

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

FERNANDO OLIVEIRA FRANCO

**ESTRUTURAÇÃO DE LATOSSOLO CULTIVADO COM CANA DE AÇÚCAR E
FERTILIZADO COM DIFERENTES ADUBOS**

**Uberlândia – MG
Novembro – 2010**

FERNANDO OLIVEIRA FRANCO

**ESTRUTURAÇÃO DE LATOSSOLO CULTIVADO COM CANA DE AÇÚCAR E
FERTILIZADO COM DIFERENTES ADUBOS**

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 – 2010**

FERNANDO OLIVEIRA FRANCO

**ESTRUTURAÇÃO DE LATOSSOLO CULTIVADO COM CANA DE AÇÚCAR E
FERTILIZADO COM DIFERENTES ADUBOS**

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 19 de novembro de 2010.

Prof. Dr. Beno Wendling (UFU)
Membro da Banca

Msa. Juliana do Nascimento Gomides (IFTM)
Membro da Banca

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges (UFU)
Orientador

RESUMO

Nos últimos anos o setor canavieiro e de carnes estiveram em franco crescimento no Triângulo Mineiro. A forte expansão destes dois seguimentos passa a exigir novas tecnologias que visem não somente a capacidade produtiva, mas também melhoria da qualidade ambiental já que são consideradas poluidoras e degradadoras do solo. Assim, esta pesquisa teve como objetivo estudar o uso de dejetos "in natura" e compostado na cana de açúcar como alternativa para minimizar a degradação física do solo e a ação poluidora do meio ambiente. A pesquisa foi conduzida no município de Uberlândia-MG. O delineamento experimental foi em DBC num fatorial 5x2x3 correspondendo a cinco tipos de adubo: cama de frango, cama de peru, adubo compostado, esterco bovino e MAP, todos combinados com a presença e ausência de gesso em três diferentes épocas de coleta (10, 22 e 34 meses após plantio). Amostras de solo foram retiradas nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm, onde foram avaliadas a densidade do solo, porcentagem de macroporos, microporos e porosidade total, argila dispersa em água e o diâmetro médio geométrico, conforme Embrapa (1997). Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. A época de amostragem em relação ao plantio influenciam no comportamento dos atributos físicos do solo, o esterco bovino apresentou-se efetivo por mais tempo na melhoria dos atributos físicos do solo. Conclui-se que a utilização de adubos orgânicos manejados de forma consciente na lavoura de cana de açúcar melhora a conservação do solo.

Palavras chave: Qualidade ambiental, resíduos orgânicos, conservação do solo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	05
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	08
2.1 Aspectos gerais da cana de açúcar.....	08
2.2 Adubação orgânica.....	09
2.3 Uso de gesso agrícola na agricultura.....	11
2.4 Estruturação do solo.....	12
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 Localização da área experimental.....	15
3.2 Clima da região.....	15
3.3 Caracterização físico-química do solo.....	15
3.4 Caracterização dos fertilizantes utilizados.....	16
3.5 Adubos e condução do experimento.....	20
3.6 Delineamento experimental.....	21
3.7 Coleta das amostras e análise realizadas.....	22
3.8 Análises estatísticas.....	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
4.1 Densidade do solo.....	23
4.2 Macroporosidade.....	24
4.3 Microporosidade.....	28
4.4 Porosidade Total.....	30
4.5 Argila dispersa em água.....	34
4.6 Diâmetro médio geométrico.....	37
5. CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro é um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento econômico do país, com os produtos do agronegócio representando aproximadamente 35% das exportações, portanto fundamental no superávit da balança comercial brasileira.

Dentre os produtos do agronegócio brasileiro que geram este superávit estão o setor canavieiro e o setor de carnes que nos últimos anos estiveram em franco crescimento no cerrado brasileiro, inclusive no Triângulo Mineiro.

O Brasil é hoje o principal produtor de cana de açúcar do mundo, utilizando-a na produção de açúcar, álcool, energia elétrica, aguardente e mais recentemente na produção de biodiesel (energia renovável).

Atualmente, a cana de açúcar é cultivada intensivamente em todas as regiões tropicais e subtropicais, onde o clima apresenta duas estações distintas, para proporcionar a germinação, perfilhamento, desenvolvimento vegetativo, colheita e beneficiamento adequado. Desse modo esta cultura se adapta muito bem às condições de alta intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa escassez de água temporariamente. Características estas que favorecem sua produção no cerrado do Triângulo Mineiro (GOMIDES, 2009).

O cerrado brasileiro incluindo o Triângulo Mineiro apresenta boa distribuição de chuvas de outubro a fevereiro e topografia plana ou suave, constituindo um ambiente adequado para a produção intensiva de combustíveis renováveis, sendo a cana de açúcar a alternativa mais viável para as condições atuais do Brasil (COSTA et al., 2003).

Outra preocupação que se verifica na região do Triângulo Mineiro é a crescente expansão da criação intensiva de bovinos, suínos e granjas avícolas dentre outros animais, para produção de carne destinada ao consumo do mercado brasileiro, bem como para exportação, trazendo consigo um aumento no volume de dejetos produzidos por estes animais criados em regime confinado. Então encontrar alternativas para um manejo econômico e sustentável, que minimizassem os impactos destes dejetos na saúde e no meio ambiente é um dos desafios da pesquisa.

Outro ponto importante para a questão dos dejetos gerados por esses tipos de atividades agrícolas é a legislação que a cada dia intensifica mais suas fiscalizações e punições.

Em 1988 foi criada a Lei 6.938 de 31/08/1988 que teve como objetivo principal à prevenção de possíveis danos ao ambiente, com isso aparece à necessidade do licenciamento ambiental para o desenvolvimento das atividades consideradas potencialmente poluidoras.

Baseado na legislação ambiental do Estado, o Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM) estabeleceu que as atividades da avicultura e suinocultura devessem ser submetidas ao processo ordinário de licenciamento ambiental junto ao COPAM, visando à adoção de medidas de controle ambiental que eliminem ou minimizem os impactos ambientais causados especificamente por este tipo de atividade. Segundo Perdomo (1997), o governo federal criou uma portaria que fica todo produtor/criador obrigado a estabelecer um plano racional de controle dos dejetos, de modo a evitar os problemas de poluição, podendo, inclusive, ser este responsabilizado criminalmente por eventuais danos causados ao meio ambiente e a saúde dos homens e animais.

Neste sentido, o uso de dejetos de aves e bovinos de criação intensiva, como adubo na cultura da cana de açúcar, é uma alternativa viável principalmente para solos do cerrado que são caracterizado por elevada acidez, baixa fertilidade e baixa resistência estrutural.

Com a busca pela melhoria da qualidade do solo e a necessidade de reduzir custos, têm aumentado o uso de compostos e outros tipos de adubos orgânicos na produção agrícola. A prática de adicionar adubos orgânicos ao solo é uma forma de melhorar a retenção de água, controlar a temperatura, manter ou melhorar suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas, aumentando o teor de matéria orgânica e adicionando nutrientes ao solo, o que pode resultar em uma economia de fertilizantes minerais (BITAR FILHO, 2008).

Por isso, alguns pesquisadores têm avaliado a influência da adubação orgânica nos atributos físicos (MENEZES et al., 2004). As avaliações dos atributos físicos do solo são também bastante usadas para medir a evolução da estrutura de um dado solo quando submetido a diferentes sistemas de manejo (SOUZA, 2004) ou de uma mesma cultura durante algum período.

Juntamente com os adubos orgânicos, a utilização de produtos ou sub-produtos ditos condicionadores de solo estão sendo muito usados na cadeia agropecuária brasileira. O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) apesar de não altear o pH do solo (PAVAN et al., 1984) principal limitante para as culturas, 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 e sulfato para a solução do solo e dependendo da quantidade de água e da dose aplicada carreiam as mesmas para camadas mais profundas além de fornecer eletrólitos importantes na compressão da dupla camada difusa (SOUZA; LOBATO, 2004).

Por ser um produto relativamente barato e trazer um grande benefício para a cultura o gesso agrícola é uma alternativa de produto para “enriquecer” os adubos orgânicos.

Este trabalho teve como objetivo proporcionar uso sustentável das excreções oriundas da criação confinada e intensiva de animais, portadoras de elevada carga poluente ao meio ambiente para adubação da cana de açúcar e verificar o comportamento por três anos da argila dispersa em água (ADA), macroporosidade, microporosidade, porosidade total, densidade do solo e diâmetro médio geométrico (DMV) de um Latossolo Vermelho distrófico na presença e ausência de gesso agrícola.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais da cana de açúcar

A cana de açúcar é pertencente à família Poaceae e gênero *Saccharum*, sendo este gênero composto principalmente pela espécie *Saccharum officinarum* (L.) que é conhecida por cana nobre, por apresentar elevado teor de açúcar (SEGATO et al., 2006). Foi a primeira cultura introduzida no país, cultivada a mais de quatro séculos no litoral do Nordeste. Atualmente grandes áreas são utilizadas para a produção de álcool, disseminado por quase todos os estados brasileiros, estabelecendo-se nos mais diferentes tipos de solo. Segundo o Agriannual (2010) a produção brasileira de cana de açúcar na safra 09/10, foi de 629.024.100,00 toneladas.

Atualmente, a cana de açúcar é cultivada em todas as regiões tropicais e subtropicais, onde o clima apresenta duas estações distintas, uma quente, e outra úmida, o que proporciona a germinação, perfilhamento e desenvolvimento vegetativo. Esta cultura se adapta 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 (SEGATO et al., 2006).

O ciclo da cana a ser plantada é definido levando em consideração as condições de clima, efetuando-se o plantio predominantemente em duas épocas distintas: Primeira época (de setembro a novembro) no início da estação chuvosa e quente, nestas condições, a cana de açúcar apresenta ciclo de duração média de 12 meses sendo denominada cana de ano. Segunda época (plantio de janeiro a início de abril), no meio da estação chuvosa e quente e em direção ao outono, nestas condições apresenta ciclo variável de 14 a 21 meses, conforme a data de plantio e a época de maturação da variedade utilizada, recebendo a denominação de “cana de ano e meio” (GOMIDES, 2009).

Outro fator a ser levado em consideração no momento da implantação do canavial é a variedade a ser plantada, tornando-se necessário observar as características das mesmas em relação ao ambiente que será introduzida, pois caso contrário, possivelmente haverá comprometimento do potencial produtivo e qualitativo. Neste sentido, é necessário conhecer dois aspectos, o ambiente de produção, e o comportamento de cada variedade, levando-se em

consideração dentre outros fatores, a textura do solo, a CTC do horizonte A, a retenção de cátions e o teor de água no solo (SEGATO et al., 2006).

A melhoria e manutenção das propriedades físicas, químicas e microbiológicas 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 arenosos a solos argilosos (BITAR FILHO, 2008).

O mesmo autor ainda relata que são comuns problemas de compactação de solos em áreas de cultivo de cana de açúcar, devido ao manejo intensivo do solo e a utilização de máquinas e equipamentos pesados na ocasião do plantio.

O monitoramento das propriedades físicas do solo é bastante importante para que se evite valores altos de densidade de solo e resistência a penetração, e baixos valores de porosidade total, tornando-se fatores limitantes ao desenvolvimento e produtividade da cultura.

A cana de açúcar quando bem manejada é uma cultura que protege o solo contra erosão, principalmente após o “fechamento”. Dependendo do tipo de solo e da topografia em solos de textura arenosa, a época e o sistema de plantio apresentam influência no assoreamento dos sulcos, ao qual a cana é bastante susceptível (ORLANDO FILHO et al., 1994).

Segato et al. (2006), afirmam que informações com relação ao sistema solo planta e raízes são necessárias, pois fornecem subsídios no sentido de tentar evitar problemas enfatizando que: cerca de 70 a 80% das raízes da cana de açúcar localizam-se nas camadas superficiais do solo até 40 a 45 cm de profundidade, sendo que de 0 a 20 cm encontram-se 62% destas raízes (VAN DILLEWIJIN citado por SEGATO et al., 2006).

2.2 Adubação orgânica

A adubação, assim como as demais práticas agrícolas, deve-se levar em consideração a sustentabilidade do processo como um todo e a conservação do ambiente. Pensando em adubação (uso de fertilizantes químicos ou orgânicos) a grande preocupação está em relação às doses e o custo das aplicações.

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). A prática de se adicionar adubos orgânicos no solo é, portanto, uma forma de melhorar a retenção de água, controlar a temperatura, manter ou melhorar suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas, aumentando o teor de matéria orgânica e adicionando nutrientes ao solo, o que pode resultar em uma economia de fertilizantes minerais (BITAR FILHO, 2008).

Os dejetos orgânicos originados da criação intensiva de animais podem desempenhar importante papel na recuperação de solos de cerrado degradados fisicamente. 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).

A adubação orgânica, embora com limitações de aplicação e de disponibilidade de material, apresenta inúmeras vantagens em relação à adubação química, pois permite melhorar os atributos químicos, físicos e biológicos do solo, fazendo uso dos resíduos produzidos na propriedade rural ao em vez de descartá-los no meio ambiente. Por isso, com o uso racional dos dejetos eles podem sair da condição de poluentes para condicionadores de solo.

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), relataram 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.

Dentre as vantagens da adubação orgânica cita-se a redução da densidade do solo, maior floculação e agregação das partículas com melhoria na estrutura do solo, na aeração e aumento da CTC (COSTA, 2005).

Os estudos sobre os efeitos desses resíduos no solo e no ambiente, devem ser priorizados, levando em conta não só os aspectos benéficos, mas também o potencial poluidor desses resíduos, bem como as possibilidades de uso dos mesmos na recuperação de áreas degradadas e no fornecimento de nutrientes às plantas.

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 Uso de gesso agrícola na agricultura

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).

O mesmo autor ainda confirma que 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 encrostamento superficial. Além disso, o gesso pode reduzir a resistência de camadas subsuperficiais 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.

Concomitantemente, um dos fatores que tem limitado o aumento de produtividade das culturas é o pequeno volume de solo explorado pelo sistema radicular, devido à presença de uma barreira química provocada por elevada saturação por alumínio em subsuperfície, impedindo o desenvolvimento das raízes. Em solos de baixa fertilidade, constata-se que o

sistema radicular da cana de açúcar explora efetivamente cerca de 0,6 m de solo, embora existam resultados experimentais mostrando que a planta é capaz de explorar profundidades de 1,2 a 2 m quando não houver impedimentos físicos e, ou, químicos (KOFFLER, 1987).

Dados de literatura mostram o efeito favorável do gesso agrícola em culturas agrícolas. 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).

Borges (1995), também verificou o efeito favorável da aplicação de gesso quando estudou o efeito das doses de gesso agrícola+matéria seca de crotalária em Latossolo vermelho escuro álico. Constatando que a aplicação de gesso, provocou reduções lineares nos valores de densidade do solo, da argila dispersa em água, e aumento nos valores de porosidade total, macroporos e grau de floculação.

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. Nesta pesquisa, os resultados mostram, ainda, que as menores produtividades foram obtidas quando se fez uso isolado do gesso. Esse efeito negativo do uso isolado do gesso agrícola na produção das culturas, certamente está relacionado com a perda de cátions das camadas superficiais que acompanham o sulfato presente no gesso em seu movimento descendente ao longo do perfil do solo.

2.4 Estruturação do solo

O sistema intensivo de uso e manejo do solo pode alterar seus atributos físicos, ocasionar degradação e perda da qualidade do solo, e causar prejuízo para a sua sustentabilidade. Os atributos físicos do solo são bons indicadores de sua qualidade e permitem o monitoramento de áreas que sofreram algum tipo de interferência, determinando o melhor uso daquele o que provoca menor degradação. Entre esses atributos, destacam-se a densidade, a porosidade, a resistência mecânica do solo à penetração, a estabilidade de agregados e infiltração de água no solo, considerando também a classe textural (GOMIDES, 2009).

O intenso preparo do solo para o plantio da cana de açúcar e a utilização constante de cultivadores em condições não ideais de umidade altera suas propriedades físicas, refletindo em alterações na sua estrutura, principalmente na camada superficial. As modificações que ocorrem na estrutura do solo são evidenciadas por alterações nos valores de densidade do solo, porosidade total, porosidade de aeração, armazenagem e disponibilidade de água às plantas, assim como a consistência e a máxima compactabilidade do solo (CENTURION et al., 2007).

Cavenage et al. (1999), verificaram em estudo que o uso intensivo dos Latossolos Vermelho eutroférico no nordeste do Estado de São Paulo com a cana de açúcar com preparo superficial excessivo e queima dos resíduos, modificou significativamente as propriedades físicas do solo. As principais alterações são evidenciadas pela diminuição do volume de macroporos, do tamanho de agregados, da taxa de infiltração de água no solo, pelo aumento da resistência à penetração de raízes e da densidade do solo.

A densidade do solo é um parâmetro que serve como índice de compactação do solo e é muito utilizada nas avaliações do estado estrutural dos solos (SCAPINI et al., 1998). Os efeitos da compactação na aeração do solo são usualmente quantificados pela medida da porosidade do solo preenchida por ar, taxa de difusão de oxigênio, potencial redox e permeabilidade do solo.

A porosidade é caracterizada pelo volume do solo ocupado pela água e pelo ar, representando o local onde circula a solução e o ar, sendo, portanto o espaço em que ocorrem os processos dinâmicos do ar, crescimento de raízes e solução do solo (KIEHL, 1979). Segundo Reichardt e Timm (2004), a porosidade do solo está diretamente dependente da densidade do solo. Essa também é afetada pelo nível de compactação do solo, pois quanto maior a densidade, menor será o volume do espaço poroso.

O arranjo ou a geometria das partículas do solo determina a quantidade e a natureza dos poros existentes. Os tipos de poros estão associados à sua forma, que por sua vez tem relação direta com sua origem. A classificação mais usual da porosidade refere-se à sua distribuição de tamanho, classificadas em duas classes: micro e macroporosidade. (GOMIDES, 2009).

A microporosidade é uma classe de tamanho de poros que, após ser saturada em água, a retém contra a gravidade. Os macroporos, ao contrário, após serem saturados em água não a retém, ou são esvaziados pela ação da gravidade. A funcionalidade desses poros fica evidente quando se considera que os microporos são os responsáveis pela retenção e armazenamento da água no solo e os macroporos são os responsáveis pela aeração e pela maior contribuição

na infiltração de água no solo. Em solos arenosos há predominância de macroporos, enquanto em solos argilosos a tendência é predominar os microporos (REINERT et al., 2006).

Solos de textura arenosa, pelo fato de possuírem partículas maiores, o espaço poroso também é constituído de poros maiores denominados macroporos, por outro lado, nesses solos o volume total de poros é pequeno. Os solos arenosos possuem porosidade total na faixa de 0,32 a 0,47 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$, enquanto os solos argilosos variam de 0,52 a 0,61 $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ e os solos francos um valor intermediário (REICHARDT; TIMM, 2004).

Para a cana de açúcar, pesquisas mostram que a proporção de 10% de macroporos é considerada como limite mínimo para sobrevivência das próprias raízes e para contribuir no seu trabalho de suprir a parte aérea da planta, e as condições tornam-se mais favoráveis quando o solo conta com 15 a 20% de macroporos.

Araújo et al. (2004), trabalhando com solo cultivado e mata nativa, afirmam que os valores de macroporos e de porosidade total do solo foram significativamente menores no solo cultivado em comparação com os do solo sob mata nativa. Em relação aos microporos, estes autores não encontraram diferença significativa entre os dois sistemas estudados. Salientam que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e pelo teor de carbono orgânico e muito pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, originada do tráfego de máquinas e implementos.

Segundo Cintra e Mielniczuk (1983), a formação de agregados e sua estabilidade são influenciados pelo suprimento contínuo de resíduos orgânicos e sua decomposição devido a atividade microbiana. O manejo incorreto do solo atua diretamente no estado de agregação, tanto em relação ao tamanho e estabilidade dos agregados como na concentração dos agregados numa determinada classe de tamanho (BEUTLER et al., 2001).

A argila dispersa em água é comumente usada para avaliar a susceptibilidade do solo à erosão hídrica (LIMA et al., 1990), porém o interesse nessa fração do solo tem aumentado devido à sua interferência na mobilidade de substâncias tóxicas no solo (BERTSCH; SEAMAN, 1999), a diminuição dos macroporos (LIMA, 2007), dentre outras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental

O experimento foi implantado em abril de 2007, em uma área de produção comercial de cana de açúcar, na rodovia BR 497, km 28, na Fazenda Lago Azul, município de Uberlândia-MG, situada entre as coordenadas geográficas: 19°04'06,39'' latitude sul, 48° 33' 59,86'' longitude oeste com altitude de 720 m.

3.2 Clima da região

O clima predominante de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw, caracterizado como tropical chuvoso, megatérmico, típico de savanas, com inverno seco.

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

3.3 Caracterização físico-química do solo

O trabalho foi conduzido em uma área com pastagem de braquiária (*Brachiaria decumbens*) com alto índice de degradação. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico (LVd), textura média, fase cerradão tropical e relevo suave ondulado (EMBRAPA, 1999).

Antes da implantação do experimento (abril de 2007), foram coletadas amostras de solo, da área experimental para a caracterização físico-química do mesmo (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Caracterização física do solo da área experimental, amostrado nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm, em abril de 2007 (GOMIDES, 2009).

Prof.	AF	AG	Silte	Argila	ADA	Dp	Ds	DMG	Clas. Text. ¹
cm	g kg ⁻¹			kg dm ⁻³			mm		
0-25	351	344	67	238	200,4	2,78	1,62	0,65	F.A.A ²
25-50	373	372	46	209	197,2	2,74	1,64	0,42	F.A.A

Prof = Profundidade; AF = Areia Fina; AG = Areia Grossa; ADA = Argila Dispersa em Água; Dp = Densidade de Partícula pelo método do anel de Koppek; Ds = Densidade do Solo pelo método do anel volumétrico; DMG = Diâmetro Médio Geométrico de agregado. Areia, Silte e Argila pelo método NaOH 0,1 mol l⁻¹, (EMBRAPA, 1997). ¹Classificação textural de acordo com Ferreira; Dias Júnior (2001). ² F.A.A = Franco-argilo-arenosa.

Tabela 2. Caracterização química do solo da área experimental, amostrado nas profundidades de 0-25 e 25-50 cm, em fevereiro de 2007 (GOMIDES, 2009).

Prof.	pH H ₂ O	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
cm		. mg dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³			.... %	....	dag kg ⁻¹			
0-25	5.7	6.9	18.0	0.0	1.1	0.2	1.8	1.4	1.4	3.2	43.0	0.0	2.1
25-50	5.2	0.7	15.0	0.2	0.5	0.1	2.0	0.6	0.8	2.6	24.0	24.0	0.8

Prof = profundidade; P, K = (HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹) P disponível (extrator Mehlich-1); Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L⁻¹); H+Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); SB = Soma de Bases; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio (EMBRAPA, 1997).

3.4 Caracterização dos fertilizantes utilizados

Foram utilizados como fertilizantes os resíduos orgânicos provenientes de criação intensiva de frango, gado e peru, denominados de cama de frango (CF), cama de peru (CP) e esterco bovino (EB), utilizou-se também adubo compostado (AC), proveniente da estabilização de material orgânico a base de camas de aves em material humificado e, ainda, MAP (Fosfato Mono Amônico) recomendado para a cultura da cana-de-açúcar. 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 3, 4, 5 e 6.

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

Determinações	Base seca – 110°C	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01 mol 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 4. Caracterização química e físico-química da cama de peru utilizada no experimento.

Determinações	Base seca – 110°C	Umidade Natural
pH em CaCl ₂ 0,01mol 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 5. 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 6. 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.

3.5 Adubos e condução do experimento

O preparo do solo consistiu em operações sucessivas de subsolagens, gradagens pesadas, grades niveladoras e abertura de sulcos de 50 cm de profundidade utilizando um sulcador.

Inicialmente a área experimental recebeu 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 lançar em área total, 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”, esta variedade foi escolhida de acordo com a época de plantio e as condições climáticas da região e também por possuir maiores produtividades.

O controle de plantas infestantes foi feito com a aplicação do herbicida Glifosato na quantidade de 3,50 L ha⁻¹, em jato dirigido.

Os adubos orgânicos utilizados foram: adubo compostado (AC), cama de frango (CF), cama de peru (CP) e esterco bovino (EB). A testemunha foi constituída pelo fertilizante mineral MAP (fosfato mono amônico com 44% de P₂O₅ solúvel em H₂O) de recomendação

tradicional para a cana, todos combinados com a presença e a ausência de gesso agrícola previamente misturado ao adubo.

A aplicação foi realizada no mesmo dia do plantio, manualmente, no fundo do sulco e incorporadas com o auxílio de um rastelo. A quantidade de dejetos orgânicos e adubo químico aplicado no sulco de plantio (Tabela 7) basearam-se na quantidade de P_2O_5 presente no adubo e na necessidade da cultura da cana-de-açúcar, segundo a CFSMG, (1999). As mudas foram cobertas com até 14 cm de solo.

Tabela 7. Quantidades de adubos orgânicos e minerais utilizados nos tratamentos.

Adubos	Quantidade (Ton . ha⁻¹)
Adubação química (MAP)	0,42
Cama de Frango (CF)	8,00
Cama de Peru (CP)	5,70
Esterco Bovino (EB)	22,20
Compostado (AC)	4,76
Gesso Agrícola (G)	1,00

3.6 Delineamento experimental

A área experimental necessária para a implantação da pesquisa foi de 0,9 ha, dividida em quatro blocos com 10 parcelas de 150 m², perfazendo um total de 40 parcelas, separadas entre si por 1,5 m, com espaçamento entre linhas de 1,5 m, perfazendo um total de 10 linhas de plantio/parcela, sendo que a área útil da parcela foi constituída das 8 linhas centrais, ficando 2 para a bordadura.

O delineamento da área experimental foi em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial de parcelas subdivididas no espaço e no tempo em 5x2x3 (tipo de adubo, gesso agrícola e época de amostragem) sendo a 1^o coleta realizada dez meses após plantio (dez meses após o adubo ser aplicado ao solo), a 2^o coleta realizada um ano e dez meses após plantio (vinte e dois meses após o adubo ser aplicado ao solo) e a 3^o coleta dois anos e dez meses após plantio (trinta e quatro meses após o adubo ser aplicado ao solo). Foi avaliado separadamente as profundidades de 0 – 25 e 25 – 50 cm no perfil do solo.

3.7 Coleta das amostras e análises realizadas

Foram retiradas amostras de solo deformada e indeformada realizadas na linha de plantio, nas profundidades de 0 – 25 e 25 – 50 cm no perfil do solo, em três épocas distintas (dez, vinte e dois, trinta e quatro meses após adubo ser aplicado no solo), visando detectar possíveis influências dos tratamentos e do tempo de aplicação dos adubos sobre os atributos físicos do solo, os quais foram determinados com base na metodologia da Embrapa (1997).

Com auxílio de um enxadão foram abertos perfis nas devidas profundidades onde foram retiradas as amostras deformadas para as análises da argila dispersa em água e diâmetro médio geométrico, em seguida utilizando-se um batedor e o anel de Koppeck, de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997), foram retiradas as amostras indeformadas para as determinações da densidade do solo, da macroporosidade, da microporosidade e porosidade total.

As análises foram realizadas no Laboratório de Manejo e Conservação do Solo (LAMAS) do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), conforme metodologia da Embrapa (1997).

3.8 Análises estatísticas

Os resultados das variáveis físicas analisadas foram submetidos a análises de variância e a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade do Solo

O comportamento da densidade do solo nas duas profundidades foi muito semelhante, apresentando diferença significativa apenas para a variável época de amostragem (Tabela 8).

Tabela 8. Análise de variância da densidade do solo nas profundidades de 0 – 25 e 25 – 50 cm no perfil do solo.

Fonte de variação	gl	QM	
		0 - 25	25 - 50
Adubo	4	0,4380	0,1177
Gesso	1	0,3308	0,3339
Época de amostragem	2	0,0000*	0,0000*
Adubo x Gesso	4	0,3984	0,3532
Adubo x Época de amostragem	8	0,3055	0,3098
Gesso x Época de amostragem	2	0,5336	0,6283
Adubo x Gesso x Época de amostragem	8	0,7550	0,0564
Bloco	3	0,8788	0,3382
Resíduo	87		
CV		5,83	3,88

CV = coeficiente de variação da parcela; gl = grau de liberdade; * F significativo a 5% de probabilidade.

Os valores variaram de 1.57 a 2.00 kg dm⁻³ na primeira profundidade e de 1.54 a 2.08 na segunda, tendo a amostragem feita aos 10 meses com as maiores densidades (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9. Valores médios em kg dm⁻³ da densidade do solo, cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 0 – 25 cm no perfil do solo.

Época da amostragem do solo após plantio	Média Geral
10 meses	2.05 a
22 meses	1.57 b
34 meses	1.61 b
CV	5.83

CV = Coeficientes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem, entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 10. Valores médios em kg dm^{-3} da densidade do solo, cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 25 – 50 cm no perfil do solo.

Época da amostragem do solo após plantio	Média Geral
10 meses	2.08 a
22 meses	1.54 b
34 meses	1.55 b
CV	3.88

CV = Coeficientes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem, entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Maiores valores de densidade para a época da amostragem mais próxima ao do preparo e plantio reflete o efeito da mecanização intensiva dispensada a cultura, ausência ou pequeno sistema radicular e de seus exsudados e, atividade biológica vinculada ao sistema radicular bem desenvolvido. Para Kiehl (1985), a densidade é maior nos solos cultivados com cana-de-açúcar, devido ao preparo convencional com o uso intensivo de implementos agrícolas e o tráfego excessivo de máquinas pesadas.

4.2 Macroporosidade

Para a macroporosidade houve interação dupla significativa entre gesso e época de amostragens na primeira profundidade, e interação tripla na segunda profundidade, ou seja, o tipo de adubo atua sobre o macroporosidade de maneira diferente na presença ou ausência de gesso com o passar do tempo em que ficaram em contato com o solo (Tabela 11).

De acordo com a Tabela 12, na ausência de gesso o tempo de contato do adubo com o solo não interferiu na macroporosidade. Já na presença observa-se um aumento na macroporosidade, de 10% aos dez meses após aplicação, para em torno de 15% com o passar do tempo.

Quando se estudou o fator gesso, observaram-se diferenças significativas aos 22 e 34 meses. Na presença de gesso encontraram-se valores em torno de 15% de macroporos e na ausência, valores em torno 12 e 13% (Tabela 12).

Tabela 11. Análise de variância da macroporosidade do solo nas profundidades de 0 – 25 e 25 – 50 cm no perfil do solo.

Fonte de variação	gl	QM	
		0 - 25	25 - 50
Adubo	4	0,3841	0,1216
Gesso	1	0,0418*	0,4151
Época de amostragem	2	0,0000*	0,1240
Adubo x Gesso	4	0,0626	0,0766
Adubo x Época de amostragem	8	0,6714	0,0010*
Gesso x Época de amostragem	2	0,0323*	0,6151
Adubo x Gesso x Época de amostragem	8	0,8663	0,0025*
Bloco	3	0,3769	0,0014
Resíduo	87		
CV		29,60	15,94

CV = coeficiente de variação da parcela; gl = grau de liberdade; * F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 12. Valores médios em % de Macroporosidade do solo cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 0 – 25 cm no perfil do solo.

		Épocas de amostragem após plantio		
		10 meses	22 meses	34 meses
Gesso	Presença	10.00 a B	15.72 a A	15.50 a A
	Ausência	11.20 a A	13.10 b A	12.57 b A
CV	29,60			

CV = Coeficientes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O aumento na macroporosidade com o passar do tempo é explicada pela desorganização natural das partículas do solo. As mobilizações do solo modificam adversamente a estrutura do solo, afetando basicamente as relações entre as fases sólida, líquida e gasosa (DENARDIN; KOCHHANN, 1997), ou seja, a porosidade do solo.

A presença do gesso aumentou a porcentagem de macroporos na segunda e terceira amostragem, provavelmente devido o gesso ter aumentado o grau de floclação das argilas, aumentando conseqüentemente o tamanho dos agregados e então a porcentagem de macroporos. Resultado semelhante o encontrado por Gomides (2009), onde a presença de gesso aumentou a porcentagem de macroporos com o passar do tempo de reatividade. Rosa Junior et al. (2006), estudando um Latossolo Vermelho distrófico concluiu que o gesso agrícola melhora as características físicas do solo, especialmente o tamanho dos agregados. Borges et al. (1997), observaram que doses elevadas de gesso, em solos com camada sub-superficial compactada, promoveram efeito floclante no solo, reduzindo os valores de

densidade do solo, e segundo Llanillo et al. (2006), existe uma estreita relação entre a densidade do solo e a porosidade.

Observa-se em geral que os valores de macroporos estão acima do valor mínimo para o bom desenvolvimento de uma cultura, mas abaixo do ideal que seria de 25% de macroporos e 25% de microporos. Segundo Araújo et al. (2004), o valor mínimo do espaço ocupado pelo ar deve ser de 10%, para que a cultura possa ter desenvolvimento radicular satisfatório.

Para a profundidade de 25 – 50 cm, de acordo com a Tabela 13, quando avaliou o fator adubos, fixaram época de amostragem e o fator gesso agrícola. Constatou-se na primeira coleta na presença de gesso que os adubos cama de frango e cama de peru apresentaram 16% de macroporos em detrimento ao adubo compostado que apresentou o menor valor, apenas 10%. Na terceira coleta o adubo compostado apresentou a maior porcentagem de macroporos 17,48% enquanto que a cama de peru e o esterco bovino apresentaram os menores valores em torno de 12%.

Ainda, de acordo com a Tabela 13, quando estudou o fator época de amostragem e fixou-se o tipo de adubo e a presença e ausência de gesso agrícola, observou-se diferença estatística apenas na presença do gesso, para o adubo compostado e esterco bovino. Onde o adubo compostado apresentou-se menor porcentagem de macroporos 10% na presença de gesso na primeira amostragem tendo um aumento gradual de macroporos com o passar do tempo, chegando a teores de 17,48% na última amostragem. O esterco bovino também apresentou menor porcentagem na primeira amostragem em torno de 11,00% aumentando para 15,03% na segunda amostragem.

Quando estudou o fator gesso, fixando os diferentes tipos de adubo e épocas de amostragem, verificou-se que as diferenças estatísticas só foram significativas na última amostragem, aos 34 meses após aplicação do adubo no solo. Para o adubo compostado a porcentagem de macroporos foi maior na presença de gesso, chegando a 17,48% e na ausência 12,51%, já a cama de peru e o esterco bovino na presença apresentaram teores menores 12,34 e 11,91% do que na ausência com valores 17,44 e 15,53% respectivamente.

A maior porcentagem de macroporos na primeira amostragem nos tratamentos cama de frango e cama de peru em detrimento ao adubo compostado na presença do gesso pode estar associado à relação C/N dos adubos, e também da quantidade deles aplicadas, já que a presença de gesso favorece a atividade microbiana, tendo então, uma maior atividade microbiológica e como o adubo compostado apresenta relação C/N menor que os demais e bases com maior facilidade de mineralização, houve uma maior geração de cargas negativas provenientes da decomposição do mesmo aumentando à argila dispersa em água, e

consequentemente a obstrução dos macroporos culminando numa redução da porcentagem de macroporos. Segundo Lima (2007), o desequilíbrio de cargas negativas e positivas devido à decomposição da matéria orgânica bem como a liberação de bases de menor valência contribuem para a expansão da dupla camada difusa, e conseqüente dispersão de argilas reduzindo a porcentagem de macroporos a maior profundidade.

Tabela 13. Valores médios em % de Macroporosidade do solo cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 25 – 50 cm no perfil do solo.

	Adubos Utilizados				
	AC	MAP	CF	CP	EB
Amostragem aos 10 meses					
Presença G	10.00 c B a	15.00 ab A a	16.00 a A a	16.00 a A a	11.00 bc B a
Ausência G	13.00 a A a	14.00 a A a	16.00 a A a	15.00 a A a	12.00 a A a
Amostragem aos 22 meses					
Presença G	13.98 a A a	15.65 a A a	13.09 a A a	14.24 a A a	15.13 a A a
Ausência G	16.01 a A a	15.37 a A a	13.78 a A a	15.76 a A a	15.21 a A a
Amostragem aos 34 meses					
Presença G	17.48 a A a	14.83 ab A a	14.42 ab A a	12.34 b A b	11.91 b AB b
Ausência G	12.51 b A b	11.85 b A a	12.70 b A a	17.44 a A a	15.53 ab A a
CV (%)	15.94				

G = gesso; MAP = adubação mineral; CF = cama de frango; CP = cama de peru; EB = esterco bovino; AC = adubo compostado. A análise dos tratamentos é demonstrada por letras minúsculas que quando iguais na mesma época e na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra maiúscula compara as diferentes épocas após aplicação quando iguais no mesmo tratamento e na presença/ausência de não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. A análise entre a aplicação com e sem gesso, é demonstrada pelas letras em negrito, quando iguais na mesma época e tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na terceira coleta o adubo compostado apresentou maior porcentagem de macroporosidade enquanto que o esterco bovino e a cama de peru apresentaram os menores valores, possivelmente devido ao re-estabelecimento do balanço de cargas na fase coloidal, e da acomodação das partículas do solo adubado com o adubo compostado, já que sua mineralização nessa coleta já tinha sido finalizada. Enquanto que nas parcelas com os adubos com maior relação C/N, e maiores quantidades aplicadas no sulco de plantio, a decomposição da matéria orgânica ainda poderia estar influenciado o balanço de cargas nesta coleta e por isso promovendo a obstrução de macroporos pela argila dispersa em água, então diminuindo a porcentagem de macroporos. Hoffmann et al. (2001), verificaram que o tempo de decomposição médio dos esterco animais são diferentes o esterco bovino se decompõe

completamente em 2,5 anos; o de pequenos ruminantes, como caprinos e ovinos, após 3,5 anos, e o esterco asinino se decompõe mais lentamente. Severino et al. (2005), avaliando a velocidade de mineralização de torta de mamona, esterco bovino parcialmente curtido e bagaço de cana, concluiu que a relação C/N, o tamanho das partículas estão diretamente relacionados com a velocidade de decomposição do material orgânico.

Lynch (1986), alguns fatores, tais como: a composição dos organismos decompositores, o ambiente, principalmente o micro clima do solo e a qualidade dos resíduos acumulados, influem na decomposição no material orgânico. Todos esses fatores reunidos irão determinar o tempo de permanência dos resíduos adicionados ao solo, bem como a taxa de liberação de nutrientes (SOUTO et al., 2005).

A presença do gesso favorece a microbiota do solo, então, há um desequilíbrio de cargas pela ocasião da decomposição da matéria orgânica, causando a dispersão de argila e diminuindo então a macroporosidade. O que justifica os menores valores de macroporos na terceira etapa quando se utilizou matérias com maior relação C/N, como a cama de peru e o esterco bovino. Estes materiais ainda estão em processo de decomposição na terceira amostragem.

Na terceira coleta o fator gesso influenciou a porcentagem de macroporosidade do solo, onde na ausência de gesso foram observados maiores porcentagens para os adubos com maior relação C/N, provavelmente a microbiota do solo atua mais lentamente na decomposição do material orgânico do solo e como adubo compostado se decompõe de forma mais fácil, diferentemente dos adubos com maior relação C/N, a microbiota existente no solo não foi suficiente para já ter decomposto todo o adubo compostado aplicado, então possivelmente ainda está ocorrendo um desequilíbrio de cargas nestas parcelas resultando em uma menor macroporosidade.

4.3 Microporosidade

Para a microporosidade houve apenas diferença significativa para a variável época de amostragem, nas duas profundidades (Tabela 14).

Tabela 14. Análise de variância da microporosidade do solo nas profundidades de 0 – 25 e 25 – 50 cm no perfil do solo.

Fonte de variação	gl	QM	
		0 - 25	25 - 50
Adubo	4	0,0770	0,0563
Gesso	1	0,1013	0,1257
Época de amostragem	2	0,0201*	0,0175*
Adubo x Gesso	4	0,1016	0,1408
Adubo x Época de amostragem	8	0,5339	0,4657
Gesso x Época de amostragem	2	0,4988	0,5266
Adubo x Gesso x Época de amostragem	8	0,6758	0,6675
Bloco	3	0,1293	0,0878
Resíduo	87		
CV		8,63	10,16

CV = coeficiente de variação da parcela; gl = grau de liberdade; * F significativo a 5% de probabilidade.

A Tabela 14 evidencia uma menor variação significativa na microporosidade em relação a macroporosidade, provavelmente devido os macroporos serem os primeiros atributos a serem modificados com a utilização antrópica do solo. De acordo com Lima (2007), a macroporosidade é uma característica mais sensível que a microporosidade.

O volume de microporos (Tabela 15) variou de 23,20 a 24,70%, onde a segunda amostragem apresentou maior valor a primeira amostragem apresentou o menor valor e a terceira amostragem apresentou valor intermediário.

Tabela 15. Valores médios em % de Microporosidade do solo cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 0 – 25 cm no perfil do solo.

Época da amostragem do solo após plantio	Média Geral
10 meses	23,20 b
22 meses	24,70 a
34 meses	24,35 ab
CV	10,18

CV = Coeficientes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem, entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O fato de a primeira amostragem apresentar menor porcentagem de microporos pode estar relacionado ao pouco tempo entre o revolvimento do solo realizado pela ocasião do plantio e a amostragem do solo. Segundo Tormena et al. (1998), isto pode ser atribuído à atuação do sistema radicular das culturas e aos ciclos de secagem e umedecimento intensificados com a demanda hídrica das plantas. Ainda no trabalho de Tormena et al.

(1998), observaram-se um aumento médio de 10% na microporosidade do solo com coletas anuais.

Para a segunda profundidade observaram-se resultados idênticos aos obtidos na camada de 0 – 25 cm (Tabela 16), os teores de microporosidade variaram de 23,27 a 24,75%, onde a segunda amostragem apresentou maior valor a primeira amostragem apresentou o menor valor e a terceira amostragem apresentou valor intermediário.

Tabela 16. Valores médios em % de Microporosidade do solo cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 25 – 50 cm no perfil do solo.

Época da amostragem do solo após plantio	Média Geral
10 meses	23.27 b
22 meses	24.75 a
34 meses	24.42 ab
CV	10,16

CV = Coeficientes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem, entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4 Porosidade total

Para a porosidade total na profundidade de 0 – 25 cm no perfil do solo houve interação dupla significativa para tipos de adubo e o fator gesso e diferença estatística significativa para época de amostragem, na segunda profundidade (25 – 50 cm) houve interação tripla significativa entre gesso e época de amostragens e presença ou ausência de gesso (Tabela 17).

Observou-se menor porcentagem de porosidade total na primeira amostragem 33,90%, (Tabela 18), para a segunda e terceira amostragem os valores de porosidade total estão em torno de 38%.

Tabela 17. Análise de variância da porosidade total do solo nas profundidades de 0 – 25 e 25 – 50 cm no perfil do solo.

Fator de variação	gl	QM	
		0 - 25	25 - 50
Adubo	4	0,4140	0,0206*
Gesso	1	0,3495	0,0214*
Época de amostragem	2	0,0000*	0,0017*
Adubo x Gesso	4	0,0042*	0,0128*
Adubo x Época de amostragem	8	0,2354	0,2446
Gesso x Época de amostragem	2	0,1243	0,6617
Adubo x Gesso x Época de amostragem	8	0,3035	0,0043*
Bloco	3	0,4045	0,3209
Resíduo	87		
CV		7,96	8,71

CV = coeficiente de variação da parcela; gl = grau de liberdade; * F significativo a 5% de probabilidade.

Tabela 18. Valores médios em % da Porosidade total do solo cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 25 – 50 cm no perfil do solo.

Época da amostragem do solo após plantio	Média Geral
10 meses	33.90 b
22 meses	38.50 a
34 meses	38.30 a
CV	8.06

CV = Coeficientes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem, entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 19, quando estudaram-se os tipos de adubos e fixou-se o fator gesso, observou-se diferença significativa apenas na ausência de gesso, onde o esterco bovino apresentou a menor porcentagem de porosidade total (34,60%), e o adubo compostado apresentou a maior porcentagem (39,15%). Quando se analisou o fator gesso o adubo compostado na presença apresentou menor porcentagem 35,51 em relação a 39,15% na ausência de gesso, o esterco bovino apresentou comportamento contrário na presença 37,11 reduzindo para 34,60% na ausência do gesso.

O fato de a primeira amostragem apresentar menor porcentagem de porosidade total na amostragem aos 10 meses após plantio, pode estar associado ao menor tempo que o solo esteve em recuperação ou estabilização (raízes, microrganismos, etc) em relação às outras coletas. O aumento da porosidade total com o passar do tempo pode ser atribuído à atuação do sistema radicular das culturas e aos ciclos de secagem e umedecimento intensificados com a demanda hídrica das plantas (TORMENA et al.,1998).

Tabela 19. Valores médios em % da Porosidade total do solo cultivado com cana-de-açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após plantio na profundidade de 0 – 25 cm no perfil do solo.

Tipo de Adubo	Gesso	
	Presença	Ausência
AC	35.51 a B	39.15 a A
MAP	36.16 a A	38.07 a A
CF	36.67 a A	37.30 ab A
CP	37.79 a A	36.65 ab A
EB	37.11 a A	34.60 b B
CV	8.06	

MAP = adubação mineral; CF = cama de frango; CP = cama de peru; EB = esterco bovino; AC = adubo compostado todos combinados com e sem gesso agrícola. CV = Coeficientes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna e maiúsculas diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O esterco bovino apresentou a menor porcentagem de porosidade total em relação ao adubo compostado, possivelmente devido o fato de o esterco bovino ser uma fonte mais pobre em nutrientes para a cultura e os microrganismos de solo, tendo então menor colaboração das raízes e microbiota do solo na agregação e conseqüentemente na porosidade do solo. Quanto maior for o agregado, maior será o diâmetro médio geométrico e os espaços porosos entre eles (ANGULO et al., 1984).

De acordo com a Tabela 20, quando estudou o fator adubos e fixou-se época de amostragem e presença ou ausência de gesso agrícola, na presença de gesso só houve diferença na primeira amostragem onde o esterco bovino apresentou menor porcentagem de porosidade total 31% e a cama de frango apresentou o maior valor 40%. Na ausência do gesso observou-se diferença significativa na segunda e terceira amostragem, onde a cama de peru mostrou-se porcentagem de porosidade total superior aos demais tratamentos.

Na análise da época de amostragem quando fixou o tipo de adubo e a presença e ausência de gesso agrícola, o adubo compostado e o esterco bovino apresentaram menores porcentagens de porosidade na presença de gesso com o passar do tempo, pois, na primeira amostragem as porcentagens eram 33 e 31% respectivamente para 39,38 e 36,75 na terceira amostragem. Na ausência a CP saiu de 36% na primeira amostragem para 45,14 na terceira amostragem.

Quando estudou o fator gesso fixando os diferentes tipos de adubo e épocas de amostragem, observou menor porcentagem para adubo compostado (33,00%) e esterco

bovino (31,00%) na primeira amostragem, na segunda e terceira amostragem a diferença estatística foi observada na cama de peru (38,68 e 37,80%) na presença do gesso.

Tabela 20: Valores médios em % da porosidade total do solo cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 25 – 50 cm no perfil do solo.

	Adubos utilizados				
	AC	MAP	CF	CP	EB
Amostragem aos 10 meses					
Presença G	33.00 bc B b	37.00 abc A a	40.00 a A a	39.00 ab A a	31.00 c B b
Ausência G	38.00 a A a	35.00 a A a	39.00 a A a	36.00 a B a	40.00 a A a
Amostragem aos 22 meses					
Presença G	37.14 a AB a	39.89 a A a	37.80 a A a	38.68 a A b	39.13 a A a
Ausência G	41.02 ab A a	38.97 ab A a	38.52 b A a	45.16 a A a	38.97 ab A a
Amostragem aos 34 meses					
Presença G	39.38 a A a	38.72 a A a	38.27 a A a	37.80 a A b	36.75 a A a
Ausência G	37.89 b A a	35.94 b A a	36.92 b A a	45.14 a A a	38.40 b A a
CV (%)	8,71				

G = gesso; MAP = adubação mineral; CF = cama de frango; CP = cama de peru; EB = esterco bovino; AC = adubo compostado. A análise dos tratamentos é demonstrada por letras minúsculas que quando iguais na mesma época e na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra maiúscula compara as diferentes épocas após aplicação quando iguais no mesmo tratamento e na presença/ausência de não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. A análise entre a aplicação com e sem gesso, é demonstrada pelas letras em negrito, quando iguais na mesma época e tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Como foi observada para a macroporosidade, a maior porcentagem de porosidade total foi observada na primeira amostragem nos tratamentos cama de frango e cama de peru em detrimento ao adubo compostado na presença do gesso, fato este que pode estar associado à relação C/N dos adubos, já que a presença de gesso favorece a atividade microbiana, e como o adubo compostado apresenta relação C/N menor e bases com maior facilidade de mineralização, houve uma maior quantidade de argila dispersa e então redução da porosidade total.

O fato do adubo compostado, esterco bovino e cama de peru apresentar maior porcentagem de porosidade total com o passar do tempo, provavelmente são devido à atividade microbiológica, a dinâmica entre o solo e a planta e os ciclos naturais de umedecimento e secagem. Segundo Tormena et al. (1998), o aumento da porosidade total com o passar do tempo pode ser atribuído à atuação do sistema radicular das culturas e aos ciclos de secagem e umedecimento.

Provavelmente a presença do gesso agrícola favoreceu a percolação de argila diminuindo a porcentagem de porosidade do solo.

4.5 Argila dispersa em água

Na análise de argila dispersa em água observou-se na profundidade de 0 – 25 cm, interação tripla significativa entre tipos de adubo, gesso agrícola e época de amostragem. Na profundidade de 25 – 50 cm não houve interação significativa, havendo apenas diferença estatística para o fator época de amostragem (Tabela 21).

Tabela 21. Análise de variância da argila dispersa em água nas profundidades de 0 – 25 e 25 – 50 cm no perfil do solo.

Fonte de variação	gl	QM	
		0 - 25	25 - 50
Adubo	4	0,1600	0,6253
Gesso	1	0,5612	0,4777
Época de amostragem	2	0,0000*	0,0000*
Adubo x Gesso	4	0,3711	0,8852
Adubo x Época de amostragem	8	0,2661	0,3717
Gesso x Época de amostragem	2	0,1166	0,8366
Adubo x Gesso x Época de amostragem	8	0,0056*	0,9511
Bloco	3	0,0665	0,5006
Resíduo	87		
CV		16,40	18,02

CV = coeficiente de variação da parcela; gl = grau de liberdade; * F significativo a 5% de probabilidade.

Como mostra a Tabela 22, quando estudou o fator adubos e fixou época de amostragem e o fator gesso agrícola, na presença de gesso os adubos utilizados se comportaram de maneira semelhante, não havendo diferenças estatísticas entre eles nas três épocas de amostragens, com valores em g kg^{-1} variando de 157.63 a 192.43 na primeira amostragem, de 101.00 a 134.50 na segunda e 102.25 a 147.75 na terceira amostragem. Na ausência de gesso a cama de frango apresentou menores valores na segunda e primeira amostragem 106.25 e 92.25 g kg^{-1} respectivamente.

Para a época de amostragem quando fixou o tipo de adubo e a presença e ausência de gesso agrícola percebe-se maior quantidade de argila dispersa em água aos dez meses

comparativamente aos vinte e dois a aos trinta e quatro meses para todos os tipos de adubos, independente da presença ou ausência do gesso agrícola misturados a estes.

No estudo do fator gesso agrícola constatou-se que a presença do gesso faz reduzir a argila dispersa em água na segunda amostragem para a cama de peru (156.00 para 115,25 g kg⁻¹) e esterco bovino (140.75 para 101.00 g kg⁻¹). Na terceira amostragem a presença do gesso faz reduzir a argila dispersa em água do adubo compostado saindo de 151.25 para 102.25 g kg⁻¹.

Tabela 22. Valores médios em g kg⁻¹ de argila dispersa em água no solo cultivado com cana-de-açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após plantio na profundidade de 0 – 25 cm no perfil do solo.

	Adubos utilizados				
	AC	MAP	CF	CP	EB
Amostragem aos 10 meses					
Presença G	157.63 a A a	192.43 a A a	180.65 a A a	189.23 a A a	184.51 a A a
Ausência G	177.63 a A a	192.33 a A a	187.35 a A a	194.33 a A a	194.95 a A a
Amostragem aos 22 meses					
Presença G	134.75 a B a	110.50 a B a	122.00 a B a	115.25 a B b	101.00 a C b
Ausência G	136.50 ab B a	117.25 ab B a	106.25 b B a	156.00 a A a	140.75 ab B a
Amostragem aos 34 meses					
Presença G	102.25 a B b	123.00 a B a	106.75 a B a	133.00 a B a	147.75 a B a
Ausência G	151.25 a AB a	126.75 ab B a	92.25 b B a	107.50 ab B a	121.50 b C a
CV (%)	16.62				

G = gesso; MAP = adubação mineral; CF = cama de frango; CP = cama de peru; EB = esterco bovino; AC = adubo compostado. A análise dos tratamentos é demonstrada por letras minúsculas que quando iguais na mesma época e na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra maiúscula compara as diferentes épocas após aplicação quando iguais no mesmo tratamento e na presença/ausência de não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. A análise entre a aplicação com e sem gesso, é demonstrada pelas letras em negrito, quando iguais na mesma época e tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na ausência de gesso a cama de frango apresentou menores valores na segunda e primeira amostragem, evidenciando que este tipo de adubo orgânico é muito importante para a conservação do solo. Essa menor quantidade de argila dispersa em água provavelmente está relacionada as propriedades que este material possui para favorecer a atividade microbiana e consequentemente aumentar a estabilidade da argila.

A maior quantidade de argila dispersa em água na amostragem aos dez meses após plantio está possivelmente relacionada ao tempo de contato que os adubos estiveram em contato com o solo passíveis de serem alterados pela microbiota do solo, e também pela proximidade da época de plantio. Gomides (2009), estudando a argila dispersa em água no

período seco e chuvoso do ano para o mesmo tipo de solo, observou maiores valores de na época de amostragens mais próximo ao da aplicação, ou seja, do plantio da cana.

A redução da argila dispersa em água com o uso do gesso agrícola também foi observada por Rosa Junior et al. (2004), que em condições de campo, com utilização de fertilizante mineral e ausência de adubação orgânica concluíram que a gessagem proporcionou menores valores percentuais de argila dispersa em água. Já Gomides (2009), observou efeito favorável ao uso do gesso agrícola no solo quando misturado aos adubos orgânicos, ocorrendo redução dos valores de argila dispersa em água. O gesso agrícola é classicamente descrito como um condicionador do solo, com grande capacidade de atuar na compressão da dupla camada difusa, por fornecer o eletrólito com grande poder de aglutinar colóides eletricamente carregados (SILVA, 1978).

Como mostra a Tabela 21, na profundidade de 25 – 50 cm somente as diferentes épocas de amostragens diferiram entre si, com menor valor de argila dispersa em água na última amostragem (123.73) e 189.32 na primeira amostragem (Tabela 23).

Tabela 23. Valores médios em g kg^{-1} de argila dispersa em água no solo cultivado com cana-de-açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após plantio na profundidade de 25 – 50 cm no perfil do solo.

Época da amostragem do solo após plantio	Média Geral
10 meses	189.32 a
22 meses	138.78 b
34 meses	123.73 c
CV	18.02

CV = Coeficientes de variação. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na coluna diferem, entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Maior quantidade de argila dispersa em água na primeira amostragem provavelmente é dividida a intensa mobilização que passou o solo na ocasião do preparo e plantio, favorecendo a dispersão da argila (Tabela 23). Prado e Centurion (2001), afirmam que devido à mobilização e revolvimento do solo para implantação da cana de açúcar é comum o aumento da ADA nos meses subsequentes ao plantio. A Tabela 23 mostra mais uma vez a maior resistência do solo em camadas sub-superficiais a apresentarem alterações de alguns atributos físicos do solo a curtos prazos. Os dados sugerem assim que toda a influência dos diferentes tipos de adubos aplicados ficou restrita a camada de aplicação, ou seja, de 0 – 25 cm e que a diferença entre épocas está relacionada com o aprofundamento do sistema radicular e produção exsudatos.

4.6 Diâmetro médio geométrico

Na análise de diâmetro médio geométrico de agregados do solo houve interação tripla significativa para as duas profundidades estudadas (Tabela 24).

Tabela 24. Análise de variância do diâmetro médio geométrico de agregados do solo nas profundidades de 0 – 25 e 25 – 50 cm no perfil do solo.

Fonte de variação	gl	QM	
		0 - 25	25 - 50
Adubo	4	0,0432*	0,0024*
Gesso	1	0,5409	0,1304
Época de amostragem	2	0,0000*	0,0000*
Adubo x Gesso	4	0,4701	0,0172*
Adubo x Época de amostragem	8	0,0022*	0,0513
Gesso x Época de amostragem	2	0,4995	0,0772
Adubo x Gesso x Época de amostragem	8	0,0000*	0,0000*
Bloco	3	0,1537	0,5890
Resíduo	87		
CV		8,25	7,91

CV = coeficiente de variação da parcela; gl = grau de liberdade; * F significativo a 5% de probabilidade.

De acordo com a Tabela 25, quando se fez o estudo dos diferentes adubos utilizados, fixando época de amostragem e o gesso agrícola, observou-se maiores valores de diâmetro médio geométrico no tratamento com esterco bovino independentemente da época de amostragem e do gesso.

Em relação a época de amostragem os valores médios (0.275 mm) do diâmetro médio geométrico foram maiores na primeira amostragem independentemente do tipo de adubo e presença de gesso.

Quando estudou-se o gesso, fixando tipos de adubos e época de amostragem, observou-se que na última amostragem o gesso não influenciou os diferentes tipos de adubos. Na primeira amostragem a presença do gesso aumentou de 0.26 para 0.31 mm o diâmetro médio geométrico no adubo compostado e diminuiu de 0.28 para 0.25 mm no adubo compostado. Na segunda coleta o comportamento destes dois adubos foi exatamente o oposto, a presença reduziu o diâmetro médio geométrico do adubo compostado e aumentou no esterco bovino (Tabela 25).

Tabela 25. Valores médios em mm do diâmetro médio geométrico de agregados do solo cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 0 – 25 cm no perfil do solo.

	Adubos utilizados				
	AC	MAP	CF	CP	EB
Amostragem aos 10 meses					
Presença G	0.25 b A b	0.30 a A a	0.25 b A a	0.28 ab A a	0.31 a A a
Ausência G	0.28 a A a	0.29 a A a	0.27 a A a	0.26 a A a	0.26 a B b
Amostragem aos 22 meses					
Presença G	0.27 a A a	0.24 a B a	0.26 a A a	0.28 ab A a	0.25 a B b
Ausência G	0.23 b B b	0.24 b B a	0.24 b AB a	0.25 b A a	0.30 a A a
Amostragem aos 34 meses					
Presença G	0.21 a B a	0.23 a B a	0.23 a A a	0.23 a C a	0.22 a B a
Ausência G	0.240 ab B a	0.253 a B a	0.230 ab C a	0.210 b B a	0.213 ab C a
CV (%)	8,25				

G = gesso; MAP = adubação mineral; CF = cama de frango; CP = cama de peru; EB = esterco bovino; AC = adubo compostado. A análise dos tratamentos é demonstrada por letras minúsculas que quando iguais na mesma época e na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra maiúscula compara as diferentes épocas após aplicação quando iguais no mesmo tratamento e na presença/ausência de não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. A análise entre a aplicação com e sem gesso, é demonstrada pelas letras em negrito, quando iguais na mesma época e tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O esterco bovino apresenta-se mais efetivo na agregação e na estruturação do solo provavelmente por apresentar relação C/N mais elevada e ser mais lignificado, além de ter sido aplicado uma maior quantidade (22.2 t) deste adubo em relação aos demais. Gomides (2009) encontrou resultados semelhantes trabalhando neste tipo de solo.

O fato de a primeira amostragem apresentar a media do diâmetro médio geométrico maior evidencia que para todos os adubos a ação microbiológica na atividade de agregação do solo ocorreu logo após sua aplicação. Provavelmente logo após a aplicação, a atividade cimentante proporcionada pelos microrganismos decompositores durante a decomposição dos adubos orgânicos adicionados no solo tenha sido maior. Segundo Prado (2003), o material orgânico quando atacado pelos microrganismos promove à liberação de agentes cimentantes e fornecem elementos (nutrientes) que são também responsáveis pela agregação e estabilização das partículas do solo.

Na presença do gesso o adubo compostado na primeira amostragem proporcionou o menor DMG, devido possivelmente as suas características bioquímicas com relação C/N mais baixas é mais palatável aos microrganismos e também a ligação com compostos do solo que facilitam a movimentação no perfil do solo.

Para a segunda profundidade estudada (Tabela 26) o comportamento do diâmetro médio geométrico de agregados do solo é praticamente o mesmo observado na primeira profundidade.

Em relação a profundidade de 0 – 25 a diferença que se pode perceber é na segunda e terceira amostragem, onde o MAP apresentou menor diâmetro médio geométrico (0.21 mm) na segunda coleta, e houve diferenças estatísticas significativas na terceira coleta.

O esterco bovino apresenta-se mais efetivo na agregação e na estruturação do solo, a primeira amostragem apresentar a média do diâmetro médio geométrico maior, na primeira amostragem a presença do gesso diminuiu o diâmetro médio geométrico no adubo compostado e aumentou no esterco bovino na primeira coleta, enquanto que na terceira coleta a presença também diminuiu o diâmetro médio geométrico do esterco bovino.

Tabela 26. Valores médios em mm do diâmetro médio geométrico de agregados do solo cultivado com cana de açúcar e submetido a diferentes adubos com e sem gesso agrícola, com amostragens de solos aos 10, 22 e 34 meses após aplicação, na profundidade de 25 – 50 cm no perfil do solo.

	Adubos utilizados				
	AC	MAP	CF	CP	EB
Amostragem aos 10 meses					
Presença G	0.25 b A b	0.30 a A a	0.25 b A a	0.28 ab A a	0.31 a A a
Ausência G	0.28 a A a	0,29 a A a	0.27 a A a	0.26 a A a	0.26 a A b
Amostragem aos 22 meses					
Presença G	0.223 a AB a	0.21 a B b	0.21 a B a	0.24 a B a	0.22 a B a
Ausência G	0.23 a B a	0.24 a B a	0.22 a B a	0.21 a B a	0.24 a A a
Amostragem aos 34 meses					
Presença G	0.215 ab B b	0.24 a B a	0.23 ab AB a	0.23 ab B a	0.19 b B b
Ausência G	0.26 a AB a	0.23 ab B a	0.20 b B b	0.24 a AB a	0.24 a A a
CV (%)	7.91				

G = gesso; MAP = adubação mineral; CF = cama de frango; CP = cama de peru; EB = esterco bovino; AC = adubo compostado. A análise dos tratamentos é demonstrada por letras minúsculas que quando iguais na mesma época e na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. Letra maiúscula compara as diferentes épocas após aplicação quando iguais no mesmo tratamento e na presença/ausência de não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%. A análise entre a aplicação com e sem gesso, é demonstrada pelas letras em negrito, quando iguais na mesma época e tratamento não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

5. CONCLUSÕES

- 1- O manejo da cana-de-açúcar, quando feito para utilização de cana soca e utiliza-se algum tipo de adubo orgânico não prejudica as propriedades físicas do solo.
- 2- Alguns atributos físicos do solo como macroporosidade, porosidade total e diâmetro médio geométrico são mais susceptíveis a alterações quando se utiliza adubos orgânicos, gesso agrícola no plantio da cana-de-açúcar e faz-se amostragem de solo em diferentes épocas em relação ao plantio.
- 3- Adubos orgânicos com maior relação C/N e quando são aplicados em maiores quantidades no solo apresentam maior efeito residual sobre os atributos físicos do solo.
- 4- O gesso agrícola é um ótimo condicionador de solo.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2010. 520 p.
- ANGULO, R.J.; ROLOFF, G.; SOUZA, M.L.P. Correlação entre diferentes formas de determinação e representação da estabilidade e resistência dos agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 8, p. 7 – 12, 1984.
- 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, 2007.
- ARAUJO, A.M.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 28, p. 337 – 345, 2004.
- BERTSCH, P.M.; SEAMAN, J.C. Characterization of complex mineral assemblages: implications for contaminant transport and environmental remediation. **Proceedings of National Academy of Science United States of America**, Washington, v. 96, p. 3350 – 3357, 1999.
- BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 167 – 177, 2001.
- 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.
- BORGES, E. N., LOMBARDI NETO, F., CORRÊA, G.F., COSTA L.M. Misturas de gesso e matéria orgânica alterando a, tributos físicos de um Latossolo com compactação simulada. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 21 p. 125 – 130, 1997.
- BORGES, E. N. **Efeito de doses de gesso+matéria seca de crotalária e níveis de compactação em atributos físicos de um Latossolo Vermelho-escuro**. 1995. 136 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 1995.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The Nature and Properties of Soils**. 14^a Ed., Upper Saddle River: Prentice Hall. 2007. 990 p.
- CAVENAGE, A.; MORAES, M.L.T; ALVES, M.C.; CARVALHO, M.A.C.; FREITAS, M.L.M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 997 – 1003, 1999.

CENTURION, J.F.; FREDDI, O.S.; ARATANI, R.G.; METZNER, A.F.M.; BEUTLER, A.N.; ANDRIOLI, I. Influência do cultivo da cana-de-açúcar e da mineralogia da fração argila nas propriedades físicas de latossolos vermelhos. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 199 – 209, 2007.

CINTRA, F.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, p. 197 – 201, 1983.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS (CFSEMG) **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5^a** aproximação. Viçosa: Editora Independente, 1999. 359 p.

COSTA, A.M; SOUZA, M.A.S.; SILVA, A.M. Influência da cobertura vegetal na densidade de três solos do cerrado. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA: PERSPECTIVAS PARA O CERRADO NO SÉCULO XXI, 2., 2003, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: [s.n.], 2003. p. 1-8.

COSTA, A.M. **Recuperação física de um Latossolo Vermelho, influenciada pela aplicação de camas de aviário**. 2005. 111 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2005.

DEMATTÊ, 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).

DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Pesquisa de desenvolvimento em sistema plantio direto no Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, CD ROM.

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. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997, 212 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa, 1999, 412 p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Campinas, v. 6, p. 36 – 41, 2008.

FERREIRA, M. M.; JÚNIOR, M. S. D. **Física do solo**. Curso de Pós Graduação “Latu Sensu” (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252 p.

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.

HOFFMANN, I.; GERLING, D.; KYIOGWOM, U.B.; MANÉ-BIELFELDT, A. Farmers management strategies to maintain soil fertility in a remote area in northwest Nigeria. **Agriculture, Ecosystem and Environment**, v. 86 p. 263 – 275, 2001.

KIEHL, E. J. **Manual de Edafologia – Relações Solo-Planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.

KOFFLER, N.F.; DONZELI, P.L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B., (coord.). **Cana-de-açúcar: Cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, v. I, 1987. p. 56-87.

LIMA, J.M.; CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P.; Dispersão do material de solo em água para a avaliação indireta da erodibilidade em latossolos. **Revista Brasileira de Ciência de Solos**, Campinas, v. 14, n 1, p. 85 – 90, 1990.

LIMA, L.P. **Avaliação física de um latossolo vermelho textura média, influenciada pela aplicação de dejetos de suínos e cama aviária**. 2007. 184 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

LLANILLO, R.; RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; GUIMARÃES, M.; FERREIRA, R.. Evolução de propriedades físicas do solo em função dos sistemas de manejo em culturas anuais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, p. 205 – 220, 2006.

LYNCH, J.M. **Biotecnologia do solo**. São Paulo: Manole, 1986. 208 p.

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.

MENEZES, J. F. S.; ALVARENGA, R. C.; SILVA, G. P.; KONZEN, E. A.; PIMENTA, F.F. **Cama de frango na agricultura: perspectivas e viabilidade técnica e econômica**. Rio Verde: FESURV, 2004. 4 p. (Boletim Técnico. Fundação de Ensino Superior de Rio Verde, 3).

ORLANDO FILHO, J.; MACEDO, N.; TOKESHE, H. **Seja o doutor do seu canavial**. Potafos. Encarte de Informações Agronômicas – n. 67 - Arquivo do Agrônomo n. 6, Setembro, 1994. 17 p.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Redistribution of exchangeablecalcium magnesium and aluminum following lime as gypsum applications to a brasilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 48, p. 33 – 38, 1984.

PERDOMO, C. C. A. A água na suinocultura. In: CICLO DE PALESTRA SOBRE DEJETOS DE SUÍNOS, MANEJO E UTILIZAÇÃO DO SUDOESTE GOIANO, 1, 1997, Rio Verde, **Anais...** Rio Verde: FESURV, 1997. p. 69 – 80.

PRADO, R.M.; CENTURION, J.F. Alterações na cor e no grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília-DF, v. 36, n. 1, p. 197 – 203, 2001.

PRADO, R. M. Calagem e as propriedades físicas de solos. tropicais: revisão de literatura. **Revista biociência**, Taubaté, v. 9, n.3, p.7 – 16, 2003.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações**. Barueri: Manole, 2004, 478 p.

REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. **Apostila de propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, mai. 2006. Disponível em: http://www.ufsm.br/agronomia/apostilas/fisicasosolo_esalq.pdf. Acesso em: 26 out. 2008, 08:45.

ROSA JUNIOR, E.; MARTINS, R.; ROSA, Y.; CREMON, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiania, v. 36, p. 37 – 44, 2006.

ROSA JUNIOR, E.J.; ROSA, C.B.C.J.; ROSA, Y.B.C.J. Manejo do solo e de culturas e seu efeito sobre soja e atributos de um latossolo In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA. 2004. Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria: UFSM-SBCS, 2004. CD-Rom

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.

SCAPINI, C.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Medição da densidade e porosidades do solo pelo método do cilindro e torrão parafinado em sistemas de preparo do solo e pastejo animal. In: II REUNIÃO SUL BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 1998, **Anais...**, Santa Maria: [s.n.], 1998, p. 578.

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

SEVERINO, L.S., COSTA, F.X.; BELTRÃO, N.E.M.; LUCENA, M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e ciências da Terra**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p 53-60, 2005.

SILVA, M. J. **Efeito de métodos de recuperação em solo com problemas de sais no projeto de irrigação de São Gonçalo-PB**. 1978. 54 f. Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1978.

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

SOUTO, P.; SOUTO, J.S.; SANTOS, R.V.; ARAÚJO, G.T.; SOUTO, L.S. Decomposição de esterco dispostos em diferentes profundidades em área degradada no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**. Viçosa, v. 29, p. 125-130, 2005.

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.

SOUZA, Z.M. **Variabilidade espacial e atributos de um latossolo sob diferentes formas do relevo**. 2004. 141 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**. Viçosa, v. 22, p. 301-309, 1998.