

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

FREDERICO CECÍLIO DIAS

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA
PRODUÇÃO DE CANA SOCA EM SOLOS DO CERRADO**

**Uberlândia – MG
Novembro - 2011**

FREDERICO CECÍLIO DIAS

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA
PRODUÇÃO DE CANA SOCA EM SOLOS DO CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Elias Nascentes Borges

**Uberlândia – MG
Novembro - 2011**

FREDERICO CECÍLIO DIAS

**EFEITO RESIDUAL DA APLICAÇÃO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS NA
PRODUÇÃO DE CANA SOCA EM SOLOS DO CERRADO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao curso de Agronomia, da Universidade
Federal de Uberlândia, para obtenção do
grau de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 18 de Novembro de 2011.

Prof. Dr. Beno Wendling
Membro da Banca

Eng. Agrônomo Fernando Oliveira Franco
Membro da Banca

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges
Orientador

RESUMO

A crescente expansão do setor canavieiro e de produção de carnes na região do cerrado tem instigado vários pesquisadores a buscar através da pesquisa científica, soluções viáveis para o destino dos dejetos de alto poder poluidor do meio ambiente, gerados com a criação intensiva de animais confinados para a produção de carnes. A necessidade de uma destinação racional destes resíduos, com objetivo de evitar a poluição do meio ambiente, de reduzir o custo de produção para o agricultor e de combinar, ou até mesmo de substituir a adubação química pela adubação orgânica, releva não somente uma opção, mas sim a necessidade de um rápido desenvolvimento de pesquisas que viabilizem e aperfeiçoem sua utilização na melhoria dos aspectos químicos, físicos e biológicos do solo, principalmente para culturas como a cana-de-açúcar, onde a degradação do solo pelo uso e manejo intensivos são inevitáveis. Neste sentido, foi desenvolvido o presente trabalho com o intuito de avaliar os efeitos nos atributos químicos do solo (Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K^+ , M.O.S., N, Al^{3+} , H + Al, pH em CaCl_2 e pH em H_2O), influenciados pela adubação orgânica em comparação à adubação química, em latossolo vermelho cultivado com cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), no município de Uberlândia – MG. O delineamento experimental foi em DBC, com planejamento experimental composto por dez tratamentos: (AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G - Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC+G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB+G – Esterco Bovino + Gesso), com duas épocas de amostragem (Fevereiro/2011 e Julho/2011). As amostras foram realizadas nas profundidades de 0 – 25 cm e 25 -50 cm. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Os resultados, de forma geral, mostraram que a adubação orgânica supriu as necessidades nutricionais da cultura da cana-de-açúcar, se igualando ou até mesmo superando em alguns tratamentos e atributos avaliados, a adubação convencional (fertilizante mineral). A pesquisa identificou que o efeito residual dos adubos orgânicos para o desenvolvimento da cana soca foi superior ao fertilizante mineral, com menor custo na aplicação. É evidente a importância e a conveniência do uso destes resíduos na adubação das lavouras canavieiras, considerada uma monocultura com alto poder de degradação do solo.

Palavras-chave: Adubação orgânica, adubação química, *Saccharum officinarum*, atributos químicos do solo.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	06
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	09
2.1	A cultura da cana-de-açúcar e seus aspectos gerais.....	09
2.2	Adubação orgânica.....	10
2.3	Gesso agrícola como condicionador do solo.....	11
2.4	Atributos químicos do solo.....	12
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1	Primeira amostragem do solo.....	21
4.2	Segunda amostragem do solo.....	32
5	CONCLUSÕES.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é cultivada numa extensa área territorial, compreendida entre os paralelos 35° de latitude Norte e Sul do Equador, apresentando melhor comportamento nas regiões quentes. O clima ideal é aquele que apresenta duas estações distintas, uma quente e úmida, para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, seguido de outra fria e seca, para promover a maturação e conseqüente acúmulo de sacarose nos colmos (AGROCONSULT, 2008).

Solos profundos, pesados, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção são os ideais para a cana-de-açúcar que, devido à sua rusticidade, se desenvolve satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os de cerrado. Solos rasos, isto é, com camada impermeável superficial ou mal drenados, não devem ser indicados para a cana-de-açúcar (RAIJ et al., 1996).

A importância da cana de açúcar pode ser atribuída à sua múltipla utilização, podendo ser empregada in natura, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool.

O cerrado, com boa distribuição de chuva de outubro a fevereiro e a topografia plana ou suave ondulada faz com que seja visto com enormes potenciais para a produção intensiva de combustível renovável, sendo a cana de açúcar a alternativa mais viável para as condições de Brasil (COSTA et al., 2003).

Hoje, a maior parte das unidades produtoras de açúcar e de álcool, ainda utilizam adubação mineral na cultura canavieira. Porém, já é notória a preocupação em utilizar produtos quase ou totalmente orgânicos, tanto de origem animal, quanto de origem vegetal e agroindustrial.

A adubação orgânica compreende o uso de resíduos orgânicos de origem animal (cama-de-frango, peru, dejetos de suínos, esterco de gado), vegetal (adubação verde, restos culturais) e agroindustrial (slop, tortas e bagaços), com a finalidade de recuperar fisicamente o solo, aumentar a atividade microbiana do solo, fornecer nutrientes e conseqüentemente aumentar a produtividade das culturas (CARPENEDO, 1990).

Grande preocupação que se verifica na região do cerrado é a enorme expansão da criação intensiva e confinada de animais para a industrialização da carne. Esta atividade está gerando uma enorme quantidade de dejetos com alto poder poluidor do meio ambiente quando mal manejados, de acordo com Andreola, 1996. Infelizmente, o problema da questão dos dejetos ainda não está recebendo por parte das instituições de pesquisa, órgãos de fomento

e produtores, a atenção necessária para sua utilização econômica e sustentável, conseqüentemente, grandes quantidades de dejetos são jogadas em rios, lagos, solos, florestas e em outros recursos naturais, refletindo na contaminação da água e meio ambiente, com reflexo inclusive, na saúde pública. A necessidade de dar um uso racional a estes dejetos, seja com objetivos de reduzir custos na produção agropecuária substituindo os adubos químicos, seja dando uma destinação mais racional a estes dejetos que tanto poluem o meio ambiente, leva à necessidade de um rápido desenvolvimento de pesquisas que viabilizem e aperfeiçoem sua utilização na melhoria dos aspectos físicos, químicos e biológicos dos solos, principalmente os que se encontram ou estão sujeitos à degradação pelo uso e manejo intensivo, como é o caso das lavouras canavieiras (KONZEN, 2000).

Dado suas características físicas, químicas e biológicas é possível através da pesquisa e experimentação transformar estes dejetos da condição de poluidores em produtos condicionadores dos aspectos físicos do solo e fornecedores de nutrientes às plantas, com redução do uso de fertilizantes minerais que também degradam o meio ambiente tanto pela sua obtenção como pelo seu uso, geralmente aumentando a quantidade de argila dispersa em água, ou seja, reduz o grau de floculação do solo.

Dentre as vantagens da adubação orgânica citam-se as seguintes: efeitos condicionadores (favorece a floculação e agregação das partículas e a estrutura do solo) aumentam a CTC do solo (capacidade de retenção de cátions), efeitos sobre os nutrientes (aumenta a disponibilidade dos nutrientes por meio de processos de mineralização e contribui para a diminuição da fixação de fósforo no solo e, ainda, melhora o equilíbrio na disponibilização de todos os nutrientes essenciais) e efeitos sobre os microrganismos do solo (principal fonte de nutrientes e energia para os microrganismos) (COSTA et al., 2003).

A substituição total ou mesmo parcial de adubos minerais por estes dejetos altamente poluentes quando mal estocados nas superfícies, além de fornecer os nutrientes que a planta necessita, poderá fornecer matéria orgânica para a atividade dos microrganismos, levando à não exaustão da matéria orgânica natural do solo (KONZEN, 2000).

Segundo Ribeiro e seus colaboradores (1999) os efeitos sobre os nutrientes são de aumentar a disponibilidade desses nutrientes por meio de processos de mineralização, contribuindo para diminuição da fixação de fósforo no solo e os ácidos orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica acelerando a solubilização de minerais do solo aumentando a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

O uso racional e sustentável dos resíduos orgânicos na adubação da cultura da cana-de-açúcar é hoje, não somente uma opção e sim uma necessidade, pois poderá fornecer de

modo equilibrado e durante todo o crescimento da planta, os nutrientes que a cultura necessita, reduzindo assim a utilização dos adubos minerais.

Dessa forma, o trabalho teve como objetivo avaliar e comparar o efeito residual da aplicação de resíduos orgânicos sobre os atributos químicos do solo: pH; Ca; Mg; K; Al; P, N, CTC potencial e efetiva e MOS.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da cana-de-açúcar e seus aspectos gerais

A cana-de-açúcar pertencente à família Poaceae é do gênero *Saccharum*, sendo este composto principalmente pela espécie *Saccharum officinarum* (L.) que é conhecida por cana nobre, por apresentar elevado teor de açúcar (SEGATO et al., 2006).

A cultura da cana-de-açúcar possui um sistema radicular diferenciado em relação à exploração das camadas mais profundas do solo quando comparado com o sistema radicular das demais culturas, principalmente as anuais. Por ser uma cultura semi-perene e com ciclo de cinco a sete anos, o seu sistema radicular se desenvolve em maior profundidade e assim passa a ter uma estreita relação com pH (6,0 – 6,5), saturação por bases, porcentagem de alumínio, e teores de cálcio nas camadas mais profundas do solo. Estes fatores, por sua vez, estão correlacionados, com a produtividade alcançada, principalmente em solos de baixa fertilidade e menos capacidade de reter umidade (SANTOS et al., 2006).

Atualmente, é cultivada em todas as regiões tropicais e subtropicais, onde o clima apresenta duas estações distintas, uma quente e uma úmida, para proporcionar a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo, esta cultura se adaptada às condições de alta intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa escassez de água, já que a cultura necessita de grandes quantidades de água para suprir as suas necessidades hídricas, uma vez que somente 30% de seu peso é representado pela matéria seca e, 70% pela água, na dependência do estágio fenológico (SEGATO et al., 2006).

Os trabalhos de melhoramento persistem até os dias atuais e conferem a todas as variedades em cultivo uma mistura das cinco espécies originais e a existência de cultivares ou variedades híbridas.

Solos profundos, pesados, bem estruturados, férteis e com boa capacidade de retenção são os ideais para a cana-de-açúcar que, devido à sua rusticidade, se desenvolve satisfatoriamente em solos arenosos e menos férteis, como os de cerrado. Solos rasos, isto é, com camada impermeável superficial ou mal drenados, não devem ser indicados para a cana-de-açúcar.

A importância da cana de açúcar pode ser atribuída à sua múltipla utilização, podendo ser empregada in natura, sob a forma de forragem, para alimentação animal, ou como matéria prima para a fabricação de rapadura, melado, aguardente, açúcar e álcool.

O cerrado, com boa distribuição de chuva de outubro a fevereiro e a topografia plana ou suave ondulada faz com que seja visto com enormes potenciais para a produção intensiva de combustível renovável, sendo a cana de açúcar a alternativa mais viável para as condições de Brasil (COSTA et al., 2003).

Segundo o Agriannual (2010) a produção brasileira de cana de açúcar na safra 09/10, foi de 629.024.100,00 toneladas

A melhoria e manutenção de propriedades físicas, químicas e microbiológicas do solo são necessárias para um adequado crescimento, produção e qualidade da cana-de-açúcar. Para o cultivo da cana não há a necessidade de um tipo específico de solo e, portanto pode ser cultivada em tipos de solos diversos variando de solos arenosos a argilosos (BITAR FILHO, 2008).

O entendimento das modificações nas propriedades químicas do solo, decorrentes do cultivo contínuo de cana-de-açúcar, pode fornecer elementos para produção em bases sustentáveis. O conteúdo e a qualidade da matéria orgânica constituem atributos dos solos que podem ser utilizados para avaliar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas (MIELNICZUK, 1999).

2.2 Adubação Orgânica

O intenso preparo inicial do solo com a utilização de arados, grades pesadas, subsoladores e a sulcação profunda para o plantio da cana-de-açúcar, são práticas impactantes na fase inicial do estabelecimento da cultura, pois afetam diretamente a estrutura do solo e a estabilidade de agregados (SOUZA; ALVES, 2003).

A cana-de-açúcar quando bem manejada é uma cultura conservacionista, pois após o intenso preparo inicial do solo, ao longo do ciclo da cultura existe pouca movimentação de solo, uma vez que a cana permanece no campo ao menos 5 anos antes da reforma do canavial (SEGATO et al., 2006).

De acordo ainda com Segato et al. (2006), a adubação visa completar a necessidade em nutrientes, mas quando se pensa em adubação (uso de fertilizantes químicos ou orgânicos) a maior preocupação ocorre em relação às dosagens e com os custos. No entanto, o modo de aplicação do adubo e a época de aplicação, podem ser determinantes do sucesso das adubações para o aumento da produtividade.

Com a busca pela melhoria da qualidade do solo e a necessidade de reduzir custos, têm-se aumentado o uso de compostos e outros tipos de adubos orgânicos na produção agrícola (GOMIDES, 2009).

Os dejetos orgânicos originados da criação intensiva de animais podem desempenhar importante papel na recuperação de solos de cerrado degradados físico e quimicamente. Estes resíduos promovem melhorias na estruturação do solo, aumento da atividade microbiana, fornecimento de nutrientes, aumento da produtividade e ainda diminui riscos de contaminações do meio ambiente com resíduos quando inadequadamente manuseados (SOUZA; ALVES, 2003).

Ainda não se têm definidas as dosagens adequadas e a frequência com que estes materiais (camas de aviário, esterco bovino dentre outros) devem ser utilizados nos diferentes tipos de solo, de forma a proporcionar um fornecimento adequado de nutrientes ao desenvolvimento das plantas, evitando desequilíbrios nutricionais e contaminação de solos. Tais quantidades variam com o tipo de solo, natureza e composição dos resíduos, condições climáticas e a exigência da espécie vegetal a ser cultivada (DEMATTE, 2005).

Anjos et al. (2007) relata que na região Sul de Minas Gerais, dentre os adubos orgânicos disponíveis na região e que podem ser usados na cultura canavieira, barateando os custos de produção, destacam-se o esterco de curral e o de galinha, aplicados no sulco de plantio.

De acordo com resultado de trabalho do mesmo autor, verificou-se a viável substituição da adubação química pela orgânica, sem que haja perda da qualidade e produtividade da matéria-prima na cana-de-açúcar.

O uso de dejetos deve ser visto como um complemento à adubação das culturas, podendo contribuir para a recuperação de áreas degradadas, redução da utilização de fertilizantes químicos e o custo da adubação, pois a maior disponibilidade de nutrientes no solo decorrente da aplicação desse resíduo pode levar a um melhor desenvolvimento da planta e conseqüentemente, a um aumento da produtividade da cultura (BITAR FILHO, 2008).

2.3 Gesso Agrícola como condicionador do solo

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), vem sendo utilizado como um condicionador efetivo na melhoria das condições físicas e químicas dos principais tipos de solo. Ao solubilizar-se, o gesso libera cálcio trocável (Ca^{2+}) e sulfato (SO_4^{2-}) para a solução do solo e dependendo da

quantidade de água e da dose aplicada, os cátions trocáveis Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} movem-se em profundidade no solo, acompanhando o ânion SO_4^{2-} (SOUZA; LOBATO, 2004).

De acordo ainda com Souza e Lobato (2004), a gessagem além de elevar os teores de cálcio em superfície, também o faz em subsuperfície, pela maior solubilidade deste produto. O sulfato proveniente do gesso terá acesso ao alumínio em subsuperfície, reduzindo as elevadas saturações deste elemento que impedem o desenvolvimento mais profundo do sistema radicular. É exatamente por este aspecto, que o gesso, aliado ao adubo, pode melhorar consideravelmente este ambiente radicular. Particularmente, no caso da cana de açúcar, este manejo adubo/gesso torna-se ainda mais prioritário, por ser uma cultura em que o sistema radicular forma-se na fase de cana planta e apenas renova-se nas socas.

Experimentos de campo têm apresentado que solos tratados com gesso permitiram uma maior infiltração e, portanto são menos afetados pela erosão, promovem a floculação e inibem a dispersão dos agregados, assim como o encostramento superficial. Além disso, o gesso pode reduzir a resistência de camadas sub-superficiais favorecendo a penetração das raízes e a absorção da água pelas mesmas (BRADY; WEIL, 2007).

Segundo Orlando Filho et al. (1994) a cana-de-açúcar tem tido grandes efeitos quando aplicado gesso agrícola, promovendo aumentos nas produtividades de cana-planta e soqueiras.

Estudos realizados em diversas regiões canavieiras do país comprovam que o uso do gesso agrícola em associação com o calcário tem proporcionado excelentes resultados, tanto na produção da cana-de-açúcar como na profundidade de enraizamento da planta (SALDANHA, 2005).

Medina e Brinholi (1998), estudando os efeitos da qualidade da aplicação de gesso agrícola e calcário no comprimento e diâmetro médio dos colmos, no número de colmos e na produção de cana-de-açúcar, constataram que os maiores incrementos de produção foram obtidos com a associação calcário/gesso.

2.4 Atributos químicos do solo

Com a utilização de dejetos de suínos Warren e Fonteno (1993), observaram transformações físico-químicas nos solos agricultáveis, demonstrando que a capacidade de troca de cátions (CTC) e a disponibilidade de N, P, K, Ca, Mg aumentaram linearmente com o aumento da dose de dejetos aplicados ao solo, além de ocorrerem melhorias relacionadas à agregação e sua resistência, estrutura, as quais apresentam influencia direta na porosidade total e disponibilidade de água no solo. Os mesmos resultados foram observados por Henry e

White (1993), Longsdon (1993) e Smith (1993). Os pesquisadores observaram que além da melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, as forragens cultivadas em solos onde foram adicionados dejetos de suínos ou outros resíduos orgânicos, obtiveram maiores teores de proteína, P, K, Cu e Na, quando comparadas às aplicações com adubação mineral.

O estabelecimento de condições químicas em profundidade, principalmente a adequação dos teores de bases, eliminação do Al^{3+} e Mn^{2+} nos latossolos normalmente ácidos e pobres é condição essencial para que as plantas desenvolvam forte e vigoroso sistema radicular (COSTA et al., 2003).

Os solos eutróficos são mais produtivos por apresentarem saturação por bases superior a 50% em profundidade, fazendo com que a raiz explore maior volume de solo, possibilitando maior aporte de água. Dessa forma, a absorção de nutrientes é favorecida e a planta passa a suportar veranicos com mais facilidade. Além disso, a elevada saturação por bases favorece a reação desse solo, o que melhora a disponibilidade de nutrientes e permite melhor aproveitamento dos fertilizantes aplicados (STAUT, 2009).

Com a melhoria da fertilidade do solo em perfil, observa-se que solos mais arenosos podem atingir produtividades semelhantes à dos argilosos, principalmente quando a textura for arenosa na superfície, e média ou argilosa na subsuperfície. Essa característica confere a esse tipo de solo maior capacidade de armazenar água disponível na subsuperfície, que aliada a melhores condições químicas e físicas permite o aproveitamento da água pelas raízes da cana-de-açúcar. Assim, fica claro a necessidade de se corrigir também a subsuperfície dos solos de baixa fertilidade (IAIA et al., 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento instalado em uma área de produção comercial de cana de açúcar para Usina Uberlândia, localizada na Fazenda Lago Azul, município de Uberlândia/MG, Km 28, posição geográfica 19° 18' 25' latitude Sul e 48° 55' 26' longitude Oeste, altitude de 631 m.

O clima predominante na área, pela classificação de Köppen, é o Aw que caracteriza como sendo um clima chuvoso (clima de savana), megatérmico com inverno seco e com tipo de solo Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1982).

O regime de umidade do solo de acordo com a Soil Taxonomy é o “ustic”, caracterizado por apresentar a diferença entre as temperaturas médias do verão e do inverno inferior à 5°C e o número de dias acumulados secos, superior a 90 e inferior a 180 dias. A temperatura média do solo a 50 cm de profundidade está em torno de 22°C, sendo classificado pela Soil Taxonomy como “Isohyperthermic”, (EMBRAPA, 1982).

A área experimental utilizada foi de 0,9 ha, dividida em quatro blocos com 10 parcelas, perfazendo um total de 40 parcelas de 10 m x 15 m, de forma que entre elas ficasse um intervalo de 1,5 m, com espaçamento entre linhas de 1,5 m totalizando 10 linhas de plantio/parcela, sendo que a área-útil da parcela será constituída de apenas 8 linhas, ficando 2 para bordadura. O experimento foi disposto em delineamento em blocos casualizados (DBC).

O estudo foi conduzido em uma área que anteriormente estava sob pastagem degradada de braquiária (*Brachiaria decumbens* sp.) e, anteriormente à implantação do canavial, foi realizado um preparo do solo, que consistiu em operações sucessivas de subsolagens, gradagens pesadas, grades niveladoras e abertura de sulcos de 50 cm de profundidade com sulcador. Inicialmente toda a área agrícola recebeu, para a correção do solo, de acordo com os resultados da análise de solo a aplicação de 3,50 t ha⁻¹ de calcário e 1,50 t ha⁻¹ de gesso agrícola a lanço na área toda, em quantidades visando atingir saturação por bases de 60 %, recomendada pela Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG, 1999) para a cultura da cana-de-açúcar.

A variedade de cana-de-açúcar plantada foi a RB 867515 de ciclo médio/tardia, denominada de “cana-de-ano e meio”.

Os tratamentos utilizados foram formados pelos dejetos orgânicos e adubação química com e sem gesso misturado, em quantidade calculada tomando-se por base a análise química do solo e a quantidade de P₂O₅ nos dejetos orgânicos aplicados. De acordo com 5ª aproximação da CFSEMG, 1999, a necessidade da cultura da cana-de-açúcar em P₂O₅ é de 120 kg ha⁻¹. As pesagens, misturas do gesso com os dejetos e adubos, a aplicação no fundo do

sulco e a homogeneização com o solo foram feitos no dia do plantio (novembro de 2007), manualmente. As mudas após serem lançadas no sulco foram cobertas com 14 cm de solo.

Para a avaliação do efeito dos dejetos orgânicos com relação à adubação química foram feitos os seguintes tratamentos, com base na exigência da cana-de-açúcar em 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos utilizados no experimento.

Tratamentos
T1 – Adubação Química (MAP) + Gesso Agrícola
T2 – Adubação Química (Testemunha)
T3 – Cama de Peru + Gesso Agrícola
T4 - Cama de Peru
T5 – Cama de Frango + Gesso Agrícola
T6 – Cama de Frango
T7 – Esterco Bovino Cru + Gesso Agrícola
T8 – Esterco Bovino Cru
T9 – Fertilizante Orgânico Compostado + Gesso Agrícola
T10 – Fertilizante Orgânico Compostado

As camas de aves passaram por um período de estabilização, para posterior aplicação no solo. Foram coletadas amostras compostas dos resíduos orgânicos para posterior análise de caracterização, conforme resultados apresentados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5.

Tabela 2. Caracterização química e físico-química da cama de frango utilizada no experimento.

Determinações	Base seca – 110°C	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01mol L ⁻¹	...	6,7
Densidade (g cm ⁻³)	...	0,588
Umidade Total (%)	...	45,34
Materiais Inertes (%)	...	7,07
Matéria orgânica total (%)	39,50	18,80
Carbono Total (%)	21,94	9,70
Carbono orgânico (%)	17,50	7,74
Resíduo Mineral Total (%)	61,24	29,14
Resíduo Mineral Solúvel (%)	31,38	13,88
Resíduo Mineral Insolúvel (%)	29,86	14,21
N total (%)	1,60	0,76
P total (%)	1,76	0,84
K total (%)	0,30	0,14
Ca total (%)	4,12	1,96
Mg total (%)	0,77	0,37
S total (%)	0,40	0,19
Cu total (mg kg ⁻¹)	500	238
Mn total (mg kg ⁻¹)	1009	480
Zn total (mg kg ⁻¹)	701	334
Fe total (mg kg ⁻¹)	12316	5861
B total (mg kg ⁻¹)	20	10
Na total (mg kg ⁻¹)	4960	2360
Relação C/N (C total e N total)	14/1	13/1

¹/Análises realizadas no LABAS-ICIAG-UFU; ²/ C total (oxidação da matéria orgânica com solução 0,17 mol L⁻¹ de dicromato de potássio e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol L⁻¹); ³/ N (método micro-kjeldhal); ⁴/ P (método do vanadato-molibdato); ⁵/ K, Ca e Mg (espectrofotometria de chama); ⁶/ S (método gravimétrico); ⁷/ Cu, Mn, Zn e Fe (espectrofotometria de absorção atômica).

Tabela 3. Caracterização química e físico-química da cama de peru utilizada no experimento.

Determinações	Base seca – 110°C	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	....	8,2
Densidade (g cm ⁻³)	....	0,366
Umidade Total (%)	....	15,88
Materiais Inertes (%)	....	1,19
Matéria orgânica total (%)	58,10	48,19
Carbono Total (%)	32,28	26,45
Carbono orgânico (%)	29,53	24,20
Resíduo Mineral Total (%)	42,74	35,45
Resíduo Mineral Solúvel (%)	18,77	15,38
Resíduo Mineral Insolúvel (%)	23,97	19,88
N total (%)	2,24	1,86
P total (%)	1,94	1,61
K total (%)	3,31	2,74
Ca total (%)	2,75	2,28
Mg total (%)	0,70	0,58
S total (%)	0,48	0,40
Cu total (mg kg ⁻¹)	303	251
Mn total (mg kg ⁻¹)	637	528
Zn total (mg kg ⁻¹)	448	371
Fe total (mg kg ⁻¹)	6348	5265
B total (mg kg ⁻¹)	50	41
Na total (mg kg ⁻¹)	55088	45689
Relação C/N (C total e N total)	14/1	14/1

¹/Análises realizadas no LABAS-ICIAG-UFU; ²/ C total (oxidação da matéria orgânica com solução 0,17 mol L⁻¹ de dicromato de potássio e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol L⁻¹); ³/ N (método micro-kjeldhal); ⁴/ P (método do vanadato-molibdato); ⁵/ K, Ca e Mg (espectrofotometria de chama); ⁶/ S (método gravimétrico); ⁷/ Cu, Mn, Zn e Fe (espectrofotometria de absorção atômica).

Tabela 4. Caracterização química e físico-química do esterco bovino utilizada no experimento.

Determinações	Base seca – 110°C	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01mol L ⁻¹	....	8,3
Densidade (g cm ⁻³)	....	0,526
Umidade Total (%)	....	56,03
Materiais Inertes (%)	....	0,39
Matéria orgânica total (%)	39,10	17,04
Carbono Total (%)	21,72	9,43
Carbono orgânico (%)	19,32	8,39
Resíduo Mineral Total (%)	61,36	26,74
Resíduo Mineral Solúvel (%)	12,19	5,29
Resíduo Mineral Insolúvel (%)	49,17	21,43
N total (%)	1,34	0,58
P total (%)	0,92	0,40
K total (%)	1,87	0,82
Ca total (%)	1,22	0,53
Mg total (%)	0,33	0,14
S total (%)	0,25	0,11
Cu total (mg kg ⁻¹)	39	17
Mn total (mg kg ⁻¹)	197	86
Zn total (mg kg ⁻¹)	135	59
Fe total (mg kg ⁻¹)	11452	4990
B total (mg kg ⁻¹)	50	22
Na total (mg kg ⁻¹)	16626	7245
Relação C/N (C total e N total)	16/1	16/1

¹/Análises realizadas no LABAS-ICIAG-UFU; ² / C total (oxidação da matéria orgânica com solução 0,17 mol L⁻¹ de dicromato de potássio e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,5 mol L⁻¹); ³/ N (método micro-kjeldhal); ⁴/ P (método do vanadato-molibdato); ⁵/ K, Ca e Mg (espectrofotometria de chama); ⁶/ S (método gravimétrico); ⁷/ Cu, Mn, Zn e Fe (espectrofotometria de absorção atômica).

Tabela 5. Caracterização química e físico-química do Fertilizante Orgânico Valoriza - S¹ (Compostado) utilizado no experimento.

Determinações	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01 mol L ⁻¹	7,8
Umidade Total (%)	30
Matéria orgânica total (%)	38
N total (%)	2,7
P total (%)	4,2
K total (%)	2,0
Ca total (%)	4,2
Mg total (%)	1,32
S total (%)	0,78
Cu total (mg kg ⁻¹)	81,50
Mn total (mg kg ⁻¹)	445
Zn total (mg kg ⁻¹)	476,75
Fe total (mg kg ⁻¹)	11000
B total (mg kg ⁻¹)	182
Na total (mg kg ⁻¹)	4400
Relação C/N (C total e N total)	12,75/1

¹/Análise disponibilizada pela Valoriza Fertilizantes.

Para o plantio da cana-de-açúcar foi realizado a abertura do sulco de 50 cm de profundidade e aplicado manualmente os diferentes tipos de dejetos de modo a conseguir um suprimento de 120 kg de P₂O₅ ha⁻¹.

A aplicação ocorreu no mesmo dia do plantio, manualmente, no fundo do sulco de plantio e incorporadas com o auxílio de um rastelo. As quantidades de dejetos orgânicos e adubo químico aplicado no sulco de plantio (Tabela 6) basearam-se na quantidade de P₂O₅ presente no adubo e na necessidade da cultura da cana-de-açúcar, segundo a CFSMG, 1999.

Após o plantio das mudas, as mesmas foram cobertas com aproximadamente 14 cm de solo.

Tabela 6. Quantidades de adubos orgânicos e mineral utilizados na área experimental.

Adubos	Quant./ Parcela (kg)	Quant. (Ton ha⁻¹)
Adubação Química - MAP (AQ)	3,10	0,42
Cama de Frango (CF)	60,00	8,00
Cama de Peru (CP)	43,00	5,70
Esterco Bovino (EB)	167,00	22,20
Adubo Compostado (AC)	36,00	4,76
Gesso Agrícola (G)	15,00	1,00

Para avaliação dos efeitos dos tratamentos nos atributos químicos do solo, foram realizadas amostragens ao acaso, em cada parcela, nos meses de Fevereiro/2010 (período chuvoso) e Julho/2010 (período seco), onde foram feitas duas amostragens do solo na região de influência das adubações e crescimento radicular nas profundidades de 0 a 25 cm e 25 a 50 cm, perfazendo um total de 80 amostras por período amostrado. Após as amostragens de solo, as mesmas foram secas ao ar, peneiradas em peneiras de 2 mm e posteriormente identificadas adequadamente para as avaliações dos atributos químicos do solo: Matéria Orgânica do Solo (MOS), pH em água, Ca, Mg, K, Al, P, N, CTC potencial e efetiva, conforme a metodologia da Embrapa (1997).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias dos fatores comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de significância (FERREIRA, 2000).

Os resultados e discussão foram divididos de acordo com a época da amostragem do solo, sendo a primeira em Fevereiro/2010 (período chuvoso), e a segunda em Julho/2010 (período seco), sendo avaliados em ambas as amostragens os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , P, K^+ , M.O.S., N, Al^{3+} , H + Al, pH em CaCl_2 e pH em H_2O .

Os dados obtidos foram analisados comparando-se os tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm e suas interações, em ambos os períodos do ano (Fevereiro e Julho de 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Amostragem do solo (Fevereiro 2010 – Período Chuvoso)

Nitrogênio (N)

Analisando a Tabela 7, como já esperado, nota-se que, para a variável nitrogênio do solo, houve diferença estatística apenas entre as profundidades estudadas, sendo a camada superficial estatisticamente superior à camada subsuperficial do solo.

Tabela 7. Teores de N nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (dag kg ⁻¹)	25a 50 cm (dag kg ⁻¹)	
AQ	0,04	0,03	0,04 a
AQ+G	0,03	0,03	0,03 a
CF	0,04	0,03	0,04 a
CF+G	0,04	0,03	0,04 a
CP	0,04	0,04	0,04 a
CP+G	0,04	0,03	0,04 a
AC	0,04	0,04	0,04 a
AC+G	0,04	0,03	0,04 a
EB	0,04	0,03	0,04 a
EB+G	0,04	0,03	0,04 a
<i>Média</i>	0,04 A	0,03 B	
CV(%)	16,67		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A igualdade entre os tratamentos e a pequena diferença na média das profundidades e, os teores, de uma forma geral, quase zerados para a variável nitrogênio, pode ser explicado devido à forma como o solo das amostras coletadas foram preparados, ou seja, o mesmo foi seco ao ar e ficou estocado por algum tempo antes que fossem feitas as análises de N, portando como este elemento se degrada muito facilmente, devido à ação de microorganismos, seu teor caiu de forma demasiada, obtendo-se, portanto, baixo teor do mesmo nos tratamentos que, conseqüentemente, se igualaram de acordo com o teste de Tukey à 0,05 de significância. Resultados semelhantes foram obtidos por Silva (2009), em pesquisa com dejetos em cana-de-açúcar.

Outra explicação seria lembrar-se da complexidade dinâmica que o nitrogênio apresenta no solo, sendo que, seus teores podem variar de acordo com a temperatura, a hora do dia e o regime pluviométrico da época estudada.

São devido a estes e outros fatores como, a dificuldade de mensuração e obtenção de resultados significativos, que o estudo e análise de nitrogênio do solo não são muito empregados. Sendo feitas as análises do nutriente em questão, algumas exigências particulares devem ser atendidas para que o material não perca sua qualidade em teor de nitrogênio, que seria, portanto, o congelamento das amostras até que sejam feitas as análises, mantendo a atividade microbológica do solo praticamente zerada, mantendo-se, dessa forma, o nível de N do solo estável e, portanto, podendo-se obter resultados significativos.

Fósforo (P)

A tabela 8 relaciona os teores de Fósforo determinado no solo em amostras coletadas no período chuvoso em função dos diferentes tipos de adubos e profundidade.

Analisando os dados obtidos, é possível observar que a camada superficial superou a camada mais profunda do solo em relação aos teores de fósforo, devido à maior concentração de adubo por ser a camada mais favorecida pela adubação. O fósforo não ficou muito disponível na camada subsuperficial do solo, devido ao fósforo ser pouco móvel, já que é fortemente adsorvido pelos colóides.

Nesses solos altamente intemperizados, predominam os minerais de argila 1:1, como a caulinita e os óxidos de Fe (hematita e goethita) e Al (gibbsita) com alta capacidade de adsorção de P (SOUZA et al., 2006).

A adubação orgânica pode contribuir para diminuir a fixação dos nutrientes nos colóides do solo (SOUZA; ALVES, 2003).

Em ambas as profundidades os tratamentos com fertilizante mineral obtiveram bons resultados. Isto pode ser devido ao fósforo ser pouco móvel no solo, mantendo, por um longo tempo altos teores do nutriente disponível para as plantas. Apesar de os adubos orgânicos, de uma forma geral, disponibilizarem o fósforo mais lentamente, alguns tratamentos se mostraram estatisticamente iguais ao adubo químico, como é o caso do CF+G e EB na profundidade de 0-25 e o CF+G e AC+G na profundidade de 25-50 cm.

Tabela 8. Teores de P nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (mg dm ⁻³)	25a 50 cm (mg dm ⁻³)	
AQ	5,10 aA	1,73 abcB	3,41
AQ+G	4,28 abA	2,10 aB	3,18
CF	2,88 cA	0,60 dB	1,74
CF+G	4,28 abA	1,75 abB	3,01
CP	3,38 bcA	0,80 cdB	2,09
CP+G	1,78 dA	0,35 dB	1,06
AC	2,90 cA	0,65 dB	1,78
AC+G	2,48 cdA	1,25 abcdB	1,86
EB	4,35 aA	0,88 bcdB	2,61
EB+G	3,38 bcA	0,59 dB	1,99
<i>Média</i>	3,48	1,07	
CV(%)	17,60		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A aplicação contínua de fertilizantes orgânicos tende a favorecer o acúmulo gradual dos nutrientes no solo, propiciando um efeito residual para os cultivos subsequentes (EMBRAPA, 2006).

Alguns autores como Souza e Lobato (2004), enfatizam que o P₂O₅ proveniente de fontes orgânicas está menos suscetível a fixação pelos Oxi-hidroxidos de Ferro e Alumínio.

Potássio (K⁺)

A Tabela 9 compara os teores de K⁺ nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem do solo realizada no período chuvoso.

A respeito dos níveis de potássio no solo, pode-se notar que não houve diferenças entre os tratamentos tanto da camada superficial quanto da subsuperficial, assim como no trabalho de Scherer et al. (2007), onde foi verificado apenas diferenças significativas nas profundidades estudadas.

Resultados semelhantes foram observados por Silva (2009), em pesquisa com dejetos em cana-de-açúcar.

Tabela 9. Teores de K⁺ nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (mg dm ⁻³)	25a 50 cm (mg dm ⁻³)	
AQ	8,25	8,25	8,25 a
AQ+G	7,25	6,75	7,00 a
CF	11,00	7,25	9,13 a
CF+G	8,50	7,50	8,00 a
CP	10,50	7,00	8,75 a
CP+G	10,75	7,75	9,25 a
AC	8,25	6,00	7,13 a
AC+G	10,50	7,50	9,00 a
EB	10,00	8,25	9,13 a
EB+G	10,75	7,00	8,88 a
<i>Média</i>	9,58 A	7,33 B	
CV(%)	17,00		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fato explicado devido à cana-de-açúcar ser uma cultura com sistema radicular de absorção bastante profundo, ocorrendo maior processo de absorção em camadas subsuperficiais, reduzindo, dessa forma, as quantidades de nutrientes em profundidade. Vale ressaltar que os níveis de K observado estão muito abaixo do nível de suficiência que é de 70 mg dm⁻³ estabelecido pela Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (CFSMG, 1999).

Santos et al. (2001) constataram que o aumento da quantidade do adubo orgânico promoveu o aumento dos teores de bases trocáveis (Cálcio, Magnésio e Potássio), de Fósforo e dos valores de CTC do solo.

Este resultado pode ser justificado levando-se em consideração o longo período entre a aplicação dos tratamentos (Novembro 2007) e a análise laboratorial (Fevereiro 2010), nivelando, dessa forma, os tratamentos utilizados.

Cálcio (Ca²⁺)

Em relação aos níveis de Ca²⁺ encontrados no solo, de uma forma geral, com exceção do CP+G e AC+G, os tratamentos da camada superficial superaram os da camada de maior profundidade (Tabela 10), fato explicado devido à calagem ter sido realizada em profundidade de 20 cm e o cálcio ser um elemento de baixa mobilidade no solo, se concentrando mais na superfície, e necessitando de boas condições e elevado tempo para que se movimente no perfil do solo.

Os tratamentos com cama de peru e adubo compostado na presença de gesso agrícola, devem ter favorecido a movimentação do Ca^{2+} para a camada subsuperficial do solo, obtendo desempenho superior aos demais adubos.

Tabela 10. Teores de Ca^{2+} do solo para os diferentes tratamentos, nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ^{1/}	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	25 a 50 cm ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
AQ	1,92 aA	0,99 bB	1,46
AQ+G	1,80 abA	0,73 bB	1,26
CF	1,61 abA	0,73 bB	1,17
CF+G	1,78 abA	0,65 bB	1,21
CP	1,88 aA	0,47 bB	1,18
CP+G	1,70 abA	1,41 aA	1,56
AC	1,72 abA	0,85 bB	1,28
AC+G	1,10 bA	0,94 bA	1,02
EB	1,11 bA	0,60 bB	0,85
EB+G	1,57 abA	0,44 bB	1,00
<i>Média</i>	1,62	0,78	
CV(%)	21,00		

^{1/}Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Resultados semelhantes foram observados por Silva (2009), em pesquisa com dejetos orgânicos em cana-de-açúcar.

Existem exemplos na literatura de correção do solo em subsuperfície pela aplicação de calcário (QUAGGIO et al., 1985; SOUZA; RITCHEY, 1986), mas o tempo decorrido para detectar a correção pode ser relativamente longo, de dois a oito anos, dependendo da condição.

Analisando os tratamentos na profundidade de 0-25 cm, os tratamentos com esterco bovino na ausência de gesso agrícola e adubo compostado na presença de gesso agrícola diferiram-se dos demais tratamentos, com menores teores de cálcio, sendo que os demais tratamentos tiveram resultados estatisticamente iguais.

Esse resultado pode ser devido a alguma influência da planta onde foi feita a análise, talvez com desenvolvimento radicular maior na região onde foram feitas as análises, absorvendo, a planta, maior quantidade de Ca^{2+} da amostra retirada.

Os dados da camada de 25-50 cm indicam que o tratamento CP+G se destacou dos demais, proporcionando os maiores valores para cálcio trocável.

Este fato pode ser devido a cama de peru apresentar maior concentração de Cálcio e esta, ainda, estar associada ao gesso agrícola que, além de ser fonte de Ca^{2+} , faz com que o cálcio se torne bastante móvel no perfil do solo.

Santos et al. (2001), observaram que a adubação com composto orgânico proporcionou efeito residual sobre a produção de alface. Os autores constataram, ainda, que aumento da quantidade de adubo orgânico promoveu aumento dos teores de bases trocáveis e de fósforo, e dos valores da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo.

Magnésio (Mg^{2+})

Os teores de Mg^{2+} obtidos na amostragem realizada no período chuvoso, Fevereiro 2010 são apresentados na Tabela 11. Verifica-se que os teores de magnésio foram significativamente diferentes entre as duas profundidades, assim como, entre os tipos de adubos pesquisados para a média das duas camadas, com destaque para o esterco bovino que proporcionou menor suprimento de magnésio no solo.

Apesar de não ocorrer interação entre tratamento e profundidade, dentre as médias obtidas das profundidades, o CP se mostrou superior aos demais.

Tabela 11. Teores de Mg^{2+} nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	25a 50 cm ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	
AQ	0,33	0,22	0,28 abc
AQ+G	0,34	0,18	0,26 abc
CF	0,29	0,23	0,26 abc
CF+G	0,32	0,19	0,25 abc
CP	0,36	0,24	0,30 a
CP+G	0,32	0,26	0,29 ab
AC	0,33	0,18	0,25 abc
AC+G	0,20	0,17	0,19 bc
EB	0,17	0,17	0,17 c
EB+G	0,26	0,11	0,18 bc
<i>Média</i>	0,29 A	0,19 B	
CV(%)	26,68		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Segundo Gomides et al. (2009), a composição química dos adubos orgânicos utilizados é variável quanto ao teor de Magnésio, sendo o esterco bovino o que apresenta menor quantidade de Mg^{2+} em torno de 0,33 %. Este fato provavelmente é a causa dessa baixa concentração no solo.

Com relação à profundidade, observa-se para o Magnésio o mesmo comportamento do Cálcio, pois também é pouco móvel no solo e a principal fonte é o calcário, e como já foi falado foi incorporado apenas nos primeiros 20 cm de solo.

Santos et al. (2001) constataram que o aumento da quantidade de adubo orgânico aplicado na cultura estudada, promoveu o aumento dos teores de bases trocáveis (Cálcio, Magnésio e Potássio), de Fósforo e dos valores de CTC do solo, se mostrando promissor quando comparados aos adubos convencionais.

Alumínio (Al^{3+})

A respeito dos teores de Al^{3+} encontrados no solo, pode-se observar que na profundidade de 0-25 cm, os tratamentos AQ, AQ+G, CF, CF+G, CP e EB+G destacaram-se por não apresentarem quantidade alguma da variável em questão, talvez pela capacidade de precipitação, por estes tratamentos, do alumínio do solo (Tabela 12).

Tabela 12. Teores de Al^{3+} nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ^{1/}	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm ($cmol_c dm^{-3}$)	25 a 50 cm ($cmol_c dm^{-3}$)	
AQ	0,00 aA	0,00 aA	0,00
AQ+G	0,00 aA	0,11 cdB	0,05
CF	0,00 aA	0,14 dB	0,07
CF+G	0,00 aA	0,11 cdB	0,05
CP	0,00 aA	0,08 bcB	0,04
CP+G	0,11 cB	0,00 aA	0,06
AC	0,06 bA	0,08 bcA	0,07
AC+G	0,09 bcB	0,07 bA	0,08
EB	0,13 cA	0,13 dA	0,13
EB+G	0,00 aA	0,14 dB	0,07
<i>Média</i>	<i>0,04</i>	<i>0,08</i>	
CV(%)	24,80		

^{1/}Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Na camada subsuperficial os destaques foram para o AQ e CP+G, apresentando valores nulos para Al^{3+} no solo. Normalmente, o adubo mineral acidifica o solo, porém, neste caso, não ocorreu acidificação.

Mesmo nos tratamentos onde houveram valores diferentes de zero no quesito teor de Al^{3+} , as quantidades foram baixas, ou seja, provavelmente mais adiante, quando será apresentado as tabelas de pH, os valores estarão próximos ao pH neutro.

Estes resultados mostram que houve uma boa neutralização de alumínio no solo estudado, devido à calagem realizada antes do plantio da cana.

De uma forma geral, observando-se a média das profundidades pode-se observar que, na camada de 0-25 cm a quantidade de Al^{3+} foi a metade da obtida na camada mais profunda do solo. Isto pode ser explicado pelo fato de que como o calcário foi colocado na camada superficial do solo, mesmo com a ajuda do gesso agrícola em alguns tratamentos, o desempenho não conseguiu se igualar ao apresentado pela camada mais superficial.

Hidrogênio + Alumínio (H + Al)

A Tabela 13 enumera as quantidades de H+Al nos diferentes tratamentos e nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm, de acordo com a amostragem do solo realizada no período chuvoso.

De forma geral, as quantidades de H+Al nos tratamentos foram baixas. Como o solo não apresenta Al^{3+} trocável, a acidez potencial é devido ao H^+ , que está ligado de forma covalente com a MOS, portanto, não tendo influência na acidez do solo. E, de acordo com as análises realizadas, é possível perceber, de acordo com a tabela 11, que o solo apresenta quantidade ínfima de M.O., sendo, conseqüentemente, um solo com pequeno poder de tamponamento.

Tabela 13. Teores de H + Al nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (cmol _c dm ⁻³)	25a 50 cm (cmol _c dm ⁻³)	
AQ	1,20 aA	1,63 aB	1,41
AQ+G	1,28 abA	1,75 abcB	1,51
CF	1,60 cA	2,35 dB	1,98
CF+G	1,40 abcA	1,78 abcB	1,59
CP	1,38 abcA	1,90 abcB	1,64
CP+G	1,53 bcA	1,68 abA	1,60
AC	1,33 abcA	1,80 abcB	1,56
AC+G	1,93 dA	1,98 bcA	1,95
EB	1,95 dA	2,00 cA	1,98
EB+G	1,45 abcA	1,90 abcB	1,68
<i>Média</i>	<i>1,50</i>	<i>1,88</i>	
CV(%)	8,17		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Comparando a camada de 0-25 cm com a camada de 25-50 do solo, de uma forma geral, o desempenho na superfície foi superior ao da camada subsuperficial, fato este explicado pela correção do solo favorecer mais a camada superior do mesmo.

Na profundidade de 0-25 cm, os tratamentos CF+G, CP, AC e EB+G apresentaram os menores teores de H+Al, se igualando com os tratamentos à base de fertilizante mineral. Já em profundidade, o CP+G, provavelmente devido à presença de gesso agrícola, se igualou aos melhores tratamentos, ou seja, com menor teor de H+Al.

pH em H₂O

A Tabela 14 apresenta os valores de pH em água para os diferentes tratamentos e em ambas as profundidades analisadas, para a amostragem do solo realizada no período chuvoso.

Como já esperado, de forma geral, a camada superficial obteve pH mais elevado quando comparado com a camada mais profunda.

Os valores de pH, de forma geral, foram altos, podendo afetar a disponibilidade de alguns micro nutrientes e mesmo facilitar a lixiviação em solos de textura média e arenosos.

Tabela 14. pH em H₂O nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ^{1/}	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm	25a 50 cm	
AQ	7,33	6,95	7,14 a
AQ+G	6,77	5,66	6,21 ab
CF	7,00	5,68	6,34 ab
CF+G	7,06	6,06	6,56 ab
CP	7,39	6,25	6,82 ab
CP+G	7,08	6,54	6,81 ab
AC	7,23	6,25	6,74 ab
AC+G	6,21	5,50	5,85 b
EB	6,49	6,11	6,30 ab
EB+G	6,82	5,33	6,08 ab
<i>Média</i>	6,94 A	6,03 B	
CV(%)	10,84		

^{1/}Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

pH em CaCl₂

De acordo com a Tabela 15, pode-se observar que não houve interação entre os tratamentos e as profundidades, porém, a média dos tratamentos na profundidade de 0-25 cm superou a média da camada mais profunda, ou seja, apresentado um pH mais adequado para a cultura da cana-de-açúcar, sendo, portanto, estatisticamente superior à camada subsuperficial do solo.

Tabela 15. pH em CaCl₂ nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ^{1/}	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm	25a 50 cm	
AQ	6,40	5,99	6,19 a
AQ+G	6,31	5,28	5,79 ab
CF	6,07	4,81	5,44 ab
CF+G	6,12	5,16	5,64 ab
CP	6,56	5,62	6,09 a
CP+G	6,17	6,04	6,11 a
AC	6,27	5,24	5,76 ab
AC+G	5,25	4,52	4,89 b
EB	5,16	4,71	4,94 b
EB+G	5,86	4,38	5,12 ab
<i>Média</i>	6,02 A	5,17 B	
CV(%)	12,08		

^{1/}Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Avaliando as médias das profundidades de cada tratamento, com exceção do AC+G e EB, que obtiveram os piores resultados, os demais tratamentos se igualaram entre si. Isto pode ser explicado devido a estes adubos (AC+G e EB) não conseguirem neutralizar de forma eficiente o Al^{3+} (como apresentado na tabela 13 – teores de Al^{3+}) presente no solo, tornando-o mais ácido.

Comparando as médias das profundidades de cada tratamento, a única exceção, com pior desempenho foi o AC+G, sendo comprovado também nas tabelas 12, 13 e 15, apresentando inferioridade aos demais. Isto pode ser devido à baixa capacidade deste adubo em neutralizar o alumínio presente no solo, tornando-o ligeiramente mais ácido quando comparado aos outros tratamentos.

O restante dos tratamentos se igualaram estatisticamente de acordo com o teste de Tukey.

Matéria Orgânica do Solo (M.O.S.)

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 16, percebe-se que não houve interação entre tratamentos e profundidades e não houve diferença significativa entre os tratamentos, de acordo com o teste de Tukey, para a variável matéria orgânica do solo. Porém, houve diferença entre a média dos tratamentos de 0-25 cm quando comparado com os da camada mais profunda do solo.

Tabela 16. Teores de M.O.S. nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Fevereiro/2010 – Período Chuvoso).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (dag kg ⁻¹)	25a 50 cm (dag kg ⁻¹)	
AQ	1,33	1,13	1,23 a
AQ+G	1,25	1,10	1,18 a
CF	1,25	1,03	1,14 a
CF+G	1,45	1,08	1,26 a
CP	1,38	1,13	1,25 a
CP+G	1,43	1,03	1,23 a
AC	1,33	1,18	1,25 a
AC+G	1,18	1,15	1,16 a
EB	1,25	0,98	1,11 a
EB+G	1,28	1,13	1,21 a
Média	1,31 A	1,09 B	
CV(%)	11,31		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Este resultado pode ser explicado levando-se em conta que a camada superficial é a mais favorecida com o material vegetal do canavial, já que não foi feita incorporação do mesmo, ficando mais concentrado na camada de 0-25 cm do solo.

A qualidade de um composto não é decorrência somente do tipo de resíduo, como também dos processos utilizados no preparo. Os produtos, assim obtidos, apresentam como características comuns, percentuais elevados de matéria orgânica e quantidades razoáveis de macro e micronutrientes, o que possibilita o uso na fertilização do solo (CRAVO et al., 1998).

4.2 Amostragem do solo (Julho 2010 – Período Seco)

Para efeito de comparação e avaliação do efeito das chuvas nas análises realizadas e também para elucidar as condições encontradas no solo com a cana-de-açúcar, procedeu-se uma segunda amostragem do solo, no período de Julho de 2010 (período seco para a região), sendo feitos, portanto, os mesmos procedimentos e análises realizadas na primeira amostragem do solo.

Nitrogênio (N)

Analisando os resultados (Tabela 17), pode-se notar que não houve interação entre os tratamentos e as profundidades e, novamente como esperado, não houveram diferenças significativas tanto entre os tratamentos quanto entre as profundidades analisadas, ou seja, os resultados se igualaram para todos os tratamentos e para ambas as camadas estudadas. Este fato comprova a dificuldade de se estudar os teores de N no solo, já que, como havia dito na discussão da Tabela 7, este nutriente se degrada muito facilmente pelos microorganismos, devendo-se utilizar uma metodologia específica para que se retirem resultados significativos do nutriente em questão.

Tabela 17. Teores de N nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (dag kg ⁻¹)	25a 50 cm (dag kg ⁻¹)	
AQ	0,03	0,04	0,04 a
AQ+G	0,04	0,04	0,04 a
CF	0,04	0,04	0,04 a
CF+G	0,04	0,03	0,04 a
CP	0,03	0,03	0,03 a
CP+G	0,04	0,03	0,04 a
AC	0,04	0,04	0,04 a
AC+G	0,04	0,03	0,04 a
EB	0,04	0,03	0,04 a
EB+G	0,03	0,04	0,04 a
<i>Média</i>	0,04 A	0,04 A	
CV(%)	17,59		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A necessidade da cana-de-açúcar por nitrogênio é em parte suprida pelo solo e pela fixação biológica e em parte pelo fornecimento do nutriente por meio de fertilizantes (ANDRADE et al., 2000).

Fósforo (P)

Comparando as profundidades estudadas, observa-se que a camada de 0-25 cm novamente como ocorrido na primeira amostragem do solo se mantém superior à camada subsuperficial no quesito teor de fósforo, reforçando o fato de este nutriente ser imóvel no solo, mesmo na presença de gesso agrícola (Tabela 18).

Dentre os tratamentos da camada de 0-25 os melhores foram o AQ e o AC, apresentando os maiores teores de P.

Tabela 18. Teores de P nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (mg dm ⁻³)	25a 50 cm (mg dm ⁻³)	
AQ	4,18 aA	1,08 abcB	2,63
AQ+G	1,35 eA	0,35 dB	0,85
CF	1,88 cdeA	0,53 bcdB	1,20
CF+G	2,85 bA	0,60 bcdB	1,73
CP	2,73 bA	1,08 abcB	1,90
CP+G	1,70 deA	0,45 cdB	1,08
AC	4,03 aA	1,05 abcdB	2,54
AC+G	2,48 bcA	1,20 abB	1,84
EB	2,58 bcA	1,53 aB	2,05
EB+G	2,30 bcdA	1,00 abcdB	1,65
<i>Média</i>	<i>2,61</i>	<i>0,89</i>	
CV(%)	17,56		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Avaliando os tratamentos da camada mais profunda do solo, os melhores foram o AQ, CP, AC, AC+G, EB e EB+G, comprovando a qualidade de alguns adubos orgânicos, que obtiveram igualdade estatística ao tratamento químico.

Em ambas as profundidades o tratamento com pior desempenho foi o AQ+G, talvez isso deva ter ocorrido devido à presença de gesso agrícola e, como exceção ocorreu a percolação do nutriente para as camadas mais profundas do solo e, pela cultura da cana-de-açúcar apresentar grande desenvolvimento de raízes em profundidade, a extração do nutriente foi grande, indisponibilizando o mesmo no solo.

Santos et al. (2001) constataram que o aumento da quantidade do adubo orgânico promoveu o aumento dos teores de bases trocáveis (Cálcio, Magnésio e Potássio), de Fósforo e dos valores de CTC do solo.

Potássio (K⁺)

Assim como na amostragem do período chuvoso do solo, a camada superficial novamente superou a subsuperficial no quesito teor de potássio. Isto pode ser explicado devido ao potássio ser o segundo nutriente mais absorvido pela cultura da cana-de-açúcar e, como a concentração de raízes desta cultura se concentra nas camadas mais profundas, ocorre uma grande absorção do nutriente em profundidade, ficando, dessa forma, escasso na camada

de 25-50 cm quando comparado à de 0-25 cm (Tabela 19). E, devido à coleta ter sido feita durante a fase vegetativa da cultura, período onde a absorção do nutriente em questão está no pico, fica fácil de entender os resultados apresentados.

Tabela 19. Teores de K⁺ nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ^{1/}	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (mg dm ⁻³)	25a 50 cm (mg dm ⁻³)	
AQ	12,75	7,75	10,25 ab
AQ+G	10,25	5,50	7,88 b
CF	11,00	7,75	9,38 ab
CF+G	9,75	7,50	8,63 ab
CP	10,50	9,00	9,75 ab
CP+G	10,75	7,25	9,00 ab
AC	12,25	6,50	9,38 ab
AC+G	10,75	8,25	9,50 ab
EB	13,50	8,25	10,88 a
EB+G	9,75	5,50	7,63b
<i>Média</i>	<i>11,13 A</i>	<i>7,33 B</i>	
CV(%)	19,20		

^{1/}Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Comparando-se as médias das profundidades de cada tratamento, observa-se a igualdade de quase todos os tratamentos, com exceção do AQ+G e do EB+G, que apresentaram os piores teores do nutriente analisado.

Resultados semelhantes foram observados por Silva (2009), em pesquisa com dejetos em cana-de-açúcar.

Cálcio (Ca²⁺)

Analisando a Tabela 20, percebe-se que não ocorreu interação entre os tratamentos e as profundidades avaliadas, porém observa-se uma diferença estatística entre a média dos tratamentos de 0-25 cm quando comparado com a média dos tratamentos de 25-50 cm, sendo o primeiro superior no quesito teor de Ca²⁺ no solo. Resultados semelhantes foram observados por Silva (2009), em pesquisa com dejetos em cana-de-açúcar.

Tabela 20. Teores de Ca^{2+} nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	25a 50 cm ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)	
AQ	1,74	0,76	1,25 <i>bc</i>
AQ+G	1,58	0,86	1,22 <i>c</i>
CF	1,70	0,89	1,29 <i>bc</i>
CF+G	1,60	1,05	1,33 <i>bc</i>
CP	1,91	1,29	1,60 <i>ab</i>
CP+G	1,64	0,99	1,31 <i>bc</i>
AC	1,98	1,51	1,75 <i>a</i>
AC+G	1,80	1,17	1,49 <i>abc</i>
EB	2,00	1,17	1,58 <i>ab</i>
EB+G	2,02	1,10	1,56 <i>abc</i>
<i>Média</i>	1,80 <i>A</i>	1,08 <i>B</i>	
CV(%)	15,35		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Avaliando as médias das profundidades em cada tratamento, nota-se que o CP, AC, AC+G, EB e EB+G obtiveram os maiores teores de cálcio no solo, superior até mesmo que os tratamentos com fertilizante mineral, mostrando a superioridade residual do adubo orgânico quando comparado ao químico tradicional, que libera o nutriente rapidamente ao solo, porém permanecendo por pouco tempo no mesmo.

Magnésio (Mg^{2+})

Em relação aos teores de Mg^{2+} no solo, novamente como ocorreu na amostragem do período chuvoso do solo, a camada superficial obteve melhores resultados quando comparada à camada mais profunda do solo analisado (Tabela 21). Silva (2009) observou comportamento semelhante. Este fato é facilmente explicado, pois a adubação foi realizada em superfície e, mesmo na presença de gesso agrícola em alguns tratamentos, a disponibilização do nutriente em profundidade não consegue se igualar à da superfície do solo.

Tabela 21. Teores de Mg^{2+} nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm ($cmol_c\ dm^{-3}$)	25a 50 cm ($cmol_c\ dm^{-3}$)	
AQ	0,26 aA	0,15 bB	0,20
AQ+G	0,26 aA	0,20 abB	0,23
CF	0,26 aA	0,21 abB	0,24
CF+G	0,26 aA	0,21 abB	0,24
CP	0,25 aA	0,16 abB	0,20
CP+G	0,27 aA	0,23 aB	0,25
AC	0,30 aA	0,15 bB	0,23
AC+G	0,28 aA	0,16 abB	0,22
EB	0,28 aA	0,17 abB	0,22
EB+G	0,27 aA	0,14 bB	0,21
<i>Média</i>	0,27	0,18	
CV(%)	13,84		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Analisando a camada de 0-25, todos os tratamentos se igualaram, independentemente do uso ou não de gesso agrícola.

Já na camada mais profunda, com exceção do AQ, AC e EB+G, que obtiveram os mais baixos teores de magnésio, os demais tratamentos se igualaram, mostrando a superioridade de alguns tratamentos orgânicos quando comparado ao tratamento químico.

Santos et al. (2001) constataram que o aumento da quantidade do adubo orgânico promoveu o aumento dos teores de bases trocáveis (Cálcio, Magnésio e Potássio), de Fósforo e dos valores de CTC do solo.

Alumínio (Al^{3+})

Em relação aos teores de Al^{3+} no solo, de forma geral, a camada superficial se mostrou como superior, apresentando os menores teores do nutriente no solo quando comparado à camada mais profunda (Tabela 22).

Na camada de 0-25 cm os tratamentos com maiores teores de alumínio foram o AC+G e o EB+G. Os demais tratamentos se igualaram entre si. Na camada de 25-50 cm, o pior tratamento foi representado pelo AQ e os melhores foram o CF+G, AC e EB+G.

Tabela 22. Teores de Al^{3+} nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm ($cmol_c dm^{-3}$)	25a 50 cm ($cmol_c dm^{-3}$)	
AQ	0,00 aA	0,15 dB	0,07
AQ+G	0,00 aA	0,09 bB	0,05
CF	0,00 aA	0,09 bB	0,05
CF+G	0,00 aA	0,00 aA	0,00
CP	0,00 aA	0,12 cB	0,06
CP+G	0,00 aA	0,10 bB	0,05
AC	0,00 aA	0,00 aA	0,00
AC+G	0,09 cA	0,08 bA	0,08
EB	0,00 aA	0,10 bB	0,05
EB+G	0,06 bB	0,00 aA	0,03
<i>Média</i>	<i>0,01</i>	<i>0,07</i>	
CV(%)	18,57		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os resultados mostraram que houve uma boa neutralização de alumínio no solo, pois, mesmo nos tratamentos onde os resultados diferiram de zero, as quantidades de alumínio foram baixas.

Hidrogênio + Alumínio (H+Al)

Analisando os teores de H+Al no solo, observa-se que, de forma geral, a quantidade encontrada foi baixa, assim como comentado na primeira amostragem (Tabela 23).

Tabela 23. Teores de H + Al nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (cmol _c dm ⁻³)	25a 50 cm (cmol _c dm ⁻³)	
AQ	1,40 abA	1,78 bcdB	1,59
AQ+G	1,38 aA	1,73 abcdB	1,55
CF	1,50 abcA	1,93 dB	1,71
CF+G	1,33 aA	1,48 aA	1,40
CP	1,35 aA	1,83 cdB	1,59
CP+G	1,43 abA	1,73 abcdB	1,58
AC	1,25 aA	1,53 abB	1,39
AC+G	1,70cA	1,83 cdA	1,76
EB	1,30 aA	1,65 abcB	1,48
EB+G	1,65 bcA	1,60 abcA	1,63
<i>Média</i>	<i>1,43</i>	<i>1,71</i>	
CV(%)	7,35		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A camada superficial se mostrou ligeiramente superior a subsuperficial, devido à dificuldade da neutralização de Al³⁺ em profundidade, deixando o solo mais ácido que na superfície.

Estudando a camada de 0-25 cm, os piores resultados foram representados pelo AC+G e pelo EB+G, sendo os demais tratamentos iguais estatisticamente. Na profundidade de 25-50 cm o pior tratamento foi representado pelo CF, apresentando o maior teor de Al+H.

pH em H₂O

Para o pH em água, novamente como foi visto na amostragem realizada no período chuvoso do solo (Tabela 14), a camada superficial obteve pH mais interessante para a cultura da cana-de-açúcar quando comparado a camada mais profunda analisada que, apesar de ser considerada estatisticamente pior, também obteve pH condizente com o adequado para a condução da cultura (Tabela 24).

Tabela 24. pH em H₂O nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm	25a 50 cm	
AQ	6,80	5,41	6,10 a
AQ+G	6,53	5,68	6,11 a
CF	6,58	5,60	6,10 a
CF+G	6,98	6,32	6,65 a
CP	6,98	6,34	6,66 a
CP+G	6,76	5,85	6,30 a
AC	7,29	6,55	6,92 a
AC+G	6,54	5,97	6,26 a
EB	6,98	6,14	6,56 a
EB+G	6,83	6,12	6,47 a
<i>Média</i>	6,83 A	6,00 B	
CV(%)	8,30		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Comparando-se a média das profundidades de cada tratamento, percebe-se que, todos os tratamentos se igualaram estatisticamente de acordo com o teste de Tukey à 0,05 de significância.

pH em CaCl₂

De acordo com a Tabela 25, igualmente à amostragem do solo realizada no período chuvoso, pôde-se observar que não houve interação entre os tratamentos e as profundidades, porém, a média dos tratamentos na profundidade de 0-25 cm superou a média da camada mais profunda, ou seja, apresentado um pH mais adequado para a cultura da cana-de-açúcar.

Tabela 25. pH em CaCl₂ nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm	25a 50 cm	
AQ	6,12	5,46	5,79 a
AQ+G	6,16	5,09	5,62 a
CF	5,99	5,18	5,58 a
CF+G	6,34	5,75	6,05 a
CP	6,33	5,54	5,93 a
CP+G	6,22	5,13	5,68 a
AC	6,35	6,00	6,17 a
AC+G	5,86	5,30	5,58 a
EB	6,24	5,49	5,86 a
EB+G	6,06	5,56	5,81 a
<i>Média</i>	6,17 A	5,45 B	
CV(%)	11,59		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A camada superficial obteve melhor resultado por ser a região onde, normalmente é feita a calagem do solo, neutralizando sua acidez.

Analisando-se a média das profundidades de cada tratamento, não houve diferença significativa, ou seja, todos os tratamentos se igualaram entre si.

Matéria Orgânica do Solo (M.O.S.)

A Tabela 26 apresenta os teores de matéria orgânica do solo comparando-se os tratamentos e ambas as profundidades, na amostragem do solo realizada no período seco.

Tabela 26. Teores de M.O.S. nos diferentes tratamentos nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm obtidos na amostragem de solo (Julho/2010 – Período Seco).

Tratamentos ¹	Profundidades		Médias
	0 a 25 cm (dag kg ⁻¹)	25a 50 cm (dag kg ⁻¹)	
AQ	0,88	0,70	0,79 a
AQ+G	0,75	0,53	0,64 a
CF	0,80	0,70	0,75 a
CF+G	0,73	0,58	0,65 a
CP	0,80	0,65	0,73 a
CP+G	0,73	0,58	0,65 a
AC	0,93	0,65	0,79 a
AC+G	0,78	0,65	0,71 a
EB	0,75	0,58	0,66 a
EB+G	0,83	0,60	0,71 a
<i>Média</i>	0,80 A	0,62 B	
CV(%)	14,68		

¹Tratamentos: AQ – Adubo Químico; AQ+G – Adubo Químico + Gesso; CF – Cama de Frango; CF+G – Cama de Frango + Gesso; CP – Cama de Peru; CP+G – Cama de Peru + Gesso; AC – Adubo Compostado; AC + G – Adubo Compostado + Gesso; EB – Esterco Bovino; EB + G – Esterco Bovino + Gesso.

Médias seguidas de letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Em relação aos teores de M.O.S. houve uma superioridade da camada superficial quando comparada à subsuperficial e, entre os tratamentos não houveram diferenças estatísticas, igualando-se todos eles no quesito teor de M.O.S..

A igualdade dos tratamentos pode ser explicada pelo fato de que, a matéria orgânica apresenta uma facilidade muito grande de degradação por microorganismos, reduzindo-se seus teores no solo rapidamente, igualando-se, dessa forma, os tratamentos.

A matéria orgânica decompõe-se nos solos tropicais e subtropicais úmidos com grande rapidez: 1 a 2 kg m⁻² ao ano (EMBRAPA, 2006).

5 CONCLUSÕES

De acordo com os dados gerados e, o estudo e interpretação de cada análise realizada, é possível concluir que a adubação com resíduos orgânicos na cultura da cana-de-açúcar, é hoje, não somente uma opção e sim uma necessidade, já que, apresentou um efeito residual aceitável para os nutrientes analisados, suprimindo as exigências nutricionais da cultura da cana-de-açúcar, superando até mesmo a adubação tradicional em alguns casos, além de serem condicionadores do solo.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2010. 520 p.
- AGROCONSULT **Cooperativa Central dos Produtores de Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo**, São Paulo: São Paulo. 2008. 59 p.
- ANDRADE, L. A. B.; BOCARDO, M. R.; CORREA, J. B. D.; CARVALHO, G. J. Efeitos do nitrogênio aplicado nas formas fluida ou sólida, em soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p.516-520, 2000.
- ANDREOLA, F. **Propriedades físicas e químicas do solo e produção de feijão e milho em uma Terra Roxa Estruturada em resposta a cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e mineral**, 1996. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa: Viçosa. 1996.
- ANJOS, I. A. Efeitos da adubação orgânica e da época de colheita na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos agrícola e de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana planta). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 59-63, jan./fev., 2007.
- BITAR FILHO, A. F. **Influência da adubação orgânica sobre as propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho eutroférrico cultivado com cana-de-açúcar**. Disponível em:
<<http://www.gpec.ucdb.br/pistori/pibic/planos2007/Ari%20Fernando%20Bittar%20Filho.pdf>>. 2008. Acesso em: 13 de out. 2010.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The Nature and Properties of Soils**. 14^a Ed., Upper Saddle River: Prentice Hall. 2007. 990 p.
- CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v 14, p. 107-114, jan. 1995.
- CFSEMG - Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. 360 p.
- COSTA, A. M. da; SOUZA, M.A.; ALMEIDA, C.X. ; BORGES, E. N. Avaliação do grau de compactação e resistência à penetração de três solos do cerrado. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 2., 2003, Uberlândia. **Perspectivas para o cerrado no séc. XXI**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2003. CD ROM.
- 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**, Viçosa, v. 22, p. 547-553, 1998.
- DEMATTE, J.L.L. **Cultura da cana-de-açúcar: recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. Piracicaba: Potafos, 2005. 65 p. (Encarte do Informações Agronômicas, n. 111).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Uso de Resíduos na agricultura**. 2006. Circular Embrapa Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/public/index.php3/>>. Acesso em: 09 de março de 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação de aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**, Rio de Janeiro: Embrapa. 1982. 526 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa. 1997. 212 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para o Windows versão 4.0 I: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL BIOMETRIA, 45, São Paulo. **Anais...** São Paulo: UFSCAR, 2000. p. 255-258.

GOMIDES, J. N. **Atributos físicos de Latossolo Vermelho cultivados com cana-de-açúcar e adubado com dejetos de animais de criação intensiva**. 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

HENRY, S. T.; WHITE, R.K. Compositing broiler litter from two management systems. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.36, n.3, p.873-7, 1993.

IAIA, A. M.; MAIA, J. C. S.; KIM, M. E. Uso do penetrômetro eletrônico na avaliação da resistência do solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.523-530, 10 nov. 2005.

KONZEN, E. **As Alternativas de manejo, tratamento e utilização de dejetos animais em sistemas integrados de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 32 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 5).

LONGSDON, G. Manure/litter recycling – Turnaround in poultry industry. **Biocycle**, Emmaus, v. 34, p. 60-70, 1993.

MEDINA, C.C.; BRINHOLI, O. Uso de resíduos agroindustriais na produção de cana de açúcar, açúcar e álcool. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.33, n.11, p.1821 – 1825. 1998.

MIELNICZUK, J., Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A. ; CAMARGO, F.A.O.(ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis. 1999. p.1-8.

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. Seja o doutor do seu canavial. Piracicaba: **Potafos**. Setembro, 1994. 6 p. (Encarte de Informações Agrônomicas – n. 67 - Arquivo do Agrônomo n. 6).

QUAGGIO, J.A.; RAMOS, V.J.; BATAGLIA, O.C; RAIJ, B. van; SAKAI, M. Calagem para a sucessão batata-triticale-milho usando calcários com diferentes teores de magnésio. **Bragantia**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 391-406, 1985.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 6 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. 359 p.

SALDANHA, E.C.M. **Gesso mineral em cana-de-açúcar**: efeitos no solo e na planta. 2005. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2005.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

SANTOS, R. H. S.; SILVA, F.; CASALI, V. W. D.; CONDE, A. R. Efeito residual da adubação com composto orgânico sobre o crescimento e produção de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n.11, p. 1395-1398, nov. 2001.

SANTOS, T.M.B. **Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frango de corte**. 1997. 95 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia-Produção Animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

SCHERER, E.E.; NESI, C.N. Alterações nas propriedades químicas dos solos em áreas intensivamente adubadas com dejetos suínos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 26, REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 10, REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 5, Lages, 2007. **Anais...** Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo e Universidade do Estado de Santa Catarina, 2004. CD-ROM.

SEGATO, S. V; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. **Atualização em produção de Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: Livrocetes, 2006, 451 p.

SILVA, N. **Qualidade nutricional de Latossolo de textura média adubado com dejetos e cultivado com cana-de-açúcar**. 2009. 35 f. Monografia (Graduação em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia. 2009.

SMITH, S. C. Mineral levels of broiler house litter and forages and soils fertilized with litter. **Animal Science Research Report**, Stillwater, v. 933, p. 152-159. 1993.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. **Cerrado**: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa. 2004. 416 p.

SOUZA, D.M.G.; RITCHEY, K.D. Uso de gesso no solo de cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília, 1986. **Anais...** Brasília: EMBRAPA/DDT, 1986. p.119-144.

SOUZA, R.F.; FAQUIN, V.F.; TORRES, P.R.F.; BALIZA, D.P. Calagem e adubação orgânica: Influência na adsorção de fósforo em solos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.30, p.975-983. 2006.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 18-23. Apr. 2003.

STAUT, L. A. **Condições dos solos para o cultivo de cana de açúcar**. 2006. Disponível em: <http://www.cpa.embrapa.br/portal/artigos/artigo18.html>. Acesso em: 23 de maio de 2009.

WARREN S. L.; FONTENO, W.C. Changes in physical and chemical properties of a loamy sand soil when amended with composted poultry litter. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, DC, v.1, p. 186-190. 1993.