85 C	2,71 AB	0,86 D	0,44 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
CL	2,84 B	3,49 A	3,06 B	3,59 A	2,36 C	1,93 D
CV	3,10 BC	3,64 A	2,88 C	3,33 AB	2,08 D	1,32 E
LA-6	3,34 AB	3,75 A	2,77 C	3,28 BC	2,17 D	1,52 E
LV-2	3,03 B	3,69 A	2,80 B	3,75 A	2,18 C	1,74 D
SS	3,55 C	4,60 A	4,00 B	4,44 A	2,96 D	2,00 E

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

calcário + adubo foram superiores aos máximos relatados por Bataglia & Raij (1989); enquanto que os teores de Cu estiveram dentro da mesma faixa.

O Ni (Tabela 39) teve sua disponibilidade aumentada devido à aplicação de composto + adubo, principalmente na ausência da calagem. Nos solos GPH, LE-1, TR-1 e TR-2, cujas amostras iniciais apresentaram elevados teores disponíveis e totais, a disponibilidade de Ni foi superior na testemunha. Os teores disponíveis de Ni, nestes solos, na testemunha (1,29 a 1,60 mg dm⁻³) foram superiores aos máximos valores (0,84 a 0,90 mg dm⁻³) reportados por Abreu et al. (1995) para solos não contaminados. Nos demais solos, exceto no LA-5, independentemente do tratamento, os teores observados foram inferiores a estes máximos. Nos solos alcalinos o Ni teve sua disponibilidade aumentada pelo composto independentemente do modo de aplicação, exceto nos solos CL e LA-6. Os teores de Ni observados nestes solos foram superiores aos observados por Abreu et al. (1995).

Verificou-se médios a altos teores de Co na testemunha dos solos GPH, LE-1, LA-5, PE e TR-2 (Tabela 34). A aplicação do composto nestes solos, independentemente da forma de aplicação, reduziu significativamente os teores desse elemento. Nos demais solos ácidos houve tendência da aplicação do composto aumentar a disponibilidade do Co. Embora os altos teores estejam em concordância com os teores totais, observou-se uma amplitude muito grande entre os teores de Co disponível determinado pelo DTPA, o que pode ser devido à impropriedade do extrator para esse micronutriente. Cravo (1995) observou um aumento na disponibilidade de Co proporcional à dose de aplicação do composto.

Os teores de Fe e Mo, também apresentaram comportamento semelhantes nos solos ácidos (Tabelas 36 e 38). Esses dois elementos, excluindo-se os solos AQd, LA-5 e PE, tiveram seus teores diminuídos devido à aplicação de composto + calcário, com ou sem adubo. Nos solos alcalinos o Fe teve um comportamento diferente, sendo que em qualquer dos tratamentos com composto ocorreu um significativo aumento no teor de Fe, exceto no solo CL. O Mo praticamente não foi modificado pelos tratamentos nos solos alcalinos, exceto no solo CV onde o seu teor foi aumentado pela aplicação do composto.

Tabela 36. Disponibilidade de ferro em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
GPH	170,0 B [‡]	175,1 B	146,7 B	166,5 B	220,2 A	236,6 A
AQd	24,5 A	18,4 C	22,9 AB	19,9 BC	10,7 D	12,2 D
LUa	95,1 B	96,0 B	63,1 C	56,6 C	60,7 C	118,5 A
LE-1	25,0 A	24,6 A	26,4 A	22,8 A	25,3 A	23,8 A
LE-2	55,3 A	63,5 A	43,7 B	38,2 B	39,9 B	59,9 A
LA-1	128,8 B	128,5 B	93,1 CD	84,0 D	101,9 C	213,7 A
PV-1	84,4 B	92,9 B	58,6 C	65,0 C	98,4 B	130,0 A
LA-2	151,4 B	133,7 B	90,7 C	93,8 C	105,8 C	185,7 A
LA-3	94,5 BC	98,0 B	80,4 C	81,1 C	130,1 A	146,7 A
TR-1	12,8 A	10,9 B	7,8 D	9,1 C	7,2 D	5,8 E
LA-4	49,4 BC	58,0 AB	37,1 D	43,7 CD	56,4 B	67,3 A
PV-2	35,2 CD	42,5 AB	30,0 D	32,1 CD	37,5 BC	49,7 A
LA-5	85,6 ABC	94,4 A	71,6 C	76,3 BC	87,9 AB	91,5 AB
PV-3	36,6 AB	40,7 A	26,7 D	31,7 BC	24,2 D	27,6 CD
LRa	27,7 A	28,0 A	25,8 AB	24,9 AB	22,0 B	26,4 A
LE-3	34,6 A	35,0 A	28,8 BC	28,9 B	24,5 C	33,5 AB
PE	31,6 A	30,4 A	24,9 B	25,7 B	22,1 B	30,3 A
PV-4	43,2 BC	50,5 B	30,7 D	37,5 C	44,7 B	63,2 A
TR-2	67,9 BC	68,1 BC	67,5 BC	64,4 C	78,4 AB	83,2 A
AQa	103,7 B	101,0 B	67,2 C	78,2 C	110,5 B	180,6 A
LV-1	83,7 B	81,1 B	60,3 D	63,9 CD	74,7 BC	148,8 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
CL	24,0 AB	24,4 AB	25,3 A	24,5 AB	21,7 B	22,4 AB
CV	16,8 A	18,0 A	18,6 A	15,5 A	10,9 B	9,8 B
LA-6	19,2 A	16,5 A	17,4 A	15,7 A	9,6 B	7,8 B
LV-2	20,5 A	19,1 A	19,0 A	18,8 A	9,8 B	10,4 B
SS	30,9 AB	27,4 BC	31,6 A	27,0 C	18,3 D	21,7 D

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 37. Disponibilidade de manganês em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	30,1 BC [‡]	33,2 B	27,6 C	34,3 B	46,4 A	43,9 A
AQd	7,5 C	9,5 BC	7,4 C	9,7 AB	12,1 A	8,5 BC
LUa	6,3 BC	9,7 A	5,6 C	9,0 A	8,3 A	7,9 AB
LE-1	78,9 C	81,4 C	76,8 C	83,9 C	108,9 B	129,2 A
LE-2	2,7 B	6,4 A	2,9 B	5,3 A	3,6 B	1,5 C
LA-1	7,4 CD	11,7 A	7,7 CD	10,4 AB	8,2 BC	6,1 D
PV-1	5,5 B	11,1 A	5,9 B	10,7 A	11,3 A	6,2 B
LA-2	6,9 C	7,3 BC	6,6 C	9,8 A	9,2 AB	4,0 D
LA-3	4,8 C	7,0 B	4,3 C	7,5 AB	8,2 AB	9,5 A
TR-1	37,0 A	31,2 AB	18,3 D	24,7 C	23,1 C	26,0 BC
LA-4	17,0 C	21,9 B	15,6 C	23,2 B	30,7 A	17,0 C
PV-2	66,2 C	87,9 B	53,3 D	62,9 C	205,0 A	91,5 B
LA-5	106,6 C	137,5 B	88,2 D	95,9 CD	157,3 A	172,7 A
PV-3	1,9 D	4,9 A	1,1 E	3,6 B	3,0 BC	2,5 CD
LRa	25,0 BC	26,6 AB	21,7 C	24,0 BC	27,6 AB	31,3 A
LE-3	49,6 B	53,3 B	36,8 C	38,9 C	51,6 B	82,1 A
PE	82,5 B	80,4 B	64,6 C	65,9 C	85,6 B	125,4 A
PV-4	3,0 C	6,8 B	3,8 C	8,7 AB	7,5 B	10,6 A
TR-2	119,2 BC	125,1 B	111,1 C	118,3 BC	160,9 A	168,7 A
AQa	3,3 C	7,5 A	1,8 D	6,5 A	4,9 B	1,9 D
LV-1	2,7 C	7,2 AB	3,1 C	7,1 AB	6,3 B	8,9 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	42,8 C	49,2 BC	44,0 C	49,8 BC	68,1 A	59,7 AB
CV	16,2 C	24,7 A	22,5 AB	17,6 BC	24,3 A	19,5 ABC
LA-6	42,7 B	46,1 B	33,9 C	40,9 BC	57,3 A	46,5 B
LV-2	30,3 AB	31,8 AB	26,7 B	30,2 AB	35,2 A	35,1 A
SS	15,2 A	16,6 A	16,0 A	15,9 A	15,8 A	14,3 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 38. Disponibilidade de Molibdênio em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	0,66 B [‡]	0,71 B	0,61 B	0,71 B	0,92 A	0,90 A
AQd	0,24 AB	0,29 A	0,23 AB	0,29 A	0,21 B	0,12 C
LUa	0,51 BC	0,55 B	0,35 D	0,45 C	0,50 BC	0,85 A
LE-1	0,36 C	0,39 C	0,42 BC	0,53 AB	0,59 A	0,52 AB
LE-2	0,59 BC	0,79 A	0,52 C	0,37 D	0,40 D	0,71 AB
LA-1	0,80 BC	0,82 B	0,62 D	0,66 D	0,68 CD	1,25 A
PV-1	0,40 BC	0,49 AB	0,32 C	0,44 AB	0,53 A	0,54 A
LA-2	0,86 AB	0,79 BC	0,59 D	0,64 D	0,68 CD	0,97 A
LA-3	0,38 D	0,48 BC	0,39 CD	0,46 CD	0,57 AB	0,61 A
TR-1	0,19 C	0,52 A	0,40 B	0,36 B	0,32 B	0,31 B
LA-4	0,38 B	0,50 A	0,25 C	0,36 B	0,37 B	0,36 B
PV-2	0,43 BC	0,67 A	0,37 C	0,49 B	0,67 A	0,63 A
LA-5	0,86 AB	0,92 A	0,81 ABC	0,79 ABC	0,78 BC	0,73 C
PV-3	0,76 A	0,72 AB	0,60 BC	0,60 C	0,64 ABC	0,65 ABC
LRa	0,19 AB	0,20 AB	0,17 B	0,22 AB	0,24 AB	0,25 A
LE-3	0,35 BC	0,38 BC	0,27 D	0,33 CD	0,43 B	0,62 A
PE	0,48 A	0,51 A	0,31 B	0,44 A	0,49 A	0,54 A
PV-4	0,34 BC	0,42 B	0,29 C	0,38 BC	0,42 A	0,60 A
TR-2	0,84 A	0,87 A	0,85 A	0,74 A	0,84 A	0,81 A
AQa	0,73 B	0,78 B	0,66 B	0,68 B	0,73 B	1,20 A
LV-1	0,64 B	0,62 B	0,45 D	0,49 CD	0,59 BC	1,45 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	0,19 B	0,26 AB	0,30 AB	0,28 AB	0,34 A	0,29 AB
CV	0,21 B	0,16 B	0,19 B	0,37 A	0,13 B	0,05 C
LA-6	0,23 A	0,28 A	0,31 A	0,24 A	0,21 A	0,23 A
LV-2	0,25 A	0,22 A	0,26 A	0,26 A	0,21 A	0,16 A
SS	0,42 A	0,49 A	0,42 A	0,42 A	0,35 AB	0,25 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 39. Disponibilidade de níquel em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	1,26 C [‡]	1,45 B	1,16 D	1,37 B	1,57 A	1,57 A
AQd	0,36 B	0,48 A	0,26 C	0,35 B	0,15 D	0,07 E
LUa	0,41 A	0,52 A	0,38 A	0,51 A	0,42 A	0,37 A
LE-1	1,20 C	1,36 B	1,16 C	1,39 B	1,67 A	1,60 A
LE-2	0,36 B	0,51 A	0,37 B	0,33 B	0,32 B	0,21 C
LA-1	0,30 B	0,46 A	0,28 BC	0,40 A	0,24 C	0,11 D
PV-1	0,27 B	0,42 A	0,27 B	0,43 A	0,33 B	0,20 C
LA-2	0,38 AB	0,43 A	0,23 C	0,34 B	0,19 C	0,10 D
LA-3	0,29 B	0,37 A	0,22 BC	0,36 A	0,20 C	0,12 D
TR-1	1,01 C	1,17 B	1,03 C	0,97 C	1,14 B	1,29 A
LA-4	0,66 B	0,83 A	0,42 D	0,60 BC	0,53 C	0,41 D
PV-2	0,56 C	0,74 A	0,47 D	0,65 B	0,55 C	0,52 CD
LA-5	1,05 B	1,17 A	0,95 C	1,05 B	0,96 C	0,88 C
PV-3	0,33 C	0,46 B	0,64 A	0,34 C	0,21 D	0,12 E
LRa	0,36 AB	0,41 A	0,32 B	0,37 AB	0,36 AB	0,39 AB
LE-3	0,53 AB	0,57 A	0,49 B	0,52 AB	0,41 C	0,41 C
PE	0,54 AB	0,60 A	0,46 C	0,54 AB	0,54 AB	0,52 BC
PV-4	0,16 B	0,30 A	0,13 B	0,29 A	0,16 B	0,05 C
TR-2	1,40 BC	1,50 A	1,42 ABC	1,33 C	1,48 AB	1,43 AB
AQa	0,25 BC	0,30 AB	0,19 C	0,33 A	0,11 D	0,07 D
LV-1	0,34 B	0,48 A	0,31 B	0,43 A	0,20 C	0,15 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	0,89 A	0,96 A	0,93 A	0,99 A	1,00 A	0,90 A
CV	1,18 B	1,27 AB	1,22 B	1,38 A	1,19 B	1,02 C
LA-6	0,98 A	1,05 A	1,06 A	1,07 A	1,06 A	0,94 A
LV-2	0,95 AB	1,03 A	0,94 AB	1,06 A	0,98 AB	0,88 B
SS	1,14 AB	1,25 A	1,14 AB	1,17 AB	1,04 BC	0,95 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A disponibilidade de Mn devido à aplicação do composto foi influenciada pelo teor inicial de Mn na amostra de solo e foi extremamente variável entre os solos ácidos (Tabela 37). De um modo geral, em solos no qual a testemunha continha teores médios a altos a aplicação do composto, principalmente em combinação com a com calagem, diminuiu os teores desse elemento, como nos solos GPH, LE-1, LA-3, TR-1, PV-2, LA-5, LRa, LE-3, PE, PV-4, TR-2 e LV-1. Por outro lado, solos com teores muito baixo de Mn, tiveram um aumento da disponibilidade devido ao composto. Dos modos de aplicação do composto, o tratamento com composto + adubo promoveu os maiores teores de Mn e o composto + calcário os menores. Nos solos alcalino, o Mn tendeu a ser menor no tratamento composto + gesso e maior no composto + adubo. A aplicação de calcário + adubo ou gesso + adubo, independentemente do solo, promoveu o aumento nos teores de Mn do solo.

Cravo (1995), utilizando composto de resíduo urbano da cidade de São Paulo, relatou resultados semelhantes quanto à disponibilidade de Cu, Fe, Mn e Zn, e diferentes quanto ao Mo, Co e Ni nos solos ácidos.

4.2.7 Disponibilidade de metais

Os teores de Ba disponível, assim como ocorreu com o Co, apresentaram comportamento diversos para cada solo ácido (Tabela 41). Verificou-se altos teores de Ba na testemunha dos solos GPH, AQd, LE-1, TR-1, PV-2, LA-5, PE e TR-2. A aplicação do composto com adução, com ou sem calagem, nestes solos, promoveu uma redução significativa nos teores de Ba. Nos demais solos ácidos, cujos os teores de Ba eram baixos ($< 0,10 \text{ mg dm}^{-3}$) ou não foram detectados, a aplicação do composto aumentou significativamente os teores desse elemento. Os teores totais de Ba não tiveram muita influencia sobre os teores disponíveis.

Os teores disponíveis de Cd, Cr, Pb e Sr foram aumentados significativamente devido à aplicação do composto (Tabelas 42, 43, 44 e 45). Nos solos ácidos, a aplicação de composto + calcário + adubo promoveu os maiores teores destes metais.

Tabela 40. Disponibilidade de zinco em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	5,15 A [‡]	7,41 A	5,04 A	6,86 A	3,97 A	2,36 C
AQd	6,46 B	8,27 A	5,97 B	8,35 A	5,43 B	2,36 C
LUa	4,00 B	6,96 A	4,08 B	6,42 A	3,09 B	0,58 C
LE-1	6,24 B	8,23 A	5,95 B	9,19 A	5,18 B	2,52 C
LE-2	3,72 B	6,49 A	4,07 B	5,87 A	2,21 C	0,29 D
LA-1	5,19 B	9,01 A	4,58 BC	8,34 A	3,95 C	1,14 D
PV-1	3,88 B	7,94 A	3,57 B	7,22 A	4,18 B	0,73 C
LA-2	5,65 B	7,63 A	4,83 B	7,26 A	3,52 C	0,97 D
LA-3	5,02 B	7,25 A	4,76 B	7,63 A	3,38 C	1,09 D
TR-1	2,53 B	3,61 A	1,88 B	3,69 A	1,87 B	0,21 C
LA-4	5,39 B	8,70 A	4,93 B	8,76 A	4,48 B	1,01 C
PV-2	5,41 B	9,07 A	5,23 B	8,12 A	4,48 B	1,52 C
LA-5	6,61 B	9,75 A	6,68 B	7,67 B	4,88 C	2,78 D
PV-3	3,07 B	5,56 A	3,29 B	5,05 A	1,79 C	0,46 D
LRa	3,46 B	5,58 A	3,41 B	5,68 A	2,09 C	0,54 D
LE-3	4,99 B	7,36 A	4,85 B	7,13 A	3,61 C	1,67 D
PE	5,35 B	7,99 A	4,77 B	7,71 A	4,57 B	2,33 C
PV-4	4,03 B	6,83 A	3,81 B	6,98 A	3,78 B	1,16 C
TR-2	8,90 BC	11,36 A	9,02 B	10,64 AB	7,29 C	4,98 D
AQa	4,51 B	7,70 A	4,16 B	8,63 A	3,73 B	1,37 C
LV-1	5,11 B	8,63 A	4,96 B	7,92 A	3,50 C	2,12 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	5,01 A	6,78 A	5,51 A	6,95 A	3,14 B	1,54 C
CV	4,24 B	5,95 AB	4,30 B	6,57 A	2,69 C	0,85 D
LA-6	5,25 BC	7,92 A	5,04 BC	6,77 AB	3,70 C	1,26 D
LV-2	4,86 AB	6,69 A	4,56 B	6,90 A	3,12 C	1,25 D
SS	4,89 BC	7,32 A	5,11 ABC	7,06 AB	4,38 C	1,32 D

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 41. Disponibilidade de bário em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	0,74 B [‡]	0,30 D	0,78 B	0,33 CD	0,41 C	1,59 A
AQd	0,41 B	0,08 C	0,42 B	0,11 C	0,07 C	0,70 A
LUa	0,03 B	0,19 A	0,01 B	0,20 A	0,23 A	0,00 B
LE-1	0,79 B	0,45 C	0,88 B	0,47 C	0,52 C	1,51 A
LE-2	0,02 B	0,25 A	0,02 B	0,27 A	0,26 A	0,01 B
LA-1	0,04 B	0,12 A	0,00 B	0,11 A	0,12 A	0,00 B
PV-1	0,05 B	0,16 A	0,05 B	0,18 A	0,21 A	0,09 B
LA-2	0,02 B	0,14 A	0,02 B	0,14 A	0,17 A	0,01 B
LA-3	0,00 B	0,11 A	0,00 B	0,09 A	0,13 A	0,00 B
TR-1	1,43 A	0,47 D	1,01 B	0,45 D	0,64 C	1,80 A
LA-4	0,11 C	0,23 B	0,07 C	0,24 B	0,33 A	0,17 B
PV-2	0,21 B	0,21 B	0,11 C	0,21 B	0,38 A	0,42 A
LA-5	1,24 B	0,44 D	1,09 B	0,46 CD	0,57 C	3,45 A
PV-3	0,00 B	0,12 A	0,00 B	0,11 A	0,10 A	0,00 B
LRa	0,00 B	0,12 A	0,00 B	0,09 A	0,11 A	0,00 B
LE-3	0,16 C	0,29 A	0,16 C	0,25 AB	0,30 A	0,19 BC
PE	0,82 A	0,56 C	0,75 AB	0,61 BC	0,54 C	0,67 ABC
PV-4	0,06 B	0,25 A	0,06 B	0,26 A	0,29 A	0,07 B
TR-2	1,12 B	0,54 D	1,04 BC	0,59 D	0,85 C	3,80 A
AQa	0,00 B	0,20 A	0,00 B	0,20 A	0,18 A	0,00 B
LV-1	0,11 B	0,23 A	0,10 B	0,24 A	0,27 A	0,09 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
CL	0,33 B	0,48 A	0,10 D	0,15 C	0,14 C	0,30 B
CV	0,89 B	1,04 A	0,58 D	0,68 CD	0,73 C	0,74 C
LA-6	0,11 D	0,25 A	0,14 C	0,20 B	0,24 A	0,15 C
LV-2	0,34 B	0,44 A	0,29 B	0,29 B	0,32 B	0,42 A
SS	0,81 A	0,54 B	0,22 C	0,16 D	0,17 D	0,83 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 42. Disponibilidade de cádmio em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
GPH	0,22 AB [‡]	0,24 A	0,22 AB	0,24 A	0,22 AB	0,21 B
AQd	0,06 A	0,06 A	0,05 A	0,06 A	0,02 B	0,03 B
LUa	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,05 A	0,03 A	0,03 A
LE-1	0,07 A	0,08 A	0,07 A	0,07 A	0,07 A	0,06 A
LE-2	0,03 AB	0,04 A	0,02 AB	0,03 AB	0,01 B	0,01 B
LA-1	0,03 B	0,05 A	0,05 A	0,06 A	0,02 B	0,03 B
PV-1	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,02 B	0,02 B
LA-2	0,05 ABC	0,06 AB	0,05 ABC	0,07 A	0,04 BC	0,04 C
LA-3	0,04 AB	0,06 A	0,04 AB	0,05 AB	0,04 AB	0,03 B
TR-1	0,05 A	0,05 A	0,04 AB	0,04 AB	0,04 AB	0,03 B
LA-4	0,07 A	0,07 A	0,05 AB	0,05 AB	0,03 B	0,03 B
PV-2	0,06 A	0,06 A	0,06 A	0,07 A	0,05 AB	0,03 B
LA-5	0,09 A	0,10 A	0,09 A	0,09 A	0,09 A	0,08 A
PV-3	0,03 B	0,04 AB	0,05 A	0,04 AB	0,01 C	0,01 C
LRa	0,05 A	0,05 A	0,04 A	0,05 A	0,04 A	0,05 A
LE-3	0,06 A	0,06 A	0,05 A	0,06 A	0,04 A	0,04 A
PE	0,09 A	0,08 A	0,08 A	0,09 A	0,07 A	0,08 A
PV-4	0,06 A	0,07 A	0,07 A	0,07 A	0,05 A	0,05 A
TR-2	0,14 AB	0,15 A	0,14 AB	0,14 AB	0,13 AB	0,12 B
AQa	0,06 A	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,04 A
LV-1	0,04 A	0,05 A	0,04 A	0,06 A	0,04 A	0,05 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
CL	0,06 AB	0,07 A	0,07 A	0,07 A	0,05 B	0,05 B
CV	0,05 AB	0,06 A	0,07 A	0,06 A	0,04 B	0,03 B
LA-6	0,06 A	0,06 A	0,05 AB	0,06 A	0,05 AB	0,04 B
LV-2	0,06 AB	0,06 AB	0,05 ABC	0,08 A	0,05 ABC	0,03 B
SS	0,06 A	0,05 AB	0,06 A	0,06 A	0,04 B	0,04 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 43. Disponibilidade de cromo em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
GPH	0,26 B [‡]	0,32 A	0,32 A	0,36 A	0,36 A	0,31 AB
AQd	0,21 A	0,23 A	0,24 A	0,24 A	0,23 A	0,21 A
LUa	0,06 BC	0,09 B	0,18 A	0,22 A	0,22 A	0,04 C
LE-1	0,23 C	0,27 BC	0,29 AB	0,33 A	0,29 AB	0,17 D
LE-2	0,07 B	0,14 A	0,17 A	0,16 A	0,17 A	0,01 C
LA-1	0,16 AB	0,14 B	0,18 AB	0,21 A	0,17 AB	0,07 C
PV-1	0,12 CD	0,14 BC	0,18 AB	0,22 A	0,21 A	0,10 D
LA-2	0,15 C	0,18 BC	0,21 AB	0,24 A	0,22 AB	0,04 D
LA-3	0,11 B	0,14 AB	0,14 AB	0,17 A	0,15 AB	0,13 AB
TR-1	0,31 AB	0,24 C	0,26 BC	0,34 A	0,32 A	0,18 D
LA-4	0,11 BC	0,12 AB	0,12 AB	0,16 A	0,13 AB	0,07 C
PV-2	0,19 AB	0,23 A	0,17 B	0,20 AB	0,20 AB	0,11 C
LA-5	0,34 AB	0,29 BC	0,38 A	0,40 A	0,27 C	0,22 D
PV-3	0,01 C	0,09 B	0,16 A	0,16 A	0,13 A	0,00 C
LRa	0,17 BC	0,21 AB	0,21 AB	0,24 A	0,24 A	0,15 C
LE-3	0,16 B	0,16 B	0,18 AB	0,20 AB	0,23 A	0,18 AB
PE	0,25 A	0,28 A	0,24 A	0,27 A	0,29 A	0,18 B
PV-4	0,11 C	0,13 BC	0,16 AB	0,19 A	0,17 AB	0,11 C
TR-2	0,19 B	0,26 A	0,22 AB	0,24 A	0,20 AB	0,18 B
AQa	0,14 C	0,17 ABC	0,21 A	0,19 AB	0,16 BC	0,08 D
LV-1	0,15 C	0,17 BC	0,20 AB	0,23 A	0,12 CD	0,09 D

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
CL	0,31 B	0,34 AB	0,39 A	0,38 AB	0,37 AB	0,32 AB
CV	0,29 B	0,35 AB	0,38 A	0,33 AB	0,37 A	0,33 AB
LA-6	0,34 AB	0,37 A	0,29 B	0,32 AB	0,37 A	0,26 B
LV-2	0,32 B	0,34 AB	0,38 AB	0,40 A	0,37 AB	0,34 AB
SS	0,47 B	0,51 AB	0,54 A	0,56 A	0,53 AB	0,47 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 44. Disponibilidade de chumbo em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	0,99 ABC [‡]	1,11 A	1,03 ABC	1,10 AB	0,88 C	0,92 BC
AQd	1,03 A	0,95 A	0,92 A	0,96 A	0,43 B	0,42 B
LUa	1,92 A	2,12 A	1,39 C	1,65 B	1,43 BC	2,03 A
LE-1	0,77 A	0,77 A	0,78 A	0,78 A	0,55 B	0,57 B
LE-2	0,86 B	1,09 A	0,87 B	0,65 C	0,39 D	0,40 D
LA-1	0,78 A	0,86 A	0,78 A	0,81 A	0,31 C	0,44 B
PV-1	0,49 BC	0,71 A	0,41 CD	0,61 AB	0,30 DE	0,23 E
LA-2	0,79 A	0,76 A	0,55 B	0,72 A	0,15 C	0,09 C
LA-3	0,42 AB	0,56 A	0,40 B	0,50 AB	0,14 C	0,13 C
TR-1	0,34 C	0,68 A	0,49 B	0,50 B	0,47 BC	0,38 BC
LA-4	1,48 A	1,61 A	0,94 C	1,16 B	0,87 C	0,95 C
PV-2	0,93 BC	1,12 A	0,85 BC	0,95 AB	0,68 D	0,77 CD
LA-5	2,53 B	2,89 A	2,46 B	2,53 B	2,35 B	2,34 B
PV-3	1,33 A	1,46 A	1,43 A	1,30 A	0,90 B	0,62 C
LRa	0,50 AB	0,63 A	0,50 AB	0,55 A	0,37 C	0,39 BC
LE-3	1,52 A	1,51 AB	1,31 B	1,36 AB	1,09 C	1,38 AB
PE	1,54 A	1,60 A	1,40 AB	1,41 AB	1,22 B	1,41 AB
PV-4	0,88 BC	1,15 A	0,68 D	1,00 AB	0,77 CD	1,01 AB
TR-2	1,09 AB	1,24 A	1,25 A	1,05 B	0,81 C	0,76 C
AQa	0,76 AB	0,89 A	0,51 D	0,72 BC	0,30 E	0,59 CD
LV-1	1,18 B	1,30 AB	0,96 C	1,20 B	0,85 C	1,44 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	4,12 B	4,63 A	4,08 B	4,35 AB	4,44 AB	4,45 AB
CV	2,19 AB	2,25 A	2,27 A	2,40 A	1,93 BC	1,78 C
LA-6	2,59 A	2,37 AB	2,37 AB	2,26 AB	2,10 B	2,08 B
LV-2	1,08 A	1,09 A	0,99 A	1,09 A	0,75 B	0,71 B
SS	1,86 A	1,82 A	1,84 A	1,74 A	1,35 B	1,4 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Observou-se aumento significativos nos teores de Cd nos solos GPH, AQd, LE-2, LA-1, PV-1, LA-2, LA-3, TR-1, LA-4, PV-2, PV-3 e TR-2, que geralmente foram semelhante aos teores devido à aplicação de composto + adubo. Os tratamentos com composto e composto + calcário, também, causaram aumentos no teor de Cd, mas em menor intensidade. A aplicação de calcário + adubo não diferiu da testemunha em nenhum dos solos ácidos. Nos solos alcalinos, ficou evidente o efeito do aumento dos teores de Cd devido à aplicação do composto.

Com relação ao cromo, foi observado efeito do composto em praticamente todos os solos ácidos, excluindo-se os solos GPH, AQd, LA-3 e LE-3. Praticamente não houve diferenças entre a aplicação de composto com calcário na presença e na ausência de adubo, exceto no solo TR-1, onde se verificou maiores teores de Cr para o composto + calcário + adubo. Todavia, observou-se que a aplicação de calcário + adubo promoveu efeito semelhante aos tratamentos referido acima, exceto no solo LA-5. Nos solos alcalinos, verificou-se somente o efeito da aplicação do composto + adubo e gesso + adubo sobre os teores de Cr no solo LA-6.

O efeito da aplicação de composto sobre os teores de Pb nos solos ácidos foi semelhante aos do Cd. Assim, observou-se aumento dos teores de Pb devido à aplicação de composto + adubo, na presença ou ausência de calcário, em praticamente todos os solos, excluindo-se os solos LUa, LA-5, LE-3, PE, PV-4 e LV-1, cujos os teores de Pb na testemunha foram elevados (1,01 a 2,34 mg dm⁻³). Todavia, no solo LA-5 foi observado que o composto + adubo aumentou sobremaneira o teor de Pb, que já era alto neste solo. A aplicação de calcário + adubo, diferentemente do que ocorreu com o Cr, não teve efeito sobre o teor de Pb (exceto no solo PV-3), ou então, causou sua diminuição (solos LA-1 e PV-4). A aplicação do composto com ou sem calcário promoveu resultados intermediários. Nos solos alcalinos CV, LV-2 e SS, todos os tratamentos com composto levaram ao aumento na disponibilidade de Pb. Nestes solos, também não foi observado efeito da aplicação de gesso + adubo mineral.

A aplicação de composto + adubo, com ou sem calagem e a calagem + adubação promoveram aumentos significativos nos teores disponíveis de estrôncio (Tabela 45) em todos os solos ácidos. Assim como, o mesmo foi observado para a

Tabela 45. Disponibilidade de estrôncio em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
GPH	3,22 BC [‡]	6,09 A	3,31 BC	5,97 A	5,36 AB	2,73 C
AQd	1,17 B	2,98 A	1,28 B	3,08 A	3,53 A	0,96 B
LUa	0,00 B	3,02 A	0,00 B	4,64 A	4,25 A	0,00 B
LE-1	0,28 B	3,25 A	0,27 B	4,15 A	3,69 A	0,00 C
LE-2	0,00 B	3,16 A	0,00 B	3,38 A	2,95 A	0,00 B
LA-1	0,00 B	4,93 A	0,01 B	5,27 A	4,42 A	0,00 B
PV-1	0,19 C	6,32 A	0,37 B	6,35 A	7,02 A	0,00 D
LA-2	0,00 C	3,89 A	0,25 B	4,45 A	4,54 A	0,00 C
LA-3	0,98 B	5,33 A	1,08 B	5,63 A	5,09 A	0,29 C
TR-1	0,82 B	4,45 A	0,79 B	4,48 A	4,36 A	0,32 C
LA-4	0,00 B	6,88 A	0,00 B	5,85 A	5,44 A	0,00 B
PV-2	0,22 B	5,93 A	0,28 B	5,59 A	5,64 A	0,00 C
LA-5	1,90 B	4,15 A	1,72 B	4,32 A	4,75 A	1,25 B
PV-3	0,00 C	0,58 A	0,00 C	0,35 B	0,25 B	0,00 C
LRa	0,00 B	1,76 A	0,00 B	1,46 A	1,25 A	0,00 B
LE-3	0,00 B	1,09 A	0,00 B	1,11 A	0,76 A	0,00 B
PE	0,41 B	4,51 A	0,49 B	4,36 A	4,27 A	0,00 C
PV-4	0,00 B	4,11 A	0,00 B	4,67 A	3,93 A	0,00 B
TR-2	0,96 B	3,30 A	0,88 B	3,17 A	3,16 A	0,80 B
AQa	0,00 B	3,21 A	0,00 B	4,45 A	3,26 A	0,00 B
LV-1	0,00 B	2,76 A	0,00 B	2,61 A	1,86 A	0,00 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg dm ⁻³ -----						
CL	0,00 D	1,48 B	0,85 C	2,35 A	1,97 AB	0,00 D
CV	0,56 C	2,53 A	1,04 B	2,55 A	2,32 A	0,13 D
LA-6	0,00 D	1,96 B	0,86 C	2,66 AB	3,04 A	0,00 D
LV-2	1,57 C	3,27 AB	2,36 B	3,99 A	3,93 A	1,15 C
SS	6,83 A	8,87 A	8,42 A	9,31 A	10,40 A	7,18 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 46. Disponibilidade de titânio em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
GPH	0,03 A [‡]	0,02 A	0,02 A	0,02 A	0,03 A	0,02 A
AQd	0,10 A	0,09 A	0,09 A	0,07 A	0,05 A	0,07 A
LUa	0,00 A	0,01 A	0,01 A	0,01 A	0,01 A	0,00 A
LE-1	0,01 A	0,01 A	0,02 A	0,01 A	0,01 A	0,01 A
LE-2	0,01 A	0,02 A	0,02 A	0,01 A	0,01 A	0,00 A
LA-1	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
PV-1	0,04 A	0,02 AB	0,01 B	0,03 AB	0,01 B	0,01 B
LA-2	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
LA-3	0,03 B	0,03 B	0,03 B	0,04 AB	0,03 B	0,06 A
TR-1	0,04 AB	0,06 A	0,05 AB	0,02 B	0,05 AB	0,07 A
LA-4	0,03 AB	0,04 A	0,01 B	0,01 B	0,01 B	0,01 B
PV-2	0,01 A	0,02 A	0,02 A	0,02 A	0,02 A	0,01 A
LA-5	0,02 B	0,02 B	0,03 AB	0,05 A	0,04 AB	0,04 AB
PV-3	0,04 A	0,01 B	0,04 A	0,01 B	0,00 B	0,00 B
LRa	0,02 A	0,03 A	0,02 A	0,02 A	0,03 A	0,03 A
LE-3	0,01 A	0,02 A	0,00 A	0,00 A	0,01 A	0,00 A
PE	0,02 A	0,03 A	0,03 A	0,04 A	0,04 A	0,02 A
PV-4	0,01 B	0,00 B	0,00 B	0,03 AB	0,00 B	0,05 A
TR-2	0,04 A	0,05 A	0,05 A	0,04 A	0,05 A	0,04 A
AQa	0,07 A	0,09 A	0,09 A	0,12 A	0,08 A	0,09 A
LV-1	0,09 A	0,17 A	0,14 A	0,11 A	0,17 A	0,59 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg dm ⁻³					
CL	0,02 A	0,03 A	0,04 A	0,04 A	0,03 A	0,02 A
CV	0,05 A	0,03 A	0,04 A	0,06 A	0,04 A	0,03 A
LA-6	0,01 A	0,01 A	0,02 A	0,01 A	0,02 A	0,01 A
LV-2	0,01 A	0,01 A	0,03 A	0,02 A	0,03 A	0,02 A
SS	0,02 A	0,02 A	0,02 A	0,02 A	0,01 A	0,01 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 47. Disponibilidade de vanádio em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
GPH	0,34 CD [‡]	0,39 AB	0,32 D	0,38 BC	0,44 A	0,42 A
AQd	0,00 A	0,02 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
LUa	0,06 D	0,10 BC	0,08 CD	0,13 AB	0,14 A	0,12 AB
LE-1	0,08 B	0,10 AB	0,10 AB	0,13 A	0,13 A	0,11 AB
LE-2	0,02 BC	0,07 A	0,04 AB	0,03 BC	0,04 AB	0,00 C
LA-1	0,06 B	0,11 A	0,05 B	0,09 AB	0,09 AB	0,12 A
PV-1	0,02 C	0,07 B	0,02 C	0,08 AB	0,11 A	0,06 B
LA-2	0,12 A	0,13 A	0,06 B	0,10 AB	0,10 A	0,09 AB
LA-3	0,04 BC	0,07 AB	0,01 C	0,06 B	0,10 A	0,06 B
TR-1	0,11 A	0,12 A	0,09 A	0,11 A	0,12 A	0,10 A
LA-4	0,11 B	0,18 A	0,01 C	0,08 B	0,09 B	0,02 C
PV-2	0,05 CD	0,11 B	0,02 D	0,08 BC	0,16 A	0,04 D
LA-5	0,29 BC	0,33 AB	0,29 BC	0,32 AB	0,34 A	0,28 C
PV-3	0,00 B	0,03 A	0,03 A	0,02 AB	0,00 B	0,00 B
LRa	0,00 A	0,01 A	0,00 A	0,01 A	0,01 A	0,00 A
LE-3	0,05 A	0,06 A	0,06 A	0,07 A	0,04 A	0,05 A
PE	0,07 AB	0,10 A	0,06 B	0,10 A	0,11 A	0,10 A
PV-4	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A	0,00 A
TR-2	0,28 BC	0,33 A	0,30 AB	0,25 C	0,30 AB	0,28 BC
AQa	0,00 C	0,04 AB	0,00 C	0,07 A	0,02 BC	0,04 AB
LV-1	0,03 BC	0,06 B	0,01 C	0,06 B	0,03 C	0,18 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg dm ⁻³ -----					
CL	0,14 AB	0,16 AB	0,18 A	0,19 A	0,17 A	0,12 B
CV	0,15 BC	0,16 B	0,16 B	0,24 A	0,18 B	0,11 C
LA-6	0,08 BC	0,11 AB	0,14 A	0,14 A	0,11 AB	0,05 C
LV-2	0,10 BC	0,13 AB	0,13 AB	0,18 A	0,14 AB	0,07 C
SS	0,28 B	0,37 A	0,29 B	0,36 A	0,36 A	0,23 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

aplicação de composto e adubo, com ou sem gesso, e de gesso + adubação em todos os solos alcalinos, excluindo-se o solo SS. O aumento nos teores de Sr foi devido aos altos teores deste elemento nos superfosfato simples e no gesso natural. A aplicação do composto isoladamente e com calcário não diferiu da testemunha, cujos teores de Sr no solo foram baixos ou não detectados, exceto nos solos GPH, AQd e LA-5.

Não foram verificados efeitos significativos de tratamentos para os teores de titânio nos solos ácidos e alcalinos. Destaca-se o solo LV-1, cujo o teor na testemunha foi de $0,59 \text{ mg dm}^{-3}$ e tendeu a diminuir nos demais tratamentos. Nos demais solos o teor de Ti foi inferior à $0,10 \text{ mg dm}^{-3}$.

O teor de vanádio disponível (Tabela 47), nos solos ácidos GPH, LUa, LA-1, PV-1, AQd e LV-1, foi diminuído; e no solo LA-4, foi aumentado devido à aplicação de composto isoladamente. Os teores de V não foram modificados nos solos AQd, LE-1, LA-2, LA-3, TR-1, LRa, LE-3, PE, PV-4 e TR-2. Nos solos alcalinos foi observado um efeito oposto sobre a disponibilidade do V, que teve seus teores aumentados em todos os tratamentos (exceto para o composto isolado nos solos CL, CV, LA-6 e LV-2), inclusive a gessagem + adubação.

Resultados semelhantes foram reportados por Cravo (1995), que observou que a aplicação de composto de São Paulo aumento os teores de Pb, Sr e Ti, em um solo argiloso; e que teores de Cr só foram detectados em um solo arenoso que, também, apresentou diminuição no teor de V com o aumento da dose de aplicação do composto. O autor verificou que o teor de Pb diminuiu no solo após o segundo cultivo de alface.

Não obstante dos altos teores totais de metais observado no composto empregado no experimento, os teores disponíveis dos metais avaliados não apresentaram aumentos expressivos e que poderiam indicar problemas de toxicidade às plantas e aos animais. E conforme foi discutido por Petruzzelli (1989), a determinação dos teores totais de metais em compostos de resíduo urbano, isoladamente, não se constitui em um bom avaliador do potencial de disponibilidade dos elementos no solo. O mesmo é valido para a análise de totais no solo para caracterização dos níveis de contaminação.

4.3 Efeito da adubação com composto de resíduo urbano sobre as plantas de arroz

4.3.1 Produção de matéria seca

As Tabelas 48, 49 e 50 contém os resultados de produção de matéria seca da parte aérea, de raízes do primeiro cultivo de arroz (IAC 167) e da parte aérea do segundo cultivo. Verificou-se uma forte interação entre solos e tratamentos sobre a produção de matéria seca da planta.

A aplicação de composto com adubo, na ausência ou presença de calcário, promoveu as maiores produções de matéria seca da parte aérea, nos dois cultivos, e de raízes. Todavia, não houve diferenças significativas com os resultados devido à aplicação de calcário + adubo. Excluindo-se, no solo LE-2 (para a matéria seca no primeiro cultivo), nos solos GPH, LE-2 e PV-3 (para a matéria seca de raiz) e nos solos PV-2 e LA-5 (para a matéria seca da parte aérea no segundo cultivo) onde o composto + adubo foi superior. Os tratamentos com composto não diferiram entre si nos solos GPH, AQd, PV-2, LA-5, LE-3, PE e TR-2 quanto à produção de matéria seca da parte aérea no primeiro cultivo. Os tratamentos com composto e composto + calcário foram inferiores à calagem + adubação e superiores ou semelhantes à testemunha. Nos solos alcalinos, a aplicação de composto + gesso, dentre os tratamentos com composto, causou a maior produção de matéria seca da parte aérea, e não diferiu do tratamento com gesso + adubo. A produção de matéria seca de raiz apresentou a mesma tendência de resposta da parte aérea, todavia não houve efeito de tratamentos nos solos ácidos AQd, PE, TR-2, LV-1 e no solo alcalino SS. Em alguns solos a produção de matéria seca de raízes foi semelhante ou mesmo superior à da parte aérea, como no caso dos solos LA-4, PV-3, LRa e AQA.

A produção de matéria seca da parte aérea no segundo cultivo foi modificada de modo semelhante ao primeiro. Todavia, em praticamente todos os solos, houve um efeito mais pronunciado do composto + adubo, em relação ao composto + calagem + adubo e calagem + adubo, e a aplicação de composto sem adubo, com ou sem calagem, não diferiu da testemunha. Entretanto, observou-se tendência do tratamento

Tabela 48. Produção de matéria seca da parte aérea da cultura de arroz em solos adubados composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	835 AB [‡]	1425 A	977 AB	1445 A	583 B	863 AB
AQd	304 B	355 B	403 AB	373 B	937 A	282 B
LUa	796 A	1286 A	17 B	1443 A	1141 A	153 B
LE-1	533 AB	649 AB	310 B	890 A	951 A	187 B
LE-2	190 BC	1200 A	28 C	24 C	506 B	110 BC
LA-1	296 CD	655 BC	42 D	1394 A	1295 AB	430 CD
PV-1	1028 A	49 B	191 B	742 A	1406 A	200 B
LA-2	1288 A	1472 A	529 BC	1119 AB	1176 A	453 C
LA-3	827 ABC	1284 A	621 BC	1213 AB	1397 A	470 C
TR-1	16 C	782 A	203 BC	857 A	642 AB	96 C
LA-4	567 B	1233 A	441 B	19 C	1366 A	23 C
PV-2	1073 A	1264 A	783 AB	1256 A	1052 A	395 B
LA-5	1026 A	1341 A	1058 A	1713 A	1192 A	361 B
PV-3	538 BC	1282 A	476 BC	1407 A	842 AB	137 C
LRa	410 B	1312 A	347 B	1069 A	991 A	169 B
LE-3	819 AB	1401 A	873 AB	1234 A	1269 A	453 B
PE	245 A	599 A	359 A	594 A	636 A	199 A
PV-4	441 BC	1399 A	201 C	1339 A	863 AB	244 C
TR-2	569 AB	491 AB	642 AB	1067 A	1087 A	288 B
AQa	573 BC	1356 A	703 AB	1124 AB	1211 AB	198 C
LV-1	835 AB	1483 A	561 B	1371 A	1378 A	443 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	16 B	939 A	701 A	1307 A	771 A	16 B
CV	176 BC	360 AB	85 CD	515 AB	757 A	27 D
LA-6	510 AB	1153 A	14 C	364 B	682 AB	392 AB
LV-2	258 AB	378 AB	23 C	14 C	677 A	113 B
SS	52 A	25 A	24 A	21 A	52 A	13 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 49. Produção de matéria seca de raiz pela cultura de arroz em solos adubados composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	371 A [‡]	505 A	333 A	524 A	55 B	333 A
AQd	242 A	203 A	305 A	203 A	521 A	229 A
LUa	583 A	668 A	1 B	447 A	563 A	82 B
LE-1	142 AB	139 AB	100 AB	307 AB	382 A	89 B
LE-2	168 BC	716 A	6 C	3 C	275 B	112 BC
LA-1	211 BC	277 B	5 C	905 A	1017 A	441 B
PV-1	674 A	6 C	158 BC	459 AB	792 A	154 BC
LA-2	1020 A	584 ABC	242 C	477 BC	783 AB	400 BC
LA-3	502 AB	567 AB	346 B	648 AB	762 A	373 AB
TR-1	2 D	397 BC	160 CD	1081 A	696 AB	137 CD
LA-4	1040 BC	1158 B	587 C	13 D	1964 A	11 D
PV-2	690 A	542 A	654 A	688 A	523 A	90 B
LA-5	552 A	392 AB	526 A	678 A	542 A	104 B
PV-3	364 BC	1269 A	572 B	1473 A	470 B	145 C
LRa	306 BC	874 A	296 BC	794 A	640 AB	200 C
LE-3	313 AB	664 A	366 AB	516 AB	551 A	198 A
PE	91 A	209 A	168 A	181 A	177 A	157 A
PV-4	256 BC	835 A	84 C	717 A	487 AB	191 BC
TR-2	226 A	107 A	264 A	294 A	326 A	128 A
AQa	971 AB	1008 AB	1529 A	735 BC	1248 AB	483 C
LV-1	744 A	703 A	452 A	732 A	733 A	453 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	2 B	577 A	569 A	775 A	427 A	1 B
CV	61 AB	102 A	18 BC	178 A	246 A	7 C
LA-6	293 AB	631 A	1 C	147 B	360 AB	207 AB
LV-2	95 AB	97 AB	3 D	10 CD	324 A	42 BC
SS	6 A	3 A	2 A	2 A	10 A	1 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 50. Produção de matéria seca da parte aérea da cultura de arroz em solos adubados composto de resíduo urbano, no segundo cultivo.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	197 B [‡]	555 A	345 AB	346 AB	538 A	291 AB
AQd	177 CD	483 AB	123 D	323 BC	664 A	117 D
LUa	470 B	1479 A	190 C	1028 A	1140 A	130 C
LE-1	327 B	1033 A	336 B	724 A	861 A	198 B
LE-2	140 BC	955 A	120 C	1004 A	966 A	334 B
LA-1	387 B	1071 A	271 BC	1045 A	852 A	111 C
PV-1	272 B	1137 A	170 B	890 A	841 A	128 B
LA-2	408 B	1009 A	266 BC	724 A	767 A	130 C
LA-3	386 B	1113 A	370 B	1194 A	935 A	168 B
TR-1	46 B	618 A	168 B	654 A	655 A	86 B
LA-4	216 B	931 A	211 B	625 A	773 A	94 B
PV-2	274 C	1010 A	253 C	670 AB	544 B	138 C
LA-5	512 B	1024 A	546 B	1249 A	571 B	228 C
PV-3	334 B	1067 A	248 B	922 A	854 A	164 B
LRa	313 B	1061 A	211 B	919 A	1012 A	150 B
LE-3	357 BC	850 A	397 B	903 A	794 A	160 C
PE	377 B	1203 A	421 B	1106 A	923 A	200 B
PV-4	365 B	1098 A	243 BC	1016 A	1063 A	105 C
TR-2	412 B	1154 A	317 B	1146 A	1142 A	312 B
AQa	239 B	1123 A	235 B	771 A	1103 A	122 B
LV-1	238 B	939 A	232 B	778 A	836 A	148 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	503 AB	859 A	319 B	853 A	503 AB	72 C
CV	165 ABC	270 AB	151 BC	354 A	318 AB	105 C
LA-6	294 C	618 AB	297 BC	646 A	984 A	204 C
LV-2	193 C	525 AB	303 BC	490 AB	729 A	262 BC
SS	128 B	160 AB	186 AB	177 AB	316 A	97 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

com composto + calcário (nos solos ácido) ou com composto + gesso (nos solos alcalinos) de apresentarem, em alguns solos, uma produção de matéria seca um pouco inferior à testemunha. Tal fato pode ser devido a um desbalanceamento entre os cátions Ca, Mg, K e Na na solução do solo.

No solo SS foi observado as menores produções de matéria seca da parte aérea e de raiz. Este efeito foi devido à alta condutividade elétrica, elevado pH e da alta salinidade, que em parte foram intensificados pela aplicação do composto. No segundo cultivo, este efeito foi minimizado pela aplicação de gesso e adubo, embora as produções observadas ainda tenham sido as menores.

De modo semelhante, alguns autores têm observado que as plantas respondem melhor à aplicação de composto quando há complementação com adubação mineral (Cravo, 1995; Lopes et al., 1996). Outros autores não observaram diferenças significativas entre a aplicação de composto com ou sem adubo (Zen et al., 1994). Rodrigues (1998) relatou produções de matéria seca da parte aérea e de raízes, em experimento de casa de vegetação com micronutrientes em solos da Amazônia, semelhantes às observadas neste trabalho. Mortvedt & Giordano (1975) não observaram redução na produção de matéria seca e nem efeitos fitotóxicos em plantas de milho adubadas com composto contendo altas doses de Zn e de Cr.

Um importante fator controlador de possíveis efeitos negativos ao desenvolvimento das culturas é o período de contato do composto com o solo, ou seja o período de incubação para a estabilização do material orgânico adicionado ao solo. De acordo com Mazur (1997), há a necessidade, independentemente do solo, de um intervalo de tempo entre a aplicação do composto de resíduo urbano e a semeadura, para que os efeitos benéficos do composto possam atuar sobre as plantas, ou então, para que não ocorram efeitos maléficos à nutrição e produção dos vegetais.

Pelos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se aventar que os efeitos negativos na produção do arroz foram muito mais devido às condições químicas desfavoráveis ao bom desenvolvimento das plantas (ex. alta condutividade elétrica, elevado pH, etc.) do que por problemas de fitotoxicidade causada por metais oriundos do composto.

4.3.2 Absorção de macronutrientes e de sódio

O efeito da aplicação de composto de resíduo urbano, na presença ou ausência de calcário e adubo sobre a absorção de nitrogênio, fósforo, enxofre, potássio, cálcio, magnésio e sódio são apresentados nas Tabelas 51, 52, 53, 54, 55, 56 e 57, respectivamente.

Foi verificado que, para os tratamentos com composto, houve um aumento significativo na absorção de N, P, S, K, Ca e Mg devido à aplicação do composto com adubo, na presença ou ausência de calcário nos solos ácidos, e devido à aplicação de composto com adubo, na presença ou ausência de gesso, nos solos alcalinos. Todavia, a aplicação de calcário com adubo mineral, nos solos ácidos, ou de gesso com adubo, nos solos alcalinos, promoveu resultados semelhantes. Os tratamentos com composto e com composto + calagem, nos solos ácidos, ou com composto e com composto + gesso, nos solos alcalinos, geralmente não diferiram da testemunha.

A absorção de sódio pelas plantas de arroz, de um modo geral, foram superiores devido à aplicação de composto + calcário e composto + calcário + adubo, embora em um grande parte dos solos ácidos, não tenha havido diferenças entre os diferentes modos de aplicação de composto. Embora se esperasse maior absorção de Na pelas plantas devido à aplicação do composto, cuja a análise revelou conter altos teores de Na, o tratamento com calcário + adubo promoveu resultado praticamente semelhante, indicando que há um certo equilíbrio entre as bases trocáveis presentes no composto.

Cravo (1995) verificou aumentou na absorção de K, diminuição de Mg e ausência sobre os outros macronutrientes em alface adubada com composto de São Paulo, e Lopes et al. (1996) relataram o aumento da absorção de nitrogênio em plantas de caupi devido à adubação com composto e baixas doses de nitrogênio.

Tabela 51. Absorção de nitrogênio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	11,44 B [‡]	22,20 A	15,11 AB	18,99 AB	18,02 AB	12,58 B
AQd	4,01 B	6,81 AB	5,01 B	7,79 AB	11,57 A	2,74 B
LUa	15,33 B	23,08 AB	0,67 C	27,04 A	18,21 AB	4,03 C
LE-1	10,62 AB	13,84 AB	6,96 B	16,20 A	14,11 A	1,82 C
LE-2	3,42 B	16,72 A	1,12 B	0,82 B	10,24 A	2,19 B
LA-1	6,47 B	14,47 A	0,93 C	18,43 A	16,92 A	11,62 AB
PV-1	13,66 AB	1,51 C	3,59 C	12,36 B	21,46 A	5,07 C
LA-2	16,92 B	30,00 A	9,60 B	15,73 B	12,73 B	14,70 B
LA-3	9,44 BCD	17,30 A	8,25 CD	14,13 ABC	16,57 AB	6,34 D
TR-1	0,32 C	9,80 A	2,44 BC	10,74 A	6,37 AB	1,23 C
LA-4	6,22 B	14,75 A	5,87 B	0,66 C	17,52 A	0,84 C
PV-2	14,65 AB	22,12 A	9,44 BC	21,28 A	20,55 A	6,74 C
LA-5	15,13 CD	30,84 AB	21,06 BC	33,19 A	27,59 AB	10,36 D
PV-3	7,52 B	18,58 A	7,44 BC	20,27 A	16,12 A	2,34 C
LRa	4,48 BC	13,43 A	4,13 BC	12,81 A	9,61 AB	1,51 C
LE-3	9,72 BC	17,51 AB	9,84 BC	17,97 A	14,57 AB	6,88 C
PE	4,12 BC	10,97 A	4,45 BC	8,29 AB	14,08 A	1,99 C
PV-4	5,27 BC	16,94 A	2,26 C	15,54 A	10,52 AB	3,82 C
TR-2	12,10 BC	13,81 B	12,14 BC	23,42 A	23,78 A	6,69 C
AQa	9,34 B	18,41 A	8,31 B	15,74 AB	14,46 AB	2,40 C
LV-1	10,67 BC	20,99 A	7,12 C	19,60 A	16,89 AB	5,54 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,53 B	14,31 A	6,55 A	13,17 A	8,72 A	0,59 B
CV	3,32 BC	8,94 AB	2,10 CD	11,58 A	11,97 A	0,74 D
LA-6	7,42 AB	15,72 A	0,22 C	9,27 AB	9,35 AB	5,52 B
LV-2	6,43 AB	10,31 A	0,74 C	0,32 C	13,67 A	3,04 B
SS	1,29 A	0,59 A	0,73 A	0,61 A	1,23 A	0,48 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 52. Absorção de fósforo pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	1,76 B [†]	4,32 A	1,49 B	4,00 A	1,81 B	1,56 B
AQd	0,64 B	1,30 B	0,83 B	0,99 B	9,9 A	0,77 B
LUa	1,09 B	2,95 A	0,03 C	2,77 A	3,16 A	0,08 C
LE-1	1,33 BC	1,02 BC	0,68 CD	2,25 AB	3,21 A	0,20 D
LE-2	0,18 B	2,10 A	0,09 B	0,13 B	1,12 A	0,03 B
LA-1	0,46 C	2,18 B	0,10 D	3,04 AB	4,90 A	0,35 CD
PV-1	1,06 B	0,27 C	0,25 C	1,51 B	3,70 A	0,15 C
LA-2	1,80 B	4,49 A	0,55 C	2,76 AB	4,69 A	0,32 C
LA-3	1,13 B	3,59 A	0,96 B	3,34 A	5,10 A	0,27 C
TR-1	0,08 CD	1,38 A	0,30 BC	1,32 A	0,91 AB	0,04 D
LA-4	0,68 B	2,98 A	0,49 BC	0,14 CD	4,71 A	0,06 D
PV-2	1,14 B	3,58 A	1,07 B	3,03 A	4,43 A	0,32 C
LA-5	1,40 B	3,79 A	1,33 B	4,91 A	3,38 A	0,58 B
PV-3	0,66 BC	2,38 A	0,52 C	1,68 AB	1,69 A	0,09 D
LRa	0,67 B	2,70 A	0,42 BC	1,96 A	1,72 A	0,10 C
LE-3	2,86 AB	4,49 A	2,13 BC	3,22 AB	4,16 AB	1,21 C
PE	0,36 BC	1,43 A	0,41 BC	1,02 AB	1,95 A	0,11 C
PV-4	0,67 B	4,10 A	0,20 B	3,13 A	2,18 A	0,28 B
TR-2	0,69 CD	1,22 BC	0,80 C	2,81 A	2,28 AB	0,23 D
AQa	0,95 C	3,32 AB	0,92 C	2,49 B	5,57 A	0,22 D
LV-1	1,75 AB	3,29 A	0,85 BC	2,77 A	2,82 A	0,31 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,10 B	1,45 A	0,86 A	1,98 A	2,07 A	0,10 B
CV	0,11 B	0,61 A	0,09 B	0,65 A	1,08 A	0,06 B
LA-6	0,40 B	1,61 A	0,05 C	0,69 AB	1,53 A	0,44 B
LV-2	0,47 B	0,86 AB	0,05 D	0,08 D	1,40 A	0,18 C
SS	0,07 AB	0,09 A	0,07 AB	0,08 A	0,11 A	0,03 C

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 53. Absorção de enxofre pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	2,12 B [‡]	4,78 A	2,38 AB	4,59 A	2,44 AB	2,02 B
AQd	0,69 BC	1,55 ABC	0,91 BC	1,73 AB	2,97 A	0,52 C
LUa	2,48 B	9,09 A	0,10 C	4,96 B	4,29 B	0,33 C
LE-1	2,04 AB	1,81 AB	0,87 BC	3,63 A	3,37 A	0,20 C
LE-2	0,60 B	3,76 A	0,22 B	0,20 B	1,88 A	0,18 B
LA-1	0,72 DE	2,53 BC	0,21 E	4,40 AB	5,39 A	1,69 CD
PV-1	3,06 A	0,24 B	0,53 B	2,83 A	5,26 A	0,66 B
LA-2	3,84 ABC	5,82 A	2,04 C	4,38 AB	4,57 A	2,14 BC
LA-3	1,99 BC	4,31 A	1,51 C	4,12 AB	4,74 A	1,08 C
TR-1	0,07 C	2,29 A	0,46 BC	2,24 A	1,20 AB	0,11 C
LA-4	1,27 B	3,69 A	1,18 B	0,25 C	4,57 A	0,09 C
PV-2	2,89 BC	3,96 AB	2,03 BC	4,24 AB	5,75 A	1,32 C
LA-5	2,81 CD	6,41 A	3,18 BC	6,04 AB	5,31 ABC	1,28 D
PV-3	1,11 CD	3,88 A	1,30 BC	4,11 A	3,06 AB	0,31 D
LRa	0,79 B	3,85 A	0,80 B	4,40 A	2,43 A	0,27 B
LE-3	2,51 AB	3,99 A	1,86 AB	3,64 AB	3,18 AB	1,63 B
PE	0,67 BC	2,12 A	0,72 BC	1,59 AB	2,70 A	0,36 C
PV-4	1,07 BC	4,29 A	0,40 C	4,27 A	2,45 AB	0,90 C
TR-2	1,50 CD	2,39 ABC	1,96 BCD	4,85 A	3,95 AB	0,87 D
AQa	1,73 BC	4,18 A	1,62 BC	3,50 AB	3,61 AB	0,60 C
LV-1	2,34 AB	4,51 A	1,25 B	3,86 A	3,94 A	1,33 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,08 C	2,39 AB	1,10 B	3,01 A	1,92 AB	0,08 C
CV	0,41 B	1,30 A	0,26 BC	1,38 A	2,40 A	0,11 C
LA-6	0,78 BC	3,00 A	0,06 D	1,88 AB	3,14 A	0,54 C
LV-2	0,76 BC	1,73 AB	0,48 CD	0,16 D	3,27 A	0,24 D
SS	0,32 AB	0,42 A	0,33 A	0,45 A	0,76 A	0,11 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 54. Absorção de potássio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	28,00 B [‡]	46,37 A	31,53 AB	46,86 A	18,83 B	25,26 B
AQd	9,73 AB	13,27 AB	13,87 AB	10,26 AB	18,52 A	5,42 B
LUa	24,02 AB	38,36 A	0,03 C	38,67 A	10,30 BC	2,64 C
LE-1	21,37 AB	14,40 BC	10,18 BC	32,12 A	23,30 AB	4,61 C
LE-2	5,72 B	29,89 A	0,76 B	0,90 B	9,23 B	1,86 B
LA-1	7,85 CD	21,50 AB	1,71 CD	36,09 A	12,49 BC	0,54 D
PV-1	24,63 A	1,89 C	7,21 BC	19,33 AB	7,86 BC	2,16 C
LA-2	25,25 BC	42,07 A	9,85 D	29,22 AB	12,22 CD	2,19 D
LA-3	24,39 AB	39,58 A	20,06 BC	30,89 AB	17,82 BC	7,26 C
TR-1	0,62 C	20,59 AB	6,26 C	31,83 A	9,99 BC	1,68 C
LA-4	19,45 B	38,38 A	16,26 B	0,93 C	26,08 AB	0,93 C
PV-2	29,68 ABC	40,82 A	23,99 BC	39,60 AB	21,00 C	5,98 D
LA-5	33,03 B	39,17 AB	36,49 AB	53,14 A	36,61 AB	10,15 C
PV-3	16,04 BC	38,04 A	15,63 BC	40,82 A	20,26 B	4,16 C
LRa	12,09 B	35,01 A	11,41 B	32,44 A	14,42 B	3,47 B
LE-3	25,63 BC	46,60 A	25,63 BC	36,01 AB	32,69 AB	14,74 C
PE	7,63 AB	18,11 A	9,31 AB	14,25 AB	16,85 A	2,50 B
PV-4	13,59 B	37,05 A	6,98 B	34,92 A	10,08 B	1,90 B
TR-2	18,35 BC	18,80 BC	23,98 B	41,80 A	32,23 AB	9,12 C
AQa	15,75 B	36,81 A	21,74 AB	32,80 A	13,60 BC	2,39 C
LV-1	24,30 AB	40,16 A	16,96 BC	34,04 A	16,59 BC	6,37 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,82 B	24,89 A	13,52 A	35,32 A	17,19 A	0,93 B
CV	4,45 BCD	8,14 ABC	1,93 CD	13,11 AB	21,74 A	1,24 D
LA-6	12,20 B	42,82 A	0,51 C	10,22 B	16,36 AB	13,23 AB
LV-2	10,27 AB	15,88 A	0,05 D	0,70 C	24,89 A	3,78 B
SS	0,80 A	0,52 A	0,55 A	0,40 AB	0,71 A	0,06 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 55. Absorção de cálcio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	3,61 B [‡]	7,04 AB	4,76 AB	7,55 A	3,96 AB	4,51 AB
AQd	1,60 B	2,51 B	2,01 B	2,73 B	7,21 A	1,75 B
LUa	4,27 B	7,46 AB	0,32 C	8,51 A	9,50 A	0,41 C
LE-1	2,94 AB	2,22 ABC	1,39 BC	4,80 A	5,06 A	0,64 C
LE-2	1,06 B	6,34 A	0,57 B	0,52 B	3,73 A	0,21 B
LA-1	1,89 CD	4,03 BC	0,31 E	8,02 AB	8,96 A	1,54 D
PV-1	5,80 AB	0,55 C	0,97 C	5,64 B	10,51 A	1,13 C
LA-2	6,63 A	7,51 A	2,88 B	6,75 A	8,08 A	1,39 B
LA-3	3,74 BC	6,88 AB	2,94 C	7,10 AB	8,55 A	2,10 C
TR-1	0,12 D	3,57 A	1,06 BC	3,83 A	3,14 AB	0,27 CD
LA-4	2,82 B	7,32 A	2,37 B	0,36 C	8,53 A	0,23 C
PV-2	5,94 A	7,36 A	4,19 AB	7,32 A	5,98 A	1,82 B
LA-5	4,48 B	7,84 AB	5,13 AB	9,18 A	6,20 AB	1,56 C
PV-3	2,34 B	6,85 A	2,50 B	7,07 A	4,80 AB	0,62 C
LRa	1,71 B	7,66 A	1,68 B	6,58 A	5,59 A	0,59 B
LE-3	3,76 AB	6,79 A	4,10 AB	6,54 A	6,49 A	1,94 B
PE	1,44 BC	4,54 A	2,01 ABC	3,53 AB	4,61 A	1,06 C
PV-4	2,38 BC	8,74 A	1,09 C	8,13 A	5,05 AB	1,50 C
TR-2	2,41 CD	4,29 ABC	2,81 BCD	6,57 A	6,00 AB	1,56 D
AQa	3,45 B	6,65 AB	3,41 B	6,08 AB	7,19 A	0,96 C
LV-1	4,31 AB	6,75 A	2,42 BC	6,92 A	7,23 A	1,65 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,19 B	4,63 A	2,48 A	6,02 A	3,35 A	0,15 B
CV	1,36 BC	3,12 AB	0,87 CD	4,09 A	6,39 A	0,53 D
LA-6	1,65 B	6,62 A	0,27 C	3,15 AB	4,31 AB	1,66 B
LV-2	1,64 B	2,80 AB	0,50 C	0,29 C	4,96 A	0,51 C
SS	0,24 AB	0,33 A	0,23 AB	0,36 A	0,32 A	0,13 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 56. Absorção de magnésio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	3,18 A [‡]	6,11 A	4,19 A	6,30 A	3,79 A	4,08 A
AQd	1,73 B	2,14 B	2,22 B	2,05 B	6,66 A	2,09 B
LUa	3,86 B	7,43 AB	0,07 C	9,84 A	11,88 A	0,25 C
LE-1	3,39 AB	2,15 ABC	1,29 BC	4,16 A	5,09 A	0,62 C
LE-2	0,65 B	5,29 A	0,25 B	0,20 B	4,29 A	0,14 B
LA-1	1,32 BC	3,24 B	0,23 C	7,96 A	11,43 A	2,20 B
PV-1	5,80 AB	0,28 C	0,74 C	4,27 B	10,61 A	0,86 C
LA-2	9,07 A	10,84 A	2,69 B	7,23 A	10,25	2,19 B
LA-3	3,80 BC	6,10 AB	2,96 BC	6,13 AB	8,34 A	1,82 C
TR-1	0,08 B	3,26 A	0,74 B	3,63 A	3,08 A	0,20 B
LA-4	2,20 BC	5,35 AB	1,86 C	0,11 D	7,18 A	0,10 D
PV-2	5,49 A	6,53 A	3,90 AB	6,60 A	6,01 A	1,43 B
LA-5	3,88 BC	7,92 AB	4,81 AB	9,41 A	6,44 AB	1,47 C
PV-3	2,11 C	5,59 AB	2,41 BC	6,48 A	6,03 A	0,35 D
LRa	1,45 B	6,08 A	1,35 B	6,29 A	5,19 A	0,56 B
LE-3	4,72 AB	6,91 A	4,98 AB	7,59 A	7,75 A	2,76 B
PE	1,02 C	3,52 AB	1,37 BC	2,49 ABC	5,41 A	0,83 C
PV-4	1,78 BC	6,87 A	0,71 C	7,37 A	4,50 AB	1,61 C
TR-2	2,32 C	3,10 BC	2,98 BC	6,09 AB	7,25 A	1,01 C
AQa	3,15 B	6,10 AB	3,80 AB	5,49 AB	7,40 A	0,71 C
LV-1	4,91 AB	7,42 A	2,76 BC	8,36 A	9,20 A	1,69 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,12 B	2,85 A	1,24 A	3,39 A	2,26 A	0,10 B
CV	0,44 BC	1,44 AB	0,26 CD	1,60 A	3,41 A	0,12 D
LA-6	1,13 B	4,14 A	0,09 C	1,51 AB	2,67 AB	1,33 AB
LV-2	1,13 A	1,94 A	0,18 B	0,12 B	3,34 A	0,34 B
SS	0,23 A	0,29 A	0,23 A	0,24 A	0,29 A	0,11 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

4.3.3 Absorção de micronutrientes

Os valores de absorção de boro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel e zinco pelas plantas de arroz cultivadas em solos adubados com composto de resíduo urbano, na presença ou ausência de calcário e adubo, são apresentados nas Tabelas 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64 e 65, respectivamente.

De modo semelhante ao que foi verificado para os macronutrientes, dentre os tratamentos com composto, os tratamentos com composto + adubo, na presença ou ausência de calcário (nos solos ácidos), e os tratamentos com composto + adubo, na presença ou ausência de gesso (nos solos alcalinos) promoveram aumentos na absorção de B, Co, Fe, Mo, Ni e Zn, e não diferiram da calagem + adubação ou da gessagem + adubação, respectivamente. Observou-se que, no solo LA-5, houve uma absorção de Mn bem superior aos níveis considerados tóxicos à cultura do arroz.

A absorção de Mn apresentou um padrão distinto dos demais micronutrientes. Assim, diferentemente do que tem sido observado entre os modos de aplicação do composto, verificou-se que os tratamentos com composto e com composto + adubo causaram uma maior absorção de Mn pelas plantas de arroz. Porém, também não diferiram da aplicação de calcário + adubo. O tratamento com composto + calagem levou à diminuição da absorção de Mn nos solos GPH, LUa, LE-1, LA-1, PV-1, PV-2, LA-5, PV-4 e LV-1.

Nos solos alcalinos foi evidenciado um padrão diferente para cada solo. Assim, houve um aumento na absorção de Mn no solo CL devido ao composto + adubo e composto + gesso; no CL houve aumento em todos os tratamentos com composto; no LA-6 houve diminuição devido ao composto + gesso; no LA-2 houve aumento devido ao composto isoladamente; e no SS houve aumento devido ao composto e composto + gesso. Ressalva-se, porém que em todos os solos não houve diferença entre estes tratamentos e a aplicação de gesso + adubo.

Tabela 57. Absorção de sódio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	0,39 A [‡]	0,97 A	0,72 A	1,01 A	0,45 A	0,59 A
AQd	0,61 A	0,36 A	0,66 A	0,65 A	0,38 A	0,23 A
LUa	1,57 A	2,56 A	0,04 B	1,86 A	0,97 A	0,10 B
LE-1	0,49 A	0,38 AB	0,39 AB	0,83 A	0,14 BC	0,08 C
LE-2	0,60 AB	1,29 A	0,25 BC	0,21 BC	0,23 BC	0,09 C
LA-1	0,63 AB	0,93 A	0,21 B	1,62 A	1,03 A	1,15 A
PV-1	2,44 A	0,16 D	0,24 CD	0,69 BC	1,33 AB	0,19 D
LA-2	4,43 A	1,84 AB	2,20 AB	1,23 B	1,09 B	1,31 B
LA-3	0,74 A	0,77 A	0,83 A	0,68 AB	0,72 AB	0,24 B
TR-1	0,10 BC	0,38 A	0,25 AB	0,50 A	0,31 AB	0,03 C
LA-4	0,57 A	0,63 A	0,42 A	0,23 A	0,32 A	0,05 B
PV-2	0,57 AB	1,21 A	0,52 AB	1,28 A	0,59 AB	0,32 B
LA-5	0,53 A	0,73 A	0,77 A	1,21 A	0,51 A	0,15 B
PV-3	0,57 AB	0,80 A	0,42 AB	0,67 A	0,18 B	0,05 C
LRa	0,36 A	0,69 A	0,44 A	0,54 A	0,33 A	0,08 B
LE-3	0,70 A	0,82 A	0,81 A	0,94 A	0,22 B	0,04 C
PE	0,50 ABC	1,27 A	0,38 BC	0,71 AB	0,21 C	0,22 C
PV-4	0,61 AB	0,96 A	0,26 B	0,75 AB	0,37 AB	0,27 B
TR-2	0,46 A	1,05 A	0,54 A	0,82 A	0,89 A	0,10 B
AQa	0,73 A	1,55 A	0,97 A	1,06 A	1,48 A	1,36 A
LV-1	0,93 A	1,30 A	0,61 A	1,10 A	1,22 A	0,48 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	0,07 CD	0,26 AB	0,16 ABC	0,38 A	0,14 BC	0,04 D
CV	0,33 A	0,37 A	0,16 A	0,35 A	0,20 A	0,04 B
LA-6	0,23 BC	0,63 A	0,12 C	0,43 AB	0,31 AB	0,03 D
LV-2	0,43 AB	0,54 A	0,33 ABC	0,13 CD	0,21 BC	0,05 D
SS	1,63 A	1,77 A	1,56 A	1,32 A	1,70 A	0,42 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 58. Absorção de boro pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	6,46 A [†]	10,93 A	6,88 A	12,81 A	6,45 A	5,94 A
AQd	5,07 B	7,25 AB	6,00 B	7,06 AB	14,18 A	4,49 B
LUa	7,27 B	13,31 AB	0,35 D	13,60 AB	21,39 A	2,15 C
LE-1	4,82 BC	4,06 C	2,39 C	10,57 AB	12,88 A	1,61 C
LE-2	2,74 B	14,36 A	0,59 C	1,83 BC	7,82 A	0,75 BC
LA-1	4,77 CD	11,30 AB	2,16 D	14,06 AB	19,28 A	8,06 BC
PV-1	13,33 A	2,28 B	3,86 B	11,56 A	13,77 A	2,75 B
LA-2	13,31 ABC	16,02 AB	6,27 C	14,08 AB	17,72 A	8,43 BC
LA-3	5,58 B	10,27 AB	10,56 AB	16,51 A	16,15 A	5,29 B
TR-1	1,59 C	7,76 A	2,89 BC	10,43 A	5,68 AB	1,26 C
LA-4	6,07 BC	11,80 AB	4,36 CD	1,82 DE	13,65 A	0,55 E
PV-2	8,26 BC	14,61 AB	4,02 C	8,93 BC	18,05 A	6,82 C
LA-5	9,95 AB	18,82 A	5,48 B	17,28 A	13,89 A	6,44 B
PV-3	4,23 BC	11,27 A	6,62 AB	13,20 A	9,26 AB	1,73 C
LRa	4,02 BC	12,45 A	4,49 BC	7,89 AB	8,63 AB	2,32 C
LE-3	6,75 C	11,42 ABC	9,47 BC	15,74 AB	21,24 A	6,05 C
PE	2,63 C	7,80 AB	3,17 BC	4,93 ABC	8,06 A	1,85 C
PV-4	7,37 BC	20,48 A	1,98 D	13,72 AB	9,68 BC	4,13 CD
TR-2	4,42 B	8,40 AB	4,66 AB	9,13 AB	10,33 A	4,31 B
AQa	5,55 BC	11,95 AB	5,22 C	13,21 A	9,11 ABC	4,18 C
LV-1	9,50 ABC	13,34 AB	6,21 BC	15,73 A	16,88 A	4,95 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,96 D	5,66 AB	2,55 BC	6,82 A	3,84 AB	1,36 CD
CV	1,87 BC	6,48 A	1,36 C	3,95 AB	6,51 A	1,37 C
LA-6	2,50 BC	10,49 A	1,29 C	4,87 AB	4,76 AB	2,41 BC
LV-2	4,22 A	4,50 A	0,94 B	1,21 B	7,00 A	1,46 B
SS	1,41 A	1,39 A	1,04 A	1,34 A	1,35 A	0,5 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 59. Absorção de cobalto pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	0,11 A [‡]	0,14 A	0,08 A	0,15 A	0,17 A	0,07 A
AQd	0,03 B	0,07 AB	0,10 A	0,05 AB	0,10 A	0,04 AB
LUa	0,11 BC	0,12 BC	0,01 D	0,25 AB	0,37 A	0,05 C
LE-1	0,07 B	0,07 B	0,07 B	0,26 A	0,30 A	0,02 C
LE-2	0,02 BC	0,11 A	0,01 CD	0,01 CD	0,07 AB	0,00 D
LA-1	0,07 BC	0,20 A	0,00 D	0,16 AB	0,16 AB	0,02 C
PV-1	0,26 A	0,02 B	0,03 B	0,16 A	0,13 A	0,03 B
LA-2	0,07 B	0,18 AB	0,10 B	0,29 A	0,36 A	0,11 B
LA-3	0,09 BC	0,15 AB	0,09 BC	0,35 A	0,22 AB	0,05 C
TR-1	0,01 C	0,18 A	0,07 B	0,25 A	0,19 A	0,01 C
LA-4	0,06 A	0,08 A	0,05 A	0,01 B	0,08 A	0,01 B
PV-2	0,10 C	0,26 AB	0,13 ABC	0,12 BC	0,28 A	0,08 C
LA-5	0,31 A	0,27 A	0,11 BC	0,17 AB	0,20 AB	0,04 C
PV-3	0,03 C	0,08 BC	0,03 C	0,22 A	0,10 AB	0,03 C
LRa	0,06 B	0,18 A	0,07 AB	0,11 AB	0,13 AB	0,01 C
LE-3	0,10 AB	0,08 AB	0,07 B	0,13 AB	0,18 A	0,07 B
PE	0,04 B	0,13 A	0,04 B	0,05 B	0,07 AB	0,02 B
PV-4	0,10 B	0,42 A	0,02 C	0,05 BC	0,06 B	0,04 BC
TR-2	0,07 AB	0,12 A	0,08 AB	0,09 AB	0,13 A	0,04 B
AQa	0,02 B	0,12 A	0,07 AB	0,12 A	0,10 A	0,03 B
LV-1	0,01 C	0,06 AB	0,04 ABC	0,02 BC	0,08 A	0,04 ABC

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	0,00 B	0,06 A	0,05 A	0,10 A	0,11 A	0,00 B
CV	0,05 BC	0,11 AB	0,03 CD	0,15 A	0,21 A	0,01 D
LA-6	0,08 A	0,17 A	0,01 B	0,09 A	0,14 A	0,07 A
LV-2	0,06 B	0,07 AB	0,01 C	0,01 C	0,16 A	0,02 C
SS	0,01 AB	0,02 A	0,01 A	0,03 A	0,02 A	0,01 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 60. Absorção de cobre pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	14,72 A [‡]	18,50 A	14,27 A	18,20 A	12,32 A	15,72 A
AQd	4,43 AB	5,03 AB	5,87 AB	5,45 AB	6,44 A	1,84 B
LUa	13,07 A	16,63 A	0,27 B	22,44 A	13,31 A	1,61 B
LE-1	11,53 AB	10,25 AB	6,06 BC	18,22 A	15,81 A	2,37 C
LE-2	2,77 B	12,53 A	0,98 BC	0,79 BC	3,90 B	0,25 C
LA-1	5,21 B	11,07 AB	0,97 C	17,35 A	13,20 A	5,33 B
PV-1	16,23 A	1,27 C	3,95 BC	10,38 AB	11,53 A	2,21 C
LA-2	18,63 AB	27,42 A	9,04 BCD	15,86 ABC	8,59 CD	3,40 D
LA-3	9,81 A	10,08 A	9,76 A	11,95 A	6,90 AB	3,22 B
TR-1	0,51 D	11,81 A	3,53 BC	12,33 A	7,59 AB	1,53 CD
LA-4	6,59 A	12,43 A	7,58 A	0,59 B	10,36 A	0,35 B
PV-2	14,46 A	22,49 A	12,64 AB	18,72 A	13,59 A	5,43 B
LA-5	14,07 A	21,66 A	15,59 A	21,02 A	15,02 A	4,66 B
PV-3	5,06 A	10,54 A	6,66 A	11,39 A	5,58 A	0,92 B
LRa	7,48 B	18,44 A	7,41 B	18,96 A	9,81 AB	2,12 C
LE-3	8,96 AB	12,71 A	8,07 AB	12,45 A	9,39 AB	4,08 B
PE	4,34 AB	9,77 A	5,51 AB	6,50 AB	7,80 A	2,13 B
PV-4	6,67 BC	16,07 A	2,55 C	12,45 AB	4,41 C	3,12 C
TR-2	9,91 AB	10,87 AB	11,06 AB	20,15 A	14,91 A	5,27 B
AQa	8,81 A	13,69 A	10,79 A	10,88 A	5,83 A	1,43 B
LV-1	10,52 AB	15,11 A	6,73 ABC	13,52 AB	6,28 BC	3,09 C

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,45 B	7,17 A	3,60 A	8,05 A	6,07 A	0,44 B
CV	1,83 BC	3,98 AB	0,97 CD	4,54 A	4,89 A	0,39 D
LA-6	4,97 AB	10,98 A	0,41 C	5,50 AB	6,93 A	3,41 B
LV-2	5,02 A	5,07 A	0,41 C	0,44 C	7,86 A	1,25 B
SS	0,85 A	0,74 A	0,66 A	0,62 A	0,72 A	0,21 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 61. Absorção de ferro pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	66,9 B [‡]	176,6 A	94,7 AB	139,4 AB	62,7 B	75,5 AB
AQd	30,8 A	29,0 A	54,7 A	30,0 A	88,5 A	36,6 A
LUa	103,1 A	195,2 A	8,5 B	183,8 A	136,6 A	18,2 B
LE-1	77,8 ABC	29,4 BC	34,9 BC	89,7 AB	106,8 A	27,2 C
LE-2	32,2 BC	134,2 A	9,0 C	10,3 C	77,2 AB	16,4 C
LA-1	45,8 CD	76,2 BC	11,9 D	153,3 AB	257,3 A	143,2 AB
PV-1	177,5 A	10,2 C	33,8 C	109,7 AB	176,3 A	42,1 BC
LA-2	204,9 A	203,4 A	83,8 B	132,9 AB	156,0 AB	107,3 AB
LA-3	83,1 A	118,7 A	78,3 A	125,3 A	138,9 A	69,8 A
TR-1	17,4 B	124,6 A	22,8 B	103,0 A	97,4 A	13,5 B
LA-4	61,4 B	118,8 AB	62,4 B	5,6 C	172,8 A	4,7 C
PV-2	89,2 A	116,3 A	63,2 A	96,6 A	102,8 A	60,1 A
LA-5	96,0 AB	157,8 A	82,4 AB	162,5 A	128,1 A	41,8 B
PV-3	62,0 B	126,1 AB	65,2 B	186,9 A	95,4 AB	16,6 C
LRa	60,8 ABC	145,2 A	54,8 BC	111,9 AB	151,1 A	21,2 C
LE-3	98,7 BC	159,9 AB	221,3 AB	244,5 A	190,4 AB	54,2 C
PE	30,9 A	73,2 A	43,8 A	36,4 A	72,6 A	30,5 A
PV-4	68,9 BC	133,9 AB	29,3 C	235,9 A	68,0 BC	30,6 C
TR-2	60,8 AB	64,7 AB	82,6 AB	130,4 A	108,0 A	35,8 B
AQa	89,0 AB	157,3 A	84,0 AB	106,9 A	126,6 A	33,3 B
LV-1	104,3 AB	159,3 A	69,0 AB	140,6 A	145,8 A	47,4 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	6,6 B	45,6 A	27,8 A	67,3 A	50,4 A	5,6 B
CV	11,1 B	40,8 A	7,3 B	29,6 A	54,3 A	5,9 B
LA-6	19,0 B	81,8 A	5,3 C	40,8 AB	67,2 A	19,5 B
LV-2	22,1 A	26,8 A	3,5 B	5,5 B	32,7 A	6,7 B
SS	8,7 A	14,7 A	13,1 A	6,5 A	13,5 A	7,7 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 62. Absorção de manganês pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	342,8 C [‡]	954,2 B	218,8 C	1117,1 B	2837,6 A	1328,9 AB
AQd	130,6 AB	39,4 B	170,7 AB	44,9 B	389,3 A	159,0 AB
LUa	466,9 AB	1082,7 A	2,3 C	354,3 B	407,4 B	488,4 AB
LE-1	62,8 BC	52,1 C	45,8 C	153,1 BC	1532,1 A	225,3 B
LE-2	222,4 AB	586,0 A	55,5 BC	35,2 C	354,1 A	78, BC
LA-1	423,9 A	748,0 A	9,4 B	435,9 A	851,7 A	620,0 A
PV-1	869,3 A	118,1 BC	41,4 C	204,9 B	1292,7 A	819,9 A
LA-2	763,3 AB	1200,8 A	187,5 C	374,6 BC	1008,5 AB	395,2 BC
LA-3	408,8 ABC	172,0 C	302,7 BC	188,5 C	865,2 A	788,8 AB
TR-1	7,9 D	419,5 AB	186,7 BC	594,1 A	777,6 A	114,7 C
LA-4	358,7 B	330,3 B	184,1 BC	6,0 D	2568,0 A	49,4 C
PV-2	694,7 CD	1282,4 BC	451,6 D	357,6 D	5774,1 A	2514,0 B
LA-5	2277,4 C	8174,4 A	717,3 D	4290,9 BC	7287,3 AB	2833,2 C
PV-3	703,4 A	718,4 A	453,5 A	477,4 A	311,8 A	307,4 A
LRa	873,6 A	602,6 A	499,8 AB	175,4 B	662,6 A	427,7 AB
LE-3	1071,1 A	573,2 AB	934,9 A	245,1 B	1109,2 A	1015,8 A
PE	221,5 A	284,7 A	283,2 A	176,7 A	298,8 A	323,2 A
PV-4	613,2 AB	364,3 AB	84,6 C	239,7 BC	658,1 AB	920,8 A
TR-2	130,2 BC	90,3 C	130,2 BC	166,5 BC	917,3 A	416,0 AB
AQa	203,3 AB	390,0 A	171,4 AB	107,1 B	350,0 AB	123,8 AB
LV-1	830,7 A	777,2 A	248,1 B	179,2 B	1176,0 A	1153,2 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	1,3 B	54,2 A	126,5 A	106,2 A	157,5 A	1,4 B
CV	24,2 AB	31,4 AB	13,7 B	45,9 AB	57,4 A	3,7 C
LA-6	74,9 A	129,8 A	2,3 B	32,8 A	77,9 A	40,1 A
LV-2	76,8 A	26,3 AB	3,7 CD	1,6 D	49,8 A	7,3 BC
SS	6,0 A	2,3 AB	4,0 A	2,2 AB	2,9 AB	1,3 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

4.3.4 Absorção de metais

A absorção de bário pelas plantas de arroz foi bastante variável com o solo (Tabela 66). Nos solos ácidos, não houve efeito de tratamentos nos solos LE-1, LE-3, PE e LV-1. A aplicação de calcário + adubo promoveu a maior absorção deste elemento em todos os solos, excluindo-se o solo GPH, onde a absorção neste tratamento foi inferior a todos os outros. Os diferentes tratamentos com composto tenderam a não diferirem entre si. Nos solos alcalinos, a aplicação de composto com adubo não diferiu do gesso + adubo e, geralmente conduziram a uma maior absorção de Ba pelas plantas.

Os dos tratamentos, praticamente não diferiram entre si, quantos a absorção de cádmio, cromo, chumbo e estrôncio (Tabelas 67, 68, 69 e 70), que foram maiores nos tratamentos com composto + adubo, composto + calcário e calcário + adubo, nos solos ácidos e; nos tratamentos composto + adubo composto + gesso + adubo e gesso + adubo, solos ácidos (exceto no solo LV-2, onde o composto + gesso + adubo diminuiu a absorção dos respectivos metais).

A absorção de titânio pelas plantas de arroz (Tabela 71), praticamente não diferiu dos outros elementos, mas mostrou que os tratamentos com composto e composto + gesso apresentaram pequenas diferenças com os tratamentos composto + adubo e composto + gesso + adubo. Nos solos alcalinos foram observados efeitos semelhantes aos do Cd, Cr, Pb e Sr.

Resultados semelhantes foram relatados por Gigliotti et al. (1996). Estes autores observaram que plantas de milho crescidas em solos tratados com composto de resíduo urbano durante seis anos, apresentaram uma maior absorção de Cu, Zn, Pb, Cr e de Ni, do que as testemunhas. Porém, devido ao maior desenvolvimento das plantas tratadas com o composto, as concentrações destes elementos nas plantas tratadas e não tratadas praticamente não diferiram entre si.

Com relação à distribuição dos metais nas partes da planta, tem-se que o B, Mn, Zn, e Ni distribuem-se de maneira relativamente uniforme nas raízes e na parte aérea; o Co, Cu, Mo e Cd geralmente se acumulam nas raízes, mas podem ser encontradas em (alta) concentrações elevadas na parte aérea; e o Cr, Pb, Ag, Sn, Ti e V

Tabela 66. Absorção de bário pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg/planta					
GPH	38,5 A ‡	37,8 A	42,7 A	40,3 A	8,2 B	39,0 A
AQd	7,6 AB	4,2 B	10,9 AB	2,8 B	19,2 A	10,4 AB
LUa	14,2 AB	18,9 A	0,2 C	15,8 A	21,5 A	3,8 B
LE-1	16,9 A	7,6 A	10,1 A	10,2 A	19,4 A	6,9 A
LE-2	3,2 BC	22,5 A	0,5 C	0,6 C	12,3 AB	2,0 C
LA-1	1,6 CD	3,0 BCD	0,3 D	10,2 AB	22,2 A	5,4 BC
PV-1	16,4 AB	0,7 D	1,7 CD	5,1 BCD	26,5 A	8,4 BC
LA-2	24,4 AB	12,8 ABC	3,6 C	14,5 ABC	25,8 A	7,8 BC
LA-3	7,7 AB	8,4 AB	4,8 AB	10,9 AB	13,9 A	2,8 B
TR-1	0,7 C	12,7 AB	7,8 AB	13,8 AB	19,2 A	4,9 BC
LA-4	10,1 AB	14,2 AB	5,5 B	0,3 C	26,0 A	0,7 C
PV-2	25,0 AB	14,6 AB	12,1 B	12,6 AB	28,8 AB	35,0 A
LA-5	54,9 AB	26,5 B	62,2 A	44,3 AB	34,3 AB	39,4 AB
PV-3	8,3 AB	19,4 A	5,9 AB	16,2 A	20,1 A	2,5 B
LRa	8,1 BC	32,7 A	4,7 C	23,8 AB	27,4 A	12,5 ABC
LE-3	20,5 A	34,3 A	19,6 A	33,2 A	30,3 A	16,2 A
PE	14,0 A	10,7 A	17,5 A	8,9 A	17,8 A	17,7 A
PV-4	7,9 AB	20,9 A	1,7 B	19,2 A	13,7 A	10,4 A
TR-2	16,4 AB	6,4 B	17,7 AB	18,1 AB	22,9 A	28,3 A
AQa	5,4 AB	9,3 AB	6,3 AB	10,0 AB	12,9 A	2,4 B
LV-1	13,0 A	15,6 A	9,8 A	17,3 A	23,1 A	23,1 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	mg/planta					
CL	0,33 B	17,04 A	13,62 A	13,32 A	4,12 A	0,47 B
CV	2,90 AB	7,16 A	0,90 B	5,36 A	12,32 A	0,92 B
LA-6	5,00 A	13,53 A	0,32 B	3,73 A	9,11 A	5,73 A
LV-2	4,38 AB	6,90 A	0,37 CD	0,25 D	12,34 A	1,46 BC
SS	1,00 A	0,33 AB	0,18 B	0,25 AB	0,21 B	0,19 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 67. Absorção de cádmio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	0,40 BC [‡]	0,85 A	0,22 CD	0,63 AB	0,94 A	0,17 D
AQd	0,02 B	0,04 AB	0,05 AB	0,02 B	0,10 A	0,03 B
LUa	0,13 B	0,29 A	0,00 D	0,22 AB	0,20 AB	0,04 C
LE-1	0,04 CD	0,08 BC	0,06 CD	0,18 AB	0,25 A	0,02 D
LE-2	0,03 BC	0,22 A	0,01 CD	0,00 D	0,05 B	0,01 CD
LA-1	0,09 BC	0,23 A	0,00 D	0,16 AB	0,16 AB	0,05 C
PV-1	0,14 A	0,02 B	0,01 B	0,05 AB	0,11 A	0,02 B
LA-2	0,20 AB	0,40 A	0,07 C	0,26 A	0,31 A	0,10 BC
LA-3	0,05 BC	0,15 AB	0,06 BC	0,28 A	0,18 A	0,04 C
TR-1	0,00 C	0,16 A	0,03 B	0,15 A	0,12 A	0,01 BC
LA-4	0,02 BC	0,06 B	0,03 B	0,00 D	0,22 A	0,00 CD
PV-2	0,14 ABC	0,26 AB	0,12 BC	0,18 ABC	0,27 A	0,09 C
LA-5	0,37 A	0,40 A	0,25 AB	0,35 A	0,36 A	0,15 B
PV-3	0,07 AB	0,12 A	0,04 B	0,15 A	0,12 A	0,02 B
LRa	0,03 B	0,17 A	0,03 B	0,16 A	0,10 A	0,03 B
LE-3	0,08 A	0,12 A	0,07 A	0,12 A	0,17 A	0,09 A
PE	0,03 B	0,12 A	0,04 AB	0,05 AB	0,12 A	0,03 B
PV-4	0,09 B	0,41 A	0,01 C	0,13 B	0,09 B	0,05 B
TR-2	0,10 BC	0,12 BC	0,08 BC	0,18 AB	0,36 A	0,07 C
AQa	0,11 A	0,12 A	0,03 B	0,05 AB	0,07 AB	0,04 AB
LV-1	0,11 A	0,13 A	0,03 B	0,07 AB	0,07 AB	0,02 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	0,00 B	0,13 A	0,08 A	0,16 A	0,10 A	0,00 B
CV	0,03 BC	0,05 AB	0,01 C	0,10 AB	0,12 A	0,00 D
LA-6	0,07 A	0,14 A	0,00 B	0,04 A	0,09 A	0,06 A
LV-2	0,05 A	0,04 AB	0,00 C	0,00 C	0,11 A	0,01 B
SS	0,00 A	0,01 A	0,00 A	0,01 A	0,00 A	0,00 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 68. Absorção de cromo pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	0,41 AB ‡	0,65 AB	0,44 AB	0,86 A	0,33 B	0,38 AB
AQd	0,19 B	0,29 AB	0,35 AB	0,20 B	0,69 A	0,21 B
LUa	0,48 B	0,98 AB	0,02 C	1,20 A	1,37 A	0,08 C
LE-1	0,31 BC	0,15 CD	0,19 C	0,73 AB	0,81 A	0,04 D
LE-2	0,05 B	0,50 A	0,03 B	0,03 B	0,41 A	0,02 B
LA-1	0,26 B	0,62 AB	0,03 C	0,84 A	1,10 A	0,28 B
PV-1	0,84 AB	0,06 D	0,15 CD	0,42 BC	1,01 A	0,16 CD
LA-2	0,91 A	1,17 A	0,34 B	0,95 A	1,35 A	0,38 B
LA-3	0,45 ABC	0,67 AB	0,32 BC	0,79 A	0,88 A	0,24 C
TR-1	0,01 C	0,35 AB	0,11 B	0,46 A	0,45 A	0,02 C
LA-4	0,17 B	0,37 B	0,19 B	0,02 C	0,94 A	0,01 C
PV-2	0,60 B	0,98 B	0,55 AB	0,85 B	2,82 A	0,61 B
LA-5	0,28 C	1,99 A	0,34 C	0,96 B	2,00 A	0,59 BC
PV-3	0,18 CD	0,34 BC	0,29 BC	1,03 A	0,67 AB	0,07 D
LRa	0,22 B	0,70 A	0,24 B	0,56 AB	0,50 AB	0,05 C
LE-3	0,48 AB	0,63 AB	0,53 AB	0,69 AB	0,91 A	0,30 B
PE	0,10 C	0,35 AB	0,15 BC	0,24 ABC	0,52 A	0,09 C
PV-4	0,35 BC	1,26 A	0,07 D	0,61 AB	0,32 BC	0,21 D
TR-2	0,30 BC	0,26 BC	0,32 ABC	0,58 AB	0,77 A	0,15 C
AQa	0,21 A	0,16 A	0,18 A	0,28 A	0,24 A	0,10 A
LV-1	0,35 AB	0,48 AB	0,24 B	0,79 A	0,82 A	0,18 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	0,01 C	0,25 AB	0,09 B	0,34 A	0,36 A	0,01 C
CV	0,09 BC	0,25 AB	0,05 C	0,33 A	0,60 A	0,03 C
LA-6	0,16 B	0,72 A	0,02 C	0,23 AB	0,38 AB	0,20 B
LV-2	0,15 A	0,24 A	0,03 B	0,02 B	0,49 A	0,05 B
SS	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,01 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 63. Absorção de molibdênio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	0,58 A [‡]	0,65 A	0,48 A	0,73 A	0,73 A	0,37 A
AQd	0,25 AB	0,35 AB	0,48 AB	0,30 AB	0,54 A	0,17 B
LUa	0,46 B	0,54 AB	0,03 C	1,19 A	1,20 A	0,22 B
LE-1	0,26 CD	0,38 BC	0,23 CD	0,81 AB	1,14 A	0,07 D
LE-2	0,07 BC	0,44 A	0,03 C	0,02 C	0,23 AB	0,01 C
LA-1	0,33 B	0,88 A	0,03 C	1,06 A	0,91 A	0,31 B
PV-1	1,04 A	0,07 C	0,16 BC	0,46 AB	0,69 A	0,17 BC
LA-2	0,92 AB	1,12 A	0,4 B	1,22 A	1,39 A	0,46 B
LA-3	0,62 ABC	0,83 ABC	0,39 BC	1,05 A	0,90 AB	0,33 C
TR-1	0,02 C	0,54 A	0,18 B	0,79 A	0,73 A	0,04 BC
LA-4	0,20 B	0,40 B	0,33 B	0,03 C	1,05 A	0,03 C
PV-2	0,63 A	1,21 AB	0,68 B	0,80 B	2,08 A	0,64 B
LA-5	1,11 AB	1,37 A	0,58 BC	1,51 A	1,35 A	0,37 C
PV-3	0,16 C	0,80 A	0,28 BC	1,13 A	0,56 AB	0,15 C
LRa	0,32 AB	0,59 A	0,31 AB	0,44 A	0,35 A	0,09 B
LE-3	0,64 A	0,49 A	0,53 A	0,74 A	0,82 A	0,45 A
PE	0,13 A	0,32 A	0,17 A	0,11 A	0,33 A	0,12 A
PV-4	0,54 B	1,82 A	0,10 C	0,67 B	0,36 BC	0,26 BC
TR-2	0,37 AB	0,23 AB	0,38 AB	0,45 AB	0,62 A	0,20 B
AQa	0,33 ABC	0,47 A	0,14 BC	0,16 ABC	0,40 AB	0,11 C
LV-1	0,33 A	0,57 A	0,25 A	0,60 A	0,61 A	0,35 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	0,01 B	0,31 A	0,13 A	0,45 A	0,29 A	0,01 B
CV	0,09 AB	0,19 AB	0,05 BC	0,33 A	0,32 A	0,02 C
LA-6	0,29 AB	0,72 A	0,01 C	0,10 B	0,19 AB	0,25 AB
LV-2	0,17 AB	0,14 AB	0,02 C	0,02 BC	0,45 A	0,07 BC
SS	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,04 A	0,05 A	0,02 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 64. Absorção de níquel pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	1,21 A [‡]	1,28 A	0,76 AB	1,39 A	1,30 A	0,25 B
AQd	0,19 B	0,57 AB	0,93 A	0,38 AB	1,08 A	0,37 AB
LUa	0,94 AB	0,54 B	0,05 C	2,35 A	2,43 A	0,43 B
LE-1	0,74 B	0,85 B	0,75 B	2,71 A	3,37 A	0,11 C
LE-2	0,08 BC	1,05 A	0,04 C	0,02 C	0,23 B	0,02 C
LA-1	0,61 BC	1,83 A	0,04 D	1,85 A	0,88 AB	0,17 CD
PV-1	2,07 A	0,13 C	0,27 BC	0,72 B	0,55 B	0,09 C
LA-2	0,48 C	1,79 AB	0,67 BC	2,98 A	3,05 A	1,23 ABC
LA-3	1,05 AB	1,72 AB	0,68 BC	2,48 A	1,46 AB	0,31 C
TR-1	0,08 C	1,87 A	0,66 B	2,68 A	2,04 A	0,07 C
LA-4	0,40 A	0,61 A	0,43 A	0,06 B	0,57 A	0,04 B
PV-2	1,05 AB	2,16 A	0,99 AB	1,27 AB	1,57 AB	0,70 B
LA-5	2,05 A	0,59 BC	1,38 AB	0,88 AB	1,68 AB	0,19 B
PV-3	0,26 B	1,42 A	0,21 B	2,48 A	0,98 A	0,22 B
LRa	0,46 B	1,82 A	0,58 B	1,00 AB	1,06 AB	0,07 C
LE-3	0,62 A	0,81 A	0,45 A	0,95 A	1,30 A	0,44 A
PE	0,19 B	0,80 A	0,36 AB	0,26 AB	0,50 AB	0,13 B
PV-4	0,76 B	4,45 A	0,06 D	0,57 BC	0,23 BCD	0,20 CD
TR-2	0,70 AB	0,37 AB	0,98 A	0,35 AB	0,83 AB	0,25 B
AQa	0,38 AB	1,08 A	0,44 AB	0,91 AB	0,81 AB	0,28 B
LV-1	0,19 A	0,58 A	0,43 A	0,42 A	0,45 A	0,28 A

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	0,03 C	0,33 B	0,42 B	1,41 A	0,97 AB	0,03 C
CV	0,36 BC	0,65 ABC	0,22 C	1,26 A	0,69 AB	0,03 D
LA-6	0,63 AB	1,79 A	0,03 D	0,20 C	0,54 BC	0,85 AB
LV-2	0,45 AB	0,45 AB	0,05 D	0,08 CD	1,36 A	0,23 BC
SS	0,08 A	0,12 A	0,15 A	0,14 A	0,18 A	0,07 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 65. Absorção de zinco pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	200,1 ABC [‡]	328,6 A	149,4 BC	223,0 AB	94,2 C	97,7 C
AQd	35,8 B	56,2 B	42,8 B	63,8 B	195,5 A	32,9 B
LUa	193,3 B	382,0 A	2,6 C	143,7 B	95,9 B	10,2 C
LE-1	56,7 BC	60,0 BC	28,0 C	104,6 AB	153,4 A	17,9 C
LE-2	19,7 BC	153,9 A	4,3 BC	3,1 C	30,1 B	3,6 BC
LA-1	57,5 C	161,8 AB	3,6 D	146,3 ABC	191,1 A	81,6 BC
PV-1	195,5 A	9,1 C	16,5 BC	64,6 B	174,0 A	24,6 BC
LA-2	484,2 A	530,1 A	50,6 C	112,7 BC	158,5 B	62,1 C
LA-3	86,0 ABC	160,1 A	64,6 BC	123,4 AB	189,0 A	41,0 C
TR-1	1,3 C	102,2 A	15,1 BC	73,7 A	53,8 AB	6,1 C
LA-4	62,9 AB	142,1 A	44,9 B	2,7 C	145,2 A	1,9 C
PV-2	172,1 A	206,6 A	119,9 AB	155,0 A	145,4 A	54,0 B
LA-5	304,0 A	230,7 AB	171,8 AB	258,2 AB	142,7 B	27,6 C
PV-3	69,6 BC	226,1 A	43,8 CD	126,2 AB	62,1 BC	9,6 D
LRa	31,2 BC	130,5 A	26,8 BC	100,2 A	73,6 AB	10,4 C
LE-3	125,9 ABC	254,9 A	75,3 BC	131,0 ABC	158,9 AB	55,9 C
PE	27,8 B	83,5 AB	30,3 B	47,9 AB	109,4 A	25,2 B
PV-4	42,8 CD	220,2 A	17,4 D	133,5 AB	96,4 BC	38,5 CD
TR-2	57,0 C	75,0 BC	69,5 BC	159,2 AB	178,5 A	34,4 C
AQa	105,5 AB	186,9 A	72,2 BC	89,6 ABC	116,1 AB	34,6 C
LV-1	178,3 AB	302,9 A	53,0 C	130,4 BC	170,5 AB	82,0 BC

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	3,8 B	56,9 A	42,4 A	81,6 A	51,7 A	1,3 C
CV	7,1 AB	15,8 A	3,0 BC	20,3 A	20,7 A	1,2 C
LA-6	26,7 AB	84,8 A	1,3 C	25,8 AB	29,9 AB	10,2 B
LV-2	24,7 A	32,1 A	2,2 B	1,8 B	45,1 A	3,0 B
SS	3,1 A	3,0 A	2,0 A	3,3 A	2,5 A	0,6 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 69. Absorção de chumbo pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	0,56 AB ‡	1,09 A	0,43 AB	0,60 AB	0,65 AB	0,28 B
AQd	0,14 B	0,32 AB	0,48 AB	0,19 B	0,66 A	0,23 AB
LUa	0,69 AB	0,45 B	0,04 C	1,32 A	1,53 A	0,33 B
LE-1	0,43 C	0,95 ABC	0,54 BC	1,31 AB	1,71 A	0,09 D
LE-2	0,04 B	0,69 A	0,03 B	0,02 B	0,12 B	0,02 B
LA-1	0,41 BC	1,34 A	0,03 D	1,30 A	0,91 AB	0,26 C
PV-1	1,26 A	0,08 C	0,19 BC	0,42 B	0,42 B	0,10 C
LA-2	0,81 B	1,24 AB	0,56 B	2,00 A	2,17 A	0,82 B
LA-3	0,57 BC	0,62 ABC	0,39 BC	1,40 A	0,79 AB	0,25 C
TR-1	0,04 C	0,97 A	0,30 B	1,26 A	0,97 A	0,04 C
LA-4	0,32 C	1,43 A	0,35 BC	0,04 D	0,98 AB	0,03 D
PV-2	0,84 AB	1,41 AB	0,74 C	0,86 AB	1,8 A	0,61 C
LA-5	1,33 A	0,59 AB	0,70 A	0,83 A	0,95 A	0,20 B
PV-3	0,20 B	1,40 A	0,22 B	1,73 A	0,75 A	0,18 B
LRa	0,32 B	1,09 A	0,36 B	0,70 AB	0,65 AB	0,06 C
LE-3	0,46 AB	0,47 AB	0,39 AB	0,71 AB	1,00 A	0,36 B
PE	0,15 ABC	0,51 A	0,25 ABC	0,07 C	0,37 AB	0,13 BC
PV-4	0,64 B	2,90 A	0,08 C	0,09 C	0,22 BC	0,20 BC
TR-2	0,59 A	0,19 AB	0,49 AB	0,15 B	0,41 AB	0,17 B
AQa	0,14 A	0,38 A	0,21 A	0,21 A	0,35 A	0,19 A
LV-1	0,07 C	0,40 A	0,27 AB	0,32 AB	0,36 A	0,24 AB

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,02 B	0,27 A	0,25 A	0,68 A	0,37 A	0,01 B
CV	0,16 BC	0,32 ABC	0,10 C	0,74 A	0,44 AB	0,03 D
LA-6	0,34 AB	0,83 A	0,02 C	0,12 B	0,24 AB	0,35 AB
LV-2	0,23 AB	0,16 B	0,03 D	0,04 CD	0,67 A	0,09 BC
SS	0,04 A	0,05 A	0,07 A	0,06 A	0,07 A	0,03 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 70. Absorção de estrôncio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
GPH	12,4 A [‡]	33,0 AB	16,3 BC	37,8 A	24,0 ABC	12,5 A
AQd	6,6 B	13,4 B	8,2 B	13,8 B	68,6 A	11,9 B
LUa	9,4 B	42,7 A	0,9 C	38,7 A	50,5 A	1,3 C
LE-1	7,9 BCD	11,4 BC	4,2 CD	20,1 AB	29,6 A	2,5 D
LE-2	2,3 B	37,4 A	1,0 B	4,0 B	25,5 A	0,8 B
LA-1	4,3 D	18,5 C	0,7 E	39,3 B	72,9 A	9,1 CD
PV-1	20,4 B	4,0 C	2,6 C	39,7 B	94,8 A	7,8 C
LA-2	30,4 B	47,4 AB	9,3 C	36,0 AB	59,6 A	9,7 C
LA-3	19,8 D	44,9 BC	16,0 D	58,8 AB	93,9 A	25,7 CD
TR-1	0,6 B	16,4 A	2,9 B	14,3 A	15,4 A	0,9 B
LA-4	6,0 C	35,9 B	4,8 C	2,5 CD	68,6 A	0,5 D
PV-2	18,5 BC	36,0 AB	11,8 C	35,5 AB	54,9 A	11,5 C
LA-5	15,9 BC	31,1 AB	12,8 C	41,4 A	31,5 AB	5,8 C
PV-3	4,0 B	31,4 A	3,6 B	21,3 A	25,0 A	1,7 B
LRa	3,6 B	38,7 A	3,2 B	29,0 A	36,1 A	2,4 B
LE-3	8,6 BC	23,9 A	9,1 BC	21,2 AB	28,3 A	6,6 C
PE	4,6 B	27,9 A	6,3 B	19,4 A	28,6 A	5,3 B
PV-4	5,9 B	43,1 A	2,7 B	41,6 A	39,1 A	7,1 B
TR-2	7,2 B	24,2 A	7,3 B	29,3 A	31,8 A	6,5 B
AQa	7,0 C	41,5 AB	7,5 C	31,5 B	74,2 A	2,9 C
LV-1	12,4 B	35,7 A	4,2 B	30,1 A	51,9 A	8,7 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
----- mg/planta -----						
CL	0,3 C	9,3 AB	4,8 B	13,1 A	9,6 AB	0,2 C
CV	1,5 B	6,9 A	1,1 B	7,3 A	10,5 A	0,6 B
LA-6	3,3 B	16,4 A	0,5 C	10,0 A	11,4 A	2,7 B
LV-2	4,6 B	10,7 A	1,8 C	1,2 C	16,2 A	1,6 C
SS	2,0 A	2,8 A	1,4 AB	2,6 A	2,2 A	0,8 B

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 71. Absorção de titânio pela parte aérea da cultura de arroz em solos adubados com composto de resíduo urbano.

Solos ácidos	Composto de resíduo urbano				Calagem e adubação	Testemunha
	sem calagem		com calagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
GPH	1,41 C [‡]	6,52 A	3,18 ABC	4,85 AB	1,93 BC	1,63 C
AQd	0,69 B	1,38 B	1,72 AB	1,36 B	4,72 A	1,58 B
LUa	3,23 A	3,18 A	0,55 B	3,99 A	4,80 A	0,49 B
LE-1	3,85 AB	2,64 ABC	2,28 BC	4,86 AB	6,47 A	1,27 C
LE-2	1,28 BC	4,96 A	0,52 CD	0,40 CD	3,13 AB	0,29 D
LA-1	2,63 CD	4,18 BCD	1,58 D	9,89 AB	15,72 A	5,32 BC
PV-1	5,82 AB	0,52 C	3,58 AB	7,59 A	7,39 A	2,06 B
LA-2	9,46 A	10,98 A	4,17 A	6,56 A	7,88 A	4,93 A
LA-3	2,19 AB	4,72 AB	2,29 AB	5,47 A	4,55 AB	1,63 B
TR-1	1,09 B	6,60 A	0,91 B	6,21 A	4,37 A	0,54 B
LA-4	0,87 CD	5,50 A	1,66 BC	0,28 DE	4,37 AB	0,21 E
PV-2	3,60 A	4,54 A	2,25 A	3,74 A	2,31 A	1,66 A
LA-5	3,02 A	2,97 A	2,45 A	4,15 A	2,98 A	0,64 B
PV-3	1,31 BC	4,40 A	2,63 AB	7,32 A	3,54 AB	0,59 C
LRa	2,16 BC	7,85 A	2,56 B	7,62 A	8,41 A	0,72 C
LE-3	2,96 B	7,72 AB	9,61 A	16,81 A	10,14 A	2,89 B
PE	0,96 AB	2,51 A	1,47 AB	1,26 AB	2,32 AB	0,78 B
PV-4	4,08 AB	7,70 A	1,81 B	8,04 A	3,04 AB	1,44 B
TR-2	2,09 AB	2,42 AB	3,30 AB	5,47 A	4,0 A	1,20 B
AQa	2,46 A	2,25 AB	1,45 AB	2,07 AB	2,23 AB	0,74 B
LV-1	2,97 AB	5,21 A	2,42 AB	5,61 A	4,90 A	1,32 B

Solos alcalinos	Composto de resíduo urbano				Gessagem e adubação	Testemunha
	sem gessagem		com gessagem			
	sem adubação	com adubação	sem adubação	com adubação		
	----- mg/planta -----					
CL	0,19 C	1,26 AB	0,91 B	1,65 AB	2,56 A	0,19 C
CV	0,39 B	1,72 A	0,41 B	1,87 A	2,01 A	0,20 B
LA-6	0,84 B	3,55 A	0,22 C	2,05 AB	2,15 AB	1,06 B
LV-2	0,61 AB	0,92 AB	0,18 C	0,20 C	1,24 A	0,38 BC
SS	0,63 A	0,56 A	0,35 A	0,42 A	0,76 A	0,34 A

‡ - Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

que ocorrem em baixas concentrações na parte aérea e se acumulam principalmente nas raízes (Melo et al., 1997).

4.4 Efeito do enriquecimento do composto de resíduo urbano com Cd, Cu, Mn, Pb e Zn sobre a extração de metais no solo

Os resultados das análises das amostras de terra do experimento II, para os teores de cádmio, cobre, manganês, chumbo e zinco nos diferentes solos, pelo extrator DTPA, são apresentados nas Figuras 7A, 7B, 7C, 8A e 8B, respectivamente.

Verificou-se que as extrações de Cd, Cu, Mn, Pb e Zn com DTPA apresentaram regressões lineares altamente significativas ($R^2 > 0,90$) para todos os metais. Dos metais aplicados pelo composto enriquecido, o cádmio e o manganês foram os que apresentaram maiores valores. Os teores elevados de Mn são em parte devido ao teor natural somado a fração mais solúvel derivada do composto enriquecido. No caso do Cd, todo o conteúdo foi derivado do composto enriquecido. Este fato demonstra que o Cd está presente em uma fração mais solúvel, podendo causar efeitos tóxicos às plantas e animais.

Foi, Também observado que os teores de K, Ca, Mg, P, B, Fe, Co, Cr, Ni, Ti, Ba, Sr e V, nos solos do experimento II, não foram modificados pelas doses de enriquecimento do composto de resíduo urbano com os metais Cd, Cu, Mn, Pb e Zn (dados não apresentados, semelhantes aos obtidos no experimento I e já foram discutidos).

4.5 Efeito do enriquecimento do composto de resíduo urbano com Cu, Cd, Mn, Pb e Zn sobre a Produção de matéria seca de plantas de arroz

O efeito do enriquecimento do composto de lixo sobre a produção de matéria seca da parte aérea e das raízes das plantas de arroz é apresentado pela Figura 9. Observou-se que não houve redução no desenvolvimento das plantas até o nível de 30 mg dm⁻³. Nos solos LA-5 e SS, houve tendência de aumento de produção entre os níveis

0 a 15 e 0 a 30 mg dm⁻³. O solo PV-3 apresentou maior capacidade de reagir aos altos níveis de metais aplicados, o que pode estar relacionado ao fato deste solo apresentar alto teor de matéria orgânica nativa (40.83 g dm⁻³ de M.O.). De um modo geral foi observado o mesmo comportamento com a produção de matéria seca das raízes.

Foi observado por Bingham et al. (1975) que, dentre quatorze espécies vegetais, o arroz foi a única que apresentou tolerância às doses elevadas de Cd. Eles observaram que a aplicação ao solo de 0 a 640 mg kg⁻¹ de Cd, na forma de lodo de esgoto enriquecido com CdSO₄, causou o aumento da produção relativa de arroz. Espécies susceptíveis, como o espinafre, alface, milho, cenoura e soja, tiveram redução de 25 % na produção relativa com a aplicação de 4 a 20 mg kg⁻¹ de Cd. Espécies com tolerância média, tais como tomate, repolho e abobrinha, tiveram redução de 25% na produção relativa com a aplicação de 160 a 170 mg kg⁻¹ de Cd.

4.6 Efeito do enriquecimento do composto de resíduo urbano com Cu, Cd, Mn, Pb e Zn sobre a absorção de metais em plantas de arroz

Os efeitos da aplicação ao solo do composto enriquecido com cádmio, cobre, manganês e chumbo e zinco sobre a absorção destes metais em plantas de arroz Cd, Cu, Mn, Pb e Zn são apresentados nas Figuras 10, 11, 12, 13 e 14, respectivamente.

Pela Figura 10, pode-se observar que houve aumento, tanto na absorção quanto na concentração de Cd devido às doses de enriquecimento com metais. Para os demais metais, foi observado tendência de diminuição da absorção com aumento na concentração.

Foi observado, também, que há uma forte tendência de diminuição na concentração de K, quando há um aumento nas concentrações de Ca, Mg e Na, principalmente do Ca (dados não apresentados). Relações de Ca:Mg próxima de 1 estão relacionadas com uma maior produção de matéria seca. Quando essa relação aumenta (> 1,5) a produção de matéria seca é baixa. Esse efeito deve estar relacionado com os altos teores de Ca presente no solo devido à aplicação do composto e com o aumento do pH e condutividade do solo, alterando o crescimento, nutrição e fisiologia das plantas.

Figura 7. Efeito da aplicação de composto de resíduo urbano enriquecido com cádmio, cobre, chumbo, manganês e zinco sobre os teores de cádmio (A), cobre (B) e manganês (C) no solo.

Figura 8. Efeito da aplicação de composto de resíduo urbano enriquecido com cádmio, cobre, chumbo, manganês e zinco sobre os teores de chumbo (A) e zinco (B) no solo.

4.7 Avaliação da eficiência agronômica dos extratores

As Tabelas 72 e 73 apresentam os coeficientes de correção entre a extração de nutrientes e metais pelos diferentes extratores e absorção de nutrientes e metais pela parte aérea do arroz, no 1º cultivo do experimento I. Foram feitas regressões considerando três conjuntos de dados: um com as médias de todos os solos, outro só com as médias dos solos ácidos e outro com os solos calcários e salino-sódico. No conjunto de todos os solos, detectou-se que praticamente todos os extratores foram significativos para o K, P, Cu, Fe, Mn, Zn, Ba, Cd e Sr. O DTPA apresentou superioridade para o B e Mo. Considerando-se somente os solos ácidos, praticamente todos os extratores foram significativos com a extração de K, P, Mg, P, B, Cu, Fe, Mn, Zn, Ba, Cd, Cr, Na e Sr. Mas os extratores Mehlich-1 e Mehlich-3 se destacaram pelos maiores coeficientes de correlação. Para os solos alcalinos, os extratores praticamente não apresentaram correlação, embora o Mehlich-3 tenha sido um pouco superior.

Observou-se que os teores obtidos pelo extrator Mehlich-3, para os diversos elementos avaliados, geralmente foram maiores que os resultados dos demais extratores. Todavia, os maiores teores de P foram promovidos pelo método da resina, método este que é tido como o melhor avaliador da disponibilidade de P em solos ácidos (Raij et. al., 1987). O extrator AA-EDTA.Na₂ tendeu a apresentar teores superiores aos do Mehlich-1 e Wolf-Morgan, enquanto que a solução CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ extraiu baixas concentrações dos elementos. A metodologia empregada permitiu, ao menos, a utilização do extrato em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ para se avaliar o pH, a acidez potencial (através do pH SMP) e teor de S-SO₄²⁻ paralelamente com a análise dos elementos via ICP-AES.

Figura 9. Efeito da aplicação de composto de resíduo urbano enriquecido com Cd, Cu, Mn, Pb e Zn sobre a produção de matéria seca da parte aérea e raiz da cultura de arroz.

A Tabela 74 apresenta as correlações entre os teores obtido pelos diferentes extratores e os valores de absorção, concentração, matéria seca da parte aérea e da raízes obtidas na cultura do arroz no experimento II. De um modo geral, todos os extratores apresentaram correlações significativas. Uma parcela significativa destas correlações, é devido aos elevados teores de metais no solo proporcionados pelo composto na dose de 240 mg dm^{-3} de cada um dos metais.

Tabela 72. Coeficiente de correlação entre o teor de nutrientes e micronutrientes extraídos pelos extratores resina, DTPA, Mehlich-1, Mehlich-3 e Wolf-Morgan e absorção desses nutrientes pela parte aérea do arroz.

Extrator	K	Ca	Mg	P	S-SO4	Na	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
Todos os solos (N=156)												
Resina	0,33**	-0,10	-0,15	0,58**			0,48**	0,23*	0,07	0,68**	0,06	0,08
DTPA			-0,04	0,38**			0,35**	0,31**	0,32**	0,49**	0,30**	0,39**
Mehlich-1	0,21**	-0,08	-0,13	0,60**		0,36**	-0,06	0,31**	0,33**	0,33**	0,19	0,35**
Mehlich-3	0,16*	-0,07	-0,16	0,64**		0,37**	0,01	0,20*	0,29**	0,18*	0,07	0,28**
AB-DTPA	0,15		-0,06	0,43**		0,35**	0,37**	0,23*	0,29**	0,54**	0,15	0,40**
Wolf-Morgan	0,25**	-0,09	-0,12	0,31**	0,44**		-0,01	0,14	0,35**	0,61**	0,13	0,34**
AA-EDTA	0,15	-0,09	-0,15	0,42**			-0,16	0,19*	0,20*	0,09	-0,14	0,18*
CaCl ₂	0,30**		0,18	0,43**	0,30**	0,34**	0,40**	0,29*	0,60**	0,71**	0,02	0,38**
Solos ácidos (N = 126)												
Resina	0,59**	0,41**	0,17	0,65**			0,52**	0,20*	0,12*	0,65**	0,14	0,01
DTPA			0,32**	0,40**			0,50**	0,30*	0,18*	0,50**	0,17	0,42**
Mehlich-1	0,63**	0,43**	0,25**	0,66**		0,33**	0,55**	0,21*	0,19*	0,40**	0,11	0,34**
Mehlich-3	0,65**	0,39**	0,23*	0,70**		0,30**	0,50**	0,23*	0,23*	0,33**	-0,01	0,34**
AB-DTPA	0,65**		0,23*	0,54**		0,33**	0,40**	0,20*	0,13	0,53**	0,15	0,39**
Wolf-Morgan	0,54**	0,41**	0,23**	0,40**	0,68**		0,52**	0,18*	0,21*	0,61**	0,16	0,34**
AA-EDTA	0,67**	0,40**	0,24**	0,55**			0,40**	0,22*	0,19	0,23*	0,04	0,27*
CaCl ₂	0,51**		0,35**	0,46**	0,67**	0,34**	0,51**	0,37**	0,53**	0,69**	0,31*	0,34**
Solos alcalino (N=30)												
Resina	0,17*	0,10	-0,45**	0,38**			0,13	0,00	-0,21*	0,47**	-0,21	0,27*
DTPA			-0,36**	-0,15			0,08	0,07	-0,21*	0,63**	-0,09	0,38**
Mehlich-1	0,13	0,14	-0,46**	0,21*		0,89**	0,34*	-0,25*	-0,32*	0,19*	0,01	0,27*
Mehlich-3	0,18*	0,17	-0,45**	0,24		0,88**	0,30*	-0,08	-0,36**	0,37**	0,29*	0,21*
AB-DTPA	0,18*		-0,42**	-0,03		0,91**	-0,08	-0,05	-0,32*	0,63**	0,13	0,41**
Wolf-Morgan	0,13	0,11	-0,47**	-0,13	0,31*		0,26*	0,34*	-0,27*	0,39**	-0,35	0,33**
AA-EDTA	0,21*	0,14	-0,47**	-0,02			0,29*	-0,02	-0,38**	0,25*	-0,11	0,25*
CaCl ₂	0,16		-0,22*	-0,26*	0,26*	0,90**	0,28*	0,21*	0,54**	0,64**	-0,10	0,24*

* - Significativo ao nível de 5 %;
 ** - Significativo ao nível de 1 %;
 ND - Não determinado

Tabela 73. Coeficiente de correlação entre os teores de alguns metais extraídos pelos extratores resina, DTPA, Mehlich-1, Mehlich-3 e Wolf-Morgan e absorção desses metais pela parte aérea do arroz.

Extrator	Co	Ni	Ba	Cd	Co	Cr	Na	Pb	Sr	Ti	V
Todos os solos (N=156)											
Resina	0,09	0,07	0,29*	-0,03	0,09	-0,11		0,04	0,21*	-0,10	0,11
DTPA	0,03	0,03	0,31**	0,62**	0,03	-0,09		-0,12	0,46**	-0,13	0,07
Mehlich-1	0,06	0,08		0,47**	0,06	0,14	0,36**	0,09	0,46**	0,01	0,02
Mehlich-3	-0,01	-0,09	0,25*	0,26*	-0,01	0,01	0,37**	-0,21*	0,35**	-0,06	-0,14
AB-DTPA	0,16	0,00	0,21*	0,57**	0,16	0,20*	0,35**	-0,14	0,54**	0,10	0,14
Wolf-Morgan	0,16	0,07	0,29*	0,61**	0,16	-0,03		-0,16	0,36**	-0,21*	-0,01
AA-EDTA	-0,02	-0,11	0,23*	0,45**	-0,02	-0,12		-0,20*	0,30**	-0,13	-0,08
CaCl ₂	0,29**	-0,16	0,32**	0,02	0,29*	0,13	0,34**	-0,14	0,67**	-0,21*	-0,07
Solos ácidos (N = 126)											
Resina	0,21*	0,14	0,48	-0,06	0,21*	0,08		0,09	0,57**	0,01	0,19*
DTPA	0,03	0,15	0,36*	0,63**	0,03	0,20*		0,05	0,67**	-0,17	0,21*
Mehlich-1	0,17	0,32**		0,56**	0,17	0,34**	0,33**	0,07	0,68**	0,04	0,10
Mehlich-3	0,10	0,12	0,40**	0,43**	0,10	0,26*	0,30*	-0,01	0,63**	0,02	0,14
AB-DTPA	0,13	0,04	0,25*	0,57**	0,13	0,24*	0,33**	-0,04	0,61**	-0,02	0,14
Wolf-Morgan	0,22	0,24*	0,41**	0,65**	0,22*	0,27*		-0,01	0,64**	0,03	0,35**
AA-EDTA	0,04	0,11	0,45**	0,44**	0,04	0,01		0,00	0,64**	0,03	0,06
CaCl ₂	0,30*	-0,06	0,28*	0,12	0,30**	0,28*	0,34**	0,00	0,71**	-0,04	0,06
Solos calcários (N=30)											
Resina	-0,05	-0,18	-0,41**	0,13	-0,05	-0,30		-0,16	-0,14	-0,22*	-0,34**
DTPA	0,27*	0,11	-0,08	0,23*	0,27**	-0,22		0,18*	-0,08	0,14	-0,22*
Mehlich-1	-0,22*	-0,24*		0,17	-0,22*	-0,36	0,89**	-0,05	-0,12	-0,30**	-0,37**
Mehlich-3	0,47**	0,05	-0,09	0,03	0,47	-0,38	0,88**	0,22*	-0,15	-0,28*	-0,36**
AB-DTPA	0,49**	0,24*	-0,42	0,20	0,49	-0,37	0,91**	0,13	-0,16	-0,16	0,03
Wolf-Morgan	0,26*	-0,09	-0,16	0,13	0,26	-0,45		0,31**	-0,14	-0,07	-0,19*
AA-EDTA	0,35**	-0,04	-0,16	0,03	0,35	-0,43		0,23*	-0,13	-0,26*	-0,35**
CaCl ₂	0,52**	-0,05	0,15	0,04	0,52	-0,09	0,90	0,02	0,13	0,02	-0,12

* - Significativo ao nível de 5 %
** - Significativo ao nível de 1 %
ND - Não determinado

Tabela 74. Coeficiente de correlação entre os teores disponíveis de Cd, Cu, Pb, Mn e Zn obtidos por diferentes extratores e a absorção, concentração, produção de matéria seca da parte aérea (PMSPA) e de raízes (PMSR) da cultura de arroz no experimento II.

	Resina	DTPA	M-1	M-3	AB-DTPA	W-M	AA-EDTA	CaCl ₂
Cádmio								
Absorção	0,460**	0,384*	0,342*	0,341*	0,375*	0,383*	0,352*	0,328*
Concentração	0,791**	0,724**	0,743**	0,738**	0,725**	0,724**	0,740**	0,717**
PMSPA	-0,516**	-0,579**	-0,613**	-0,621**	-0,574**	-0,581**	-0,610**	-0,618**
PMSR	-0,502**	-0,565**	-0,594**	-0,606**	-0,558**	-0,567**	-0,594**	-0,603**
Cobre								
Absorção	-0,411**	-0,411**	-0,364*	-0,412**	-0,439**	-0,416**	-0,403**	-0,460**
Concentração	0,665**	0,685**	0,793**	0,707**	0,754**	0,713**	0,722**	0,72**
PMSPA	-0,637**	-0,642**	-0,623**	-0,656**	-0,657**	-0,650**	-0,642**	-0,614**
PMSR	-0,627**	-0,623**	-0,600**	-0,637**	-0,635**	-0,632**	-0,619**	-0,609**
Manganês								
Absorção	0,265	0,487**	0,268	0,239	0,550**	0,466**	0,132	0,510**
Concentração	0,817**	0,755**	0,764**	0,534**	0,726**	0,751**	0,338*	0,749**
PMSPA	-0,240	-0,075	-0,327*	-0,26	-0,046	-0,125	-0,267	-0,005
PMSR	-0,324*	-0,200	-0,435**	-0,387*	-0,177	-0,252	-0,394**	-0,127
Chumbo								
Absorção	-0,004	-0,164	-0,116	-0,191	-0,174	-0,202	-0,200	-0,200
Concentração	0,219	0,543**	0,446**	0,658**	0,648**	0,572**	0,721**	0,784**
PMSPA	-0,232	-0,546**	-0,442**	-0,615**	-0,591**	-0,578**	-0,632**	-0,665**
PMSR	-0,298	-0,536**	-0,423**	-0,606**	-0,576**	-0,56**	-0,62**	-0,660**
Zinco								
Absorção	0,040	-0,231	-0,260	-0,246	-0,240	-0,275	-0,283	-0,307*
Concentração	0,630**	0,652**	0,602**	0,627**	0,632**	0,614**	0,618**	0,559**
PMSPA	-0,370*	-0,602**	-0,628**	-0,628**	-0,618**	-0,627**	-0,651**	-0,638**
PMSR	-0,371*	-0,584**	-0,606**	-0,614**	-0,602**	-0,615**	-0,632**	-0,627**

*- significativo ao nível de 5 %;
**- significativo ao nível de 1 %

Figura 10. Efeito da aplicação de composto de resíduo urbano enriquecido com cádmio, cobre, manganês, chumbo e zinco sobre os teores de cádmio (A) e absorção de cádmio (B) na parte aérea da cultura de arroz.

Figura 11. Efeito da aplicação de composto de resíduo urbano enriquecido com cádmio, cobre, manganês, chumbo e zinco sobre os teores de cobre (A) e absorção de cobre (B) na parte aérea da cultura de arroz.

Figura 12. Efeito da aplicação de composto de resíduo urbano enriquecido com cádmio, cobre, manganês, chumbo e zinco sobre os teores de manganês (A) e absorção de manganês (B) na parte aérea da cultura de arroz.

Figura 13. Efeito da aplicação de composto de resíduo urbano enriquecido com cádmio, cobre, manganês, chumbo e zinco sobre os teores de chumbo (A) e absorção de chumbo (B) na parte aérea da cultura de arroz.

Figura 14. Efeito da aplicação de composto de resíduo urbano enriquecido com cádmio, cobre, manganês, chumbo e zinco sobre os teores de zinco (A) e absorção de zinco (B) na parte aérea da cultura de arroz.

5 CONCLUSÕES

A partir dos resultados do experimento I, concluiu-se que:

- a) A aplicação do composto aumentou o pH e os teores de Ca e Mg e reduziu a acidez potencial do solo, este efeito é mais acentuado quando se aplica composto + calcário;
- b) A condutividade elétrica aumentou em cerca de 10 vezes devido à aplicação do composto. O efeito é mais intenso quando se utiliza composto + adubo;
- c) A aplicação do composto aumentou os teores de N total e de C orgânico;
- d) O tratamento com composto + adubação aumentou o teor de K;
- e) O composto, independentemente do modo de aplicação, aumentou o teor de Na. Este aumento foi proporcional ao das demais bases trocáveis;
- f) Houve aumento na disponibilidade dos demais metais no solo e da absorção pelas plantas, mas estes não diferiram daquele devido à aplicação de calcário com adubo, nos solos ácidos, e com gesso + adubo nos solos;
- g) A aplicação do composto com adubo, na presença ou ausência de calagem, promoveu maior produção de arroz, seja da parte aérea ou da raiz;
- h) No segundo cultivo de arroz foi evidente a superioridade da aplicação do composto + adubo, sobre os demais tratamentos.

Com relação às observações do experimento II, conclui-se que:

- a) Não houve diferenças significativas entre as propriedades químicas dos solos devido à aplicação do composto enriquecido com diferentes doses de metais;
- b) No primeiro cultivo de arroz, as plantas de arroz toleram até dose de 30 mg dm^{-3} . Em solos com alto teor de matéria orgânica, as plantas toleram doses de metais de até 60 mg dm^{-3} , e o peso de matéria seca da raiz, praticamente, não foi afetado com o enriquecimento do composto até a dose de 60 mg dm^{-3} ;
- c) No segundo cultivo, a dose de 15 mg dm^{-3} de enriquecimento do composto reduziu a produção de matéria seca em cerca de 25 a 40 %. Essa diferença foi atribuída a diferença de pH no solo do primeiro para o segundo cultivo;
- d) O cádmio e o manganês foram os metais que apresentaram maior disponibilidade em relação às doses aplicadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, C.A.; RAIJ, B.V. Efeito da reação do solo no zinco extraído pelas soluções de DTPA e Mehlich-1. (Compact disc). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 8; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1; SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 4; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 6; REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11. Águas de Lindóia, 1996. **Solos Suelos 96**. Campinas: SBCS/SLCS, 1996.

ABREU, C.A.; ABREU, M.F.; RAIJ, B.V.; SANTOS, W.R. Comparação de métodos de análise para avaliar a disponibilidade de metais pesados em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.3, p. 463-468, 1995.

ABREU, M.F.; RAIJ, B.V.; ABREU, M.F.; SANTOS, W.R.; ANDRADE, J.C. Efficiency of multnutrient extractants for the determination of available copper in soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.3-4, p.763-771, 1996.

ADRIANO, D.C. **Trace elements in terrestrial environment**. New York: Springer-Verlag, 1986. 533p.

ALLOWAY, B.J. **Heavy Metals in Soils**. John Wiley & Sons: New York, 1993. 339p.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A.C.X.

Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.271-276, 1992.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; DIAS, L.E.; BARROS, N.F.

Aplicação de resíduo siderúrgico em um latossolo vermelho-amarelo: efeito na correção do solo e na disponibilidade de nutrientes e metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.2, p.299-304, 1993.

BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B.V. Eficiência de extratores de micronutrientes na análise

de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.2, p.205-212, 1989.

BERTON, R.S.; VALADARES, J.M.A.S. Potencial agrícola de compostos de lixo

urbano no Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, v.43, n.2/3, p.87-93, 1991.

BINGHAM, F.T.; PAGE, A.L.; MAHLER, R.J.; GANJE, T.J. Growth and cadmium

accumulation of plants grown on a soil a soil treated with a cadmium-enriched sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, v.4, n.2, p.207-211, 1975.

BOAVENTURA, G.R.; SANTOS, A.R.; PINELLI, M.P.; DIAS, R.P. Metodologia

analítica para a determinação dos metais pesados em compostos de lixo urbano usando espectrometria de emissão atômica com plasma e espectrometria de absorção atômica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS, UFV, 1995. p.2306-2308.

- CANTARELLA, H.; RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. Situação da análise de solo e planta no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., Petrolina, 1994. **Fertilizantes**: insumo básico para agricultura e combate à fome; anais. Petrolina: EMBRAPA/CPATSA, SBCS, 1995. p.9-33.
- CARDOSO, E.J.B.N.; JAHNEL, M.C.; MELONI, R. Avaliação do composto de lixo urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., Viçosa, 1995. **Resumos expandidos**. Viçosa: SBCS, UFV, 1995. p.2297.
- CERRI, C.C.; EDUARDO B. de P.; PICCOLO, M. de C. **Método de análises em matéria orgânica do solo**. Piracicaba: CENA/USP, 1990. 78p. (Disciplina de Matéria Orgânica do Solo, mimeografado).
- CONTE, R.A. Determinação de impurezas substitucionais por espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente (ICP/AES), no processamento de tântalo metálico. São Carlos, 1995. 190p. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos.
- COSTA, M.B.B. **Adubação orgânica** - nova síntese e novo caminho para a agricultura. São Paulo: Ícone Editora, 1983. 104p.
- CRAVO, M.S. Composto de lixo urbano como fonte de nutrientes e metais pesados para alface. Piracicaba, 1995. 148p. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- CRAVO, M.S.; MURAOKA, T.; GINÉ, M.F. Caracterização química de compostos de lixo urbano de algumas usinas brasileiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, n.3, p.547-553, 1998.

- FERRO NETO, A. Produção racional de composto de lixo urbano. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1., Botucatu, 1994. **Trabalhos apresentados**. Botucatu: FCA/UNESP, 1994. p.1-14.
- GIGLIOTTI, G.; BUSINELLI, D.; GIUSQUINI, P.L. Trace metal uptake and distribution in corn plants grown on a 6-year urban waste compost amended soil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.58, n.2-3, p.199-206, 1996.
- GIORDANO, P.M.; MORTVEDT, J.J.; MAYS, D.A. Effect of Municipal Wastes on crop yields and uptake of heavy metals. **Journal of Environmental Quality**, v.4, n.3, p.394-399, 1975.
- GINÉ, M.F. **Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente**. Piracicaba: CENA, 1998, 148p. (Série Didática, 3).
- GLÓRIA, N.A. Uso agrônômico de resíduos. In: DECHEN, A.R.; BOARETTO, A.E.; VERDADE, F.C. (Coord), REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTA, 20., Piracicaba, 1992. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.195-212.
- GROSSI, M.G.L. Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usina de compostagem brasileiras de lixo doméstico através da determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas. São Paulo, 1993. 22p. Tese (Doutorado) - Instituto de Química, Universidade de São Paulo.
- HANLON, E.A.; JOHNSON, G.B. Bray/Kurtz, Mehlich III, AB-DTPA and ammonium acetate extractions for P, K, and Mg in four Oklahoma soils.

Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.15, n.3, p.277-294, 1984.

HANLON, E.A.; SCHAFFER, B.; OZORES-HAMPTON, M.; BRYAN, H.H. Ammonium bicarbonate-DTPA extraction of elements from waste-amended calcareous soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.9-10, p.2321-2335, 1996.

HORTENSTINE, C.C.; ROTHWELL, D.F. Use of municipal compost in reclamation of phosphate – mining sand tailings. **Journal of Environment Quality**, v.1, n.4, p.415-418, 1972.

HOUBA, V.J.G.; NOVOZAMSKY, I.; VAN DER LEE, J.J. Soil testing and plant analysis in Western Europe. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.23, n.17-20, p.2029-2051, 1992.

HOUBA, V.J.G.; NOVOZAMSKY, I.; HUYBREGTS, A.W.M.; VAN DER LEE, J.J. Comparison of soil extraction by 0.01M CaCl₂, by EUF and by some conventional extraction procedures. **Plant and Soil**, v.96, n.3, p.433-437, 1986.

HOUBA, V.J.G.; NOVOZAMSKY, I.; LEXMOND, Th. M.; VAN DER LEE, J.J. Applicability of 0,01M CaCl₂ as a single extraction solution for the assessment of the nutrient status of soils and other diagnostic purposes. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.21, n.19-20, p.2281-2290, 1990.

IGUE, K.; PAVAN, M.A. Uso eficiente de adubos orgânicos. In: **Simpósio sobre fertilizantes orgânicos na agricultura brasileira**. Brasília, 1984. p. 383-418.

JONES JUNIOR, J.B. Universal soil extractants: their composition and use. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.21, n.13-16, p.1091-1101, 1990.

JORDÃO, C.P.; KIYOHARA, R.S.; DAMASCENO, R.N.; BRUNE, W.; PEREIRA, J.L. Speciation of cadmium, copper, lead and zinc in compost from Brazilian urban solid waste treatment plant. **Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science**, v.48, n.4, p.284-287, 1996.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1985. 315p.

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

KIEHL, E.J.; KIEHL, J.C. Uso de resíduos orgânicos na agricultura brasileira. In: ALVAREZ, V.H.; FONTES, L.E.F.; FONTES, M.P.F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS, UFV, DPS, 1996. p.915-930.

LANGENBACH, T.; SARPA, M. Teor de cádmio nos fertilizantes fosfatados brasileiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.9, p.181-1197, 1985.

LEE, D.Y.; ZHENG, H.C. Simultaneous extraction of soil phytoavailability cadmium, copper, and lead by chelating resin membrane. **Plant and Soil**, v.164, n.1, p.19-23, 1994.

LINDSAY, W.L.; NORVELL, W.A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Science Society of America Journal**, v.42, n.3, p.421-428, 1978.

LOPES, A.J.R.; STAMFORD, N.P.; FIGUEIREDO, M.U.B.; BURITY, H.A.; FERRAZ, E.B. Respostas da aplicação de composto de lixo urbano, nitrogênio mineral e produtos mineralizantes na fixação do N₂ e no rendimento de caupi. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.1, p.55-62, 1996.

MACLEAN, A.J.; DEKKER, A.J. Lime requirement and availability of nutrients and toxic metals to plants grown in acid mine tailings. **Canadian Journal of Soil Science**, v.56, n.1, p.27-36, 1976.

MAMO, T.; RICHTER, C.; HEILIGTAG, B. Comparison of extractants for the determination of available phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sodium in some Ethiopian and German soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, n.9-10, p.2197-2212, 1996.

MALAVOLTA, E. **Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: ProduQuímica, 1994. 153p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1995. 889p.

- MATTIAZZO-PREZOTTO, M.E. Química ambiental e agronomia. In: DECHEN, A.R.; BOARETTO, A.E.; VERDADE, F.C. (Coord). REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. Piracicaba, 1992. **Anais**. Campinas: Fundação Cargill, 1992. p.157-178.
- MAZUR, N. Níquel, chumbo, zinco e cobre em solos que receberam composto de resíduos sólidos urbanos. Viçosa, 1997. 129p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
- MAZUR, N.; SANTOS, G.A.; VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.153-156, 1983a.
- MAZUR, N.; VELLOSO, A.C.X ; SANTOS, G.A. Efeito do composto de resíduo urbano no pH e alumínio trocável em solos ácidos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.2, p.157-159, 1983b.
- MELO, W.J.; MARQUES, M.O.; SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E. Uso de resíduos sólidos urbanos na agricultura e impactos ambientais (compact disc). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., Rio de Janeiro, 1997. **Anais**: trabalhos. Rio de Janeiro: SBCS, 1997.
- MEHLICH, A. Mehlich 3 soil extractant: a modification of Mehlich 2 extractant. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.15, n.12, p. 1409-1416, 1984.
- MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. Response of corn to zinc and chromium in municipal wastes applied to soil. **Journal of Environmental Quality**, v.4, n.2, p.170-174, 1975.

MURAOKA, T.; NEPTUNE, M.L.; NASCIMENTO FILHO, V. Avaliação da disponibilidade de zinco e de manganês do solo para o feijoeiro. I. Zinco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.2, p.167-175, 1983a.

MURAOKA, T.; NEPTUNE, M.L.; NASCIMENTO FILHO, V. Avaliação da disponibilidade de zinco e de manganês do solo para o feijoeiro. II. Manganês. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, n.2, p.177-182, 1983b.

OLIVEIRA, T.S. Metais pesados como indicadores de materiais de origem de solos. Viçosa, 1996. 128p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

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

PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L.; GUIDI, G. Heavy metal extractability. **BioCycle**, v.26, n.8, p.46-48, 1985.

PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L.; GUIDI, G. Uptake and chemical extractability of heavy metals from a four years compost-treated soil. **Plant and Soil**, v.116, p.23-27, 1989.

PEZZAROZA, B.; MALORGIO, F.; LUBRANO, L.; TOGNONI, F.; PETRUZZELLI, G. Phosphate fertilizer as a source of heavy metals in protected cultivation. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.21, p.737-751, 1990.

RAIJ, B.van. Fertilidade do solo e adubação, Piracicaba: Ceres. 1991. 343p.

- RAIJ, B.van. New diagnostic techniques, universal soil extractants. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n.7-8, p.799-816, 1994.
- RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- ROSS, S.M. **Toxic metals in soil-plant systems**. Chichester: Wiley, 1994. 469p.
- RODRIGUES, M. do R.L. Disponibilidade de micronutrientes em solos da Amazônia. Piracicaba, 1998. 156p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- SANTOS, O.S. Molibdênio. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) **Micronutrientes na Agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p.191-217.
- SAS INSTITUTE INC. **SAS-Statistical analysis system** (software). Cary: SAS Institute Inc., 1998.
- SIKORA, L.J.; YAKOVCHENKO, V. Soil organic matter mineralization after compost amendment. **Soil Science Society of America Journal**., v.60, p.1401-1404, 1996.
- SILVEIRA, D.J.; SOMMERS, L.E. Extractability of copper, zinc, cadmium, and lead in soils incubated with sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, v.6, n.1, p.47-52, 1977.

- SIMS, J.T. Comparison of Mehlich 1 and Mehlich 3 extractants for P, K, Ca, Mg, Mn, Cu and Zn in Atlantic Coastal Plain Soils. . **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.20, n.17-18, p.1708-1726, 1989.
- SINGH, R.R., PRASAD, B.; SINHA, H. Selection of suitable extractant for predicting the response of barley (*Hodeum vulgere* L.) to copper application in calcareous soils. **Plant and Soil**, v.93, n.2, p.211-222, 1986.
- SIPPOLA, J. Acid ammonium acetate-EDTA universal extractant in soil testing and environmental monitoring. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.25, n.9-10, p.1755-1761, 1994.
- SOLTANPOUR, P.N. Use of ammonium bicarbonate-DTPA soil test to evaluate elemental availability and toxicity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.16, n.3, p.323-338, 1985.
- SOLTANPOUR, P.N.; SCHWAB, A.P. A new soil test for simultaneous extraction of macro- and micro-nutrients in alkaline soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.8, n.3, p.195-207, 1977.
- SOLTANPOUR, P.N.; JONES JUNIOR, J.B.; WORKMAN, S.M. Optical emission spectrometry. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: ASA, SSSA, 1982. Part 2, p.29-83.
- SOLTANPOUR, P.N.; WORKMAN, S.M. Modification of the NH_4HCO_3 -DTPA soil test to omit carbon blank. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.10, p.1411-1420, 1979.

- SOLTANPOUR, P.N.; WORKMAN, S.M.; SCHWAB, A.P. Use of inductively coupled plasma spectrometry for the simultaneous determination of macro and micronutrients in ammonium bicarbonate-DTPA extracts of soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.43, n.1, p.75-78, 1979.
- SOMMERS, L.E.; LINDSAY, W.L. Effect of pH and redox on predicted heavy metal chelate equilibria in soils. **Soil Science Society of America Journal**, v.43, n.1, p.39-47, 1979.
- STREET, J.J.; LINDSAY, W.L.; SABEY, B.R. Solubility and plant uptake of cadmium in soils amended with cadmium and sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, v.6, n.1, p.72-77, 1977.
- TRINDADE, A.V.; VILDOSO, C.I.A.; MUCHOVEJ, R.M.C.; COSTA, L.M. Interação de composto de lixo urbano e fungos micorrízicos na nutrição e crescimento do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, n.2, p.199-208, 1996.
- VITTI, G.C. **Avaliação e interpretação do enxofre no solo e na planta**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 37p.
- WOLF, B. An improved universal extracting solution and its use for diagnosing soil fertility. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.13, n.12, p.1005-1033, 1982.
- 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.

ZEN, S.; BELLOTE, A.F.J.; SILVA, H.D; FERREIRA, C.A. Resíduos urbanos como fonte de nutrientes em povoamentos de eucaliptos. In: SEMINÁRIO SOBRE USO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E URBANOS EM FLORESTAS, 1., Botucatu, 1994. **Trabalhos apresentados**. Botucatu: FCA/UNESP, 1994. p.25-39.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A.; SILVEIRA JUNIOR, P. **Sistemas de análise estatística para microcomputadores: manual de utilização**. Pelotas, 1987. 145p.