

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**EFEITO DA DENSIDADE DO SOLO E DA APLICAÇÃO DE
COMPOSTO ORGÂNICO SOBRE A BIOMASSA E TEORES DE
NUTRIENTES NO MILHO E EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO
SOLO**

PEDRO NORMANDO FEITOZA RODRIGUES

RECIFE – PE
SETEMBRO DE 2005

PEDRO NORMANDO FEITOZA RODRIGUES

**EFEITO DA DENSIDADE DO SOLO E DA APLICAÇÃO DE
COMPOSTO ORGÂNICO SOBRE A BIOMASSA E TEORES DE
NUTRIENTES NO MILHO E EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO
SOLO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo da UFRPE como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.

ORIENTADOR: Prof. Mário Monteiro Rolim

CO-ORIENTADORES: Prof. José Júlio Vilar Rodrigues

Prof. Raimundo Nonato Távora Costa

**RECIFE – PE
SETEMBRO DE 2005**

Ficha catalográfica
Setor de Processos Técnicos da Biblioteca Central – UFRPE

R696e Rodrigues, Pedro Normando Feitoza
Efeito da densidade do solo e da aplicação de composto orgânico sobre a biomassa e teores de nutrientes no milho e em atributos químicos do solo / Pedro Normando Feitoza Rodrigues. -- 2005.
36 f. : il.

Orientador: Mário Monteiro Rolim.
Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Agronomia.
Inclui bibliografia.

CDD 631.86

1. Milho
 2. Biomassa
 3. Resíduo orgânico
 4. Macronutriente
 5. Física do solo
- I. Rolim, Mário Monteiro
 - II. Título

**EFEITO DA DENSIDADE DO SOLO E DA APLICAÇÃO DE
COMPOSTO ORGÂNICO SOBRE A BIOMASSA E TEORES DE
NUTRIENTES NO MILHO E EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DO
SOLO**

PEDRO NORMANDO FEITOZA RODRIGUES

APROVADO EM 29/09/2005

ORIENTADOR:

Prof. Dr. Mário Monteiro Rolim

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Fernando José Freire

Prof. Dr. Newton Pereira Stamford

Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora Costa

Aos meus pais Pereira e Donana, pela dedicação e exemplo de vida;
Aos meus irmãos Agamenon (“in memória”) e José Wilson, pela amizade que sempre nos uniu;
À minha esposa Zane, pelo incentivo, carinho e compreensão;
Aos meus filhos Cybele e Fabricius, partes do meu ser;
Aos meus sogros, José Nogueira (“in memória”) e Maria, bons e verdadeiros amigos.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela sua infinita bondade e misericórdia;

Ao Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo da UFRPE, pela parceria institucional e oportunidade de realizar este trabalho;

Ao convênio EAFI/E AFC/EAFS/UFRPE, que possibilitou a minha admissão no curso de mestrado, nas pessoas do Prof. Dr. Fernando Freire e Prof. Dr. Emídio Cantídio;

À Universidade Federal do Ceará, pela aceitação da realização do experimento em seu campus e indicação de co-orientador;

À Escola Agrotécnica Federal de Iguatu-CE, pela minha liberação;

Aos meus pais, em especial, pelos quais tenho o mais absoluto orgulho, admiração e respeito;

À minha família, alicerce do meu equilíbrio, que sempre me norteia em todos os momentos;

Ao Prof. Dr. Mário Monteiro Rolim, pela singular dedicação e empenho na minha orientação, gentileza e confiança dispensada;

Ao Prof. Dr. Raimundo Nonato Távora (co-orientador), pelo apoio e amizade demonstrada;

Ao Prof. Dr. José Júlio Vilar Rodrigues (co-orientador), pelo auxílio a minha orientação;

À Profa. Dra. Elvira Maria Regis Pedrosa, pela orientação estatística e sugestões;

Ao Prof. Dr. Egídio Bezerra Neto, pelas sugestões e revisão dos artigos;

A todos os docentes do programa, pelos ensinamentos e apoio nos momentos necessários;

Aos funcionários do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em nome de Socorro e Noca, pelo atendimento e qualidade no ambiente de trabalho do programa;

Aos Colegas do Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, em nome de Veronildo Souza de Oliveira e Felizarda Viana Bebé, pelo apoio recebido;

Aos professores e servidores administrativos do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará, em especial ao Prof. Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez, e ao Dr. Francisco Valderez Augusto Guimarães, pela ajuda na realização e revisão das análises laboratoriais; e, ao Amigo Renato Silvio da Frota Ribeiro, pela imprescindível ajuda na orientação do inglês;

Aos servidores administrativos da Universidade Federal do Ceará, Dr. Almiro Tavares Medeiros, João Batista Santiago Freitas e Francisco José da Silva, e ao colega Neuzo Batista de Moraes, pela colaboração e amizade;

Aos colegas de curso, pela amizade e companheirismo;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Conteúdo

Agradecimentos.....	v
Índice.....	vii
Resumo.....	viii
Abstract.....	x
Introdução Geral.....	1
CAPÍTULO I - Teores de macronutrientes do solo e desenvolvimento do milho em função da densidade e aplicação de composto orgânico.....	4
Resumo.....	5
Abstract.....	5
Introdução.....	6
Materiais e Métodos.....	7
Resultados e Discussão.....	9
Conclusões.....	17
Literatura Citada.....	17
CAPÍTULO II - Atributos químicos e desenvolvimento do milho em função da densidade e da aplicação de composto orgânico no solo.....	20
Resumo.....	21
Abstract.....	21
Introdução.....	22
Material e Métodos.....	23
Resultados e Discussão.....	26
Conclusões.....	32
Literatura Citada.....	32
Considerações Finais.....	35
Considerações Finais.....	36

CAPÍTULO I

TEORES DE MACRONUTRIENTES E DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO E DA APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO

TEORES DE MACRONUTRIENTES E DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO E DA APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO

RESUMO: Os resíduos orgânicos quando bem aproveitados conduzem a grandes benefícios disponibilizando matéria orgânica e nutrientes ao solo. Nesse contexto o presente estudo teve por objetivo verificar o efeito da aplicação de doses crescentes de composto orgânico em dois solos submetidos a diferentes compactações. Para isto, em 54 vasos aplicou-se três doses de composto orgânico, nas quantidades de 0 (testemunha), 40 e 80 g dm⁻³, em dois solos sendo um Argissolo Vermelho Escuro (AVE) e o outro Argissolo Vermelho Amarelo (AVA), coletados no horizonte A_p, na profundidade de 0 a 0,20 m, conduzidos em três diferentes densidades (1,3, 1,5 e 1,7 kg dm⁻³) e três repetições. A cultura utilizada no experimento foi o milho (*Zea mays*), cultivar Itapuã 700. As variáveis avaliadas foram altura e massa fresca da parte aérea (MFPA) do milho e os teores de N, P, K, Ca, Mg e CO do solo. Os resultados obtidos mostraram que a aplicação do composto orgânico causou efeito significativo sobre os teores dos macronutrientes e CO disponíveis, propiciando elevação na altura e MFPA das plantas do milho e que a compactação do solo, necessária para aumentar a densidade de 1,3 para 1,7 kg dm⁻³, foi suficiente para afetar apenas a altura do milho.

Palavras-chave: milho, aproveitamento de resíduo, macronutrientes, solo

MACRONUTRIENTS OF THE SOIL AND DEVELOPMENT OF THE CORN IN FUNCTION OF DENSITY AND ORGANIC COMPOST APPLICATION

ABSTRACT: When well utilized, organic residues lead to great benefits making organic matter and nutrients available to the soils. In this contest, the present study had the objective to verify the effect of the application of increasing dosages of organic compost on two soils submitted to different compactations. For this, three organic compost dosages were applied on 54 pots, in the amounts of 0 (test), 40 and 80 g dm⁻³, in two soils, being one an Argissolo Vermelho Escuro (AVE) and the other an Argissolo Vermelho Amarelo (AVA), collected on the A_p horizon on the depth of 0 to 0.20 m,

conducted in tree densities (1.3, 1.5 and 1.7 kg dm⁻³) and three replicates. The crop used in the experiment was the corn (*Zea mays*), cultivar Itapuã 700. The variables evaluated were height and fresh mass (FM) of the corn shoot and levels of N, P, K, Ca, Mg and CO of the soil. The results obtained showed that the application of organic compost caused a significant effect on levels of macronutrients and CO available, inducing an increase in height and fresh matter in corn plants and that the soil compaction, enough to increase the densities from 1.3 to 1.7 kg dm⁻³, was able only to affect corn height.

Word-key: corn, residue use, macronutrients, soil

INTRODUÇÃO

A comercialização de produtos agrícolas nas centrais de abastecimento resulta um resíduo de natureza orgânica das atividades de pós-colheita, perdas e processamento primário. Após a compostagem, são transformados em substâncias húmicas relativamente estáveis, composto orgânico, que permite um melhor aproveitamento na adubação dos solos. Os compostos orgânicos constituem-se atualmente em alternativa viável na substituição total ou parcial dos fertilizantes minerais. Pois são encontrados normalmente na natureza ou ainda a partir da simples decomposição de restos de culturas, resíduos agroindustriais, lodo de esgotos e tantos outros materiais o que, conseqüentemente, reduz os custos com a adubação. Os resíduos orgânicos embora apresentem menores concentrações em nutrientes que os fertilizantes minerais possuem em sua constituição uma maior diversidade de elementos que, quando ausentes no solo, limitam a sua produção.

O uso agrícola desses resíduos tem sido recomendado por proporcionar benefícios agronômicos, como elevação do pH do solo (Silva et al., 2001), redução da acidez potencial e aumento na disponibilidade de macronutrientes (Berton et al., 1989), além de representar um benefício de ordem social pela disposição final menos impactante do resíduo no ambiente. Diversos trabalhos têm mostrado aumentos na produção de matéria seca e grãos por espécies de interesse agronômico cultivadas em solos tratados com lodo de esgoto (Defelipo et al., 1991; Da Ros et al., 1993). Em alguns casos, o aumento é equiparável ou superior aos obtidos com a adubação mineral recomendada para as culturas (Da Ros et al., 1993; Silva et al., 2001).

Giffoni (1987), por sua vez, estudando o efeito de quatro fontes de matéria orgânica (esterco bovino, esterco de galinha, esterco de caprino e bagaço de carnaúba)

sobre as propriedades físicas e químicas de um solo Aluvial Vértico Halomórfico, concluiu que o esterco de galinha aumentou significativamente o P disponível, enquanto que os demais esterco praticamente mantiveram o nível do solo original. O K disponível aumentou em todas as fontes, destacando-se os esterco de caprino e de galinha.

Entre os fatores que contribuem para o incremento da produtividade das culturas, a disponibilidade de N é um dos mais importantes, pois se trata de um nutriente absorvido em maiores quantidades pela maioria das culturas o que exerce efeito mais pronunciado na produção. Apesar disso, o manejo da adubação nitrogenada é difícil, por ser o N um elemento que apresenta dinâmica complexa e em virtude da adubação química não apresentar efeito residual (Raij, 1991). Mas, a principal reserva de N no solo é a matéria orgânica, com grande significado para o suprimento do nutriente para as culturas.

As plantas necessitam de condições físicas e químicas adequadas para realizar seu potencial produtivo e a compactação reduz o crescimento e aumenta as perdas de N por desnitrificação (Soane e Ouwerkerk, 1994). Através da prática da adubação orgânica pode-se diminuir esse efeito negativo, com a vantagem, além da melhoria de algumas características físicas, de promover um enriquecimento de macronutrientes para as culturas e aumentar a atividade microbiana do solo.

A resposta das principais plantas cultivadas à compactação ainda não é completamente conhecida. Dependendo da sensibilidade das espécies e das condições ambientais, têm-se observado reduções de até 75% da produtividade, como no feijoeiro quando submetido à compactação (Orzolek, 1991). Entretanto, Oussible et al. (1992) encontraram efeitos menos drásticos no trigo cultivado em um solo franco-argiloso compactado a uma densidade de aproximadamente $1,51 \text{ kg dm}^{-3}$, em que verificaram reduções na produtividade de grãos e na matéria seca, de 9-20% e 12-23%, respectivamente.

O presente estudo teve por objetivo verificar o efeito da aplicação de doses crescentes de composto orgânico em dois solos submetidos a diferentes compactações, cultivados com a cultura do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia, Campus do Pici.

Os solos utilizados no experimento apresentaram duas classes texturais: Argissolo Vermelho Escuro com textura franco arenosa (AVE) e Argissolo Vermelho Amarelo com textura arenosa (AVA), provenientes do Município de Iguatu, CE, coletados no horizonte A_p, na profundidade de 0 a 0,20 m. A caracterização física e química, Tabela 1, dos solos estudados foi efetuada no Laboratório de Solos da UFC, segundo metodologia EMBRAPA (1997).

Tabela 1. Caracterização física e química dos solos utilizados no experimento.

Determinação	AVE	AVA
Areia grossa (g kg ⁻¹)	410	440
Areia fina (g kg ⁻¹)	250	450
Silte (g kg ⁻¹)	160	90
Argila (g kg ⁻¹)	180	20
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,42	1,48
Densidade de partículas (kg dm ⁻³)	2,68	2,73
Umidade na capacidade de campo (g 100g ⁻¹)	10,37	2,51
Umidade no ponto de murcha permanente g 100g ⁻¹	7,03	1,64
Classificação textural	Franco arenosa	Areia
Nitrogênio - N (g kg ⁻¹)	0,32	0,29
Fósforo - P (mg dm ⁻³)	7	55
Potássio - K ⁺ (mg dm ⁻³)	189	23
Cálcio - Ca ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	2,5	1,9
Magnésio - Mg ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	2,2	1,7
Carbono (g kg ⁻¹)	2,89	2,69
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	4,98	4,63
Condutividade elétrica na pasta saturada (dS m ⁻¹)	0,74	1,44
pH em água (1:2,5)	7,2	6,5

O composto orgânico utilizado foi produzido na Usina de Compostagem de Resíduos da CEASA-PE, cuja composição química determinada foi: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, umidade e matéria orgânica iguais a 0,70; 0,43; 0,86; 19,92; 1,48; 14,23 e 13,83%, respectivamente.

A cultura utilizada no experimento foi o milho (*Zea mays L.*), cultivar Itapuã 700, descrita como de ciclo curto, 100 dias, possuindo resistência moderada a doenças e boa resistência à seca, bem como boa adaptabilidade a solos de baixa fertilidade.

O experimento foi conduzido em 54 vasos de PVC de 0,10 x 0,30 m (diâmetro x altura, respectivamente). Os solos, após a coleta, foram secos ao ar, destorroados e

passados em peneira de 4,76 mm, pesados e adicionado aproximadamente 10% de água em peso, para facilitar o processo de compactação.

A compactação foi feita com a colocação de uma massa de solo, previamente calculada, no vaso de PVC, em três camadas semelhantes, aplicando-se golpes de malho de madeira sobre o solo de cada camada até a altura desejada, de modo que o conjunto atingisse as densidades $D1=1,3$, $D2=1,5$ e $D3=1,7 \text{ kg dm}^{-3}$. Depois de preparados os vasos com solo nas diversas densidades, os mesmos foram lentamente saturados, através de fluxo de água vertical ascendente, com a finalidade de se evitar caminhos preferenciais da água de irrigação como também das raízes. Em seguida, foram levados à casa de vegetação e adicionado o composto orgânico nas doses estabelecidas (0; 40 e 80 g dm^{-3}), equivalentes a 0; 80 e 160 t ha^{-1} , base úmida.

Após três dias, fez-se a semeadura empregando-se cinco sementes de milho e oito dias depois o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso, as quais foram irrigadas diariamente com o mesmo volume de água até o término do experimento, tendo-se o cuidado de não ultrapassar a capacidade de pote. O cultivo foi conduzido por um período de 25 dias, tendo em vista o espaço reduzido do vaso, ocasião em que foi realizada a colheita da parte aérea das plantas, com corte do caule rente ao solo. Os materiais foram acondicionados em sacos de papel devidamente identificados e levados ao laboratório para as determinações da altura e quantidade de matéria fresca da parte aérea (MFPA).

A altura das plantas foi determinada pela média das duas plantas de cada vaso, medindo-se do colo ao ápice da última folha completamente estendida, com auxílio de uma trena. A MFPA foi obtida através da pesagem direta em balança de precisão.

O N total do solo foi determinado pelo método de Kjeldahl. O P disponível foi extraído com Mellich 1 e determinado por colorimetria. Para os cátions trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) utilizou-se o acetato de amônio 1 N pH 7,0, determinando-se o Ca e o Mg por titulação com EDTA 0,025 N e o K por fotometria de chama. O carbono orgânico (CO) foi determinado por oxidação da matéria orgânica do solo com a solução de dicromato de potássio 0,4 N. Todas as determinações foram procedidas segundo a metodologia da EMBRAPA (1997).

Os tratamentos foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, configurando-se em arranjo fatorial $2 \times 3 \times 3$, sendo dois solos (AVE e AVA), três níveis de densidade (D1, D2 e D3) e três doses de composto orgânico (Dose 1 – Test, Dose 2 e

Dose 3), com três repetições, sendo realizada a análise de variância (teste F) e a comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância ($P \leq 0,05$) aplicada à altura de planta apresentou resposta significativa para os fatores solo, dose e densidade, mas não para as suas interações (Figura 1). Os resultados estão de acordo com o esperado, devido o solo AVE ter uma mais elevada fertilidade natural.

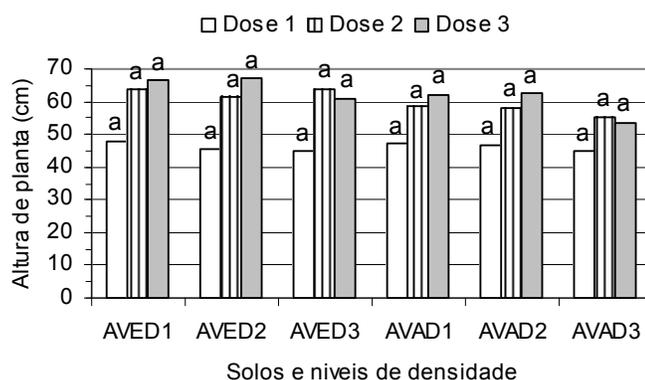


Figura 1. Altura de planta nas diversas dosagens do composto orgânico aplicado em função do tipo de solo e densidades.

Em se tratando da aplicação das diversas doses do composto, os maiores acréscimos de altura de planta, foram verificados para Dose 3 (62 cm), seguida da Dose 2 (60 cm), estatisticamente iguais entre si, e todas superiores a Test (46 cm), sem composto orgânico. Em relação a Test, a adição do composto orgânico na dose máxima propiciou um aumento da ordem de 34% para a altura das plantas, confirmando resultado obtido por Trindade et al. (1996) que observou que a aplicação de composto proveniente de lixo estimulou também o crescimento do milho. Da mesma forma, os resultados corroboram com os obtidos por Souza (2000) que estudou o desempenho de outras espécies em sistema orgânico.

O efeito da densidade do solo na altura de plantas foi no sentido de que quanto maior a compactação menor o desenvolvimento das plantas, sendo a menor altura observada com a D3 (54 cm), seguida da D2 (57 cm), estatisticamente iguais entre si, e todas inferiores a D1 (58 cm) que também não diferiu da D2. A redução do crescimento das plantas, tendo como causa a compactação dos solos, originada pelo incremento da densidade, já era esperada, pois os reflexos negativos corroboram com Reichardt (1990)

que considera o valor da densidade de $1,4 \text{ kg dm}^{-3}$ adequado para o milho. Entretanto, Ribeiro (1999), trabalhando com um Latossolo Vermelho Amarelo textura franco arenosa, observou que o aumento da densidade do solo não ofereceu restrições ao crescimento das plantas (soja e eucalipto), dificultando fazer generalizações.

A MFPA apresentou significância estatística para as causas de variação solo, dose e para as interações solo \times dose, densidade \times dose, mas não para as demais (Figura 2). Pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), o maior valor da MFPA foi observado nas plantas cultivadas no solo AVE ($18,51 \text{ g vaso}^{-1}$) seguido do solo AVA ($14,61 \text{ g vaso}^{-1}$), indicando que o crescimento em altura, devido a maior fertilidade do solo AVE, correspondeu também em ganho de MFPA.

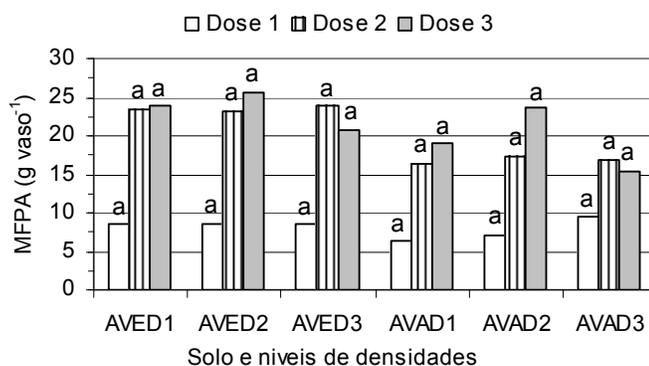


Figura 2. MFPA do milho nas diversas dosagens do composto orgânico aplicado em função do tipo de solo e densidades.

A adição do composto orgânico proporcionou significativo aumento na produção de MFPA, sendo os maiores valores obtidos com a aplicação da Dose 3 ($21,44 \text{ g vaso}^{-1}$), seguida da Dose 2 ($20,15 \text{ g vaso}^{-1}$), estatisticamente iguais entre si, e todas superiores a Test ($8,08 \text{ g vaso}^{-1}$). Observa-se que em relação a maior dose, a produção da MFPA foi 2,6 vezes maior que a Test, sem aplicação do composto. Os resultados atestam o potencial do composto orgânico no incremento da produção de biomassa.

Analisando-se o efeito da compactação, correspondente ao acréscimo das densidades, independentemente do solo utilizado, verifica-se que não existiu diferença significativa na produção da MFPA, o que confirma resultados obtidos por Phillips e Kirkman (1962), segundo os quais não há efeito nas maiores densidades (solos de textura média e grosseira).

A análise de variância ($P \leq 0,05$) aplicada ao N, Figura 3, foi significativa para o solo, dose e densidade, bem como para as interações solo \times dose e solo \times densidade. Pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$) os maiores valores dos níveis de N foram obtidos para o solo AVE ($0,42 \text{ g kg}^{-1}$) seguido do solo AVA ($0,27 \text{ g kg}^{-1}$).

Para a densidade, os maiores valores foram observados com D3, semelhante a D1, que por sua vez não diferiu da D2. De maneira geral, não houve efeito significativo nos níveis isolados de densidade sobre o teor de N, exceto para a D3 no solo AVA. Os resultados indicam que devido os solos terem texturas arenosas o incremento da compactação favoreceu a redução da lixiviação do N. Com a compactação dos solos, originada pelo incremento das densidades, havia a possibilidade de ocorrência de condições anaeróbicas que realçassem as perdas do N na forma de óxido nitroso (Stepniewski et al., 1994), o que não foi verificado.

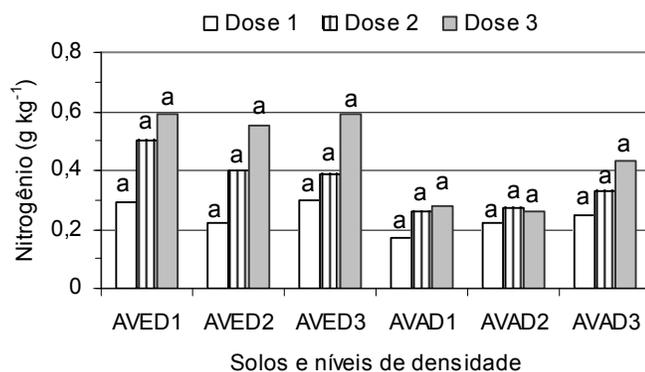


Figura 3. Teores de N no solo após a aplicação das diversas dosagens do composto orgânico em função do tipo de solo e densidades.

Com relação à dose do composto aplicada, os maiores valores foram obtidos com a Dose 3 ($0,45 \text{ g kg}^{-1}$), seguida da Dose 2 ($0,35 \text{ g kg}^{-1}$) e Test ($0,24 \text{ g kg}^{-1}$) diferentes entre si. No caso do solo AVE, os maiores valores de N ($0,57 \text{ g kg}^{-1}$) foram obtidos para a Dose 3, seguida da Dose 2 ($0,42 \text{ g kg}^{-1}$) e Test ($0,27 \text{ g kg}^{-1}$), diferentes entre si; para o solo AVA, os maiores valores foram obtidos para a Dose 3 ($0,32 \text{ g kg}^{-1}$) e Dose 2 ($0,28 \text{ g kg}^{-1}$), estatisticamente iguais entre si, e todas superiores a Test ($0,21 \text{ g kg}^{-1}$), sem composto orgânico.

O N total inclui as formas orgânicas, que são as predominantes, e inorgânicas do elemento no solo. Embora esta característica nem sempre se relacione com a disponibilidade de N, a relação com o teor de matéria orgânica do solo é sempre estreita

(Raij, 1991). O composto orgânico utilizado contém cerca de 0,70% de N total; assim, serviu como fonte de reserva, sendo o teor de N total influenciado positivamente pela dosagem aplicada.

Os teores de N total nos tratamentos que receberam adubação orgânica foram aproximadamente 111% e 152% superiores à Test, nos solos AVE e AVA, respectivamente. O maior teor de N total nos tratamentos que receberam as dosagens evidencia o efeito residual do composto orgânico aplicado, corroborando com Stockdale et al. (2002), em que o uso de materiais orgânicos aumenta o N total do solo.

Com relação ao P (Figura 4) obtido no complexo sortivo dos solos, a análise de variância apresentou significância ($P \leq 0,05$) para o solo, dose e sua interação, mas não para a densidade.

No caso específico do solo, os maiores valores ($P \leq 0,05$) dos teores médios de P foram obtidos para o AVA (30,33 mg dm^{-3}) seguido do AVE (3,67 mg dm^{-3}), classificados como alto e baixo, respectivamente. No Brasil 90% das análises de solos mostram teores de P disponíveis menores que 10 mg dm^{-3} , nível baixo (UFC, 1993).

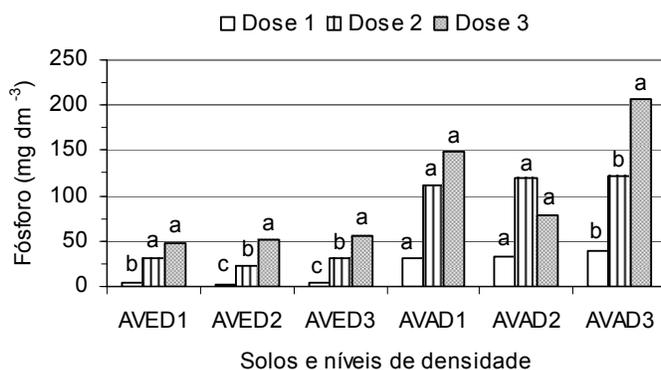


Figura 4. Teores de P no solo após a aplicação de diversas dosagens do composto orgânico em função do tipo de solo e densidades.

Os teores médios de P avaliados após o cultivo do milho nos solos AVE e AVA, tiveram uma redução na Test, em relação aos solos originais, de aproximadamente 47% e 45%, respectivamente, já nos demais tratamentos que receberam aplicações do composto orgânico foram expressivamente elevados, quando comparados aos solos originais. Esses resultados foram observados também Paiva (1990) e Matowo et al. (1999) em função da aplicação de fertilizantes nitrogenados em áreas sob sistema de plantio direto. Gibson (1992), testando efeito de composto orgânico em Latossolo

Amarelo, destaca que a dose de 10 t ha⁻¹ elevou o teor de P do solo de 5 para 32 mg dm⁻³ (540%), sendo o efeito residual desta dose, após o cultivo de milho, de 20 mg dm⁻³.

De modo geral, a Dose 3 foi a que mais elevou o teor de P disponível, com diferenças estatísticas entre as três doses do composto, exceção feita às Dose 2 e Dose 3 aplicados no solo AVA. Os teores médios de P observados variaram de 3,00 mg dm⁻³ (AVE, D2 e Dose 1) a 206,33 mg dm⁻³ (AVE, D3 e Dose 3), não tendo sido influenciados pelas diferentes densidades.

Os dados obtidos do K nos solos após o cultivo do milho, Figura 5, apresentaram significância estatística para o solo, dose e para a interação solo × dose, porém não para as demais. Os teores de K no solo após o cultivo foram estatisticamente diferentes (P ≤ 0,05), com o AVE apresentando maiores valores em relação ao AVA. O resultado obtido está conforme o esperado, tendo em vista que o solo AVA apresentava originalmente baixo nível deste elemento.

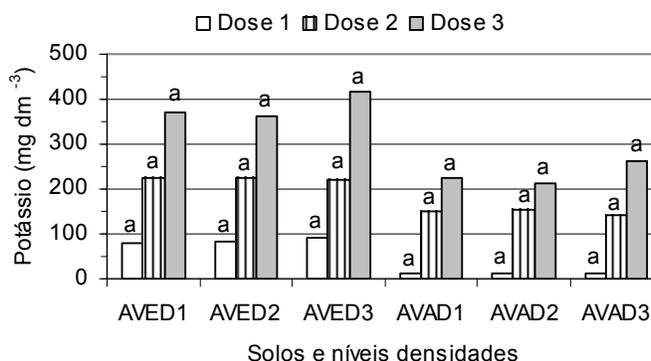


Figura 5. Teores de K no solo após a aplicação de diversas dosagens do composto orgânico em função do tipo de solo e densidades.

Em se tratando da dosagem de composto orgânico, a sua aplicação ocasionou um significativo aumento no teor de K nos solos, sendo os maiores valores obtidos com aplicação da Dose 3, seguida da Dose 2 e todas superiores a Test, independentemente do tipo de solo. A aplicação do composto no solo AVE proporcionou incrementos da ordem de 4,4 vezes (85,55 para 382,88 mg dm⁻³) e da ordem de 19,4 vezes para o AVA (12,00 para 233,66 mg dm⁻³). Os dados corroboram com Stockdale et al. (2002) que encontrou incrementos nos níveis de K, porém, às vezes, são verificados decréscimos (Mader et al., 2002) nos teores com o aporte contínuo de materiais orgânicos no solo, o que dificulta generalizações.

A análise de variância ($P \leq 0,05$) aplicada ao Ca (Figura 6) foi significativa para o fator solo, dose e para a interação solo \times dose, porém não para a densidade e demais interações. No caso do solo, o teste de Tukey ($P \leq 0,05$) indicou que os maiores valores foram obtidos para o AVE, seguido do AVA.

A aplicação do composto orgânico contribuiu para o aumento nos teores de Ca no solo, sendo os maiores valores obtidos com aplicação da Dose 3, seguida da Dose 2 e todas superiores a Test. Especificamente no solo AVA os maiores valores obtidos foram para a Dose 3 seguida da Dose 2, estatisticamente iguais entre si, e ambas superiores a Test. A elevação do nível de Ca trocável dos solos, após o cultivo, nos diversos tratamentos é explicada pelo alto nível deste elemento no composto (19,92%). Os resultados corroboram aos encontrados quando da aplicação sistemática de esterços, compostos orgânicos e incorporação de culturas de cobertura, onde se tem observado maior aporte de Ca (Clark et al., 1998; Mader et al., 2002; Stockdale et al., 2002).

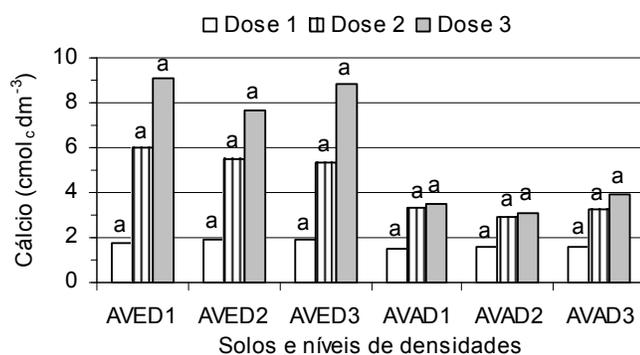


Figura 6. Teores de Ca no solo após a aplicação de diversas dosagens do composto orgânico em função do tipo de solo e densidades.

Os níveis de Mg obtidos no solo após o cultivo do milho, Figura 7, apresentaram significância ($P \leq 0,05$) para o solo, densidade, dose e para interações solo \times densidade, solo \times dose e solo \times densidade \times dose.

O teste de Tukey ($P \leq 0,05$) indicou que o solo AVE apresentou maiores valores de Mg em relação ao solo AVA, independentemente da dose aplicada. Os resultados obtidos eram esperados, tendo em vista o solo AVE ser naturalmente mais rico em Mg do que o AVA.

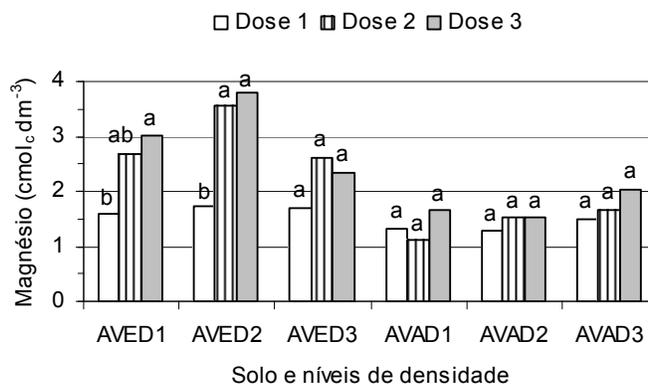


Figura 7. Teores de Mg no solo após a aplicação de diversas dosagens do composto orgânico em função do tipo de solo e densidades.

Em se tratando das diversas doses do composto orgânico aplicadas, os maiores valores foram obtidos para a Dose 3, seguida da Dose 2, estatisticamente iguais entre si, e todas superiores a Test. No caso específico do solo AVA, não houve diferença entre as dosagens. Verifica-se que o valor médio do Mg no AVE ($2,55 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e no AVA ($1,52 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) são considerados altos, sendo evidente o efeito positivo da aplicação do composto orgânico. Resultados semelhantes foram encontrados por Blevins et al. (1977), Clark et al. (1998), Mader et al. (2002) e Stockdale et al. (2002).

No caso específico da densidade, os maiores teores de Mg foram verificados no solo AVE com a D2, superior a D3 que foi igual a D1, não existindo estatisticamente nenhuma diferença no efeito das densidades aplicadas no AVA sobre o teor de Mg.

Com relação aos níveis do CO obtidos no solo após o cultivo do milho, Figura 8, houve significância estatística para o solo, dose e para interações solo \times densidade e solo \times dose, mas não para a causa densidade e demais interações.

O teste de Tukey ($P \leq 0,05$) mostrou que o solo AVE apresentou maiores valores de CO ($4,22 \text{ g kg}^{-1}$) em relação ao AVA ($2,68 \text{ g kg}^{-1}$). Os resultados obtidos eram esperados, tendo em vista o solo AVE ser naturalmente mais rico em CO do que o AVA.

A adição do composto orgânico contribuiu para o aumento significativo nos teores do CO no solo, sendo os maiores valores obtidos com a aplicação da Dose 3 ($4,37 \text{ g kg}^{-1}$), seguida da Dose 2 ($3,43 \text{ g kg}^{-1}$) e da Test ($2,55 \text{ g kg}^{-1}$), todas diferentes entre si. A elevação do nível de CO dos solos, após o cultivo, nos diversos tratamentos é explicada pelo alto nível de matéria orgânica no composto (13,83%).

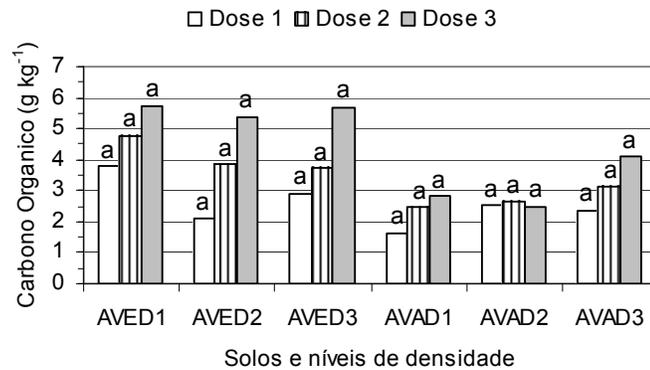


Figura 8. Teores de CO no solo após a aplicação de diversas dosagens do composto orgânico em função do tipo de solo e densidades.

No caso específico da dosagem do composto no solo AVA não houve diferença significativa. Enquanto no AVE a Dose 3 ($5,60 \text{ g kg}^{-1}$) resultou em teores de CO no solo significativamente maiores que a Test ($2,93 \text{ g kg}^{-1}$), porém, não diferente da Dose 2 ($4,12 \text{ g kg}^{-1}$) estatisticamente semelhantes. Os resultados obtidos são compatíveis aos de Giffoni (1987) que trabalhou com quatro fontes de matéria orgânica e observou aumento nos teores de CO do solo para as quatro fontes estudadas.

A compactação originada pela aplicação das diversas densidades mostrou que não houve alteração nos teores de CO nos solos AVE e AVA, exceto na D1 aplicada ao AVE ($4,75 \text{ g kg}^{-1}$) em relação a mesma densidade no AVA ($2,32 \text{ g kg}^{-1}$).

CONCLUSÕES

1. As dosagens aplicadas do composto proporcionaram efeitos significativos nas variáveis altura de plantas e matéria fresca do milho;
2. Para a cultura do milho a quantidade equivalente a 80 t ha^{-1} do composto orgânico deve ser a recomendada;
3. A compactação do solo, necessária para aumentar a densidade de 1,3 para $1,7 \text{ kg dm}^{-3}$, afetou apenas a altura do milho cultivado em vaso.

LITERATURA CITADA

BERTON, R.S.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Absorção de nutrientes pelo milho em resposta à adição de lodo de esgoto a cinco solos paulistas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, p. 187-192, 1989.

BLEVINS, R. L.; THOMAS, G. W.; CORNELIUS, P. L. Influence of no-tillage and nitrogen fertilization on certain soil properties after 5 years of continuous corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 383-386, May/June 1977.

CLARK, M.S.; HORWATH, W.R.; SHENNAN, C.; SCOW, K.M. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low-input farming practices. **Agron. J.**, 90:662-671, 1998.

DA ROS, C.O.; AITA, C.; CERETTA, C.A.; FRIES, M.R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p. 257-261, 1993.

DEFELIPO, B. V.; NOGUEIRA, A. V.; LOUDES, E. G.; ALVAREZ, Z. V. H. Eficiência agrônômica do lodo de esgoto proveniente de uma siderúrgica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p. 389-393, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

GIBSON, C.P. **Efeito do composto no Latossolo Amarelo: produtividade e alterações químicas**. Belém: FCAP, 1992. 99p. Dissertação Mestrado.

GIFFONI, V.L.R. **Efeito de resíduos orgânicos no cultivo do arroz e nas propriedades físicas e químicas do solo Aluvial Vértico sódico**. Fortaleza: UFC, 1987. 65p. Dissertação Mestrado.

MADER, P.; FLIESSBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P. NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. **Science**, 296:1694-1697, 2002.

MATOWO, P.R.; PIERZYNSKI, G.M.; WHITNEY, D.; LAMOND, R.E. Soil chemical properties as influenced by tillage and nitrogen source, placement, and rates after 10 years of continuous sorghum. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 50, p. 11-19, 1999.

ORZOLEK, M.D. Establishment of vegetables in the field. **Hort Technology**, Alexandria, v.1, p.78-81, 1991.

OUSSIBLE, M.; CROOKSTON, R. K.; LARSON, W. E. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat. **Agronomy Journal Madison**, v.84,p.34-38, 1992.

PAIVA, P. J. R. **Parâmetros de fertilidade de um solo do Paraná sob diferentes sistemas de manejo**. 1990. 55 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PHILLIPS, R. E.; KIRKHAM, D. Mechanical impedance and corn seedling root growth. **Soil Science Society America Proceedings**. Madison, v. 26, p. 319-322, 1962.

Raij, B.V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991, 343p.

REICHARDT, K. **A água em Sistemas Agrícolas**. São Paulo, Manole, 1990. 188p.

RIBEIRO, M. A. V. **Resposta da soja e eucalipto a fósforo em solos de diferentes texturas e níveis de densidade e umidade**. Lavras: UFLA,1999. 71p. (Tese – Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).

SILVA, F. C.; BOARETTO, A. E.; BERTON, R.S.; ZOTELLIH, B.; PEXE, C. A.; BERNARDES, E. M. Efeito na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.36, n.5, p. 831-840, maio de 2001.

SOANE, B.D.; OUWERKERK, C.V. **Soil compaction in crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1994. 660p.

SOUZA, J. L. **Manejo orgânico de solos: a experiência da Emcaper**. Viçosa, SBCS, 2000. 4: 13-16. (Boletim Informativo).

STEPNIEWSKI, W.; GLINSKI, J.; BALL, B.C. **Effects of compaction on soil aeration properties**. IN: SOANE, B. D., VAN OUWERKERK, C. Soil Compaction in Crop Production. Amsterdam: Elsevier, 1994. p. 167-189. (Developments in Agricultural Engineering 11).

STOCKDALE, E.A.; SHEPHERD, M.A.; FORTUNE, S; CUTTLE, S.P. Soil fertility in organic farming systems – fundamentally different? **Soil Use and Management**, 18:301-308, 2002.

TRINDADE, A.V., VILDOSO, C.I.A., MUCHOVEJ, R.M.C. Interação de composto de lixo urbano e fungos micorrizicos na nutrição e crescimento do milho. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, v. 20, p. 199-208, 1996.

UFC **Recomendações de adubações e calagem para o estado do Ceará**. Fortaleza, UFC/CCA/Departamento de Ciências do Solo, 1993. 247p.

CAPÍTULO II

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO E DA APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO

ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E DESENVOLVIMENTO DO MILHO EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DO SOLO E DA APLICAÇÃO DE COMPOSTO ORGÂNICO

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi verificar o efeito da aplicação de doses crescentes de composto orgânico em dois solos submetidos a diferentes densidades, avaliado através da matéria seca (MS) e de macronutrientes da parte aérea do milho. Para isto, em 54 vasos aplicou-se três doses de composto orgânico resultante do processamento de resíduos de Central de Abastecimento, em dois solos sendo um Argissolo Vermelho Escuro (AVE) e o outro Argissolo Vermelho Amarelo (AVA), coletados no horizonte A_p, na profundidade de 0 a 0,20 m, conduzidos em três diferentes densidades e três repetições. A cultura utilizada no experimento foi o milho (*Zea mays L.*), cultivar Itapuã 700. As variáveis avaliadas foram a MS e os teores de N, P, K, Ca e Mg da parte aérea do milho. Os resultados obtidos mostraram que a adubação do composto orgânico causou efeito significativo sobre o ganho de biomassa e acúmulo de K em milho cultivado em vaso e que a compactação do solo, necessária para aumentar a densidade de 1,3 para 1,7 kg dm⁻³, não foi suficiente para afetar o crescimento do milho. Excepcionalmente, o Ca não foi influenciado pela dosagem, mesmo existindo elevado teor do elemento no composto.

Palavras-chave: Milho, aproveitamento de resíduo, composto orgânico, macronutrientes

CHEMICAL ATTRIBUTES AND CORN DEVELOPMENT IN FUNCTION OF DENSITY AND APPLICATION OF ORGANIC COMPOST IN THE SOIL

ABSTRACT: The objective of the present study was to verify the effect of increasing organic compost levels on two soils submitted to different densities, evaluated through the dry weight and micronutrients of the corn (*Zea mays L.*) shoot. In order to do this, in 54 pots it was applied three dosages of organic compost resulting from the processing of the residue from the Central Market, on two soils, the first one being an Argissolo Vermelho Escuro (AVE) and the other an Argissolo Vermelho Amarelo (AVA),

collected on the Ap horizon on the depth of 0 to 0.20m, conducted under three different densities and three replicates. The crop used was the corn cultivar Itapoã 700. The variables evaluated were the dry matter (DM) and the levels of N, P, K, Ca and Mg of the corn shoot. The results obtained showed that the application of organic compost caused a significant effect on the biomass gain and accumulation of K in corn grown on pots and that the soil compaction, sufficient to increase the densities from 1.3 to 1.7 kg dm⁻³, was not sufficient to affect corn growth. Exceptionally, Ca was not influenced by dosages, despite the high level of this element on the compost.

KEY-WORD: Corn, residue use, organic compost, macronutrients

INTRODUÇÃO

Os compostos orgânicos obtidos a partir da compostagem dos resíduos orgânicos, por possuírem apreciáveis quantidades de nutrientes, muitas vezes desperdiçados representando elevadas perdas para o produtor, podem suprir as necessidades nutricionais das plantas. Os preparados contêm macronutrientes que são indispensáveis para um ótimo crescimento das plantas, além de melhorar algumas características físicas e biológicas do solo. Em alguns casos, os benefícios do ponto de vista químico são equiparáveis ou superiores aos obtidos com a adubação mineral recomendada para as culturas (Da Ros et al., 1993; Silva et al., 2001).

Pesquisas têm sido realizadas para caracterizar os compostos orgânicos produzidos no Brasil (Lima et al., 1997). Entretanto, estudos avaliando respostas fisiológicas de vegetais cultivados com esse tipo de fertilizante têm recebido pouca atenção. Várias fontes de resíduos, tais como: bagaço-de-cana, cama-de-aviário, esterco de suíno e de bovino, palhada de feijão, lixo orgânico urbano e lodo de esgoto têm sido citadas como adequadas para serem transformadas em adubos orgânicos (Vidigal et al., 1995; Rodrigues e Casali, 1998; Freitas et al., 1999; Teixeira et al., 2002; Galdos et al., 2004).

A matéria orgânica contida nos resíduos quando aplicada em dose adequada apresenta efeitos positivos sobre o rendimento das culturas, devido principalmente ao suprimento de nutrientes nela contidos. A principal reserva de nitrogênio do solo é a matéria orgânica, com grande significado para o suprimento do nutriente para a cultura do milho. O nitrogênio orgânico é mineralizado pela ação das bactérias nitrificantes e convertido em amônio ou nitrato.

A matéria orgânica pode conter na sua composição uma grande diversidade de nutrientes, sendo o nitrogênio, o fósforo e o enxofre encontrados em maiores quantidades, ficando os mesmos disponíveis para as plantas, através do processo da mineralização realizado por microrganismos (Primavesi, 1980).

Por outro lado, a compactação pode algumas vezes limitar o crescimento radicular das plantas, comprometendo sua capacidade em absorver nutrientes e água (Rosolem et al., 1994; Guimarães e Moreira, 2001). Em consequência, tem afetado a produtividade das culturas em maior ou menor grau dependendo do tipo de solo, do teor de água que contém, do estado de compactação e da cultura. O sistema radicular das plantas requer condições físicas e químicas adequadas no ambiente para extrair os elementos essenciais e realizar seu potencial produtivo.

Contudo, observações de Rosolem et al. (1994) mostraram que a compactação do solo afetou o crescimento radicular, mas não a produção de matéria seca total e da parte aérea da planta; além de que níveis intermediários de compactação propiciaram incremento no acúmulo de biomassa na parte aérea do milho (Gediga, 1991). Resultados semelhantes foram obtidos por Teles et al. (2001), no que se refere à ausência de resposta no acúmulo de MS da parte aérea do milho, submetido a diferentes densidades de um Latossolo Vermelho textura argilosa.

Considerando esses aspectos, o presente estudo teve por objetivo verificar o efeito da aplicação de doses crescentes de composto orgânico em dois solos submetidos a diferentes densidades, sobre os teores de N, P, K, Ca, Mg e no acúmulo de MS na parte aérea do milho.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia, Campus do Pici (Figura 1).

Os solos utilizados foram de duas classes texturais distintas: Argissolo Vermelho Escuro textura franco arenosa (AVE) e Argissolo Vermelho Amarelo textura arenosa (AVA), provenientes do Município de Iguatu, CE, coletados no horizonte A_p, na profundidade de 0 a 0,20 m. As caracterizações físicas e químicas (Tabela 1) dos solos estudados foram efetuadas no Laboratório de Solos da UFC, segundo metodologia EMBRAPA (1997).

O composto orgânico utilizado foi o produzido na Usina de Compostagem de Resíduos da CEASA-PE, cuja composição química determinada foi: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, umidade e matéria orgânica iguais a 0,70; 0,43; 0,86; 19,92; 1,48; 14,23 e 13,83%, respectivamente.



Figura 1. Casa de vegetação com os vasos dispostos.

Tabela 1. Caracterização física e química dos solos utilizados no experimento.

Determinação	AVE	AVA
Areia grossa (g kg ⁻¹)	410	440
Areia fina (g kg ⁻¹)	250	450
Silte (g kg ⁻¹)	160	90
Argila (g kg ⁻¹)	180	20
Densidade do solo (kg dm ⁻³)	1,42	1,48
Densidade de partículas (kg dm ⁻³)	2,68	2,73
Umidade na capacidade de campo (g 100g ⁻¹)	10,37	2,51
Umidade no ponto de murcha permanente g 100g ⁻¹	7,03	1,64
Classificação textural	Franco arenosa	Areia
Nitrogênio - N (g kg ⁻¹)	0,32	0,29
Fósforo - P (mg dm ⁻³)	7	55
Potássio - K ⁺ (mg dm ⁻³)	189	23
Cálcio - Ca ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	2,5	1,9
Magnésio - Mg ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	2,2	1,7
Carbono (g kg ⁻¹)	2,89	2,69
Matéria orgânica (g kg ⁻¹)	4,98	4,63
Condutividade elétrica na pasta saturada (dS m ⁻¹)	0,74	1,44
pH em água (1:2,5)	7,2	6,5

A cultura utilizada no experimento foi o milho (*Zea mays L.*), cultivar Itapuã 700, descrita como de ciclo curto, 100 dias, possuindo resistência moderada a doenças e boa resistência à seca, bem como boa adaptabilidade a solos de baixa fertilidade.

O experimento foi conduzido em 54 vasos de PVC de 0,10 x 0,30 m (diâmetro x altura, respectivamente), cujo esquema está apresentado na Figura 2.

Os solos, após a coleta, foram secos ao ar, destorroados e peneirados em malha de 4,76 mm, pesados e adicionado aproximadamente 10% de água em peso, com a finalidade de facilitar o processo de compactação.

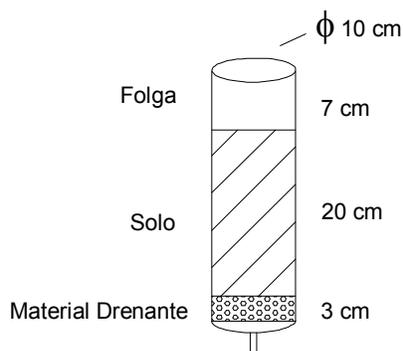


Figura 2. Esquema do vaso de PVC empregado no cultivo das plantas.

A compactação foi feita com a colocação de uma massa de solo, previamente calculada, no vaso de PVC, em três camadas semelhantes, aplicando-se golpes de malho de madeira sobre o solo, em cada camada, até a altura desejada, de modo que o conjunto atingisse as densidades $D1=1,3$, $D2=1,5$ e $D3=1,7 \text{ kg dm}^{-3}$, correspondente ao volume de $1,57 \text{ dm}^3$ de solo em cada vaso. Depois de preparados os vasos de solo, nas diversas densidades, os mesmos foram lentamente saturados, através de fluxo de água vertical ascendente, com a finalidade de se evitar caminhos preferenciais da água de irrigação e raízes. Em seguida, foram colocados na casa de vegetação e adicionado o composto orgânico, nas doses de 0 (testemunha - Test), 40 e 80 g dm^{-3} , equivalentes respectivamente a 0 (Test), 80 e 160 t ha^{-1} , base úmida.

Após três dias, fez-se a semeadura empregando-se cinco sementes de milho e com oito dias o desbaste, deixando-se duas plantas por vaso, as quais foram irrigadas diariamente, até o término do experimento, tendo-se o cuidado de não ultrapassar a capacidade de pote e usando-se o mesmo volume de água para todos os vasos. Em relação ao cultivo, este foi conduzido por um período de 25 dias, ocasião em que foi realizada a colheita da parte aérea das plantas, com corte do caule rente ao solo, acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados e levados ao laboratório para as determinações e análises necessárias.

A quantidade de fitomassa da parte aérea em cada vaso foi determinada por ocasião da época do corte. A MS da parte aérea foi obtida pelo método da secagem a 65

⁰C, até peso constante, em estufa de circulação de ar forçada, sendo o material triturado em moinho de facas e devidamente acondicionado para as determinações dos teores dos nutrientes minerais.

Para a determinação do N total, as amostras foram submetidas à digestão sulfúrica e analisadas pelo método de Kjeldahl. As determinações de P, K, Ca e Mg foram realizadas no extrato nitro-perclórico, sendo o P quantificado colorimetricamente pelo método do molibdo-vanadato, o K por fotometria de chama, e Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica (Malavolta et al., 1997).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com um fatorial 2x3x3, sendo dois tipos de solo, três densidades de solo e três doses de composto orgânico, com três repetições, realizando-se análise de variância (teste F) e comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância mostrou efeito significativo para o acúmulo de MS em resposta a adubação com matéria orgânica, bem como para a interação da adubação com o tipo de solo (Figura 3). No entanto, não houve efeito significativo em resposta ao tipo de solo. A adubação com 80 g dm⁻³ de composto orgânico proporcionou um acréscimo de cerca de 100% na MS da parte aérea do milho, quando comparado com as plantas Test. No entanto, a aplicação de 80 g dm⁻³ não diferiu significativamente da dose 40 g dm⁻³.

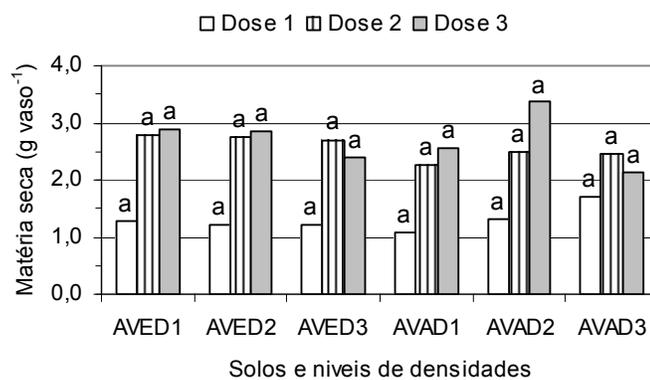


Figura 3. MS da parte aérea do milho em função das doses do composto orgânico, tipo de solo e densidade.

Independente da compactação, o solo AVE não diferiu do AVA no que se refere ao acúmulo de MS na parte aérea do milho. Resultados semelhantes foram observados

por Teles et al. (2001), que não encontraram diferença significativa para as densidades de 1,43 e 1,60 kg dm⁻³ aplicadas, no entanto, houve para o teor de cinza da parte aérea do milho; ressaltando os autores que a aplicação do resíduo foi benéfica no crescimento da planta.

A ausência do efeito da compactação do solo sobre o acúmulo de biomassa pelo milho sugere que a compactação não interfere na absorção dos nutrientes minerais pelas raízes das plantas, assim como mencionado por Beutler e Centurion (2004) em relação à cultura do arroz e da soja.

Os teores de N na parte aérea do milho variaram significativamente ($P \leq 0,05$) em função do tipo de solo, não ocorrendo o mesmo em relação aos tratamentos com adubação orgânica e com compactação do solo (Figura 4). O teor médio de N no tecido foliar foi de 13,72 mg g⁻¹ e 39,38 mg g⁻¹ para os solos AVA e AVE, respectivamente. Como não houve resposta aos tratamentos com adubação nem à compactação do solo, pode-se considerar que o maior conteúdo de N relacionado ao tipo de solo deve-se a fertilidade natural do AVE ser superior a do AVA.

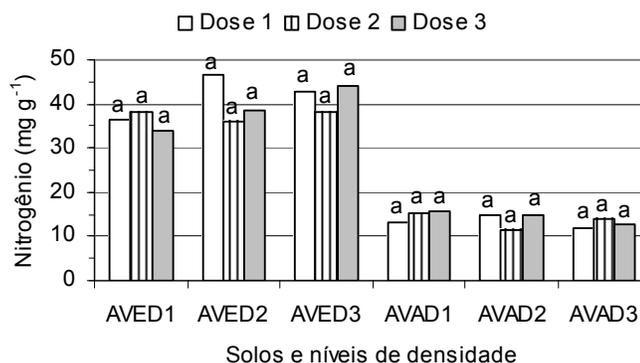


Figura 4. Teores de N na MS da parte aérea do milho em função da dose do composto orgânico, do tipo de solo e densidade.

A ausência do efeito da compactação do solo sobre a absorção de N, assim como sobre o acúmulo de MS na parte aérea das plantas de milho, provavelmente se deve a ao fato de tratar-se de solos arenosos, haja vista que segundo Reichardt (1990), o efeito negativo da compactação do solo é mais pronunciado nos solos argilosos do que nos arenosos.

A falta de resposta no acréscimo do N, em função da aplicação do composto orgânico, pode estar relacionada ao tempo de avaliação do experimento, em relação ao

necessário a mineralização do composto, uma vez que a liberação de N depende deste processo (Alexander, 1977).

De acordo com Malavolta et al. (1997) os teores de N considerados adequados para a cultura do milho estão em torno de 27,5 a 32,5 mg g⁻¹. No presente experimento, os teores encontrados foram 13,73 e 39,27 mg g⁻¹ para as plantas cultivadas nos solos AVA e AVE, respectivamente. Nesta situação, pode-se deduzir que as plantas cultivadas no solo AVA se encontram na faixa de deficiência deste elemento e que, possivelmente, uma fertilização com N prontamente disponível proporcionaria algum benefício às plantas, a exemplo, aumento de produtividade. Por outro lado, as plantas cultivadas no solo AVE apresentaram o teor de N no tecido vegetal acima da faixa de suficiência, porém não demonstraram nenhum sintoma de toxidez.

O grau de compactação do solo adotado no presente experimento não foi suficiente para causar efeito significativo sobre os teores de P na parte aérea do milho cultivado nos referidos solos (Figura 5). No entanto, tanto a adubação orgânica como o tipo de solo, influenciaram significativamente ($P \leq 0,05$) sobre os teores de P nas plantas de milho. As plantas cultivadas no solo AVA apresentaram teores de P ligeiramente superiores aos das plantas cultivadas no AVE.

O efeito da adubação orgânica sobre o teor de P só foi verificado nas plantas cultivadas no solo AVE, de forma que as doses de 40 e 80 g vaso⁻¹ foram superiores a Test, mas não diferiram entre si.

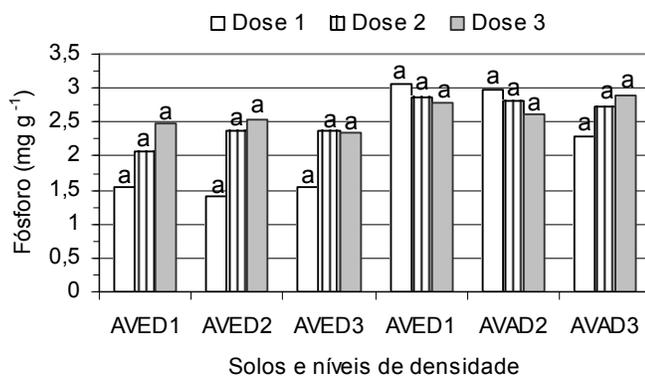


Figura 5. Teores de fósforo na MS da parte aérea do milho em função da dose do composto orgânico, do tipo de solo e densidade.

As plantas cultivadas no solo AVE apresentaram 1,4; 2,2 e 2,4 mg g⁻¹, respectivamente, para as três doses do composto, valores estes que se encontram abaixo dos considerados ideais (2,5 a 3,5 mg g⁻¹) para o desenvolvimento do milho (Malavolta

et al., 1997). Coerentes com os resultados foram observados sintomas visuais de deficiência nutricional nas plantas Test, o que não ocorreu com as demais plantas. Os teores de P mais elevados foram encontrados nas plantas cultivadas no solo AVA, os quais oscilaram entre 2,7 e 2,8 mg g⁻¹, estando, portanto, dentro da faixa considerada adequada para a espécie.

O solo AVE é altamente pobre em P (Tabela 1), enquanto o AVA apresenta nível intermediário. Muito provavelmente, o baixo nível de P no AVE favoreceu as respostas positivas ao composto orgânico que é relativamente rico neste nutriente vegetal, promovendo um aumento de 1,4 mg g⁻¹, Test, para 2,4 mg g⁻¹ na Dose 3. Confirmando-se, neste caso, os resultados obtidos por Mazur et al. (1983) que, testando composto de lixo orgânico urbano em Latossolo Amarelo, verificaram que com a aplicação de 30 t ha⁻¹ a quantidade de P acumulada na parte aérea de plantas de milho foi cerca de quatro vezes maior do que nas plantas Test.

O valor da densidade do solo considerado adequado para a cultura do milho é da ordem de 1,4 kg dm⁻³ (Reichardt, 1990). Entretanto, Roselem et al. (1994) verificaram que valores de densidade inferior a 2,0 kg dm⁻³ não interferiram no desenvolvimento da raiz principal da planta do milho, o que pode explicar a ausência do efeito do grau de compactação do solo sobre os teores de P na MS da parte aérea do milho no presente estudo.

Ao contrário do que ocorreu com P, os teores de K nas plantas Test foram maiores nas cultivadas no solo AVE do que no AVA (Figura 6). Porém, as plantas Test de ambos os solos não diferiram com o tratamento compactação do solo. Phillips e Kirkman (1962), mencionaram que em geral a compactação dos solos com textura arenosa e média não causa efeito significativo sobre o cultivo das plantas.

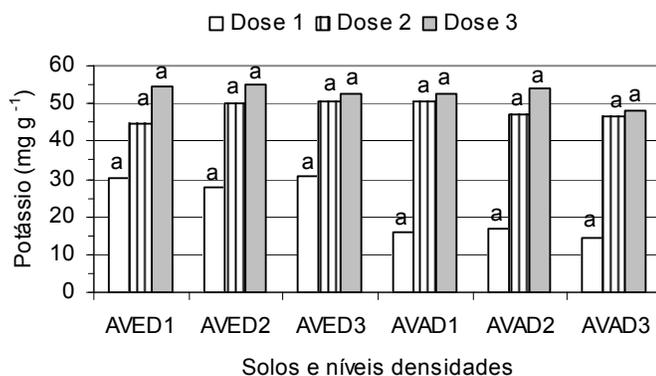


Figura 6. Teores de K na MS da parte aérea do milho em função da dose do composto orgânico, do tipo de solo e densidade.

A fertilização do solo com composto orgânico apresentou efeito significativo sobre o acúmulo de K, já a partir da dose de 40 g vaso⁻¹ mostrando-se superior a Test em ambos os solos. Estes resultados estão de acordo com as observações de Lopes e Guilherme (1992) as quais justificam o efeito imediato da adubação orgânica sobre o acúmulo de K pelo fato deste nutriente não participar da composição de nenhum composto orgânico, encontrando-se prontamente disponível para ser absorvido, sem necessidade de decomposição da matéria orgânica.

Os menores teores de K observados foram nas plantas Test cultivadas no solo AVA cujos valores encontram-se em torno de 15 mg g⁻¹. Apesar de estar abaixo da faixa considerada ideal (17,5 a 22,5 mg g⁻¹), as plantas não apresentaram sintomas de carência deste nutriente. Os valores mais elevados foram em torno de 50 mg g⁻¹, nas plantas adubadas com 80 g vaso⁻¹ do composto orgânico. Tais valores encontram-se acima das necessidades da planta, porém não chegaram a causar sintomas de toxidez. O K é um elemento que apresenta uma amplitude bastante elevada em termos de concentração no tecido vegetal, sem causar problema de toxidez (Malavolta et al., 1997).

Com relação ao teor de Ca na MS da parte aérea da planta do milho, a análise de variância, ao nível de 5% de probabilidade, mostrou altos níveis de significância para a causa de variação solo, densidade e a interação solo x dose e não para a causa dose e as demais interações (Figura 7).

No caso do solo, o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade indicou que os maiores valores foram obtidos para o AVA, seguido do AVE. No caso específico da densidade, os maiores teores de Ca foram verificados nos vasos com a D3, seguida da D1, que foi igual a D2 e esta estatisticamente diferente da primeira.

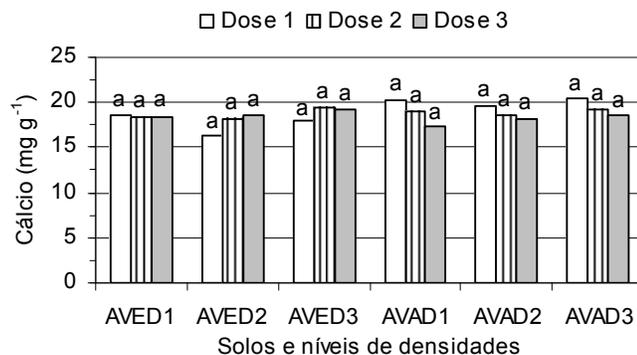


Figura 7. Teores de Ca na MS da parte aérea do milho em função da dose do composto orgânico, do tipo de solo e densidade.

A presença da adubação orgânica não contribuiu para o aumento nos teores de Ca na MS da parte aérea da planta, apesar do composto apresentar elevado teor do elemento, o que pode estar relacionado a pouca mobilidade do cátion no solo, com elevadas concentrações apenas na superfície, posto que o composto não foi incorporado, dificultando a extração pela planta, ou ainda, que as maiores concentrações poderiam estar nas raízes já que sua redistribuição entre os órgãos da planta praticamente não ocorre. Provavelmente, uma lâmina maior de irrigação e uma incubação do composto orgânico no solo por mais tempo aumentariam a disponibilidade e extração do nutriente pela planta. Casagrande (2000) também não observou efeito significativo de doses de N sobre as concentrações Ca na cultura do milho.

No milho, a concentração ideal de Ca nas folhas é de 2,5 a 4,0 mg g⁻¹, portanto, os teores médios observados na MS da parte aérea, 18,3 mg g⁻¹ nas plantas cultivadas no solo AVE e 19,0 mg g⁻¹ no AVA, situaram-se acima dos teores considerados adequados para a cultura, o que é explicado pelos níveis deste nutriente nos solos.

Independentemente da adubação orgânica e do grau de compactação do solo, o teor de Mg nas plantas cultivadas no solo AVE foram superiores (P≤0,05) ao das plantas cultivadas no AVA (Figura 8). Tais resultados são coerentes com a análise de fertilidade dos solos, haja vista que o AVE contém mais Mg do que o AVA.

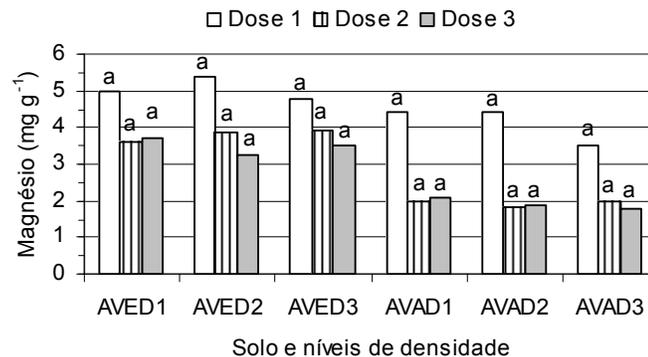


Figura 8. Teores de Mg na MS da parte aérea do milho em função da dose do composto orgânico, do tipo de solo e densidade.

A adubação com o composto orgânico provocou uma redução no teor de Mg das plantas de milho. Certamente este resultado está associado ao efeito competitivo do Ca com o Mg (Raij, 1991), haja vista que o composto orgânico é altamente rico em Ca e apresenta relação Ca:Mg 13,5:1. Não existindo equilíbrio entre Ca e Mg, haverá

deficiência induzida de um dos nutrientes, como consequência de antagonismos na absorção (Lima et al., 1981). Arantes (1983), avaliando o equilíbrio catiônico na matéria seca da parte aérea do milho em função de diferentes relações Ca:Mg (2:1; 5:1; 15:1; 45:1) em dois níveis de corretivo (40 e 60%), concluiu que a relação 5:1 estabelecida no nível de 60% forneceu a maior produção de matéria seca.

Na ausência da adubação com o composto orgânico as plantas apresentaram entre 3,5 e 5,0 mg g⁻¹ de Mg, valores que se encontram dentro ou ligeiramente acima da faixa (2,5 a 4,0 mg g⁻¹) considerada ideal para o milho (Malavolta et al., 1997). Os teores mais baixos foram observados nas plantas cultivadas no solo AVA, submetido à adubação com o composto orgânico, cujos valores oscilam ligeiramente abaixo de 2,0 mg g⁻¹.

Em se tratando das diversas doses do composto orgânico aplicadas, os maiores teores de Mg na parte aérea das plantas foram obtidos para a Test, seguida da Dose 2 e Dose 3, estatisticamente iguais entre si.

No milho, a concentração ideal do Mg nas folhas é de 2,5 a 4,0 mg g⁻¹. Analisando-se os teores de Mg na MS da parte aérea, verifica-se que o resultado médio das plantas cultivadas no solo AVE (4,1 mg g⁻¹) está ligeiramente acima do limite considerado como máximo e no AVA (2,7 mg g⁻¹) dentro do intervalo ideal.

CONCLUSÕES

- A adubação com composto orgânico causou efeito significativo sobre o ganho de biomassa e acúmulo de K em milho cultivado em vaso, todavia não foi suficiente para suprir, durante o período do experimento, as necessidades nutricionais das plantas em N, P, Ca e Mg;

- A melhor dose aplicada de composto orgânico foi a de 40g vaso⁻¹, equivalente a 80 t ha⁻¹;

- A compactação dos solos AVE e AVA, necessária para aumentar a densidade de 1,3 para 1,7 kg dm⁻³, não foi suficiente para afetar o crescimento do milho cultivado em vaso.

LITERATURA CITADA

- ALEXANDER, M. **Introduction to soil microbiology**. 2nd. ed. John Wiley & Sons, New York, 1977. 467p.
- ARANTES, E.M. Efeitos da relação Ca:Mg do corretivo e níveis de potássio na produção de matéria seca, concentrações de K, Ca, Mg e equilíbrio catiônico do milho (*Zea mays* L.). Lavras: ESAL, 1983. 62p. (Dissertação – Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Matéria seca e altura das plantas de soja e arroz em função do grau de compactação e do teor de água de dois Latossolos. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.142-149, 2004.
- CASAGRANDE, J.J.R. **Efeito da adubação nitrogenada nas culturas de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.) na safrinha**. Universidade Estadual de São Paulo. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, SP, 2000, 50p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).
- DA ROS, C.O.; AITA, C.; CERETTA, C.A.; FRIES, M.R. Lodo de esgoto: efeito imediato no milho e residual na associação aveia-ervilhaca. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p. 257-261, 1993.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2 ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.
- FREITAS, S.P.; SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, M.A.N.; SILVA, A.A. Efeito de composto orgânico na produção da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), na incidência de plantas daninhas e na eficiência do diuron. **Revista Ceres**, v.46, n. 265, p.533-542, 1999.
- GALDOS, M.V.; DE MARIA, I. C.; CAMARGO, O.A. Atributos químicos e produção de milho em um Latossolo Vermelho Eutroférico tratado com lodo de esgoto. **Rev. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.28, p.569-577, 2004.
- GEDIGA, K. Influence of subsoil compaction on the uptake of ⁴⁵Ca from the profile and on maize yield. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.19, n.2, p.351-355, 1991.
- GUIMARÃES, C.M.; MOREIRA, J.A. Compactação do solo na cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.36, n.4, p.703-707, 2001.
- LIMA, J.A.; DEFELIPO, B.V.; NOVAIS, R.F.; THIÉBAUT, J.T.L. Efeitos das relações Ca/Mg e (Ca+Mg)/K na correção da acidez de dois latossolos e na produção de matéria seca do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) cv Kada. **Revista Ceres**, Viçosa, v.28, n.156, p.103-115, 1981.

LIMA, J.S., MEIRA, L.P.C. M., REIS, I.S. Avaliação do efeito de fertilizante orgânico proveniente de resíduos urbanos na fisiologia do rabanete (*Raphanus* sp). In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 48., 1997, Crato, CE. **Resumos...** Crato, CE, 1997b. p.41.

LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G. Fertilizantes e corretivos agrícolas: sugestões de manejo para uso eficiente. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. Piracicaba, 1992. **Anais...** Piracicaba: Fundação Cargill, 1992. p. 39-87.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. e OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do Estado Nutricional das Plantas: princípios e aplicações.** 2a ed., rev. e atual., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MAZUR, N.; SANTOS, G.A; VELLOSO, A.C.X. Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 153-156, 1983.

PHILLIPS, R.E.; KIRKHAM, D. Mechanical impedance and corn seedling root growth. Soil Science Society America Proceedings. **Madison**, v. 26, p. 319-322, 1962.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais.** São Paulo: Nobel, 1980.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991, 343p.

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas.** São Paulo: Editora Manole. 1990, 188p.

RODRIGUES, E.T. e CASALI, V.W.D. Resposta da alface à adubação orgânica. II. Teores, conteúdos e utilização de macronutrientes em cultivares. **Revista Ceres** v.45, n.261, p.437-449, 1998.

ROSOLEM, C.A; ALMEIDA, A.C.S.; SACRAMENTO, L.V.S. Sistema radicular e nutrição de soja em função da compactação do solo. **Bragantia**, Campinas, v.53, n.2, p.259-266. 1994.

ROSOLEM, C.A; VALE, L.S.R.; GRASSE, H.F.; MORAES, M.H. Sistema radicular e nutrição do milho em função da calagem e da compactação do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 18, p. 491-497. 1994.

SILVA, F.C.; BOARETTO, A.E.; BERTON, R.S.; ZOTELLIH, B.; PEXE, C.A.; BERNARDES, E.M. Efeito na fertilidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana de açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.5, p. 831-840, maio de 2001.

TELES, M.C.A.; LYRA, M.R.C.; ANDRADE, I.P.; ROLIM, M.M. Efeito da compactação e resíduo urbano no desenvolvimento do milho. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 48. 1997, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...**, 2001.4p.

TEIXEIRA, L.B.; OLIVEIRA, R.F. de; GERMANO, V.L.C.; FURLAN JUNIOR. **Composição química de composto de lixo orgânico urbano de Barcarena**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 4p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 71).

VIDIGAL, S.M.; RIBEIRO, A.C.; CASALI, V.W.D.; FONTES, L.E.F. Resposta da alface (*Lactuca sativa*, L.) ao efeito da adubação orgânica. II ensaio em casa de vegetação. **Revista Ceres** v.42, p.89-97, 1995.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os solos utilizados no experimento apresentavam baixa fertilidade natural, merecendo destaque o caso do teor de fósforo no solo AVE, cerca de oito vezes menor do que no AVA, e do teor de potássio, contrariamente, ser aproximadamente oito vezes maior no AVE do que no AVA. Quanto à adubação com composto orgânico, houve acréscimos nos teores de macronutrientes e carbono orgânico disponíveis para as plantas o que propiciou um melhor desenvolvimento do milho.

Na matéria seca da parte aérea do milho, os teores de nitrogênio não variaram em função dos tratamentos com adubação orgânica como também não foram alterados com a compactação do solo. A falta de resposta no acréscimo do nitrogênio na matéria seca pode estar relacionada ao tempo de avaliação do experimento, 25 dias, em relação ao necessário para a mineralização do composto. Com relação ao acúmulo de potássio na matéria seca da parte aérea do milho verificou-se acréscimo com aplicação do composto no solo.

No caso específico da ausência do efeito da compactação provavelmente se deu em razão dos solos serem de textura arenosa; assim a compactação do solo não foi suficiente para afetar a biomassa seca e fresca do milho, apesar de ter ocasionado diminuição na altura da planta.