

LEOMAR PAULO DE LIMA

**AVALIAÇÃO FÍSICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO TEXTURA MÉDIA,
INFLUENCIADA PELA APLICAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS E CAMA
AVIÁRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Solos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges

**UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2007**

LEOMAR PAULO DE LIMA

**AVALIAÇÃO FÍSICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO TEXTURA MÉDIA,
INFLUENCIADA PELA APLICAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS E CAMA
AVIÁRIA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de
Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de
concentração em Solos, para obtenção do título de
“Mestre”.

APROVADO em 18 de outubro de 2007.

Dr. Ramon Costa Alvarenga

EMBRAPA

Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Tomé

EAFUDI

Prof. Dr. Liovando Marciano da Costa

UFV

Prof. Dr. Elias Nascentes Borges
ICIAG-UFU
(Orientador)

**UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS - BRASIL
2007**

Aos meus pais, João (in memoram) e Antônia,
que sempre estiveram ao meu lado, construindo e
instruindo cada momento de minha vida.

A MINHA HOMENAGEM

A minha esposa, Geralda, e meus filhos: João Pedro,
Arthur Chimango e Maria Cecília, que a cada momento
e vitória de minha vida, estiveram presentes,
compreendendo a minha ausência.

OFEREÇO E DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Nosso Deus, cuja fé me fortaleceu, nos momentos mais difíceis, principalmente no término deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Elias Nascentes Borges, pela orientação, incentivo e colaboração na realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. José Magno (Coordenação da Pós-Graduação), pela sua simplicidade, generosidade e pela paciência...

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Ferreira Tomé, pela orientação nas análises estatísticas.

Ao Prof. Ruben Carlos Benvegnú Minussi, pelo incentivo, oportunidade e contribuição oferecida.

Aos Técnicos do Laboratório de Manejo do Solo da Universidade Federal de Uberlândia, Marco Aurélio, Cilson e Wilson, pela amizade e palavras de conforto e de incentivo durante os momentos mais difíceis.

Ao Mestrando (Veterinária) Daniel, companheiro no desenvolvimento conjunto dos trabalhos de pesquisa.

Ao pessoal da Secretaria da Pós-Graduação, Cida e Eduardo, pelo apoio e dedicação dos trabalhos em prol dos mestrandos.

Aos meus irmãos Maria, Vanilda, Nilson, Nilda, Neuza, Nilza, Adailton e Ademar, pelo apoio e incentivo aos meus estudos.

Aos amigos (as) Adriano Franzão, Ana Paula, Silone, Suelen, Marcela, Tiago, Paulo Rabelo e Wellington Pires, pelo apoio na instalação e coleta nos experimentos e incentivo no desenvolvimento dos trabalhos.

Aos colegas, Patrícia, Ivan Bonotto, William, César, Marcelo, Juliana, Eduardo, Reinaldo, Ângelo, pelo apoio e exemplo que cada um representa em minha vida.

Aos administradores e funcionários da Fazenda Experimental Do Glória, da Universidade Federal de Uberlândia, pelo apoio logístico.

Aos servidores da garagem do Campus Umuarama, pelo apoio e o bom atendimento.

A Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia, pela oportunidade de realização deste curso.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO GERAL	1
2 REVISÃO DE LITERATURA GERAL	4
2.1 Atividade avícola no agronegócio	4
2.2 Importância da suinocultura na pecuária brasileira	5
2.3 Adubação orgânica e a produção agropecuária	6
2.4 Potencial poluidor dos resíduos orgânicos ao meio ambiente	8
2.5 A exploração do solo de cerrado e a sua degradação	12
2.5.1 O cerrado	12
2.5.2 O solo	13
2.5.3 A degradação	14
2.6 Pastagem de <i>Brachiaria decumbens</i>	19
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
CAPÍTULO 2 – Avaliação física de um Latossolo Vermelho textura média, influenciada pela aplicação de dejetos de suínos	31
RESUMO	31
ABSTRACT	32
1 INTRODUÇÃO	33
2 REVISÃO A LITERATURA	35
2.1 Produção de dejetos de suínos	36
2.2 Caracterização dos dejetos de suínos	37
2.3 O uso de dejetos como fertilizante orgânico	38
3 MATERIAL E MÉTODOS	41
3.1 Localização da área experimental e caracterização climática da região	41
3.2 Caracterização da área experimental e do solo	41
3.3 Caracterização do resíduo utilizado	43
3.4 Condução do experimento	43
3.5 Tratamentos e delineamento estatístico	44
3.6 Coleta de amostra e análises realizadas	45

3.6.1 Argila dispersa em água.....	46
3.6.2 Grau de flocculação	46
3.6.3 Densidade do solo	47
3.6.4 Porosidade total do solo	48
3.6.5 Microporosidade do solo	48
3.6.6 Macroporosidade do solo	49
3.6.7 Resistência do solo à penetração	49
3.6.8 Estabilidade dos agregados em água	50
3.7 Análises estatísticas	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1 Argila dispersa em água e grau de flocculação	53
4.2 Densidade do solo	60
4.3 Porosidade total, macro e microporos do solo	63
4.4 Resistência do solo à penetração	69
4.5 Estabilidade dos agregados em água	71
4.5.1 Agregados	71
4.5.2 Agregados maiores que 2,00 mm	76
4.5.3 Agregados menores que 0,25 mm	81
4.5.4 Diâmetro médio geométrico do agregado (DMG)	86
5 CONCLUSÕES	92
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
CAPÍTULO 3 – Avaliação física de um Latossolo Vermelho textura média, influenciada pela aplicação de cama aviária	106
RESUMO	106
ABSTRACT	107
1 INTRODUÇÃO	108
2 REVISÃO DE LITERATURA	110
3 MATERIAL E MÉTODOS	113
3.1 Localização da área experimental e caracterização climática da região	113
3.2 Caracterização do resíduo utilizado.....	113
3.3 Tratamentos e delineamento estatístico	115
3.4 Análises estatísticas	115
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	117

4.1 Argila dispersa em água e grau de flocculação	117
4.2 Densidade do solo	122
4.3 Porosidade total, macro e microporos do solo	126
4.4 Resistência do solo à penetração	133
4.5 Estabilidade dos agregados em água	136
4.5.1 Agregados	136
4.5.2 Agregados maiores que 2,00 mm	140
4.5.3 Agregados menores que 0,25 mm	142
4.5.4 Diâmetro médio geométrico do agregado (DMG).....	143
5 CONCLUSÕES	145
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	146
ANEXOS	155

RESUMO

LIMA, Leomar Paulo de. **Avaliação física de um Latossolo Vermelho textura média, influenciada pela aplicação de dejetos de suínos e cama aviária.** 2007. 175 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Solos) – Universidade Federal de Uberlândia.¹

A suinocultura e a avicultura constituem modalidades de atividades pecuárias que desempenham importante papel, do ponto de vista social e econômico, na alimentação humana brasileira e na geração de divisas externas para o país. O aumento expressivo das exportações brasileiras de aves e suínos tem levado à criação intensiva, gerando grande quantidade de resíduos, que necessitam de destinação viável, pois sem tratamento adequado podem causar sérios desequilíbrios ambientais e afetar a saúde humana. Estes resíduos, devido ao alto teor de nutrientes e de matéria orgânica e por estarem disponíveis nas propriedades a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais e na recuperação física de solos degradados. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da aplicação de dejetos de suínos e cama de frango, na recuperação física de um Latossolo Vermelho. Foram conduzidos, simultaneamente, dois experimentos, implantados em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, sob pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* sp., em Uberlândia, no Triângulo Mineiro. Em cada experimento, as parcelas de 10 x 25 m receberam os tratamentos com dejetos de suínos nas dosagens: D0= zero de adubação; D1= 79,37 m³ ha⁻¹; D2= 158,73 m³ ha⁻¹; D3= 238,10 m³ ha⁻¹; D4= 317,46 m³ ha⁻¹ e os tratamentos com cama de frango nas dosagens: D0= zero de adubação; D1= 1.737 kg ha⁻¹; D2= 3.473 kg ha⁻¹; D3= 5.209 kg ha⁻¹ e D4= 6.945 kg ha⁻¹. As aplicações dos resíduos foram realizadas em novembro de 2005 e o solo amostrado em três épocas distintas (janeiro, início do período chuvoso, março, período chuvoso, e agosto, período seco), nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm; o intuito foi a caracterização dos seguintes atributos físicos: argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo, porosidade total, macro e microporosidade do solo, resistência do solo à penetração e estabilidade de agregados em água. Os atributos físicos do solo foram influenciados pelas adubações com cama aviária e dejetos de suínos, em maior magnitude nas diferentes épocas e profundidades de amostragens. O teor de argila dispersa em água decresceu com o aumento das dosagens de resíduos. Houve um incremento no grau de floculação e na estabilidade de agregados em água, com aumento das dosagens. A densidade do solo apresentou relação negativa, à medida em que se aumentou a dosagem de cama aviária e dejetos de suínos. A resistência do solo à penetração, porosidade total, macro e microporosidade do solo não foram influenciadas pela adubação com as dosagens de resíduos. No geral, o aumento da dosagem de resíduos orgânicos promoveu melhores resultados nos atributos físicos avaliados. E, portanto há potencialidade para o aproveitamento de dejetos de suínos e cama de aviário na recuperação física de solos e pastagens degradados.

Palavras-chave: Atributo físico do solo, pastagem degradada, resíduo orgânico.

¹Orientador: Prof. Dr. Elias Nascentes Borges - UFU

ABSTRACT

LIMA, Leomar Paulo de. **Physical evaluation of a medium texture red latosol, as influenced by the application of swine manure and poultry bed.** 2007.175 p. Dissertation (Master degree in Agronomy/Soil Science) Federal University of Uberlândia.

Hog production and poultry raising constitute types of livestock activities which are of paramount social and economic importance for human nutrition in Brazil and also for generating wealth to the country economy through exports. The impressive increase in Brazilian exportation of swine and poultry has led to intensive raising, that in turn has generated a great amount of manure which must have a viable destination, for without proper treatment may cause serious environmental effects and affect human health. Such residues, due to their high contents of nutrients and organic matter, and for being available in the rural properties at low costs may be utilized by the producers in the fertilization of commercial crops and in the physical recuperation of degraded soils. The objective of this research was to evaluate the influence of the application of swine manure and poultry bed on the recovery of physical properties of a Red Latosol. Two field trials were conducted simultaneously in a typical medium texture dystrophic Red Latosol, under degraded pasture of *Brachiaria decumbens* sp, located in Uberlândia, Triângulo Mineiro, Minas Gerais. In each experiment the 10x25 m plots received treatments with swine manure in the following amounts: D0 = nihil; D1 = 79.37 m³ ha⁻¹; D2 = 158.73 m³ ha⁻¹; D3 = 238.10 m³ ha⁻¹; D4 = 317.46 m³ ha⁻¹ and the treatments with poultry bed in the following amounts: D0 = nihil; D1 = 1,737 kg ha⁻¹; D2 = 3,473 kg ha⁻¹; D3 = 5,209 kg ha⁻¹; D4 = 6,945 kg ha⁻¹. The application of the residues were carried out in November 2005 and the soil was sampled in three distinct times, January, (starting of the rainy season), March (rainy season) and August (dry season), with 60, 120 and 270 days after the distribution of the manure, respectively at the soil depths of 0 to 20 and 20 to 40 cm and it was analyzed the physical attributes: clay dispersion in water, degree of flocculation, soil density, total porosity, soil macro and micro pores, soil resistant to penetration and stability of aggregates in water. The physical attributes of the soil were influenced by the poultry bed and swine manure applications, in greater magnitude in the different times and sampling depths. Clay dispersion content in water had decrease as the residue dosage increased. On the other hand, there was a raise in the level of flocculation and stability of the aggregates in water as the doses of manure increased. Soil density presented a negative relation with the increase of the poultry bed and the swine manure. Total porosity, soil macro and micro porosity and soil resistance to penetration were not influenced by the fertilization with the residues. In general with the increase of the doses of organic residues, the physical attributes evaluated were improved. There is potentiality for the utilization of swine manure and poultry bed in the physical recovery of soils and degraded pastures.

Key words: Soil physical attributes, degraded pasture and organic residues

¹ Major Professor: Dr. Elias Nascentes Borges - UFU

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura e a avicultura constituem modalidades de atividades agropecuárias que desempenham papel, do ponto de vista social e econômico, na alimentação humana brasileira e na geração de divisas externas para o país, de fundamental importância.

O crescente aumento do consumo mundial de alimentos e a exigência de um mercado competitivo por produtos de qualidade e de baixo valor aquisitivo impulsionaram surpreendentemente um aumento nas exportações brasileiras de carne, sobretudo a de frango e de suíno.

A região do Triângulo Mineiro tem se destacado como importante pólo agroindustrial brasileiro, devido a sua localização geográfica e pela expansão agrícola sobre as áreas de cerrado, na produção dos insumos necessários ao confinamento de animais. Destaque deve ser dado às culturas do milho e soja, matéria prima básica para a fabricação das rações, para a criação confinada das aves e suínos. Às condições somam-se a facilidade de escoamento da produção para importantes centros comerciais e consumidores, inclusive mercados externos. Todos estes fatores favoráveis têm despertado o interesse dos empresários em instalar grandes empresas na região, dentre as quais, as agroindústrias de processamento de carnes dos setores de aves e suínos.

Essa grande demanda tem levado à criação intensiva, gerando produção considerável de resíduos, que necessitam de destinação sustentável.

Estes resíduos, devido ao alto teor de nutrientes e de matéria orgânica, estão disponíveis nas propriedades como subprodutos, portanto a um baixo custo. Contudo, se bem estudados e manejados, pode-se agregar valores ecológicos/edáficos e comercial. Uma das alternativas para viabilização destes dejetos de alto risco poluidor seria sua utilização pelos produtores como fertilizante e condicionador dos atributos físicos do solo. O uso da fertilização orgânica com cama aviária e dejetos de suíno pode levar a um lucrativo retorno econômico, o que tem motivado uma utilização desordenada, sem a devida preocupação com os impactos que podem provocar ao meio ambiente e a saúde humana.

O uso de dejetos animais como fertilizante do solo é uma prática milenar e existem inúmeras pesquisas demonstrando tal potencial, da mesma forma que para outros resíduos orgânicos. Entretanto, ao contrário dos fertilizantes químicos, que

poderão ser formulados especificamente e balanceados para cada tipo de cultura e de solo, os dejetos animais possuem, dependendo dos interesses dos fabricantes das rações, vários minerais que se encontra em proporções desequilibradas, em relação à capacidade de absorção das plantas, e até mesmo a existência de alguns tóxicos, que oferecem risco de contaminar o solo. Em razão disso, o uso prolongado e/ou, excessivo poderá resultar em desequilíbrios químicos, físicos e biológicos do solo e da água, sendo que vários desses impactos já foram comprovados em outras regiões do Brasil.

A composição física e química desses materiais pode ser variada; no caso da cama aviária depende da espécie de aves, do número de lotes alojados na mesma cama, da densidade de aves, nutrição e manejo da granja. Já a variação dos dejetos de suínos relaciona-se com a presença ou ausência de biodigestores, em função principalmente da alimentação e manejo da água empregada nos criatórios de suínos. Ressaltando-se que o mau funcionamento dos bebedouros, ocasiona, conseqüentemente, maior diluição do material sólido do resíduo, influenciando assim a disponibilidade de nutrientes e de matéria orgânica presentes no solo. A recomendação da quantidade de resíduo a ser utilizada depende dos teores de nutrientes presentes no material orgânico, das condições de mineralização desse material, da exigência nutricional da cultura e das características físico-químicas dos solos receptores, geralmente feita com base no nutriente mais limitante ao desenvolvimento da planta. Entretanto, a fim de evitar excessos, principalmente de sais no solo, e de equilibrar os demais nutrientes, essa recomendação pode ser feita em função do elemento presente em maior quantidade, associada a uma complementação mineral.

Os solos agricultáveis, com sua enorme capacidade de transformar e reciclar, têm sido o local mais propício à deposição desses resíduos que podem, além de serem fontes de nutrientes, contribuir para a melhoria de atributos físicos, influenciados pela matéria orgânica e pela capacidade de ativação biológica. Portanto, apresenta propriedades condicionadoras de solo, principalmente de atributos, como densidade, porosidade do solo e estabilidade de agregados.

Os Latossolos Vermelhos compreendem 66,79% dos solos da região do Triângulo Mineiro (GOMES et al., 1982). Caracterizam-se por serem altamente intemperizados, ácidos e com baixa fertilidade natural. A incorporação de resíduos orgânicos pode constituir uma alternativa de recuperação da fertilidade e da melhoria dos atributos físicos dos mesmos, quando se encontram degradados.

A melhoria ou a manutenção da qualidade física do solo, que contribui para o melhor desenvolvimento de plantas e, conseqüentemente, para maximizar a produção, respeitando a capacidade de uso do solo, deve ser uma preocupação constante, de forma a se obter um desenvolvimento econômico e sustentável.

Portanto, o desenvolvimento das pesquisas integradas nos diferentes ramos das ciências agrárias e dos recursos naturais indicará as melhores alternativas da integração das atividades de criação intensiva de suínos e aves com produção de grande quantidade de dejetos poluentes, enfocando-se o aproveitamento dos mesmos na atividade agropecuária, do ponto de vista agrônomo, econômico e ambiental, dentro de uma perspectiva que contemple a sustentabilidade agrícola.

A pesquisa objetivou avaliar atributos físicos de um Latossolo Vermelho textura média, degradado, submetido ao uso de pastagem com *Brachiaria decumbens*, sob diferentes níveis de adubação com dejetos de suínos e cama aviária.

2. REVISÃO DE LITERATURA GERAL

2.1 Atividade avícola no agronegócio

Atualmente, o Brasil tem se destacado no comércio mundial, tendo em sua pauta de exportação uma grande diversidade de produtos do setor agropecuário. O agronegócio, que hoje representa um terço das exportações, tem sido o grande responsável pelo superávit da balança comercial brasileira (PRATES; EDWARD, 2004).

A avicultura no Brasil é uma atividade bastante difundida e de grande importância econômica. Para o ano de 2005, a produção nacional de carne de frango foi de 8.710 mil toneladas, espalhada na maioria das regiões do país, sendo a região sul a maior produtora de carne de frango (55,72%), seguida das regiões Sudeste (26,09%), Centro Oeste (9,82%), Nordeste (7,20%) e Norte (1,17%), com um consumo interno de 6.053 mil toneladas e per capita de 33,3 kg/hab/ano (ANUALPEC, 2005).

A produção mundial de carne de frango, em 2005, foi de aproximadamente 57.342 mil toneladas. Do total, 15,03% foi produzido no Brasil, que ocupa a 3ª posição de maiores produtores do mundo. (ANUALPEC, 2005).

Nas exportações, o Brasil se posiciona em 1º lugar, com 2.657,8 mil toneladas, incluindo peças inteiras e pedaços, sendo Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Rússia os maiores importadores de peças inteiras, e Japão, Países Baixos e Alemanha as peças em pedaços (ANUALPEC, 2005).

Essa crescente demanda para o consumo interno e exportação leva ao aumento expressivo da criação. Assim, por consequência, gera grande quantidade de resíduos que, se não dispostos de forma adequada, podem trazer sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente.

Na agricultura, a adubação orgânica é uma das alternativas de viabilização desses resíduos e, mesmo com limitações de aplicação e de disponibilidade de material, apresenta vantagens sobre as outras opções porque permite melhorar os atributos físicos químicos e biológicos do solo (HOLANDA et al., 1984).

Embora a aplicação de resíduos orgânicos no solo seja uma prática antiga e até então utilizada em pequenas propriedades, a mudança no cenário agropecuário brasileiro e o avanço das pesquisas levaram a um interesse, por parte de grandes produtores, na utilização desses resíduos, com discussões acerca de benefícios e também dos impactos que os mesmos podem proporcionar ao meio ambiente, quando não se destina adequadamente.

2.2 Importância da suinocultura na pecuária brasileira

A suinocultura no Brasil é uma atividade bastante difundida e de grande alcance social. O plantel brasileiro se encontra presente em todas as regiões do país, estando a maior concentração de animais na região Sul (42,63%), seguida das regiões Nordeste (22,16%), sudeste (18,01%), Centro-Oeste (10,35%) e Norte (6,83%) (ANUALPEC, 2005).

Encontrada basicamente em propriedades de até 100 ha, consideradas pequenas, a projeção do rebanho suíno no Brasil pode chegar a torno de mais de 34 milhões de animais, o quarto plantel do mundo, e o maior produtor regional da América Latina, constituído dos sistemas confinados que formam a base da expansão suinícola (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2005).

Devido a essa expansão, a carne suína é a proteína animal mais consumida em todo o mundo, cerca de 91,20 milhões de toneladas no ano de 2005. No Brasil neste mesmo ano, o consumo deve atingir cerca de 2.060 toneladas, com um consumo per capita de 11,20 kg/ pessoa/ ano (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2005).

A previsão de produção mundial de carne suína, em 2005, será de 91,60 milhões de toneladas, obtida de um plantel de aproximadamente 807 milhões de animais. Do total, 56,20% foram produzidos na Ásia, que possui 62,94% do plantel mundial de suínos. O continente europeu respondeu por 26,70% da produção e por 22,47% do plantel, seguindo-se o continente americano (16,64% e 14,19%, respectivamente) e a Oceania (0,44% e 0,39%) (ANUALPEC, 2005).

A China é o maior produtor mundial de carne suína: 44,93 milhões de toneladas ou 50,89% do total mundial. Os dez maiores produtores (China, Estados Unidos, Alemanha, Espanha, Brasil, França, Canadá, Rússia, Holanda e Polônia) concentram mais de 82,58% da produção mundial, tendo produzido, juntos, 72,92 milhões de toneladas de carne suína. O Brasil é o único país da América Latina entre os dez maiores (ANUALPEC, 2005).

Na América Latina, o Brasil apresenta-se como país de maior expressão no mercado exportador mundial: 16,24% do total de carne suína exportada no mundo, em 2004 (ANUALPEC, 2005).

Quanto às importações, o destaque fica para o Japão, responsável por 33,07% do total mundial, destaque também para os Estados Unidos, com 13,38% do total mundial.

2.3 Adubação orgânica e a produção agropecuária

A adubação orgânica é uma prática antiga. É utilizada no melhoramento da fertilidade dos solos, que constitui uma alternativa adotada por muitos agricultores para obterem aumentos na produção de alimentos para a população humana e para o melhoramento das pastagens (FEITOSA FILHO, 1990). Quando aplicado ao solo, através da sua decomposição ocorre liberação de nutrientes ao meio e aumento da disponibilidade dos mesmos. Isso irá ocorrer em níveis que dependerão da quantidade do resíduo adicionado e das condições do solo (umidade, temperatura, pH, forma de aplicação, entre outros). Caso seja utilizado em quantidades elevadas e freqüentes, poderá ocorrer fitotoxidez (FERREIRA E CRUZ, 1991).

Segundo Ribeiro et al. (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 aumentarem os ácidos orgânicos resultantes da decomposição da matéria orgânica, que aceleram a solubilização de minerais do solo e aumentam a disponibilidade de nutrientes para as plantas.

Segundo Rocha et al. (2004), o uso de resíduos orgânicos na forma de esterco de animais, compostos e resíduos vegetais podem atuar na neutralização de toxidez de Al, através da matéria orgânica que libera ligante orgânico que irá complexar o alumínio, reduzindo sua atividade e toxidez às plantas.

Quanto aos benefícios gerados pela adição de resíduos orgânicos, nas propriedades químicas do solo, é significativo o aumento de pH, da capacidade de troca de cátions (CTC), do teor de nutrientes agregados ao solo e do teor de matéria orgânica (MELLO; VITTI, 2002). Esse aporte de matéria orgânica é um dos benefícios que a fertilização mineral não proporciona, porém, é fundamental para a melhoria da qualidade física do solo.

Com a utilização de cama de frango e 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 e Mg aumentavam linearmente com o aumento da dose de cama aplicada ao solo. Os mesmos autores verificaram também melhorias relacionadas à agregação e à resistência estrutural do solo, as quais apresentam influência direta na porosidade total e disponibilidade de água no solo.

Cerreta et al. (2003) relatam que o uso sistemático de esterco líquido de suínos representa a adição de grande quantidade de nutrientes ao solo e elevam principalmente os teores de P, Ca e Mg em áreas sob pastagem natural.

Heckman et al. (1987), estudando os efeitos residuais da aplicação de diferentes tipos de resíduos de granja suinícola na cultura da soja, concluíram que a composição dessa, a taxa de aplicação e o pH do solo pode influenciar significativamente na absorção de metais pesados (zinco, cobre, cádmio e níquel) pela leguminosa.

A CFSEMG (1999) relata dificuldades para caracterizar os adubos orgânicos quanto à composição química e sua eficiência agrônômica, necessárias para corrigir as diferenças observadas nos teores de liberação de nutrientes, os quais são influenciados, principalmente, pela grande diversidade destes quanto à origem, grau de umidade e porcentagem de conversão alimentar dos animais.

Até recentemente, a recomendação para aplicação de cama de frango era baseada na quantidade de nitrogênio presente na cama e nas exigências das culturas. Atualmente, atendendo as normas de segurança ambiental, sugere-se que essa recomendação seja feita com base no conteúdo de fósforo da cama (MENEZEZ et al., 2004).

O resíduo orgânico gerado pela criação confinada de frangos e perus, denominada de cama aviária, compreende o material utilizado para cobrir o piso das instalações avícolas, agregada de excrementos das aves e restos de ração, durante o período de confinamento das aves (MENEZES et al., 2004).

Menezes et al. (2004) relatam que o fósforo e o potássio presentes na cama de aviário podem ser substitutos do fertilizante comercial em igual teor de P_2O_5 e K_2O disponível. O nitrogênio total representa 20% da fração mineral e 75% podem ser perdidos na forma de amônia, se não forem incorporados.

Rocha (2000), utilizando adubação orgânica humificada como forma de investigar aspectos qualitativos de produção vegetal em um Podzólico Vermelho-Amarelo (Argissolo Vermelho-Amarelo), obteve, para os tratamentos orgânicos em relação ao químico, uma tendência à melhoria na taxa de infiltração acumulada, na densidade e porosidade total do solo.

O uso de resíduos orgânicos na agricultura tem se demonstrado viável por muitos pesquisadores, em virtude de seu potencial como fertilizante, mas, não se têm definidas as dosagens adequadas e a freqüência com que estes materiais devem ser adicionados ao meio. No entanto, estudos sobre os efeitos desses resíduos no solo e no ambiente, como um todo, devem ser priorizados, levando em conta não só os aspectos benéficos, mas

também o seu potencial poluidor e as possibilidades de uso desses resíduos orgânicos na recuperação de áreas degradadas.

2.4 Potencial poluidor dos resíduos orgânicos ao meio ambiente

Durante a década de 70, iniciaram-se os debates sobre a relação entre o desenvolvimento econômico e industrial com o meio ambiente. O modelo econômico desenvolveu-se considerando o meio ambiente simplesmente como fonte de recursos e receptor dos dejetos e subprodutos sem valor comercial. Essa visão acabou por gerar diversos problemas ambientais, fazendo-se necessário o desenvolvimento de estudos e de técnicas que avaliassem os impactos ambientais causados pelas atividades produtivas (CONGRESSO NACIONAL DO MILHO E SORGO, 2002).

Nessa mesma época, os resíduos oriundos da produção de animais não constituíam fato preocupante para os criadores e a sociedade, pois a concentração de animais por unidade de área era pequena. A adoção do sistema de confinamento e a intensificação da produção trouxeram como consequência o aumento do volume de dejetos produzidos e, hoje, a suinocultura é considerada, pelos órgãos de fiscalização ambiental, quando desenvolvida sem os devidos cuidados com os efluentes, uma das principais atividades degradadoras do meio ambiente (CORRÊA; CORRÊA, 2003).

Essa crescente tendência da adoção do sistema de confinamento na produção de suínos gera problemas com a grande produção de dejetos pelos animais e a inadequação dos sistemas de manejo e de armazenamento, os quais induz o seu lançamento em rios e cursos d'água. Esse lançamento inadequado dos dejetos pode levar a sérios desequilíbrios ecológicos, poluindo-se os rios e mananciais, em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, e devido à demanda bioquímica do oxigênio (DBO) (OLIVEIRA, 1993).

A poluição ambiental por dejetos é um problema que vem se agravando na suinocultura moderna. Segundo Diesel et al. (2002), tem-se demonstrado um alto nível de contaminação dos rios e lençóis de água superficiais que abastecem tanto o meio rural, como o urbano.

A capacidade poluente dos dejetos de suínos, em termos comparativos, é muito superior à de outras espécies. Utilizando-se o conceito de equivalente populacional, um suíno, em média, equivale a 3,5 pessoas (DIESEL et al., 2002). Em outras palavras, uma

granja de suínos com 600 animais possui um poder poluente, segundo esse critério, semelhante ao de um núcleo populacional de aproximadamente 2100 pessoas.

A contaminação dos mananciais com lançamento dos dejetos de animais não se restringe a tal poluição, uma vez que os mananciais atravessam várias nascentes que vão até a foz. Costa (1997) relata que as estações de tratamento de água, em geral, não possuem tecnologia suficiente para uma efetiva descontaminação das águas, mantendo-se microrganismos patogênicos e substâncias químicas tóxicas ao homem.

De acordo com Alves (1995), o moderno sistema agropecuário implantado nas últimas décadas contribuiu, em muito, para a redução da fome no mundo. Entretanto, nos anos recentes, os impactos ambientais negativos desse sistema têm sido visíveis. Assim, esses erros devam tornar-se o ponto de equilíbrio para alcançarmos a compatibilidade entre a produção alimentar e a capacidade de suporte dos agroecossistemas.

Na maioria dos casos, os dejetos de suínos são utilizados como fertilizante agrícola, e, se não tratados, geram um risco muito grande de poluição ambiental. As principais preocupações, em relação ao meio ambiente, devido ao manejo inadequado dos dejetos de suínos, são representados na Figura 1.

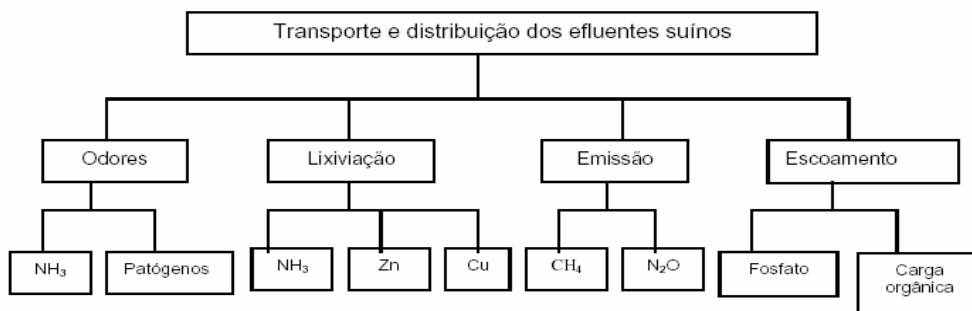


FIGURA 1 – Principais riscos ambientais devido ao manejo dos dejetos de suínos na forma líquida.

Fonte: Oliveira (2003)

O esterco líquido dos suínos contém matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e outros elementos incluídos nas dietas dos animais.

Com o agravamento de problemas ambientais em diversos países, devido ao manejo irracional de resíduos animais, gerou-se uma preocupação crescente por parte

dos órgãos ambientais. No Brasil, está em vigor a Lei nº 6.938 de 31/08/1981 (BRASIL, 1981), que preconiza como principal ação à prevenção de possíveis danos ambientais, necessitando de licenciamento ambiental para a implantação e desenvolvimento das atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras (BARACHO JUNIOR, 1995). Com esta política, o Conselho Estadual de Política Ambiental de Minas Gerais (COPAM) estabeleceu que as atividades da avicultura e suinocultura deveriam ser submetidas ao processo ordinário de licenciamento ambiental, como medida de controle ambiental que eliminam ou minimizam os impactos ambientais causados por estas atividades.

O esterco de suínos aplicado em culturas pode ser uma importante fonte de nutrientes e matéria orgânica às plantas e podem melhorar a qualidade dos solos (KHALEEL et al., 1981). Todavia, práticas correntes de utilização e manejo de esterco de suínos podem contribuir, potencialmente, para a degradação da qualidade da água e do ar (ZEBARTH et al., 1999).

Conforme Pratt (1979) e Scherer et al. (1984), os acúmulos de P e K no solo, pelo uso de grandes quantidades de dejetos animais por períodos longos, podem causar desbalanços de nutrientes às plantas agrícolas. O efeito do acúmulo excessivo de P disponível nos solos pode produzir deficiências de Zn em algumas culturas. Excesso de K e Na forma trocável nos solos pode causar a desagregação e diminuir a estabilidade da estrutura do solo.

A contaminação do solo pelo uso excessivo de esterco é mais acentuada em regiões produtoras de suínos. Quando isso acontece, alguns nutrientes podem atingir as águas superficiais ou subterrâneas, causando problema de contaminação. O fósforo contido nos esterco se difunde mais rapidamente no solo, pois a matéria orgânica do esterco favorece a solubilização dos fosfatos, quando comparado com fertilizantes minerais. Outra substância adicionada pelos dejetos animais ao solo e que precisa ser considerada sob o aspecto da proteção ambiental é o nitrato. Teores de NO_3^- , detectados no lençol freático de solos, tratados com altos níveis de esterco líquido durante vários anos ($160 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), foram dez vezes maiores que os encontrados nos solos não tratados (OLIVEIRA, 1993).

A aplicação de esterco nos solos de áreas agrícolas ou de pastejo é limitada por dois fatores: a carga hidráulica suportada pelo solo, no caso de sistemas de semi-sólido ou diluída, e a carga suportada pelo solo e cultura (MOORE et al., 1997). De maneira geral, o esterco só deve ser aplicado se o solo puder aceitar o material líquido sem que

ocorra a formação de enxurrada. O excesso de nutrientes e os desequilíbrios entre a adubação e a capacidade de extração pela planta e de retenção do solo podem ser reduzidos através do planejamento do fluxo de nutrientes, extração de nutrientes pelas culturas, monitoramento do fluxo na propriedade e redução da utilização de nutrientes.

Conforme Barcelos (1992), aproximadamente dois terços do P, presentes no esterco líquido de suínos estão numa forma não solúvel em água, fazendo parte de estruturas orgânicas, as quais propiciam efeito residual ao esterco. Para Pratt (1979), as sucessivas aplicações de esterco podem causar acúmulo de P no solo. Sua maior presença na camada superficial do solo é indesejável, porque favorece as perdas por escoamento superficial que, junto com o P, se movimenta no perfil do solo, podendo causar eutrofização da água (GIUSQUIANI et al., 1998). Hountin et al. (2000) verificaram incrementos de 16, 26, 33 e 50%, em todas as formas de P e até a profundidade de 1 metro, após aplicações de 30, 60, 90 e 120 m³ ha⁻¹ de esterco líquido de suínos, respectivamente.

Mubarak et al. (2003a), utilizando fertilização com cama de aviário, observaram que o P movimentou-se no perfil do solo com possibilidade de eutrofização dos corpos d'água, principalmente no período chuvoso.

Segundo Barcellos, 1992, quanto maiores às taxas de aplicação de esterco, proporcionalmente maiores foram as perdas de N por escoamento superficial que por lixiviação. O N é um dos principais constituintes do esterco líquido de suínos. Cerca de 50% desse N estão na forma mineral e ao ser aplicado tem efeito imediato no crescimento das plantas. Por sua vez, o escoamento superficial e a lixiviação no solo podem contaminar mananciais de água com nitrato. Durigon et al. (2002) mostraram que apenas 53% e 35% de N, aplicado por meio de esterco líquido de suínos, nas doses de 20 e 40 m³ ha⁻¹, respectivamente, foram exportados pela MS da pastagem natural. Segundo Moal et al. (1995), os percentuais de perdas de N por volatilização de amônia atingem valores de 45% a 63% do N amoniacal, mas o principal problema ambiental ao uso do esterco como fertilizante é a lixiviação de N na forma de nitrato (GANGBAZO et al., 1995).

A cama de frango, por um longo tempo, foi utilizada como complementação alimentar na dieta de ruminantes, devido ao seu alto teor de proteínas, como relatado em vários trabalhos de pesquisa (OLIVEIRA et al., 1991; ZANETTI et al., 1993; ARRIGONI et al., 1998a; ARRIGONI et al., 1998b). No entanto, em virtude de problemas sanitários, foi proibida por força da legislação. Conforme Instrução

Normativa nº 8 de 26/03/2004 (BRASIL, 2004), proíbe-se o uso de qualquer tipo de resíduo de origem animal na alimentação de ruminantes. Esta exigência legal reforça a necessidade de mais estudos regionalizados levando em consideração seus aspectos peculiares, tais como, condições climáticas e tipo de solo, fatores determinantes no comportamento do resíduo no solo e, conseqüentemente, os efeitos do mesmo, buscando alternativas viáveis e sustentáveis de aproveitamento destes resíduos. A sua utilização para as plantas pode ser uma alternativa interessante, considerando que o solo possui enorme capacidade de transformar, degradar e metabolizar diferente moléculas, inativando seu poder poluente ou tóxico. Além disso, quando incorporado ao solo, estará contribuindo não só para melhoria da fertilidade, como também de atributos físicos, físico-químicos e biológicos do solo.

2.5 A exploração do solo de cerrado e a sua degradação

2.5.1 O cerrado

O bioma cerrado corresponde a 22% do território nacional e situa-se, em sua maior parte, entre o espaço mais densamente ocupado do Brasil: Sul-Sudeste e região Norte. Nas diversas configurações, os cerrados distribuem-se de forma descontínua por 12 estados da federação, com destaque para Goiás, Tocantins, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, além do Distrito Federal, (RESENDE et al., 1996), cuja área geográfica está 100% sobre cerrado.

Estima-se que o cerrado possui 207 milhões de hectares, dos quais 136 milhões podem ser incorporados ao processo produtivo. Daí a importância desse ecossistema na produção de alimentos para o Brasil. Grande parte dessa área, aproximadamente 30 milhões de hectares, é ocupada com pastagem em estágio avançado de degradação, que necessita de melhoria de qualidade para incorporar-se ao processo produtivo.

Segundo Adámoli et al. (1985) e Macedo (1996), os cerrados são um tipo particular de savana que abrangem terras onde coincidem as seguintes condições climáticas e edáficas: clima tropical estacional, solos distróficos e relevo plano e suave ondulado na maior parte da superfície. Em geral, os solos de baixa fertilidade e o clima estacional são os dois principais fatores determinantes da presença dos cerrados.

2.5.2 O solo

No cerrado, mais de 95% das classes de solos são representados pelos Latossolos (50%), juntamente com os Argissolos (15%), Areias Quartzosas (15%), Litólicos e cambissolos (10%) e plintossolos (6%) (MACEDO, 1996).

A região do Triângulo Mineiro está inserida no bioma Cerrado, tendo 66,79% da sua área sob Latossolos Vermelhos (GOMES et al., 1982), que apresentam baixa fertilidade natural e elevados teores de alumínio trocável, exigindo correções e adubações para a inserção destes no processo produtivo. Em condições naturais, estes solos possuem excelentes atributos físicos, no entanto, o uso indiscriminado, principalmente com pastagem extensiva, tem levado a deteriorização da qualidade física dos mesmos. Nos sistemas de pastagem, o intenso pisoteio animal pode levar à compactação do solo (BERTOL et al., 2000; IMHOFF et al., 2000), refletindo diretamente em suas propriedades físico-hídricas e, conseqüentemente, reduzir a produtividade.

Dentre as características físicas e morfológicas, os componentes granulométricos principais são argila e areia. A argila varia de 15 a 80%. Ressaltando-se que os altos teores de argila, nesses solos, não significam características, tais como alta capacidade de retenção de água, baixa infiltração, alta capacidade de troca catiônica e problemas de aeração, após chuvas intensas. Os minerais argilosos são do tipo 1:1 e a maior parte da fração argila é composta de óxido de ferro e de alumínio. O silte apresenta-se, relativamente, constante, quaisquer que sejam as combinações entre argila e areia, situando-se entre 10 e 20%. As estruturas dominantes são em forma de blocos subangulares (fracamente desenvolvidos) ou maciças, ultrapequena e granular (RESENDE et al., 1988; MACEDO, 1996, REATTO et al., 1998). Essa forte microestrutura granular nesses Latossolos faz com que eles tenham comportamento semelhante ao de solos arenosos.

Com relação às características químicas, pode-se dizer que, quimicamente, mais de 95% dos Latossolos, nos cerrados, é distrófico e ácido, com baixa a média capacidade de troca catiônica e níveis de pH em torno de 4,0 e 5,5, o que os caracterizam como fortes e medianamente ácidos (LOPES, 1984; ADÁMOLI et al., 1985).

Os valores de carbono (C) em latossolos argilosos variam de 0,5 a 2,4% nas camadas superficiais, decrescendo até 0,2% nas camadas inferiores, valores esses

considerados médio e alto. Em solos de textura média, os teores de C são maiores. A atividade da matéria orgânica é baixa, mesmo que os seus valores sejam altos.

Os valores médios da capacidade de troca de cátion (CTC) no horizonte A dos Latossolos argilosos variam entre 3,9 e 13,9 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$, enquanto nos de textura média situam-se entre 4,3 e 5,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ (LOPES, 1984).

Os valores da soma de bases (SB), na maioria dos Latossolos, são bastante baixos, variando de 0,2 a 3,8 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ nos horizontes superficiais, com exceção dos desenvolvidos a partir de rochas básicas, em que os valores situam-se em torno de 6,1 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$. Nas camadas inferiores do perfil, aqueles valores decrescem consideravelmente. A porcentagem de saturação por bases, na maioria dos Latossolos, é inferior a 50%, o que os caracteriza solos distróficos. (ADÁMOLI et al., 1996; REATTO et al., 1998).

A maioria dos Latossolos é álico com saturação de alumínio (m) maior que 50%. Os valores de (m) permanecem constantes ao longo do perfil, a não ser em alguns perfis de Latossolo Vermelho Escuro ou Roxo, onde ocorre um incremento no horizonte B.

Teores de fósforo disponível são extremamente baixos, situando-se em torno de 2 mg dm^{-3} .

No aspecto da mineralogia, pode-se dizer que a fração argila é composta principalmente de caulinita, gibbsita, materiais amorfos e óxido de ferro livre de quartzo (MOTHCHI, 1977; RODRIGUES, 1977). Estudos desenvolvidos sobre a mineralogia da fração de argila de Latossolos de diferentes partes do País indicam como predominantes a caulinita e a gibbsita, que juntas, perfazem mais de 50% do total (SOUZA, 1977).

2.5.3 A degradação

O consumo desenfreado dos recursos naturais do planeta compromete a qualidade de vida e a sobrevivência das futuras gerações. Isto porque as técnicas hoje empregadas na exploração destes recursos não estão adequadas à manutenção do meio ambiente. Conforme dados da Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD), no mundo, 1.964×10^6 hectares encontram-se degradados (OLDEMAN; LYNDEN, 1998). Este valor representa, aproximadamente, 13% da Terra (continente). Segundo estes autores, há quatro principais causas para a degradação, isto é, o desmatamento, o

manejo inadequado da agricultura, o superpastejo e a superexploração da vegetação para combustível de atividade industrial.

Em termos globais, a FAO – Food and Agriculture Organization, agência da ONU para a agricultura e alimentação – estima em 29% da superfície terrestre a área com solos degradados pela erosão e que 6 a 7 milhões de hectares se tornem improdutivas, anualmente, devido a este problema (CANIL; REDENTE Jr, 1997).

A desestruturação do solo, a compactação e a redução nos teores de matéria orgânica são considerados os principais indutores da degradação dos solos agrícolas. Tal degradação, com todas as suas implicações e nefastas conseqüências, tem resultado no desafio de viabilizar sistemas de produção que possibilitem maior eficiência energética e conservação ambiental, criando-se novos paradigmas tecnológicos baseados na sustentabilidade. No novo conceito de sistema agrícola produtivo, a fertilidade do solo assume uma abrangência maior que a habitual, expressada apenas nos parâmetros de acidez, disponibilidade de nutriente e teor de matéria orgânica. Os parâmetros físicos, como armazenamento e conservação de água, armazenamento e difusão do calor e permeabilidade ao ar e à água, passam a ter relevância na avaliação da fertilidade do solo (DENARDIN; KOCHHANN, 1993).

Mielniczuk e Schneider (1984 apud LUCHESI et al., 1992) definem a degradação física do solo como uma mudança em suas propriedades físicas que influi negativamente sobre a produção. Manifesta-se pela acentuada perda de qualidade na estrutura dos solos, pelo colapso dos primeiros 3 a 4 cm, devido ao efeito das chuvas, o que se traduz no aparecimento de finas crostas em sua superfície, na compactação sob a camada arável e na conseqüente diminuição nas taxas de infiltração de água, aumento do escoamento superficial, perdas por erosão, nos custos de produção por unidade de área e redução da produtividade.

De acordo com Stenberg (1999) e Schoenholtz, Van Miegroet e Burger (2000), os indicadores da qualidade física do solo deveriam abranger os atributos físicos, químicos e biológicos do solo; incorporar a variabilidade das propriedades; se sensíveis a variações em longo prazo provocadas pelas alterações sazonais; ser mensuráveis precisamente através de uma ampla variedade de classes e condições de solos; ser simples de medir; ter um baixo custo e ser adaptáveis para diversos sistemas. Singer e Ewing (2000) e Imhoff (2002) sugerem a utilização de indicadores da qualidade física do solo que incluam os atributos físicos que influenciam diretamente a produção das culturas, como a magnitude com a qual a matriz do solo resiste à deformação; a

capacidade do solo em fornecer adequada aeração e quantidade de água para o crescimento e expansão do sistema radicular.

Conforme Topp et al. (1997), Schoenholtz, Van Miegroet e Burger (2000) e Singer e Ewing (2000), os atributos mais amplamente utilizados como indicadores de qualidade física do solo são aqueles que levam em conta a profundidade efetiva de enraizamento, a porosidade total, a distribuição e tamanho dos poros, a distribuição do tamanho das partículas, a densidade do solo, a resistência do solo à penetração das raízes, o intervalo hídrico ótimo, o índice de compressão e a estabilidade dos agregados.

Os impactos do uso e manejo na qualidade física do solo têm sido quantificados, utilizando-se diferentes propriedades físicas relacionadas com a forma e com a estabilidade estrutural do solo, tais como: compactação do solo (HORN; LEBERT, 1994; HAKANSSON; VOORHEES; RILEY, 1988), densidade (DE MARIA; CASTRO; DIAS, 1999; STONE; SILVEIRA, 2001), resistência do solo à penetração das raízes (TORMENA; ROLOFF, 1996; ROSOLEM et al., 1999; BEUTLER et al., 2001), estrutura (RIBEIRO, 1999), porosidade total, tamanho e continuidade dos poros (BEUTLER et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2001; SERVADIO et al., 2001), adsorção e absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular (DÜRR; AUBERTOT, 2000; ARVIDSSON, 2001; ISHAQ et al., 2001). As modificações nestas propriedades ocasionadas pelo manejo inadequado resultam em decréscimo de produção (RADFORD et al., 2001; DAUDA; SAMARI, 2002), aumento da suscetibilidade do solo a erosão e aumento da potência necessária para o preparo do solo (CANILLAS; SALOKHE, 2002).

Vários são os fatores econômicos que geram significativa degradação ambiental. Segundo Maschio et al. (1992), as pesquisas acadêmicas conduzidas no país sobre áreas degradadas limitam-se, normalmente, à causa e extensão do processo degradante, priorizando-se as atividades de mineração (29%) e agricultura (21%). É interessante observar, entretanto, que as obras civis e a agricultura movimentam, respectivamente, 6 vezes e 100 vezes maior volume de material do que a mineração (MINEROPAR, 1991 apud MASCHIO et al., 1992).

Os sistemas de uso e manejo do solo podem interferir nas propriedades físicas do mesmo (FALLEIRO et al., 2003; ARAÚJO et al., 2004) e na produtividade das culturas (ARAÚJO et al., 2004). Segundo Araújo et al. (2004). Nos solos tropicais e subtropicais, a adoção de técnicas de uso e manejo com mínimo revolvimento é

fundamental para a conservação do solo e da água e acúmulo de matéria orgânica, com vistas a garantir altas produtividades com reduzido impacto ambiental.

A qualidade física do solo é a capacidade do solo em promover ao sistema radicular das plantas condições favoráveis ao crescimento e desenvolvimento. As condições favoráveis na zona radicular estão relacionadas com a estrutura do solo e são determinadas pela disponibilidade de água, aeração, temperatura e resistência à penetração de raízes (EAVIS, 1972; LETEY, 1985; HAMBLIN, 1985). No que diz respeito à funcionalidade, a estrutura do solo ideal é aquela que permite uma grande área de contato entre as raízes e o solo, apresentando espaço poroso suficiente para movimentação de água e difusão de gases, além da resistência à penetração não ser impeditivo ao crescimento de raízes (KOPI; DOUGLAS, 1991).

Alguns estudos associam às condições físicas ideais ao crescimento de plantas uma porosidade de aeração (PA) mínima de 10% (GRABLE; SIEMER, 1968; DEXTER, 1988; GLINSKI; LIPIEC, 1990), o valor de 2,0 MPa como um limite de resistência à penetração (RP) para o crescimento de raízes (TAYLOR et al., 1966; SILVA et al., 1994; TORMENA et al., 1998) e parte aérea das plantas (WEAICH et al., 1992; TARDIEU, 1994), além de uma ampla disponibilidade de água no solo (entre umidade na capacidade de campo e a umidade no ponto de murcha permanente).

O desenvolvimento de plantas está intimamente relacionado às condições químicas, físicas e biológicas adequadas do solo, assim como a adaptação às condições climáticas adversas. A habilidade das plantas em explorar o solo, em busca de fatores de crescimento, como água e nutrientes, depende da existência e distribuição de raízes no perfil do solo que, por sua vez, são dependentes das condições físicas e químicas, as quais são passíveis de alterações, em função do manejo aplicado (SIDIRAS et al., 1983, ROSOLEM et al., 1999). Assim, o conhecimento dos diferentes sistemas de uso e manejo do solo e das alterações promovidas por eles torna-se importante para o entendimento das potencialidades e limitações dos mesmos, em relação à produtividade das culturas, alterações físicas do solo, manejo químico e adoção de práticas que possam contornar possíveis limitações advindas da sua utilização.

Dentre os fatores diretamente relacionados com o crescimento vegetal, a água é a principal variável intensamente estudada (LETY, 1985), pois deficiência ou excesso de água limitam o crescimento radicular. A água não causa injúria diretamente às raízes, mas o excesso de água no solo desloca ar do espaço poroso (não capilar), causa deficiência de oxigênio que por sua vez pode reduzir o crescimento e funcionamento,

causando a morte das raízes. Uma deficiência severa de água no solo geralmente leva a uma redução ou cessa o crescimento radicular, inibindo a absorção de água e nutrientes (KRAMER; BOYER, 1995). Os fatores que atuam no ambiente radicular estão relacionados em complexas interações, atuando simultaneamente. Uma modificação na umidade do solo promove modificações na aeração e na resistência do solo à penetração de raízes.

A taxa de alongação radicular é consideravelmente afetada pelo acréscimo na resistência à penetração. Entretanto, não afeta significativamente o dispêndio de energia requerido pela planta para o crescimento radicular (DEXTER, 1988). O crescimento das raízes pode causar a deformação do solo numa zona próxima à ponta das raízes e a pressão exercida contra as partículas e/ou agregados deve ser suficiente para propiciar e o alongamento das mesmas (BENNIE, 1996).

Valores excessivos de resistência à penetração podem influenciar o crescimento das raízes em comprimento e diâmetro (MEROTTO; MUNDSTOCK, 1999) e na direção preferencial do crescimento radicular (IJIMA; KONO, 1991). A resistência à penetração é sensivelmente influenciada pela umidade e pela condição estrutural do solo (HAMBLIN, 1985). O crescimento radicular é uma resposta contínua do ambiente físico do solo (BETZ et al., 1998). Pesquisas revelam que as raízes parecem dispor de mecanismos de detecção das condições físicas do solo, enviando à parte aérea que controla o crescimento e a expansão foliar (MASLE; PASSIOURA, 1987, PASSIOURA; GARDNER, 1990, DAVIES; ZHANG, 1991).

O crescimento radicular tem sido relacionado como um indicador mais sensível às alterações (perturbações) no solo, quando comparado à sensibilidade da parte aérea de plantas (SINGER, 1981; HEILMAN, 1981). O processo de desvio de um obstáculo físico pode ser crítico para sobrevivência e desempenho da planta, especialmente em ambientes rochosos ou quando o solo está compactado (FALIK et al., 2005). Há estudos mostrando que os solos excessivamente porosos são prejudiciais à absorção de água e nutrientes pelas raízes, devido ao menor contato solo/raiz, provocando também menor desenvolvimento das plantas (KOOISTRA et al., 1992; HAKANSSON et al., 1998).

Num solo degradado, além da redução da quantidade de água disponível, a taxa de difusão de oxigênio e a resistência à penetração podem limitar o desenvolvimento das plantas na faixa de potenciais que determinaram a disponibilidade de água (ARAUJO; TORMENA; SILVA, 2004). Estes autores, avaliando a qualidade física de um Latossolo Vermelho Distrófico, cultivado sob mata e vegetação nativa, observaram

que, em ambos os sistemas de uso, o aumento da densidade do solo promoveu, simultaneamente, um aumento na resistência à penetração e um decréscimo no conteúdo volumétrico de água. Para Wohlenberg et al. (2004), os solos fisicamente degradados podem ser recuperados com o cultivo de espécies de diferentes sistemas aéreos e radiculares que adicionam materiais orgânicos de quantidade e composição variada.

2.6 Pastagem *brachiaria decumbens*

Da área total do planeta Terra de aproximadamente 13,4 bilhões de hectares, 3,5 bilhões são ocupadas por pastagens, o que corresponde a 25% do total. O Brasil tem área de 851 milhões de hectares, sendo 23% dessa área ocupada por pastagens (FAOSTAT, 2004)

A *Brachiaria decumbens* pertence à família das Gramineae, Gênero *Brachiaria* espécie *Brachiaria decumbens* Stapf (SEIFFERT, 1984). A *Brachiaria decumbens* é originária do leste da África, sendo encontrada a 800 m de altitude, em áreas de verão chuvoso e com estação seca não superior a 5 meses (VIEIRA, 1974). A introdução e o crescimento da *Brachiaria decumbens* em toda América Latina foi um processo natural, principalmente por ser uma gramínea bastante tolerante aos altos teores de alumínio ($>1,0 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) predominantes nos solos ácidos destas regiões. Segundo Vilela (1977), esta espécie requer precipitação acima de 1000 mm, tolerando secas e solos de média fertilidade, porém requer solos de boa drenagem e condições de boa fertilidade para apresentar produções de MS superiores a 4.000 kg ha^{-1} .

De acordo com Serrão e Simão Neto (1971), a primeira introdução da *Brachiaria decumbens* no Brasil ocorreu no IPEAN (Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária Norte), em 1952. Sendulsky (1977) cita também a introdução de sementes importadas da Austrália da cv. Basilisk.

O gênero *Brachiaria* apresenta plantas herbáceas, eretas ou prostradas, anuais ou perenes, rizomatosas ou não, comumente emitindo raízes adventícias nos nós em contato com o solo, sendo a *Brachiaria decumbens* com crescimento em touceira decumbente, com altura de 0,60 a 1,0 m, ciclo vegetativo perene, com produção de forragem entre 8 a 12 ton/ha/ano, permitindo a consorciação com leguminosas (MATIDIERI, 1983). Nascimento (1994) considera para a *Brachiaria decumbens*, no período do verão, como produção excelente, se alcançar 2.500 kg ha^{-1} MS; boa se a

produção atingir 1.500 kg ha⁻¹ MS; razoável se ficar entre 750 a 1.500 kg ha⁻¹ MS e pobre, se inferior a 750 kg ha⁻¹.

Segundo Sanzonowicz et al. (1987), com duração de 10 anos, a *Brachiaria decumbens* é bastante tolerante à toxidez de alumínio e a aplicação de calcário é necessária como fonte de Ca e Mg. O mesmo trabalho evidenciou que essa espécie responde à doses elevadas de P, sendo os maiores incrementos de produção de matéria seca obtida até a dosagem de 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

A *Brachiaria decumbens* é a espécie forrageira mais utilizada, pelos produtores da região do Cerrado, para a formação de pastagem cultivada. Sua adaptação à região deve-se, além das condições climáticas, à sua habilidade em desenvolver-se em solos de baixa fertilidade e com elevados teores de alumínio (CARVALHO et al., 1992). Segundo Wohlenberg et al. (2004), culturas, como as gramíneas, com sistema radicular agressivo podem amenizar os efeitos negativos da degradação dos solos agregando partículas e promovendo melhorias na sua estrutura. Bertol et al. (2000) afirmam que as propriedades físicas do solo, em áreas de pastagem, devem ser monitoradas em função da oferta de forragem. Segundo os autores, estudos dessa natureza permitem detectar o nível crítico de oferta de forragem equivalente a uma pressão de pastejo crítica, acima da qual as propriedades físicas do solo podem sofrer alterações físicas indesejáveis.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G. de; NETTO, J. M. Caracterização da região dos Cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.) **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA-CPAC, 1986. p. 33-74.

ADÂMOLI, J.; MACÊDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETTO, J. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W. J. (Ed.) **Solos dos cerrados. Tecnologia e estratégias de manejo**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC; São Paulo: Nobel, 1985. p.33-74.

ALVES, R.E.B. **Environmental impacts caused by modern agriculture: a methodological approach for assessment of alternatives for crop production**. Aberdeen: University of Aberdeen, 1995. 56 p.

ANUÁRIO da Pecuária Brasileira. São Paulo, 2005. p. 236-247.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso DA TERRA E propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n.2, p.307-315, 2004.

ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A. & SILVA, A.P. Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.337-345, 2004.

ARRIGONI, M de B.; VIEIRA, P de F.; SILVEIRA, A. C.; FURLAN, L. R.; COSTA, C.; CHARDULO, L. A. L.; CURI, P. R. Efeitos da restrição alimentar no desempenho de bovinos jovens confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 6, 1998a. Disponível em: <<http://www.atlas.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAnual>> Acesso em: 31 jan. 2007.

ARRIGONI, M de B.; VIEIRA, P de F.; SILVEIRA, A. C.; FURLAN, L. R.; PAI, V. D. COSTA, C.; CHARDULO, L. A. L.; OLIVEIRA, H. N. Estudo dos efeitos da restrição alimentar nas características das fibras musculares de bovinos jovens confinados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 7, 1998b. Disponível em: <<http://www.atlas.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAnual>> Acesso em: 30 jan. 2007.

ARVIDSSON, J. Sub soil compaction caused by heavy sugarbeet harvesters in southern Sweden I. Soil physical properties and crop yield in six field experiments. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.60, n.1/2,p.67-78, 2001.

BARACHO JÚNIOR, J. A de O. O licenciamento e controle ambiental da atividade de suinocultura In: SEMINÁRIO MINEIRO SOBRE MANEJO E UTILIZAÇÃO DE DEJETOS DE SUÍNOS, 1., 1995, Ponte Nova. **Anais...** Viçosa: EPAMIG, 1995. p. 1-7.

BARCELLOS, L.A.R. **Avaliação do potencial fertilizante do esterco líquido de bovinos**. 1992. 108p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1992.

BENNIE, A. T. P. Growth and mechanical impedance. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant roots**. 2nd ed. New York: M. Dekker, 1996. p. 453-470.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A de.; ALMEIDA, E. X de.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, 2000.

BETZ, C.L.; ALLMARAS, R.R.; COPELAND, S.M.; RANDALL, G.W. Least limiting water range: traffic and long-term tillage influences in a Webster soil. **Soil Science Society of America Journal**, v.62, p.1384-1393, 1998.

BEULTER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico típico sob sistema de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.167-177, 2001.

BRASIL. Ministério da agricultura e do abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 25 de março de 2004. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 mar 2004. Seção 1.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei Federal nº 6.398 de 31 de agosto de 1981. Brasília, 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivi_03/Leis/L6938.html>. Acesso em: 01 fev. 2007.

CANIL, K.; RIDENTE JUNIOR, J. L. A questão da erosão no contexto do gerenciamento dos recursos hídricos no estado de São Paulo. In: SEMINÁRIO SOBRE CIÊNCIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, São Paulo, 1997. **Atas**. São Paulo, Instituto de Estudos Avançados da USP / Comissão de Estudos de Problemas Ambientais da USP, 1997. p. 112-3.

CANILLAS, E. C.; SALOKHE, V. M. A Decision support system for compaction assessment in agricultural soils. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.65, n.2, p.221-230, 2002.

CARVALHO, M. M.; MARTINS, C. E.; SIQUEIRA, C.; SARAIVA, A. F. Crescimento de uma espécie de Brachiária, na presença da calagem em cobertura e de doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.16, p.69-74, 1992.

CERETTA, C. A. DURIGON, R.; BASSO, C. J.; BARCELLOS, L. A. R.; VIEIRA, F.C.B. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagens natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, 9 p. 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Belo Horizonte: **EPAMIG** – 1999. 180 p.

CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 2002. p. 93 – 103.

- CORRÊA, L.B.; CORRÊA, E.K.; Estudo das fontes poluidoras em granjas produtoras de suínos: uma perspectiva de educação ambiental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 11., 2003. São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2003. p. 447-448.
- COSTA, R.H.R. da.; MEDRI, W.; PERDOMO, C.C. Otimização do sistema de tratamento. Decantador de palhetas e lagoas anaeróbicas facultativas e de aguapês In: SIMPÓSIO INTAERNAZIONALE DI INGEGNERIA SANITÁRIA AMBIENTALE, 1997, Ravello. **Anais...** Ravello, [s.n.], 1997, p. 1018-1025.
- DAUDA, A.; SAMARI, A. Cowpea yield response to soil compaction under tractor on a sandy loam soil in the semi-arid region of northern Nigéria. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.68, n.1, p.17-22, 2002.
- DAVIES, W.J.; ZHANG, J. Root signals and the regulation of growth and development of plants in drying soil. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.55-76, 1991.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; DIAS, H.S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.703-709, 1999.
- DENARDIN, J.E.; KOCHHANN, R.A. Requisitos para a implantação e a manutenção do sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: Embrapa-CNPQ; Fecotriga; Fundação ABC; Aldeia Norte, 1993. p.19-27.
- DEXTER, A. R. Advances in characterization of soil structure. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 11, p. 199-238, 1988.
- DIESEL, R.; MIRANDA, C. R.; PERDOMO, C. C. **Coletânea de tecnologia sobre dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 2002. 31p. (EMBRAPA, CNPSA. Boletim Informativo).
- DURIGON, R.; CERRETA, C.A.; BASSO, C.J.; L.A.R.; PAVINATO, P.S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p. 983-992, 2002.
- DÜRR, C.; AUBERTOT, J. N. Emergence of seedling of sugar beet (*Beta vulgaris* L) as affected by aggregate size, roughness and position of aggregates in the seedbed. **Plant and Soil**, The Hague, v.219, n.1/2,p.211-220, 2000.
- EAVIS, B. W. Soil physical conditions affecting root growth: I. Mechanical impedance, aeration and moisture availability as influenced by bulk density and moisture level in a sandy loam soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 36, p. 613-622, 1972.
- FALIK, O.; REIDES, P.; GERSANI, M.; NOVOPLANSKY, A. Root navigation by self- inhibition. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 28, p. 562-569, 2005.

FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A. FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.6 p.1097-1104, 2003 ;

FAO. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Roma, 1992. 125p.(Irrigation and Drainage paper, 47).

FAOSTAT. Disponível em : <<http://faostat>>. Acesso em 07 fev. 2007.

FEITOSA FILHO , J. C. **Uniformidade de distribuição de fertilizantes via água de irrigação por microaspersão com uso de injetores tipo Venturi e tanque de derivação**. 1990. 77 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

FERREIRA, M. E., CRUZ, M. C. P. Cobre In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTE NA AGRICULTURA 1988. Jaboticabal, 1988, **Anais...** - Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **ANUALPEC 2005**: Anuário agrícola e pecuário. São Paulo, 2005. p. 11-244.

GANGBAZO, G.; PESANT, A.R.; BARNETT, G.M.; CHRUEST, J.P. 7 CLUIS, D. Water contamination by ammonium nitrogen following the spreading of hog manure and mineral fertilizers. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.24, n.3, p.420-425, 1995

GIUSQUIANI, P.L.; CONCENZZI, L.; BUSINELLI, M.; MACCHIONI, A. Fate of pig sludge liquid fraction in calcareous soil: Agricultural and environmental implications. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.27, p.364-371, 1998.

GLINSKI, J.; LIPIEC, J. **Soil physical conditions and plant roots**. Florida: CRC Press, 1990. 250p.

GOMES, I A.et al. **Levantamento de reconhecimento de média imensidade e aptidão agrícola dos solos do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. SNLCS, 1982. 526p. (Boletim de Pesquisa).

GRABLE, A. R.; SIEMER, E. G. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potential and elongation of corn roots. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 32, n. 2, p. 180-186, 1968.

HAKANSSON, I.; STENBERG, M.; RYDBERG, T. Long term experiments with different depths of mouldboard plough in Sweden. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 46, p. 209-223, 1998.

HAKANSSON, I.; VOORHEES, W.R.; RILEY, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.11, p.239-282, 1988.

- HAMBLIN, A. P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 38, p. 95-158, 1985.
- HECKMAN, J.R.; ANGLE, J.S.; CHANEY, R.L. Residual effects of sewage slud geon soybean. Accumulation of heavy metals. **Journal of Environmetal Quality**, Madison, v. 16, p. 113-117, 1987.
- HEILMAN, P. Root penetration of Douglas-fir seedlings into compacted soil. **Forest Science**, Washington, v. 2, p. 660-666, 1981.
- HOLANDA, J. S.; TORRES FILHO, J.; BEZERRA NETO, F. Alterações na fertilidade de dois solos adubados com esterco de curral e cultivados com caup. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 301-304, 1984.
- HORN, R.; LEBERT, M, Soil compactability and compressibility. In: SOANE, B. D.; OUWERKERT, C. van. **Soil compaction in crop porduction**. Amsterdam: Elsevier, 1994.p.45-69.
- HOUNTIN, J.A.; KARAM, A.; COUILLARD, D.; CESCAS, M.P. Use of a fractionation procedure to assess the potential for phosphorus movement in a soil profile after 14 years of liquid pig manure fertilization. **Agriculture Ecosystems Environmental**, Amsterdam, v.78, p. 77-84, 2000.
- IJIMA, M.; KONO, Y.; YAMAUCHI, A.; PARDALES JUNIOR, J. R. Effects of soil compaction on the development of rice and maize root systems. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 31, n. 3, p. 333-342, 1991.
- IMHOFF, S.; SILVA, A. P.; TORMENA, C. A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade física de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.7, p. 1493-1500, jul. 2000.
- IMHOFF, S.C. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Agissolos Vermelhos**. 2002. 104p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2002.
- ISHAQ, M.; IBRAHIM, M.; HASSAN, A.; SAEED, M.; LAL, R. Subsoil compaction effects on crop in Punjab, Pakistan: II root growth and nutrient uptake of wheat and sorghum. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.60, n.3/4, p.153-161, 2001.
- KHALEEL, R., K.R. REDDY Y M.R. Overcash. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: a review. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 10, p. 133-141, 1981.
- KOOISTRA, M. J.; SCHOONDERBEEK, D.; BOONE, F. R.; VEEN, B. W.; NOORDWIJK, M. van. Root soil contact of maize, as measured by a thin section technique II: effects of soil compaction. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 139, p. 119-129, 1992.

- KOPI, A. J.; DOUGLAS, J. T. A rapid inexpensive and quantitative procedure for assessing soil structure with respect to cropping. **Soil Use and Management**, Oxon, v. 7, p. 52-56, 1991
- KRAMER, RP. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plant soils**. New York. Academic Press. 1995.
- LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Science**, New York, v. 1, p.277-294, 1985.
- LOPES, A. S. **Características, propriedades e manejo**. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.
- LUCHESE, L.A.C.; MORAES, A.; SANTOS, H.R.; SOUZA, M.L.P. Pastagens: um sistema de produção para reabilitação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1., 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 1992. p.83
- MACEDO, J. Os solos da região do cerrado. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS/UFV, 1996. p. 135-167.
- MASCHIO, J. H. *et al.* Evolução, estágio e caracterização da pesquisa em recuperação de áreas degradadas no Brasil. In: SIMPÓSIO NACIONAL RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba, UFPR /FUPEF, p. 17-33.
- MASLE, J.; PASSIOURA, J.B. The effect of soil strength on the growth of young wheat plants. **Australian Journal of Plant Physiology**. Melbourne, v.14, p. 643-656, 1987.
- MATIDIÉRI, J. **Manual de gramíneas e leguminosas para pastos tropicais**. São Paulo: Nobel, 1983.
- MELLO, S. C.; VITTI, G. C. Desenvolvimento do tomateiro e modificações nas propriedades químicas do solo em função da aplicação de resíduos orgânicos, sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 200-206, jun. 2002.
- 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. (Boletim Técnico. Fundação do Ensino Superior de Rio Verde, ano 1, n. 3, fev. 2004).
- MEROTTO, A.; MUNDSTOCK, C.M. Wheat root growth as affected by soil strength. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p.197-202, 1999.
- MOAL, J.F.; MARTINEZ, J.; GUIZIOU, F.; COSTE, CM. Ammonia volatilization following surface-applied pig and cattle slurry in France. **Journal of Agricultural Science**, Madison, v.125, n.2, p.245-252, 1995..

MOORE, J.A.; HART, J.M. CHRISTENSEN, N.W. Nutrient management strategies. **Journal Dairy Science**, Missouri, v.80, p.2659-2666, 1997.

MOTHCHI, E. P. **Características, gênese e aptidão agrícola de uma seqüência de solos no Planalto Central Brasileiro**. 1977. 107p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1977.

MUBARAK, A. R.; ROSENANI, A. B.; ANUAR, A. R.; ZAUYAH, D. S. Effect of incorporation of crop residues on a maize-groundnut sequence in the humid tropics. I. Yield and nutrient uptake. **Journal of Plant Nutrition**, Madison, v.26, n. 9, p. 1841-1858, 2003a

NASCIMENTO, J.M. **Efeitos da amonização sobre a ocorrência de fungos e composição química de fenos de *Cynodon dactylon* (L.) Pers.** 1994. 46p. Monografia (Graduação em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1994.

OLDEMAN, L.R.; LYNDEN, G.W.J. van. Revisiting the GLASOD methodology. In: LAL, R.; BLUM, W.H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Ed.). **Methods assessment of soil degradation**. New York: [s.n.], 1998. p.423-440.

OLIVEIRA, J.O.A.P.; VIDIGAL FILHO, P.S.; TORMENA, C. A.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; MUNIZ, A.S.; SAGRILO, E. Influência de sistemas de preparo do solo na produtividade da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz). **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.443-450, 2001.

OLIVEIRA, M. D. S de; VIEIRA, P de F.; SAMPAIO, A. A. M.; NASCIMENTO, I. R do; BANZATTO, D. A. Digestibilidade *in vitro* da cama-de-frango de casca de amendoim em diferentes períodos de estocagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 8, 1991. Disponível em: <<http://www.atlas.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAnual>> Acesso em: 31 jan. 2007.

OLIVERIA, P A. V. **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1993. 188p. (Embrapa – CNPSA. Documento, 27).

PASSIOURA, J.B.; GARDNER, P.A. Control of leaf expansion in wheat seedlings growing in drying soil. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.17, p.149-157, 1990.

PRATES, F.; EDWARD, J. As novas estrelas. **Veja**, São Paulo, v. 37, n. 36, p. 32-37, out. 2004.

PRATT, P.F. Management restrictions in soil application of manure. **Journal of Animal Science**, Washington v. 48, p. 134-143, 1979.

RADFORD, B.J.; YULE, D.F.; MCGARRY, D.; PLAYFORD, C. Crop response to applied soil compaction and to compaction repair treatment. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.61, n.3/4, p.155-170, 2001.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do bioma cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA, 1998. p.47-86.

RESENDE, M.; CURI, N. L.; SANTANA, D. P. **Pedologia e fertilidade do solo: interação e aplicações**, Brasília: Ministério da Educação; Lavras: ESAL; Piracicaba: POTAFÓS, 1988, 83p.

RESENDE, M.; KER, J. C.; BAHIA FILHO, A F. C. Desenvolvimento sustentado do cerrado. In: ALVAREZ, V. V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. **Os solos nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: SBCS, 1996. p.169-199.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359 p.

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

ROCHA, G. C.; RODELLA, A. A.; CHAGAS, R. C. S.; Matéria orgânica como corretivo de alumínio trocável, sob adição de correção agrícola In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO, 15., 2004. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004.

ROCHA, M. T. **Fertilização orgânica e qualidade do solo: um estudo de alguns indicadores de manejo sustentável**. 2000. 55p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

RODRIGUES, T. E. **Mineralogia e gênese de uma seqüência de solos do cerrados no Distrito Federal**. 1977. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

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

ROSOLEM, C.A.; FERNANDEZ, E.M.; ANDREOTTI, M.; CRUSCIOL, C. A.C.Crescimento radicular de plântulas de milho afetado pela resistência do solo à penetração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.821-828, 1999.

SANZONOWICZ, C.; LOBATO, E.; GOEDERT, W. J. Efeito residual da calagem e de fontes de fósforo, numa pastagem estabelecida em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n.22, p.233-243, 1987.

SCHERER, E.E.; CASTILHOS, E.G.; JUCKSCH, I.; NADAL, R. **Efeito da adubação com esterco de suínos, N e fósforo em milho**. Florianópolis, Empresa Catarinense de pesquisa Agropecuária, 1984. 26p. (Boletim Técnico, 24)

SCHOENHOLTZ, S.H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, Wageningen, v.138, p.335-356, 2000.

SEIFFERT, N.F. produção biológica de nitrogênio e a proteína bruta de acessos de *Leucaena* spp. Cultivados para emprego na suplementação protéica de ruminantes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p.245-24, 1984.

SENDULSKY, T. Chave para identificação de brachiárias, **Jornal Agroceres**, São Paulo, v. 5, n. 56, p. 4-5, 1977.

SERRÃO, E. A. D.; SIMÃO NETO, M. **Informação sobre duas espécies de gramíneas forrageiras do gênero Brachiária na Amazônia: *B. decumbens* Stapf e *B. ruziziensis* Germainet Evrard**. Belém: Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte, 1971. (IPEAN. Série: Estudos Sobre Forrageiras na Amazônia, v.2, n.1).

SERVADIO, P.; MARSILI, A.; PAGLIAI, M.; PELLEGRINI, S.; VIGNOZZI. Effect on some clay soil qualities following the passage of rubbertracked and wheeled tractors in central Italy. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.61, n.3/4, p.143-155, 2001.

SIDIRAS, N.; DERPSCH, R; MONDARDO, A. Influência de diferentes sistemas de preparo do solo na variação da umidade e rendimento da soja em Latossolo Roxo Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p.103-106, 1983.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1775-1781, 1994.

SINGER R.B. Near-infrared reflectance of mineral mixtures: Systematic combinations of pyroxenes, olivine, and iron oxides. **Journal of Geophysical Research**, Cambridge, v. 86, p.7967-7982, 1981.

SINGER. M.; EWING, S. Soil quality. In: SUMNER, M. E. **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p.271-298.

SOUZA, G. A. **Estudo comparativo de propriedades de latossolos do Brasil**. 1977. 107p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1977

STENBERG, B. Monitoring soil quality of arable land: microbiological indicators. **Soil and Plant Science**, Uppsala, v. 49, n.1, p.1-24, 1999.

STONE, L.; SILVEIRA, P. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p. 395-401, 2001.

TARDIEU, F. Growth and functioning of roots and to root systems subjected to soil compaction: towards a system with multiple signaling. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 30, p. 217-243, 1994.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER, J. J. Soil strength-root penetration relations to coarse textured materials. **Soil Science**, Baltimore, v. 102, n. 1, p.18-22, 1966.

TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.D.; COOK, F.J.; KIRBY, J.M.; CARTER, M.R. Physical attributes of soil quality. In: GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. **Soil quality for crop production and ecosystem health**. Amsterdam: Elsevier Science, 1997. p.21-58.

TORMENA, C. A. **Caracterização e avaliação do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo**. 1998. 106 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

TORMENA, C.A.; ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.20, p.333-339, 1996.

VIEIRA, J. M. **Espaçamento e densidade de semeadura de Brachiária decumbens stapf para formação de pastagens**. 1974. p.160 (Tese de Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1974

VILELA, H. Formação de pastagens. Belo Horizonte, EMATER, 1977. (EMATER Circular, 1).

WARREN, S. L.; FONTENO, W. C. Changes in physical and properties of a loamy sand soil when amended with composted poultry litter. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 1, n. 4, p. 186-190, 1993.

WEAICH, K.; BRISTOW, K. L.; CASS, A. Pre-emergent shoot growth of maize under different drying conditions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p. 1272-1278, 1992.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUNE, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.5, p.891-900, 2004.

ZANETTI, M. A. VELLOSO, L.; MELLOTTI, L.; RUIZ, R. L.; CARRER, C da C. Digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovinos consumido “saccharina”. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 12, 1993. Disponível em: <<http://www.atlas.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrAnual>> Acesso em: 31 jan. 2007.

ZEBARTH, B.J.; SZETO, S.Y. Leaching behavior of chlorinated hydrocarbon soil fumigants in repacked soil columns. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.28, p.564-575, 1999.

CAPÍTULO 2

AValiação Física de um Latossolo Vermelho Textura Média, Influenciada pela Aplicação de Dejetos de Suínos.¹

RESUMO

A suinocultura é uma atividade agropecuária de grande importância para o Brasil e principalmente para o Triângulo Mineiro, onde a atividade se encontra em expansão. A criação intensiva de suínos tem levado à geração de uma grande quantidade de resíduos que necessitam de uma destinação sustentável. A atividade de suinocultura é considerada uma atividade de alto potencial poluidor, devido às características de seus resíduos (dejetos). O trabalho foi desenvolvido para avaliar a influência da aplicação de dejetos de suínos, na recuperação física de um Latossolo Vermelho. O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho distrófico típico, textura média, sob pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* sp, localizado em Uberlândia, região do Triângulo Mineiro, no Estado de Minas Gerais. Os tratamentos consistiram de zero de adubação; 79,37 m³ ha⁻¹; 158,73 m³ ha⁻¹; 238,10 m³ ha⁻¹ e 317,46 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos, tomando como base de cálculos as doses de 0; 50; 100; 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅. As aplicações de dejetos foram realizadas em novembro de 2005 e o solo amostrado em três épocas distintas, sendo no mês de janeiro, início do período chuvoso, mês de março, período chuvoso, e mês de agosto, período seco, com 60, 120 e 270 dias após a distribuição dos dejetos, respectivamente, nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. Foram analisados os atributos físicos, argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo, porosidade total, macro e microporos do solo, resistência do solo à penetração e estabilidade de agregados em água. Os atributos físicos do solo foram influenciados pela adubação com dejetos de suínos, sendo as épocas e profundidades determinantes da magnitude das modificações. O teor de argila dispersa em água decresceu com o aumento da dosagem de dejetos de suínos. Houve um incremento no grau de floculação e na estabilidade de agregados em água, com o aumento das dosagens de dejetos aplicados. A densidade do solo apresentou uma relação negativa, com o aumento das dosagens. A porosidade total, macro e microporosidade do solo e a resistência do solo à penetração não foram influenciadas pela adubação com dejetos de suíno. No geral, o aumento da dosagem de dejetos de suínos promoveu melhorias nos atributos físicos avaliados. Portanto, há potencialidade para o aproveitamento de dejetos de suínos na recuperação de solos e pastagens degradados.

Palavras-chave: Atributo físico do solo, pastagem degradada, resíduo orgânico.

¹Orientador: Prof. Dr. Elias Nascentes Borges - UFU

ABSTRACT

PHYSICAL EVALUATION OF A MEDIUM TEXTURE RED LATOSOL, AS INFLUENCED BY THE APPLICATION OF SWINE MANURE.¹

Hog production is an activity of great importance to Brazil especially for Triângulo Mineiro region, where it is in full expansion. The swine confinement raising system has led to the generation of great amount of manure which must have a sustainable destination. Hog production is considered to be an activity with a high level of pollution due to its residue (manure) characteristics. This research was developed to evaluate the influence of the effects of swine manure on the recovery of physical properties of a Red Latosol. The experiment was installed in a typical dystrophic Red Latosol, medium texture, under degraded pasture of *Brachiaria decumbens* sp, located in Uberlândia, Triângulo Mineiro, state of Minas Gerais. Treatments studied were as follows: no application of fertilizers; 79.37 m³ ha⁻¹, 158.73 m³ ha⁻¹; 238.10 m³ ha⁻¹ and 317.46 m³ ha⁻¹ of swine manure, equivalent to 0; 50; 100; 150 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅. The applications were carried out in November 2005 and the soil was sampled in three distinct times, January, (starting of the rainy season), March (rainy season) and August (dry season), with 60, 120 and 270 days after the distribution of the manure, respectively at the soil depths of 0 to 20 and 20 to 40 cm and it was analyzed the physical attributes: clay dispersion in water, degree of flocculation, soil density, total porosity, soil macro and micro pores, soil resistant to penetration and stability of aggregates in water. The physical attributes of the soil were influenced by the manure applications and the times and depths of distribution were determinants of the magnitude of the modifications. Clay dispersion content in water had a tendency to decrease as the manure dosage increased. On the other hand, there was a raise in the level of flocculation and stability of the aggregates in water as the doses of manure was increased. Soil density presented a negative relation with the increase of the manure doses. Total porosity, soil macro and micro porosity and soil resistance to penetration were not influenced by the manure treatments. In general with the increase of the swine manure, the physical attributes evaluated. There is potentiality for the utilization of swine manure in recovering soils of degraded pastures.

Key words: Soil physical attributes, degraded pasture and organic residues

¹Major Professor: Dr. Elias Nascentes Borges - UFU

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura brasileira exhibe indicadores de produtividade de primeiro mundo, sendo considerado o país mais promissor no crescimento da produção, devido a sua grande extensão de terra agrícola, clima e disponibilidade de recursos hídricos adequados, produção e produtividade de grãos em crescimento e qualidade genética dos animais e das culturas. Diante desse quadro, a suinocultura é uma atividade agropecuária de grande importância para o Brasil, que está expandindo de tal forma que já coloca o país entre os líderes do cenário mundial.

Por outro lado, com o desenvolvimento da suinocultura vieram também os aumentos da produção de dejetos que, quando não manejados adequadamente, como ainda ocorre em muitas propriedades do país, se transforma em grande poluidor do solo, ar, águas superficiais e subterrâneas.

Para os órgãos de controle ambiental, esta atividade está enquadrada como de grande potencial poluidor e de degradação do meio ambiente, que até a década de 70, não constituía um fator preocupante, pois, a concentração de animais era pequena e a extensão das propriedades tinha capacidade para absorver estes dejetos produzidos.

Este panorama tem induzido os diversos setores da sociedade, direta ou indiretamente envolvidos na cadeia produtiva da carne suína e na qualidade do ambiente, pertencente tanto ao governo quanto à iniciativa privada a buscar um entendimento melhor desta complexa questão que é a geração de renda e empregos sem agressão ao meio ambiente. Dentre estas, destaca-se a reciclagem através das atividades agrícolas, a qual permite que elementos minerais, substâncias de crescimento e a matéria orgânica contida nos dejetos excretados pelos animais retornem ao solo, onde servirão aos vegetais ali cultivados como nutrientes, trazendo benefícios às propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos, ao mesmo tempo em que o problema é minimizado.

Vários sistemas de produção vegetal podem ser beneficiados pela reciclagem dos dejetos de suínos. Exemplo disso são as culturas graníferas como a do milho, da soja, do trigo e a recuperação de pastagens degradadas. No entanto, para que a reciclagem seja viável, operacional e econômica tanto para a atividade geradora (suinocultura), quanto para a recicladora (cultura vegetal), faz-se necessário que os custos relativos ao tratamento, armazenamento, transporte e aplicação sejam assimilados por estes sistemas.

Para que a reciclagem agrícola seja aceita pela população, autoridades e pesquisadores, faz-se necessário que esta não gere efeitos indesejáveis como, por exemplo, a eutrofização das águas de superfície, atribuída principalmente ao carreamento pela erosão do P, N e metais pesados contidos nos dejetos, ou pelo seu escoamento para corpos d'água. Ou ainda, que a reciclagem não promova a contaminação das águas de subsuperfície, em razão da percolação de potenciais poluentes contidos nos dejetos aplicados ao solo, como os metais pesados e a matéria orgânica solúvel em água.

Em função da importância social e da grande cadeia produtiva que envolve, sendo em muitas regiões a principal atividade econômica, a produção animal não deve ser encarada como uma unidade independente e isolada, mas sim, fazer parte de um sistema em cadeia, integrando lavoura e pecuária. Neste, o dejetos gerado dentro dessas unidades de produção, deve retornar ao solo como uma forma de reciclagem, fonte de nutrientes e de condicionador do solo, possibilitando assim, incrementar a produção vegetal com redução de custos e a sustentabilidade ambiental das regiões de produção intensiva de suíno.

Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da utilização de dejetos de suínos na recuperação física de um Latossolo Vermelho textura média, na região do Cerrado, em Uberlândia, MG.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A atual expansão da suinocultura no Brasil tem como principal característica à alta concentração de animais por área, visando atender ao consumo interno e externo de carne, produtos e derivados dessa atividade. Observam-se, como consequência, possível poluição hídrica por metais pesados, alta carga orgânica e presença de coliformes fecais provenientes dos dejetos que, somado aos problemas de resíduos domésticos e industriais, têm causado sérios problemas ambientais, como a poluição dos recursos naturais renováveis, em especial os corpos de água. Esta situação exige a fixação de parâmetros e diretrizes para o descarte ou a utilização cada vez mais rigorosa por parte dos órgãos de controle ambiental ou fiscalização.

O Brasil possui clima e disponibilidade de área, com solos muito profundos, para utilização agrônômica desses dejetos. O maior desafio é, então, encontrar um modo de manejo adequado dos dejetos de suínos para a sustentabilidade das zonas de produção intensiva no Brasil, devido aos riscos de poluição das águas superficiais e subterrâneas por nitratos, fósforo e outros elementos minerais ou orgânicos (OLIVEIRA, 2002).

A poluição ambiental por dejetos é um problema que vem, nos últimos 10 anos, se agravando na suinocultura. Levantamentos têm demonstrado aumento no nível de contaminação dos rios e lençóis de água superficiais que abastecem tanto o meio rural, como o urbano. A capacidade poluente dos dejetos de suínos, em termos comparativos, é muito superior a de outras espécies. Um suíno, em média, equivale a 3,5 pessoas adultas. A causa principal da poluição é o despejo direto do esterco de suínos, sem o devido tratamento, nos cursos de água ou a céu aberto, o que acarreta poluição em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de patógenos e contaminação das águas potáveis com amônia, nitratos, fósforo entre outros elementos (PERDOMO, 1999).

Segundo Konzen (1997), dejetos de suínos podem ser compostos por fezes, urina, água desperdiçada por bebedouros e usada na higienização, resíduos de ração, pêlos, poeiras e outros materiais. Tais dejetos poderão apresentar-se em forma pastosa ou sólida. Quanto à sua composição, estes contêm matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, sódio, magnésio, manganês, ferro, zinco, cobre e ainda outros elementos que podem estar presentes nas dietas dos animais.

Os principais constituintes dos dejetos suínos que afetam as águas superficiais são os metais pesados, a matéria orgânica, nutrientes, bactérias fecais e sedimentos. Além destes fatores, as emissões de gases originados pelas transformações biológicas

dos dejetos podem causar, entre outros agravantes, prejuízos nas vias respiratórias do homem e animais, bem como, a formação de chuva ácida por meio de descargas de amônia na atmosfera, além de contribuírem para o aquecimento global da terra (LUCAS et al., 1999).

2.1 Produção de dejetos de suínos

O termo mais adequado para designar as dejeções dos animais seria o termo estrume, que compreende dejeções misturadas a restos de alimentos e palhas (CASSOL, 1999). Entretanto, sem entrar no mérito da literatura brasileira, o termo “dejetos” tem sido mais utilizado perante os pesquisadores.

A quantidade total de esterco produzido por um suíno em determinada fase do seu desenvolvimento é fundamental no planejamento das instalações de coleta e estocagem (SCHIMIT, 1995). Para um suíno que consome em média 2,4 kg de ração e 5 litros de água por dia, foi constatado que apenas 30% dos alimentos (ração e água) ingeridos são convertidos pelo organismo em forma de crescimento e ganho de peso, sendo 70% restantes eliminados pelas fezes e urina (KONZEN et al., 1997). No caso do fósforo, Barnett (1994) encontrou que 77% do fósforo ingerido foram excretados no dejetos.

TABELA 1 – Exigência de água dos suínos, de acordo com a fase do ciclo de produção

Categoria / Peso Vivo	Exigência em água: l dia ⁻¹ suíno ⁻¹	
	Temperatura Ambiente 22°C	35°C
Leitão: 5kg	0,7	1,0
10kg	1,0	1,4
20kg	2,0	3,5
Suíno: 25 a 50kg	4,0 – 7,0	10,0 – 15,0
50 a 100kg	5,0 – 10,0	12 – 18,0
Matrizes desmamadas; porca em gestação	8,0 – 12,0	15,0 – 20,0
Matrizes ao final da gestação e cachaços	10,0 – 15,0	20,0 – 25,0
Matrizes em lactação	15 + 1,5 x NL	25 + 1,8 x NL

NL = número de leitões

Fonte: Embrapa (1998), adaptado de Tobias (2002).

Nesse sentido pode-se inferir que a quantidade de dejetos produzidos por um animal depende essencialmente da sua alimentação, da água desperdiçada nos bebedouros, volume de água utilizado na higienização das instalações e dos animais,

desempenho dos animais, ganho de peso e da eficiência de transformação dos nutrientes (LATIMINER 1993; OLIVEIRA 1994; PENZ, 2000). Em termos gerais, cada litro de água ingerido por suínos resulta em 0,6 litro de dejetos (OLIVEIRA 1995).

A quantidade de dejetos líquidos produzidos por suíno varia de 7 a 9 litros dia⁻¹, para animais nas fases de crescimento e terminação. A produção de esterco sólido por suínos na fase de crescimento/terminação (25 a 100 kg) é de 2,3 kg dia⁻¹ correspondente a 7 litros dia⁻¹ de dejetos líquidos. O mais agravante ocorre em matrizes em lactação que produzem 6,4 kg dia⁻¹ de esterco, mas o total de dejetos líquidos produzidos é de 27 litros matriz⁻¹ dia⁻¹, conforme Tabela 2 (OLIVEIRA, 1994; KONZEN et al., 1997).

TABELA 2 – Produção média diária de dejetos nas diferentes fases produtivas dos suínos

Categoria	Esterco kg dia ⁻¹	Esterco + Urina kg dia ⁻¹	Dejetos líquidos litros dia ⁻¹
Suínos 25 a 100 kg	2,30	4,90	7,00
Porcas em gestação	3,60	11,00	16,00
Porcas lactação + leitões	6,40	18,00	27,00
Cachaço	3,00	6,00	9,00
Leitões na creche	0,35	0,95	1,40
Média	2,35	5,8	8,60

Fonte: Oliveira, 1994.

2.2 Caracterização dos dejetos de suínos

Segundo Chateaubriand (1988), os dejetos de suínos apresentam grandes variações nas composições mineral e orgânica, dependendo do tipo de exploração, da alimentação dos animais e da forma como os dejetos são manuseados e armazenados. Em relação aos dejetos sólidos e, mais precisamente, em comparação com fertilizantes minerais, observou-se que eles apresentam menores concentrações de nutrientes totais.

Estudos realizados com 118 amostras de dejetos coletados em oito dos principais municípios produtores de suínos de Santa Catarina por Scherer et al. (1995) constataram que o maior problema foi o desperdício de água na criação e outros problemas de construção civil, onde a água do telhado entrava diretamente nas canaletas de coleta dos dejetos. Para diluir ainda mais os dejetos, 76% das esterqueiras amostradas não continham telhado, resultando que 50% das amostras analisadas continham menos de 2% de matéria seca, sendo que a média final de matéria seca foi de 3%. Em um estudo semelhante no estado da Pennsylvania – EUA, Kleinman et al. (2005) constataram em

140 amostras de dejetos animais que 85% das amostras de dejetos líquidos de suínos continham menos de 10% de matéria seca, sendo 8% de média de todas as categorias de animais.

TABELA 3 – Composição química média dos dejetos suínos obtidos em Unidade do sistema de Tratamento de Dejetos da Embrapa, Concórdia-SC.

Variável	Mínimo (mg/L)	Máximo (mg/L)	Média (mg/L)
DQO	11.530,2	38.448,0	25.542,9
Sólidos totais	12.697,0	49.432,0	22.399,0
Sólidos voláteis	8.429,0	39.024,0	16.388,8
Sólidos fixos	4.268,0	10.408,0	6.010,2
Sólidos Sedimentáveis	220,0	850,0	428,9
Nitrogênio total	1.660,0	3.710,0	2.374,3
Fósforo total	320,0	1.180,0	577,8
Potássio total	260,0	1.140,0	535,7

Fonte: Silva (1996)

De modo geral, as amostras com baixo teor de matéria seca têm uma baixa concentração de nutrientes, o que diminui seu valor fertilizante. Observou-se que cerca de 38% das amostras de esterco tinham menos de 5 kg m⁻³ de nutrientes e, o que é mais preocupante, 27% do total das amostras apresentaram menos de 3 kg m⁻³ de nutrientes e um teor de matéria seca inferior a 1%.

TABELA 4 – Conteúdo médio de nutrientes (NPK) dos dejetos de suínos, de acordo com o teor de sólidos:

Nutrientes	Sólidos	kg m ⁻³ ou kg t ⁻¹ de dejetos					
		0,72%	1,63%	2,09%	2,54%	3,46%	4,37%
Nitrogênio		1,29	1,91	2,21	2,52	3,13	3,75
P ₂ O ₅		0,83	1,45	1,75	2,06	2,68	3,29
K ₂ O		0,88	1,13	1,25	1,38	1,63	1,88
NPK		3,00	4,49	5,21	5,96	7,44	8,92

Fonte: Miranda et al. (1999). (Embrapa Suínos e Aves, Emater-SC, Epagri-SC).

2.3 O uso de dejetos como fertilizante orgânico

A utilização de dejetos como fertilizante orgânico tem sido realizada porque este contém uma série de elementos químicos prontamente disponíveis, ou após o processo de mineralização estarão disponíveis e poderão ser absorvidos pelas plantas. A substituição dos fertilizantes químicos por dejetos de suínos pode ser parcial ou total,

dependendo das condições existentes e dos propósitos do agricultor. Porém, devido a sua composição ser muito desbalanceada e variada conforme a alimentação, manejo da água, condições de armazenamento e idade dos animais (KONZEN, 1983; CHEVERRY et al., 1986; SCHERER et al., 1995; SCHIMIT, 1995; KONZEN et al., 1997) há dificuldade em se fazer uma recomendação padronizada.

A aplicação de dejetos normalmente é realizada em culturas anuais ou perenes, contudo, mais recentemente muitos agricultores optam em aplicar os dejetos em pastagem natural. Durigon et al., (2002), em um estudo com aplicação de dejetos de suínos em pastagem natural no Rio Grande do Sul, constataram que houve maior produção de matéria seca na pastagem em todas as estações do ano com a aplicação do dejetos líquido de suínos, mas os incrementos foram maiores no verão e na primavera, quando ocorre maior insolação e as temperaturas são mais altas, favorecendo o crescimento vegetativo. Nesse trabalho, a dose de $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ proporcionou aumentos de 109% na produção de matéria seca ao final de 48 meses, já com a dose de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ houve acréscimo de 155%, porém os autores relataram a possível contaminação ambiental causada pela dose $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

O aumento de produtividade com o uso de adubos orgânicos está relacionado com uma melhoria das condições químicas, físicas e biológicas do solo. Para os autores citados acima e outros esses efeitos podem ser divididos em efeitos físicos, químicos e biológicos. Os físicos são caracterizados pelas modificações na estrutura do solo, pelo aumento da capacidade de retenção de água e pela manutenção de temperaturas mais amenas. Os efeitos químicos são aumentos da capacidade de troca catiônica, aumento do poder tampão, formação de compostos orgânicos como quelatos e, evidentemente, como fonte de nutrientes. Já os efeitos biológicos seriam através da intensificação da atividade microbiana e enzimática do solo (KIEHL, 1985).

Edwards e Daniel (1993) compararam, em área de pastagem, esterco de aves e esterco de suínos, os efeitos sobre o escoamento superficial com chuva simulada de 50 mm h^{-1} . Constataram que o escoamento superficial nas parcelas com aplicação de esterco líquido de suíno foi três vezes maior que a observada com aplicação de esterco de aves e na testemunha. Para os autores, isso pode ser atribuído à adição de água via dejetos e ao selamento da superfície do solo (hidrofobia) pelas finas partículas contidas no dejetos líquido de suíno.

Por outro lado, aspectos positivos da utilização de dejetos de suínos são relatados quanto à diminuição nas perdas de sedimento (BUNDY et al., 2001; ANDRASKI et al.,

2003; GESSEL et al., 2004). No experimento desenvolvido por Bundy et al., (2001), com uso de dejetos, houve uma redução de 60% no volume escoado e uma diminuição de 76% nos sedimentos.

Segundo Leiros et al. (1996), logo após a aplicação do chorume num solo degradado observou-se um rápido aumento na cobertura do solo, favorecendo o aparecimento de espécie nativa, assim como uma melhoria nas suas propriedades físicas e químicas do solo, que em conjunto beneficiaram a infiltração de água.

Segundo Oliveira (1993), o acúmulo de fósforo e potássio pelo uso de grandes quantidades de dejetos de animais, por longos períodos, pode causar desbalanço de nutrientes, como é o caso do sintoma de deficiência de magnésio em plantas, devido ao excesso de potássio no solo. Contudo, estes efeitos só se apresentam após décadas de aplicação contínua de resíduos orgânicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental e caracterização climática da região

Foi conduzido um experimento de campo sob pastagem, em área representativa do agronegócio nacional, na Fazenda Caminho das Pedras, localizada na Rodovia 365, km 657,5, município de Uberlândia, MG entre os paralelos 18°52'11,3" e 18°51'58,8" de latitude sul e os meridianos 48°33'08" e 48°33'06,8" de longitude a oeste de Greenwich a uma altitude média de 800 metros. O clima predominante, segundo classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw, que se caracteriza como clima tropical chuvoso, megatérmico, com inverno seco.

A precipitação pluviométrica mensal e a temperatura média para a região, no período de outubro de 2005 a outubro de 2006, estão representados, respectivamente, nas Figuras 2 e 3. Observa-se que a precipitação total para o período, foi de 1.879,85 mm, distribuída irregularmente e concentrada nos meses de janeiro, fevereiro, março e início de abril.

A temperatura e precipitação pluviométrica total para a região foram coletadas na estação meteorológica da Fazenda Canadá (Grupo ABC A & P), a mais próxima da área experimental, distante 10 km.

3.2 Caracterização da área experimental e do solo

A área experimental apresenta topografia suave ondulada, com classe de nível "B". O solo é um Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média (EMBRAPA, 1999). A fazenda mantém as atividades de avicultura de corte no sistema intensivo e bovinocultura no sistema extensivo. A cobertura vegetal de *Brachiaria decumbens* sp. foi formada pela retirada do Cerrado, há aproximadamente 12 anos e apresentava, no início da pesquisa, sinais de degradação, com a presença de plantas invasora e baixa cobertura vegetal. Anteriormente à instalação do experimento (novembro de 2003) foram coletadas amostras de solo da área experimental, para a caracterização química e física (Tabelas 5 e 6).

Os trabalhos de pesquisa iniciaram-se na área em 2003, utilizando-se na época as dosagens de dejetos de suínos, sendo D0= (Testemunha com zero de resíduo), D1= 60,00 m³ ha⁻¹, D2= 120,00 m³ ha⁻¹, D3= 180 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos e D4= 120,00 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos mais 80 kg ha⁻¹ de uréia, 100 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio e 280 kg ha⁻¹ de superfosfato simples.

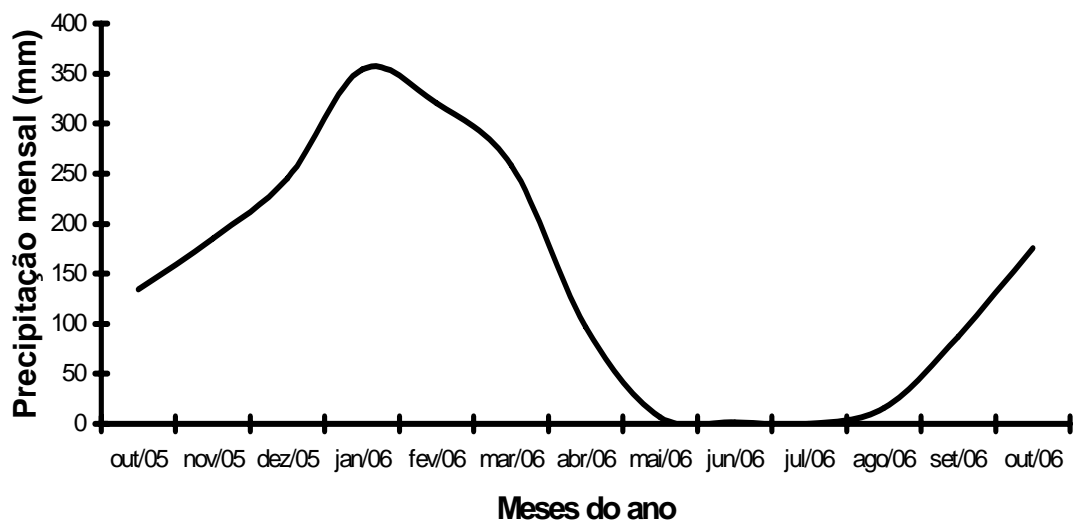


FIGURA 2 – Distribuição pluviométrica média mensal no período de outubro de 2005 a outubro de 2006, para a região de Uberlândia, MG.

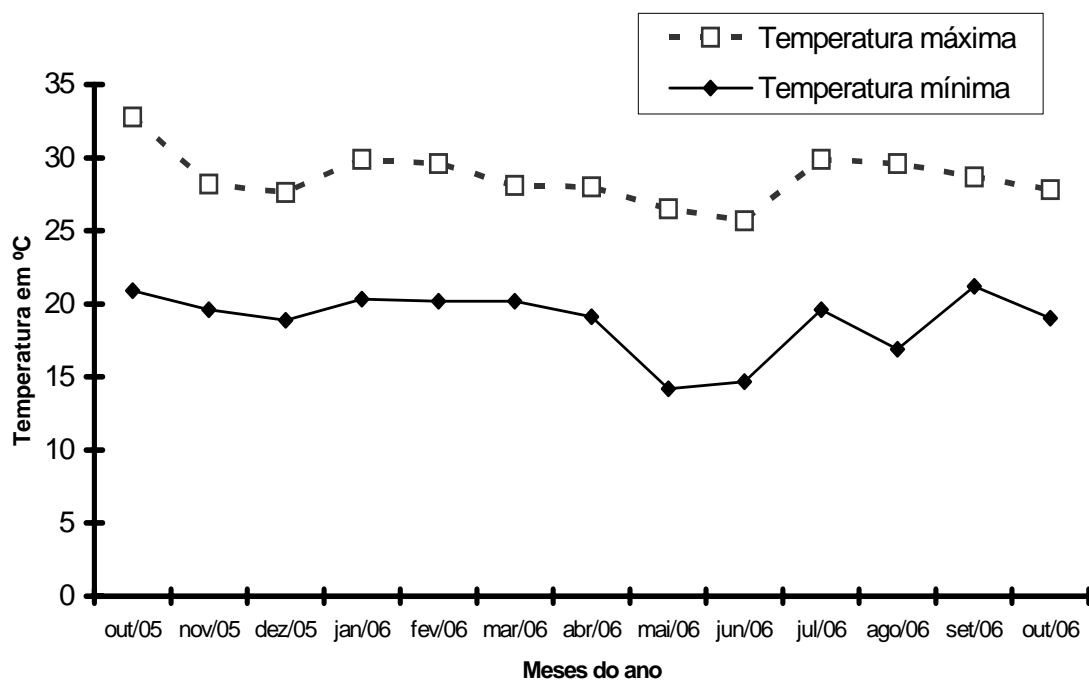


FIGURA 3 – Temperatura média mensal no período de outubro de 2005 a outubro de 2006, para a região de Uberlândia, MG.

TABELA 5 – Caracterização química (macronutrientes) do solo da área experimental, em Uberlândia, MG, amostrado nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em novembro de 2003.

Prof.	PH	P	K	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	V	m	MO
	H ₂ O												
Cm	1:2,5	-mg dm ⁻³ -					cmol _c dm ⁻³				----%----		g kg ⁻¹
0-20	5,8	1,6	27,3	0,1	0,8	0,2	2,6	1,2	1,3	3,7	30,7	14,3	15,3
20-40	5,5	0,9	27,0	0,3	0,3	0,1	2,6	0,5	0,8	3,1	15,0	39,0	8,00

Prof= profundidade, P, K= (HCL 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,025 mol L⁻¹); Al, Ca, Mg = (Kcl 1 mol L⁻¹); SB = Soma de base; t = CTC efetiva; T = CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases e m = saturação por alumínio.

TABELA 6 – Caracterização química de micronutrientes e física do solo da área experimental, em Uberlândia, MG, amostrado nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, em novembro de 2003.

Prof.	B	Cu	Fe	Mn	Zn	S-SO ₄	Areia	Areia	Silte	Argila	Dp
							Fina	Grossa			
cm											
							g kg ⁻¹				g cm ⁻³
0-20	0,3	0,6	36,7	6,4	0,3	2,3	561,7	239,6	33,7	165,0	2,78
20-40	0,3	0,6	30,0	5,8	0,2	7,0	511,9	259,9	38,4	189,8	2,85

Prof= Profundidade; B= [BaCl₂ 2H₂O a 0,125% à quente]; Cu, Fé, Mn, Zn = [DTPA 0,005M + CaCl 0,01M + TEA 0,1M a pH 7,3]; S-SO₄ = Ca (H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹. Granulometria = Método da pipeta e Dp (densidade de partículas) segundo Embrapa (1997).

3.3 Caracterização do resíduo utilizado

Foram utilizados resíduos orgânicos, provenientes da criação intensiva de suínos nas fases de gestação e maternidade, denominadas de dejetos da suinocultura. O dejetos da suinocultura foi retirado na Fazenda Xapetuba, Uberlândia, MG, após a passagem pelo processo da biodigestão.

Na ocasião da distribuição do dejetos de suinocultura, foram coletadas 16 sub amostras de dejetos homogêneos para análise físico-química, conforme resultado apresentado na Tabela 7.

3.4 Condução do experimento

As atividades experimentais nesta área com aproximadamente 10 ha iniciaram-se em novembro de 2003 com a dissertação de mestrado de Costa (2005). Os dados para esta pesquisa foram obtidos durante o período de novembro de 2005 a outubro de 2006.

A aplicação dos resíduos foi realizada no mês de novembro de 2005. Após as aplicações, a pastagem passou por um período de diferimento, por 120 dias. Este

período foi necessário para que os dejetos orgânicos provenientes da suinocultura, aplicado superficialmente, fossem mineralizados, de modo a evitar possíveis presenças de resíduos patogênicos sob forragem. O retorno do pastejo animal ocorreu no início de maio de 2006, com uma lotação de 0,90 UA ha⁻¹.

TABELA 7 – Caracterização química e físico-química dos dejetos de suínos utilizado no experimento em Uberlândia, MG, em novembro de 2005.

Determinação	Umidade natural
pH em CaCl ₂ 0.01 mol L ⁻¹	7,40
Matéria orgânica total (%)	32,4
Relação C/N	28/1
Nitrogênio total (mg L ⁻¹)	732
Fósforo (P ₂ O ₅) total mg L ⁻¹	630
Potássio (K ₂ O) total mg L ⁻¹	362
Cálcio (Ca) mg L ⁻¹	230
Magnésio (Mg) mg L ⁻¹	103,3
Manganês (Mn) mg L ⁻¹	5,418
Cobre (Cu) mg L ⁻¹	5,208
Zinco (Zn) mg L ⁻¹	14,92
Ferro (Fe) mg L ⁻¹	12,4
Boro (B) mg L ⁻¹	1,24
Sódio (Na) mg L ⁻¹	98
Sólidos totais mg L ⁻¹	5.046,0

Análise realizada no laboratório da UNESP, Jaboticabal-SP

3.5 Tratamentos e delineamento estatístico

As dosagens de dejetos de suínos aplicadas no solo foram determinadas com base no teor de fósforo, por ser este um dos nutrientes mais limitantes ao desenvolvimento das gramíneas, principalmente em solos degradados. O cálculo foi elaborado de acordo com o teor de fósforo (P₂O₅) total (630 mg L⁻¹) obtido pela análise química e físico-química dos dejetos de suínos (Tabela 7) e buscando agregar no solo, através das dosagens do resíduo, o equivalente a D0= (Testemunha, zero de resíduo), D1= (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅), D2= (100 kg ha⁻¹ de P₂O₅), D3= (150 kg ha⁻¹ de P₂O₅) e D4= (200 kg ha⁻¹ de P₂O₅). Com base nesta proposta, as dosagens utilizadas foram:

- D0- zero de resíduos (Testemunha)
- D1- 79,37 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos;
- D2- 158,73 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos;
- D3- 238,10 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos;
- D4- 317,46 m³ ha⁻¹ de dejetos de suínos.

As aplicações foram realizadas a lanço, sobre a superfície do solo, utilizando-se um distribuidor de fertilizantes líquidos com capacidade para 3.000 litros acoplado ao trator.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 5 x 2 x 3, com 4 repetições, e parcelas com dimensões de 25 x 10 m e área útil de 15 x 10 m, sendo que foram demarcadas ao acaso. O primeiro fator corresponde à testemunha (com zero de resíduo) mais as quatro doses de dejetos de suínos (79,37, 158,73, 238,10 e 317,46 m³ ha⁻¹), o segundo fator as duas profundidades amostradas (0 a 20 e 20 a 40 cm) e o terceiro fator as três épocas de amostragem e determinação após a distribuição do dejetos (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro, 120 dias, período chuvoso, mês de março e 270 dias, período seco, mês de agosto).

3.6 Coleta de amostras e análises realizadas

As determinações de campo e as amostragens de solo foram feitas nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, em três épocas distintas, após a aplicação dos dejetos de suínos, no ano de 2006. A primeira amostragem foi realizada no mês de janeiro, aos 60 dias após aplicação do dejetos (início do período chuvoso), a segunda amostragem foi realizada em março, aos 120 dias (período chuvoso) e a terceira amostragem foi realizada em agosto, aos 270 dias após a aplicação do dejetos na área (período da seca). A amostragem realizada em três épocas distintas visou detectar possíveis influências das condições climáticas regionais sobre as alterações dos dejetos e do solo.

Foram realizadas determinações físicas de resistência do solo à penetração, utilizando o penetrômetro de impacto, conforme metodologia apresentada por Stolf (1991). As amostragens de solo foram realizadas para análises dos seguintes atributos físicos do solo: argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo,

porosidade total do solo, macro e microporosidade do solo e estabilidade de agregados por via úmida, de acordo com metodologia proposta pela Embrapa (1997).

3.6.1 Argila dispersa em água

Para a determinação da argila dispersa em água (ADA), acondicionaram-se 10 g de terra fina seca a estufa (TFSE), em um copo plástico com 50 mL de água destilada. O material foi colocado sob agitação, com rotação de 220 rpm, em um agitador horizontal, por um período de 12 horas. Após o período, a amostra foi passada por peneira de 0,053 mm, tendo como suporte um béquer de 500 mL, descartando-se a areia que ficou retida na peneira e transferindo a suspensão, contendo silte e argila, do béquer para uma proveta de 1000 mL. O volume da proveta foi completado com água destilada até o aferimento da mesma. Agitou-se a suspensão por um minuto com auxílio de uma haste, esperaram-se quatro horas e coletou-se uma alíquota de 25 mL, na profundidade de 5 cm, com auxílio de uma pipeta automática, acondicionando-a em cápsulas de porcelanas previamente identificadas. As amostras foram levadas à estufa a 105°C, por 24 horas. Posteriormente, foram colocadas em um dessecador para resfriamento e pesadas para determinação do teor de argila dispersa em água, expressa em g kg^{-1} e calculada conforme a expressão 1:

$$AD = A \times 4000 \quad (1)$$

Em que:

AD = argila dispersa em água, em g kg^{-1} ;

A = massa de argila, em g;

4000 = fator de correção para 1000 g de solo.

3.6.2 Grau de flocculação

O grau de flocculação representa a relação entre o teor de argila naturalmente dispersa em água (ADA) e o teor de argila total, obtido por meio da dispersão total. Isso permite inferir sobre o teor de argila que se encontra flocculada no solo e pode ser determinada conforme a expressão 2:

$$GF = \frac{100(a-b)}{a} \quad (2)$$

Em que:

GF = grau de flocculação, em %;

a = argila total, em g kg⁻¹;

b = argila dispersa em água, em g kg⁻¹.

3.6.3 Densidade do solo

A determinação da densidade do solo (Ds) foi realizada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997), utilizando amostras indeformadas retiradas com amostrador tipo Uhland e anel de aço de Kopecky de bordas cortantes, com volume interno de 80 cm³. Com o auxílio de um enxadão, a área foi limpa e retirada uma camada superficial do solo, a fim de que o anel fosse colocado ao centro da camada do solo, nas profundidades amostradas (0 a 20 e 20 a 40 cm), de forma a obter uma amostra representativa da camada amostrada. O anel de aço foi introduzido no solo com auxílio do amostrador tipo Uhland até o preenchimento total do anel. O excesso de solo foi removido com o auxílio de uma faca cortante para nivelamento das bordas inferiores e superiores do anel. Posteriormente à coleta, as amostras foram revestidas com gaze e presas com um elástico. No laboratório, o anel contendo o solo foi levado a estufa, a 105°, por aproximadamente 48 horas, até peso constante. Após esse período, as amostras foram pesadas e determinadas a densidade do solo (Ds) por meio da expressão 3:

$$Ds = \frac{Ms}{Vt} \quad (3)$$

Em que:

Ds = densidade do solo, em g cm⁻³;

Ms = massa seca da amostra de solo, a 105°C, em g;

Vt = volume do anel, em cm³.

3.6.4 Porosidade total do solo

A porosidade total (Pt) está relacionada com o volume de poros totais do solo ocupado por água e, ou, ar. A sua quantificação foi realizada por meio da soma dos valores médios obtidos para a macroporosidade (Anexo 9A) mais a microporosidade do solo (Anexo 10A). Por meio da expressão 4, obteve-se a porosidade total do solo.

$$Pt = MiP + MaP \quad (4)$$

Em que:

Pt = porosidade total, em %;

MiP = microporosidade, em %;

MaP = macroporosidade, em %.

3.6.5 Microporosidade do solo

Para estudo da microporosidade do solo (MiP), foram utilizadas amostras indeformadas retiradas com amostrador tipo Uhland e anel de aço de Kopecky de bordas cortantes, com volume interno de 80 cm³ (EMBRAPA, 1997), conforme descrição para densidade do solo. No laboratório, essas amostras, depois de saturadas com água durante aproximadamente 12 horas, foram colocadas em placas de cerâmica de 0,1 MPa (previamente saturadas) e submetidas à sucção no aparelho extrator de Richards a 0,006 MPa. Segundo Embrapa (1997), este valor de sucção drena a água dos poros com calibre maior de 0,05 mm, considerado limite entre macro e microporos. Após cessar a drenagem das amostras, neste valor de sucção, o anel contendo o solo foi levado para estufa calibrada a 105°C, por um período de 24 horas, até obter peso constante, determinando-se a seguir a MiP, através da expressão 5:

$$MiP (\%) = [(B-D-E) / C] \times 100 \quad (5)$$

Em que:

MiP = Microporosidade do solo, em %;

B = peso da amostra drenada, em g;

D = peso da amostra seca a estufa, a 105°C, em g;

E = peso do anel, em g;

C = volume do anel, em cm³.

3.6.6 Macroporosidade do solo

O cálculo da macroporosidade do solo (MaP) permite avaliar o volume do solo ocupado por poros com diâmetro maior que 0,05mm, dado pela diferença entre a porosidade total e o volume de microporos obtidos através da expressão 6, conforme metodologia acima descrita e preconizados pela Embrapa (1997).

$$\text{MaP (\%)} = [(A-B-E) / C] \times 100 \quad (6)$$

Em que:

A = peso da amostra saturada, em g;

B = peso da amostra drenada a uma pressão de 0,006 MPa, em g;

E = peso do anel, em g;

C = volume do anel, em cm³.

3.6.7 Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração foi avaliada nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, utilizando-se de um penetrômetro de impacto, conforme modelo proposto por Stolf (1991), ilustrado na figura abaixo. Os dados de campo foram obtidos em número de impactos dm⁻¹ necessários para atravessar as camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm e os valores transformados em kgf cm⁻², pela calibração do penetrômetro com base na fórmula de transformação da unidade prática de resistência N (impactos dm⁻¹) em kgf cm⁻², descrita por Stolf (1991), conforme dedução e expressão 7.

O penetrômetro de impacto utilizado neste trabalho possui as seguintes características: massa do embolo que produz o impacto (M) = 3,542 kg (Mg = 3,542 kgf); massa do restante do conjunto (m) = 3,097 kg (mg = 3,097 kgf); altura de queda do embolo (h) = 40,00 cm; diâmetro da agulha de cone conforme padrão ASAE (1976), A = 1,29 cm²; (M+m)g = 6,639 kgf; [M/(M+m)] = 0,534; aceleração da gravidade (g) = 1 cm² s⁻¹; e N é o número de impactos por decímetro = [Nº de Impactos/Profundidade (cm)] x 10. Utilizando-se a expressão nº 7, obteve-se R (kgf cm⁻²) = 5,146 + 5,864 N.

$$R = \frac{(M + m).g}{A} + \frac{f.M.g.h}{10.A} . N \quad (7)$$

Em que:

R = resistência do solo à penetração, em (kgf cm⁻²);

M = massa que provoca o impacto, em kg;

m = massa dos demais componentes do penetrômetro excluída a de impacto, em kg;

A = área de base do cone, em cm²;

f = fração da energia restante para promover a penetração, obtida pela relação M/(M+m);

g = aceleração da gravidade, 1 cm² s⁻¹;

h = altura de queda da massa que provoca o impacto, em cm;

N = número de impactos por dm;

O dados de resistências do solo à penetração, obtidos em kgf cm⁻², foram multiplicados pela constante 0,0980665, para transformação em unidade de MPa, conforme Arshad et al. (1996), obtendo-se a R (MPa) = 0,0980665 x kgf cm⁻².

3.6.8 Estabilidade dos agregados em água

A estabilidade dos agregados foi determinada por via úmida, conforme metodologia proposta pela Embrapa (1997), utilizando-se um aparelho de oscilação vertical, proposto por Yoder (1936), sendo processadas de acordo com os procedimentos abaixo descritos.

Conforme a metodologia proposta, foram utilizados dois jogos de peneiras de 13 cm de diâmetro, com aberturas de malha de 2,0 mm, 1,0 mm, 0,5 mm e 0,25 mm, sobrepostas nessa ordem, que receberam as amostras de solo. O nível da água foi ajustado no recipiente do aparelho oscilador, de forma que atingisse uma amplitude de 4 cm e uma frequência de 32 oscilações por minuto.

Das amostras preparadas e peneiradas, tomou-se a amostra de 25 gramas em triplicidade, sendo a primeira amostra colocada em estufa a 105 °C e por 24 horas, para a determinação da umidade das amostras e para correção posterior das massas das alíquotas. As outras duas amostras foram colocadas na parte superior de um conjunto de peneira de 13 cm de diâmetro, na seguinte ordem: 2,0 mm; 1,0 mm; 0,50 mm e 0,25

mm de abertura de malha. Ajustou-se o nível de água no recipiente do aparelho de oscilação vertical (YODER, 1936), de modo que a oscilação vertical atingisse uma amplitude de 4 cm. Posteriormente, ajustou-se o aparelho de oscilação vertical em uma frequência de 32 oscilações por minuto, pelo período 4 minutos. Na seqüência, os suportes contendo os jogos de peneiras foram retirados e as frações retidas em cada peneira foram transferidas para latas de alumínio, com o auxílio de uma pisseta, que foram colocadas em estufa, a 105° C, por 24 horas. Calculou-se a proporção de agregados retidos em cada peneira, expresso na seguinte ordem: 4-2; 2-1; 1-0,5 e de 0,5 e 0,25 mm, conforme a expressão 8:

$$PA = \frac{MAC \times 100}{MAS} \quad (8)$$

Em que:

PA = proporção de agregados, em %;

MAC = massa de agregados da classe, a 105° C;

MAS = massa da amostra de solo, seca, a 105° C.

A proporção de agregados < 0,25 mm foi calculada pela expressão 9:

$$Pa = 100 - \sum Agr \quad (9)$$

Em que:

Pa = proporção de agregados < 0,25 mm;

$\sum Agr$ = somatória dos agregados das classes 4-2; 2-1; 1-0,5; e de 0,5 e 0,25 mm.

O cálculo do diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) foi feito segundo a expressão 10:

$$DMG = anti \log = \frac{\sum_{i=1}^n (Wi \times \log Xi)}{\sum_{i=1}^n Wi} \quad (10)$$

Em que:

DMG = diâmetro médio geométrico, em mm;

W_i = proporção de agregados da classe i ;

X_i = diâmetro médio da classe, em mm.

Foram determinados a percentagem de agregados do solo, a percentagem de agregados presentes nas classes de 4-2, 2-1, 1-0,5, 0,5-0,25 e < 0,25 mm e o diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG). Centrou-se, entretanto, a discussão na percentagem total de agregados, a fim de avaliar a presença de agregados verdadeiros, resistentes ao tratamento, na percentagem de agregados > 2 mm que, segundo vários autores, é a classe mais afetada pelo manejo do solo, na percentagem de agregados <0,25 mm e no DMG, por ser este um dos índices mais utilizados na avaliação da estabilidade de agregados do solo.

3.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, utilizando-se o nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste F. Os resultados para os fatores quantitativos e qualitativos (doses de dejetos de suínos e época de amostragem), cujas médias apresentaram diferenças significativas, foram submetidas à análise de regressão e teste t de Student (Bonferroni) para profundidade, sendo as equações selecionadas pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade. Para comparações entre as médias, aplicou-se o teste de Tukey, a 5%, utilizando-se do Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria dos atributos físicos do solo analisados foi influenciada pela aplicação dos dejetos de suínos. As amostragens de solo realizadas em três épocas distintas, sendo a primeira em janeiro, início do período chuvoso, aos 60 dias após a distribuição do dejetos (época 1); a segunda, fevereiro/março, período chuvoso, aos 120 dias após a distribuição do dejetos (época 2) e a terceira em final de agosto, período seco, aos 270 dias após a distribuição do dejetos (época 3), possibilitou perceber que o efeito das doses de dejetos, as condições climáticas e os atributos do solo foram muito dinâmicos ao longo deste período, diferindo significativamente entre épocas.

De modo geral, foram significativamente consideráveis as diferenças encontradas nos atributos físicos do solo, quando comparados os dejetos de suínos com a cama de frango (Capítulos 2 e 3). Em nível de campo, foi possível perceber visualmente que os tratamentos com dejetos de suínos proporcionaram maior e melhor desenvolvimento inicial da braquiária, tanto no que se refere à parte aérea, como o sistema radicular, como identificado na primeira coleta.

A diferença inicial entre os dois dejetos pode estar relacionada tanto à composição química, como ao estado dos dois dejetos, pois enquanto o dejetos de suíno encontrava-se na forma líquida, com a parte sólida já decomposta pelo microorganismo do biodigestor, a cama de frango, no estado sólido, permaneceu vários dias em contato com o solo até ser decomposta pelos microrganismos do solo.

Mesmo na segunda época de amostragem, ou seja em final de fevereiro/março, quando teoricamente toda a cama de frango já estaria decomposta, o solo tratado com o dejetos de suíno ainda se encontrava mais bem estruturado, com presença de agregados mais estáveis, raízes da braquiária com grande desenvolvimento e farta distribuição no perfil do solo, embora mais concentradas na profundidade de 0-20 cm.

4.1 Argila dispersa em água e grau de flocculação

Na análise de variância, observa-se que, para o atributo argila dispersa em água, houve significância ($p < 0,05$) para dois fatores dos três estudados (diferentes doses e profundidades de amostragem), além de interações entre os fatores diferentes épocas e profundidades. Para o atributo grau de flocculação, houve significância ($p < 0,05$) apenas para o fator dose e as interações entre os fatores diferentes doses e profundidades e diferentes épocas e profundidades de amostragem (Anexo 1A).

A argila dispersa em água é comumente usada para avaliar a susceptibilidade do solo à erosão hídrica, como exemplifica (GROHMANN; VAN RAIJ, 1977; 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; MCCARTHY; ZACHARA, 1989; SETA; KARATHANASIS, 1996).

TABELA 8 – Dados médios de teores de argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF), considerando diferentes profundidades, épocas e doses de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)
0-20	96,6133 b	33,7435 a
20-40	123,9533 a	32,0410 a
Épocas (dias)	ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)
60	113,9400 a	32,7482 a
120	112,4800 a	31,9735 a
270	104,4300 a	33,9550 a
Doses (m ³ ha ⁻¹)	ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)
0	119,3333 a	28,9000 b
79,37	114,0666 ab	29,8929 ab
158,73	109,2000 ab	34,2708 ab
238,10	106,0333 ab	34,3241 ab
317,46	102,7833 b	37,0733 a
CV 1 (%)	15,16	24,15
CV 2 (%)	18,23	36,22
Média geral	110,2833	32,8922

CV 1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV 2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A análise geral dos dados da Tabela 8 permitem observar que ocorreu maior quantidade de ADA na camada de 20 a 40 cm. Embora não tenha sido identificado diferença significativa ($p < 0,05$) entre as épocas de coleta aos 60 e 120 dias, os valores da ADA foram significativamente menores na época de coleta aos 270 dias após a aplicação do dejetos. Pode ser observado, pela Tabela 8, que ocorreu uma diminuição dos teores de argila dispersa à medida que se estendeu o período da amostragem após a aplicação do dejetos e com valor mais expressivo de queda da ADA na época da seca. A redução nos teores de argila dispersa em água implicou em um aumento no grau de floculação das argilas, resultado desejável, pois reflete em uma maior estabilidade do solo (Tabela 8).

Um atributo físico importante na avaliação da qualidade ambiental do solo é a quantidade de argila dispersa em água, pois, permite identificar a ocorrência de encrostamento superficial, adensamento subsuperficial, velocidade ou taxa de infiltração e escoamento superficial da água. Quando os macroagregados do solo, agregados maiores que 2,00 mm (OADES 1984), se quebram e, concomitantemente, os valores de argila dispersa em água aumentam, a porosidade total e a macroporosidade do solo diminuem, podendo dificultar de maneira acentuada a movimentação de água no perfil. Como consequência imediata do aumento da ADA, ocorre a redução no armazenamento da água no solo em profundidade e o menor reabastecimento do lençol freático. Pode-se afirmar, nesta situação, que aumenta ainda o runoff, reduz a quantidade de água armazenada e a evapotranspiração, com reflexo no volume e distribuição das chuvas.

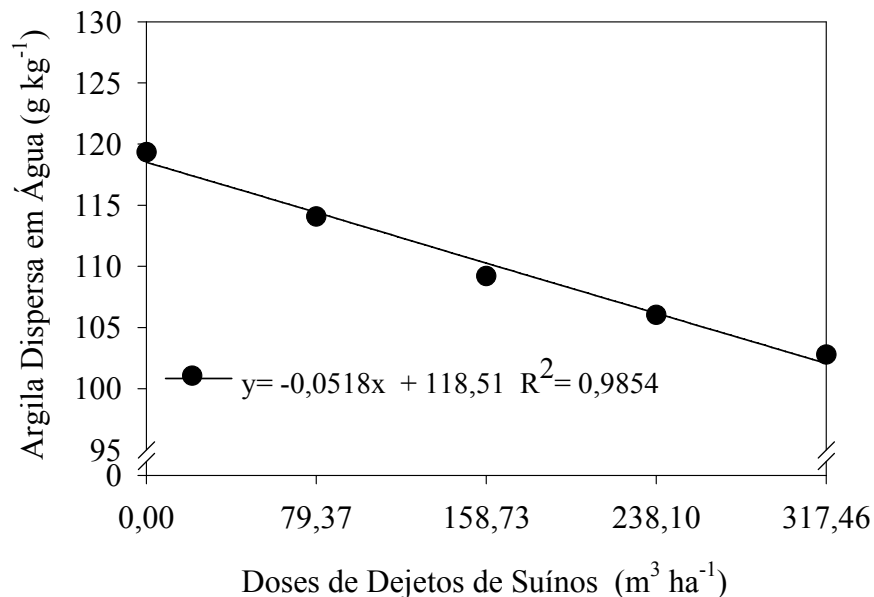


FIGURA 4 – Argila dispersa em água (ADA) de um Latossolo Vermelho, em função das diferentes doses de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

A Figura 4 permite identificar diferença significativa e linearmente decrescente da quantidade de argila dispersa em água com a aplicação de doses crescentes de dejetos de suínos. Como a quantidade de matéria orgânica no dejetos biodigerido é pequena, esta redução significativa na quantidade de ADA provavelmente pode estar associada à melhoria da fertilidade do solo, proporcionando além do melhor desenvolvimento de raízes, maior atividade biológica e, conseqüentemente, aumento da agregação das partículas, como evidenciado pelo maior grau de floculação (Tabela 8). Como este se relaciona inversamente com o teor de argila dispersa em água, observa-se uma redução

deste com o incremento nos teores de argila dispersa (Tabela 8). O balanço dispersão-floculação é influenciado pela quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo (OADES, 1988), a qual por sua vez relaciona-se com o balanço das cargas elétricas, PCZ e expansão ou contração da dupla camada difusa, fenômenos diretamente relacionados com o desenvolvimento da estrutura do solo (GOMES et al., 1994).

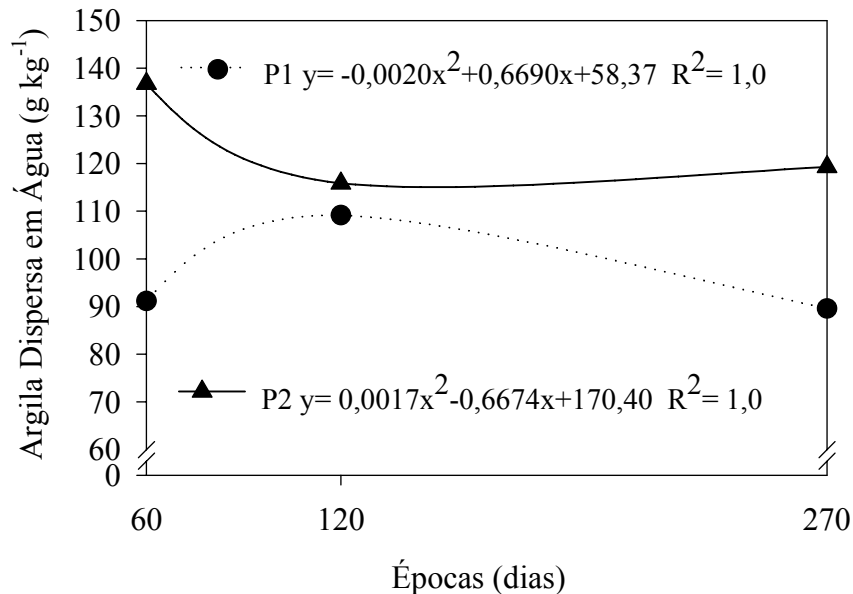


FIGURA 5 – Argila Dispersa em água (ADA) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

O desdobramento de época de amostragem em cada profundidade estudada (0 a 20 e de 20 a 40 cm) permite observar que a quantidade de argila dispersa em água apresenta, para cada profundidade, pontos de inflexão opostos (Figura 5). Na profundidade de 0-20 cm, a máxima quantidade de argila dispersa acontece próximo aos 115 dias após a aplicação do dejetos, com valores decrescentes após esta época, atingindo o mínimo aos 270 dias após a aplicação. Já na profundidade de 20 a 40 cm, a quantidade de argila dispersa em água diminui até 120 dias após a aplicação, para a partir daí aumentar de modo mais suave do que na profundidade de 0 a 20 cm. Detalhe importante que pode ser visualizado na Figura 5 é que a quantidade de argila dispersa foi significativamente maior na profundidade de 20 – 40 cm, refletindo, possivelmente, o efeito do menor aporte de matéria orgânica, bem como a menor atividade biológica nesta camada.

Paralelamente, o grau de floculação das argilas, mesmo não havendo diferença significativa ($p>0,05$) no desdobramento de dose dentro do nível de profundidade de 0 a 20 cm, foi superior em comparação a profundidade de 20 a 40 cm (Figura 6). A maior agregação do solo na camada superficial esteve relacionada ao maior aporte de raízes da braquiária, as quais promoveu maior agregação das partículas pelo efeito mecânico e provavelmente devido à ação de ânions orgânicos produzidos pela decomposição da matéria orgânica e por exsudados de raízes (OADES, 1984).

Estes resultados diferem dos obtidos por Andreola (1996) que observou um decréscimo dos valores de argila dispersa em água para as camadas subsuperficiais, em relação à superfície. Contudo, são concordantes com os valores obtidos por Araújo et al. (2004) que observaram menor teor nas primeiras camadas e aumento gradativo deste em profundidades, para quatro diferentes manejos estudados (mata natural, mata recém-queimada, cultivo de pupunha e pastagem) e por Pelá et al. (2004) que analisando a agregação de um Latossolo Vermelho, em função da adubação orgânica e mineral, observaram, na média geral dos tratamentos, uma tendência de aumento de argila dispersa em água com o aumento da profundidade.

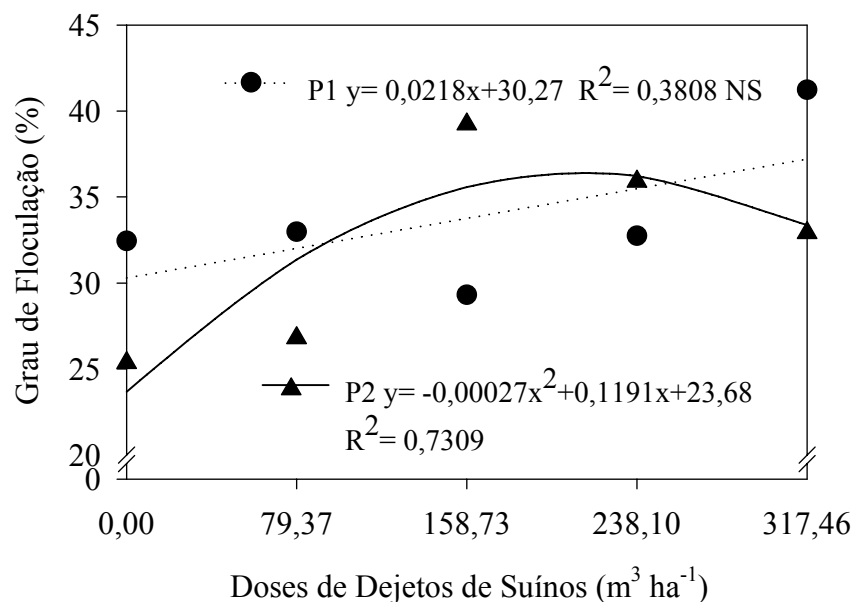


FIGURA 6 – Grau de Floculação (GF) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das doses de dejetos de suínos; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Como a interação época da amostragem versus profundidade de estudos foi significativa a $P < 0,05$, procedeu a interpretação do grau de floculação, em função da época de amostragem, após aplicação do dejetos e em cada profundidade estudada (Figura 7). Percebe-se, por esta figura, que na camada superficial do solo, ou seja de 0 a 20 cm o grau de floculação foi quadraticamente decrescente até aos 120 dias após aplicação do dejetos de suíno, e, a partir daí, crescente até aos 270 dias. Na profundidade de 20 a 40 cm, o comportamento do GF apresentou tendência oposta, ou seja, foi crescente até aos 120 dias e, a partir deste período, decresceu de forma quadrática, de modo que aos 270 dias após a aplicação do dejetos o GF, nas duas profundidades foi bastante semelhante. De uma maneira geral, pode-se afirmar que essa característica foi semelhante ao da ADA e que as causas para se ter o comportamento da ADA (Figura 5) são as mesmas para justificar o comportamento das curvas ajustadas para o GF (Figura 7).

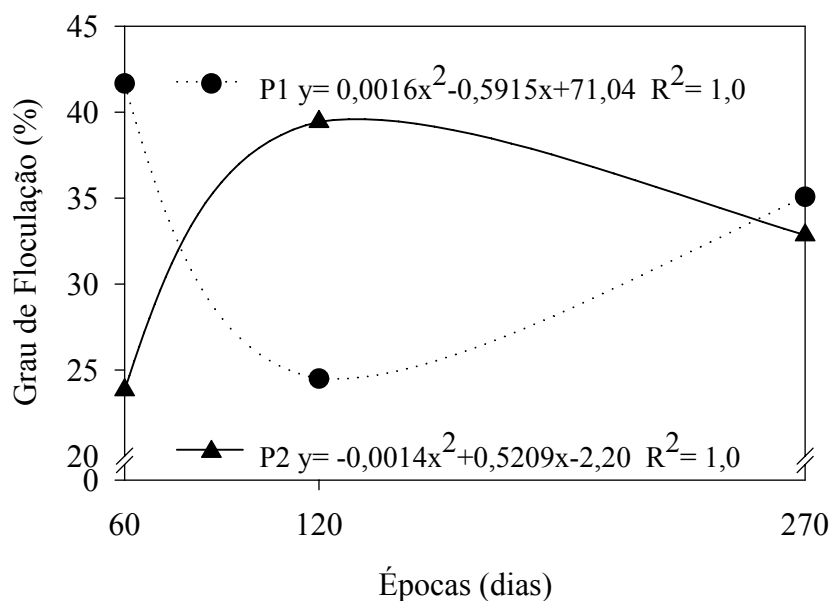


FIGURA 7 – Grau de Floculação (GF) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Bertsch e Seaman, (1999) afirmam que quando a argila estiver dispersa na água, suas cargas poderão estar parcialmente neutralizadas pela dipolaridade da água. Neste caso, a mobilidade em profundidade desta argila dispersa pode ser elevada, justificando inclusive a existência de gradiente textural em alguns tipos de solos. Ligado a esta argila

dispersa pode ocorrer a movimentação de diversas substâncias ionizáveis, por distâncias imprevisíveis. As funções do solo no ambiente, como filtragem da água percolante, imobilização e transformação de substâncias, são bastante dependentes do estado de agregação dos solos. Conseqüentemente, a desagregação e a dispersão de argila são processos que causam grandes impactos ambientais, já que o rompimento de agregados pode liberar, além da argila dispersa em água, nutriente (MOURA FILHO; BUOL, 1976).

Segundo Schaefer et al. (2002), com o impacto das gotas de chuva na superfície do solo, ocorre à quebra mecânica dos agregados, resultando na formação de uma camada adensada na superfície do solo, o selamento superficial. Conforme Agassi et al. (1985), a formação do selamento superficial deve-se a dois mecanismos: (1) fragmentação física dos agregados do solo e seu adensamento; (2) dispersão físico-química e migração das partículas de argila para a região de 0,1 a 0,5 m de profundidade, onde se alojam, obstruindo os poros. O primeiro mecanismo predomina e é determinado pela energia cinética das gotas. O segundo é controlado principalmente pela concentração e composição de cátions no solo e pela aplicação de água. Os dois mecanismos atuam simultaneamente e o primeiro pode incrementar o segundo.

Valores maiores no grau de floculação foram verificados na camada superficial do solo (0 a 20 cm), provavelmente devido à contribuição da matéria orgânica contida no dejetos de suíno. Silva et al. (2000) observaram maiores valores do índice de floculação na camada superficial, em solo sob floresta nativa, seguida pelos do plantio direto. Essa diferença pode ser atribuída ao manejo dado ao solo antes do reflorestamento com *Pinus*, onde houve um revolvimento do solo, que possivelmente alterou os valores do grau de dispersão. De acordo com Silva et al. (2000), estes resultados estão relacionados com os maiores teores de matéria orgânica e formas de Fe. A matéria orgânica age como condicionador do solo mediante sua estrutura complexa e longa cadeia de carbono, agregando partículas minerais. Além das estruturas complexas, a maior parte da matéria orgânica do solo é pouco molhável, protegendo os agregados contra o umedecimento e a quebra (HÉNIN et al., 1976). Sabe-se que a maior parte da fração orgânica no solo é estável e chamada de fração húmica (FASSBENDER, 1980), que irá formar agregados estáveis e persistentes no solo (TISDAL; OADES, 1982).

4.2 Densidade do solo

Pela análise de variância, observa-se (Anexo 1A) que houve significância ($p < 0,05$) apenas para um dos três fatores estudados (diferentes épocas de amostragem), bem como para a interação entre época e profundidade.

TABELA 9 – Dados médios de densidade do solo (DS), considerando diferentes profundidades, épocas e doses de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	DS (g cm^{-3})
0-20	1,5659 a
20-40	1,5862 a
Épocas (dias)	DS (g cm^{-3})
60	1,6161 a
120	1,5695 b
270	1,5424 b
Doses ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	DS (g cm^{-3})
0	1,5659 a
79,37	1,5606 a
158,73	1,5717 a
238,10	1,5915 a
317,46	1,5905 a
CV 1 (%)	4,25
CV 2 (%)	3,62
Média geral	1,5760

CV 1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV 2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se, pela Tabela 9, que os valores de densidade do solo para as diferentes profundidades não foram significativos ($p > 0,05$), porém, apresenta menor valor na camada de 0-20 cm, embora seja esta a camada mais sujeita ao tráfego dos animais bovinos, máquinas e impacto das gotas de chuva e outras modalidades de pressão. Esta constatação indica que a aplicação do dejetos tenha contribuído para maior crescimento aéreo e radicular da braquiária, que por sua vez contribui para agregar mais matéria orgânica bem como proporcionar maior atividade biológica. Estas condições, atuando isoladamente ou interdependentes, resultam numa melhor estruturação do solo. Manifestação mais intensa desta, por sua vez, pode implicar em uma redução da densidade e conseqüentemente, no aumento da porosidade total do solo. O teor da matéria orgânica é caracterizado como um dos fatores responsáveis pela manutenção das condições físicas do solo e que também tem mais influência na reversão do estado

de compactação do solo (ASSOULINE et al., 1997; CAMARGO; ALLEONI, 1997; DIAS JUNIOR et al., 1999).

Flores (2004) não encontrou diferenças significativas na densidade e até mesmo na porosidade de um Latossolo submetido ao pastejo de inverno, constituído por aveia preta e azevém, manejada a alturas variando de 10 a 40 cm. No entanto, em comparação com áreas não pastejadas, a densidade do solo foi maior e a porosidade menor, mas sem comprometimento da produtividade de grãos de soja cultivada após o término do período de pastoreio.

Com relação à disponibilidade de água no solo, Klein e Libardi (2000) constataram que em um Latossolo Vermelho com densidade inicial menor do que um, o aumento na sua densidade até $1,11 \text{ g cm}^{-3}$ aumentou o armazenamento de água no solo, bem como a sua disponibilidade às culturas, sendo que para valores superiores, ocorreu o inverso.

Para as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Figura 8), as equações de regressão ajustadas indicam que a densidade do solo apresentou um comportamento linear, com coeficiente negativo. Este coeficiente negativo evidencia que, com o passar do tempo, após a aplicação do dejetos, até aos 270 dias, a densidade do solo foi decrescente. Este fato pode estar relacionado a maior facilidade de compressão a que está sujeita o solo, tanto pelo impacto das gotas de chuva, como a movimentação de animais sobre o solo com teores de umidade mais elevada. Oliveira et al. (2003) afirmam que práticas de manejo efetuadas em solos com elevados teores de umidade ou mesmo o impacto das chuvas podem contribuir para elevar os valores de densidade do solo.

Segundo Imhoff (2002), existe controvérsia entre pesquisadores acerca do efeito do conteúdo de água sobre a susceptibilidade do solo à compactação. Para Larson e Gupta (1980) e O'Sullivan (1992), não há relação entre estes dois atributos, mas Sánchez-Girón, Andreu e Hernanz (1998) demonstraram que a susceptibilidade do solo à compactação foi fortemente correlacionada com a umidade do solo. Essas diferenças parecem estar relacionadas com o fato de que a diminuição do conteúdo de água no solo incrementa o número de contatos entre as partículas, o que, por sua vez, depende diretamente da textura do solo (McNABB; BOERSMA, 1996).

Valores de densidade significativamente menores no período seco podem, ainda, estar relacionados à taxa de decomposição da matéria orgânica do solo, a qual é fortemente influenciada pelas condições climáticas. É possível que os teores presentes

no solo, no período das águas, sejam menores do que os presentes no solo no período seco, contribuindo para a maior densidade nos períodos chuvosos.

No período de maior umidade do solo, além das condições climáticas favoráveis à oxidação, os drenos dos produtos da oxidação orgânica, ou seja, a lixiviação e o crescimento vegetal são mais eficientes, deslocando o equilíbrio para o maior esgotamento da matéria orgânica. Como a matéria orgânica apresenta menor peso molecular relativamente à fração mineral, seu desgaste favorece o aumento de peso do solo por unidade de volume.

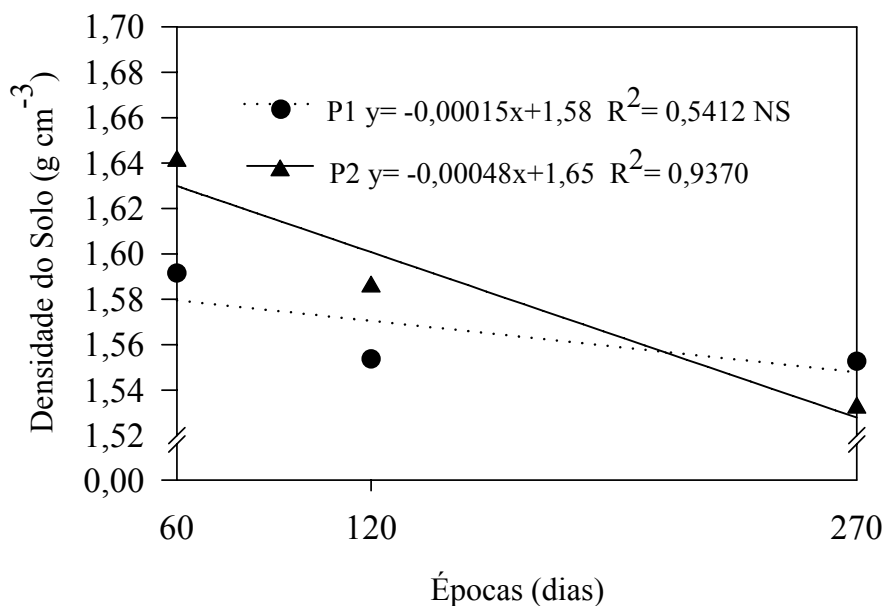


FIGURA 8 – Densidade (DS) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Figueiredo et al. (1998) e Braida (2004) observaram que houve uma tendência de redução nos valores de densidade máxima do solo com aumento do teor de matéria orgânica no solo.

Os solos de textura arenosa tendem a um maior valor de densidade do solo do que os de textura argilosa (BUENO; VILAR, 1998; REICHARDT; TIMM, 2004; LIBARDI, 2005). A densidade dos solos arenosos pode variar de 1,3 a 1,8 g cm⁻³, enquanto nos solos argilosos esta variação pode ir de 0,9 a 1,6 g cm⁻³. Observa-se que os valores de densidade encontrados estão entre os limites para solos de textura média a arenosa.

Os valores de densidade do solo, no presente trabalho, também podem estar associados ao manejo da área, visto que a mesma sofreu, ao longo de 12 anos de superpastoreio, uma intensa pressão pelo pisoteio animal (BERTOL et al., 2000) e também à ausência de revolvimento da camada superficial (RIBON et al., 2002). Esses fatores podem levar à redução do espaço poroso e, conseqüentemente, ao aumento de densidade do solo.

4.3 Porosidade total, macro e microporos do solo

Com relação à porosidade total, observa-se, pela análise de variância, significância ($p < 0,05$) apenas para as épocas de amostragem e a interação entre as diferentes épocas e profundidades de amostragem (Anexo 1A).

A aeração do solo é o processo pelo qual os gases produzidos ou consumidos no solo são trocados por gases da atmosfera. O principal gás consumido é o oxigênio, enquanto o principal gás produzido é o dióxido de carbono (DE JONG VAN LIER, 2001). Dentro deste contexto, a porosidade total e sua distribuição em macro e micro poros assumem importância fundamental neste processo.

TABELA 10 – Dados médios de porosidade total (PT), macroporos (MaP) e microporos (MiP) do solo, considerando diferentes profundidades, épocas e doses de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	PT (%)	MAC (%)	MIC (%)
0-20	38,7168 a	17,9675 a	20,7506 a
20-40	37,7896 a	18,1666 a	19,7346 a
Épocas (dias)	PT (%)	MAC (%)	MIC (%)
60	34,6412 c	12,3460 b	22,4622 a
120	41,5845 a	20,5012 a	21,0847 a
270	38,5340 b	21,3540 a	17,1810 b
Doses (m ³ ha ⁻¹)	PT (%)	MAC (%)	MIC (%)
0	38,2454 a	18,9141 a	19,3316 a
79,37	38,9512 a	17,8691 a	21,0829 a
158,73	37,5683 a	17,6058 a	19,6633 a
238,10	38,4183 a	17,9787 a	20,4416 a
317,46	38,0829 a	17,9675 a	20,3975 a
CV 1 (%)	7,86	23,37	13,26
CV 2 (%)	6,20	20,00	16,85
Média geral	38,2532	18,0670	20,2426

CV 1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV 2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De modo geral, independente da época da amostragem e das doses de dejetos, não ocorreu variações significativas da porosidade do solo entre as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Tabela 10). Diferenças não significativas, para o volume de vazios do solo, entre camadas com gêneses e influência antrópica tão distintas, podem estar relacionadas com a textura mais arenosa do solo e a presença da braquiária, com denso e profuso sistema radicular como cultura da área. Estas duas variáveis tendem a predominar sobre as outras que estão relacionadas com a formação de vazios do solo. Quanto ao efeito da época de amostragem, percebe-se (Tabela 10) que a maior porosidade total foi observada aos 120 dias após aplicação dos dejetos e a menor aos 60 dias após. A Diferença significativa entre estas duas épocas, para o volume de vazios, pode estar relacionada com o efeito do dejetos na nutrição química do solo para o desenvolvimento da braquiária e da biologia do solo. A Tabela 10 permite ainda constatar que não ocorreu efeito de doses do dejetos na quantidade de vazios do solo, provavelmente porque estes valores são médias das duas profundidades estudadas.

Efetuada o desdobramento das épocas de amostragens dentro de cada profundidade (Figura 9), observa-se que a variação na porosidade total, em função da época da amostragem, apresentou o mesmo comportamento, de forma quadrática com ponto máximo no entorno dos 120 dias após a aplicação, em profundidade.

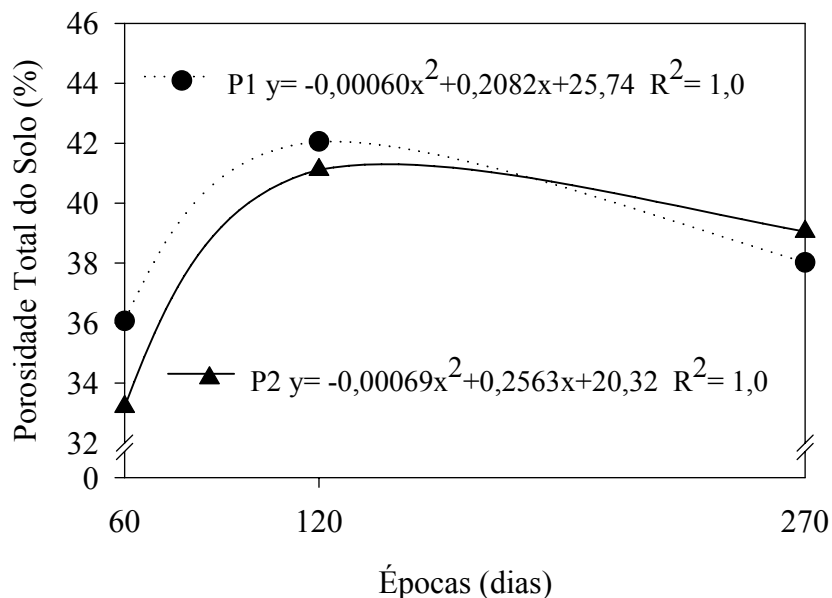


FIGURA 9 – Porosidade Total (PT) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Cabe salientar, não obstante a curva apresentar ponto máximo, o coeficiente de redução após a inflexão foi bastante suave, indicando uma certa estabilidade na quantidade de poros totais, após os 120 dias da aplicação.

Com relação à variação da porosidade total, em função da época de amostragem, temos que considerar ainda a umidade em que se encontrava o solo nas épocas em que ocorreu a amostragem. Para uma dada condição de textura e teor orgânico, o fator que determina a magnitude da deformação que pode ocorrer no solo, a qual tem efeito no tipo e quantidade de poros do solo, é o conteúdo de água (LARSON; GUPTA, 1980; LARSON et al., 1980; O'SULLIVAN, 1992; SÁNCHEZ-GIRÓN et al., 1998; SOANE, 1986). A água no solo atua como lubrificante entre as partículas, permitindo o deslocamento das mesmas. O movimento de aproximação das partículas do solo por qualquer tipo de pressão é favorecido à medida que a umidade aumenta. Este processo continua até que a água sature praticamente todos os poros do solo. A partir desse momento, há um novo incremento no conteúdo de água, todavia, não corresponderá a um incremento na densidade, visto que a água não pode ser comprimida (SMITH et al., 1997a).

O arranjo ou a geometria das partículas do solo determina a quantidade e a natureza dos poros existentes. Como as partículas variam em tamanho, forma, regularidade e tendência de expansão pela água, os poros diferem consideravelmente quanto à forma, comprimento, largura, tortuosidade e outras características. A porosidade depende, principalmente, da textura e da estrutura dos solos (KIEHL, 1979).

Não houve influência significativa ($p < 0,05$) entre as doses crescentes de dejetos de suíno na porosidade total do solo. Segundo alguns autores, em relação aos atributos físicos, aplicação de lodo de esgoto promove aumento na porosidade total e macroporosidade (ORTEGA et al., 1981; PAGLIAI et al., 1981; MATHAN, 1994). FURRER e STAUFFER (1983) afirmaram que a adição de lodo de esgoto pode não alterar a porosidade total, independentemente da condição original do solo. Por sua vez, Navas et al. (1998) obtiveram incremento da porosidade total de $0,38 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ para $0,49 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, quando foram aplicados 320 Mg ha^{-1} de lodo de esgoto.

Abreu (2000) afirma que os poros formados pela ação das raízes no solo são mais estáveis, pois a decomposição por microrganismos gera materiais que atuam como cimentantes nas paredes dos poros, proporcionando maior durabilidade, se comparados àqueles formados por implementos mecânicos.

Os solos de textura arenosa possuem porosidade total na faixa de 32 a 47 %, enquanto os solos de textura argilosa variam de 52 a 61 % e os solos francos um valor intermediário (REICHARDT; TIMM, 2004; LIBARDI, 2005). Observa-se que os valores de porosidade totais do solo encontram-se na faixa para solos de textura média arenosa.

Os macroporos são os caminhos primários para o movimento da água em solos úmidos (BEVAN, 1980) e a redução deles pode restringir a transmissão de água e nutrientes através da zona radicular. Os resultados de macroporosidade não diferiram estaticamente entre tratamentos ($P>0,05$).

Na análise de variância, observa-se que houve significância para um dos três fatores estudados (diferentes épocas de amostragem/determinações), além da interação entre os fatores, diferentes épocas e profundidades (Anexo 2A).

Carter et al., (1999) não encontraram diferenças significativas, em relação a macroporosidade do solo, quando avaliaram a qualidade física do solo de um sistema de cultivo conservacionista.

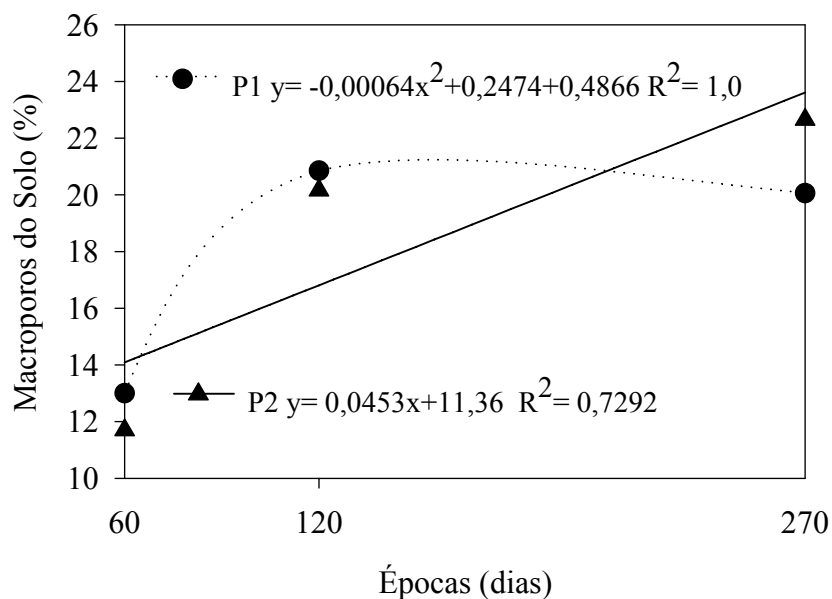


FIGURA 10 – Macroporos (MaP) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Desdobrando a interação das épocas de 60, 120 e 270 dias após a distribuição dos dejetos de suínos dentro de cada nível de profundidade de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Tabela 10 e Figura 10), verificou-se que houve diferença significativa de época dentro

de cada nível de profundidade. Os melhores resultados são observados na época de 270 dias após a aplicação do dejetos de suíno, denominada período seco. Para as diferentes profundidades estudadas, houve um melhor incremento no resultado de macroporosidade do solo na camada de 20 a 40 cm. Houve, também, uma relação de igualdade nos valores para as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm e uma tendência de aumento dos valores à medida que se aumentou o período após a aplicação dos dejetos de suínos e aproximou-se do período seco. Estas constatações podem estar relacionadas com a influência da umidade do solo na sua compactação, desenvolvimento radicular da braquiária e pastejo de animal. Os menores valores de macroporosidade geralmente são devido ao processo de compactação da superfície do solo. Com a compactação do solo, esses poros sofrem uma maior redução, podendo ocorrer aumento dos microporos, reduzindo a porosidade total, porém em menor proporção que a macroporosidade (ARAÚJO, 2004).

Segundo Douglas (1986) e Carter (1988), a macroporosidade é um índice bastante útil na avaliação das modificações estruturais do solo. Entretanto, reflete mais a condição do solo no momento e local da amostragem do que uma condição final ou permanente. Em situações onde a macroporosidade é reduzida e a drenagem é impedida, a difusão de oxigênio pode ser prejudicada ocasionando redução no crescimento de plantas (DREWRY et al., 1999).

Os resultados de macroporosidade não apresentaram relação significativa entre macroporos/microporos. Campos et al., (1995) e Cunha et al., (2001) afirmam que o aumento da relação MaP/MiP indica haver um maior volume de macroporos no solo, o que favorece as trocas gasosas, bem como a boa drenagem dos solos. Por outro lado, há uma redução do espaço ocupado por microporos, alterando assim, a dinâmica da retenção de umidade do solo. Segundo estes pesquisadores, estas alterações podem não só influir no comportamento da água no solo, como também, alterar todos os processos biológicos que ali ocorrem.

Os valores de macroporosidade de todos os tratamentos encontram-se dentro da faixa considerada ideal (10 a 16%), por Baver et al. (1972), ou acima de 10%, valor comumente usado para definir condições limitantes da aeração do solo (GRADWELL, 1965; GRABLE, 1971; CARTER, 1998). Para Hillel (1998), a faixa de espaço aéreo que se torna limitante à respiração radicular e crescimento de plantas encontra-se entre 5 e 20%, sendo 10% considerado um valor médio.

Com relação a distribuição e tamanho dos poros, a microporosidade é responsável pela capacidade de retenção de água e solutos no solo, enquanto que a macroporosidade influencia diretamente na capacidade de infiltração, na drenabilidade do solo e sua capacidade de aeração (HILLEL, 1998).

Os resultados obtidos para microporosidade do solo (MiP), para a área de pastagem estudada, mostraram existir efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para o fator diferente épocas de amostragem (Anexo 2A). Os maiores valores de microporosidade do solo foram evidenciados nas épocas de 60 e 120 dias após a distribuição do dejetos de suíno, classificado no presente trabalho como início do período chuvoso e período chuvoso, respectivamente (Tabela 10 e Figura 11). Sabe-se ainda, que práticas de cultivo, combinadas aos diferentes teores de umidade no solo, exercem efeito compressivo sobre sua estrutura (OLIVEIRA et al., 2003). Valores menores de microporosidade do solo, verificados no período seco, podem estar relacionados com a descompressão do sistema radicular, bem como, sua morte e decomposição que deixa canalículos entre e dentro dos agregados, os quais passam a serem contabilizados como macroporos.

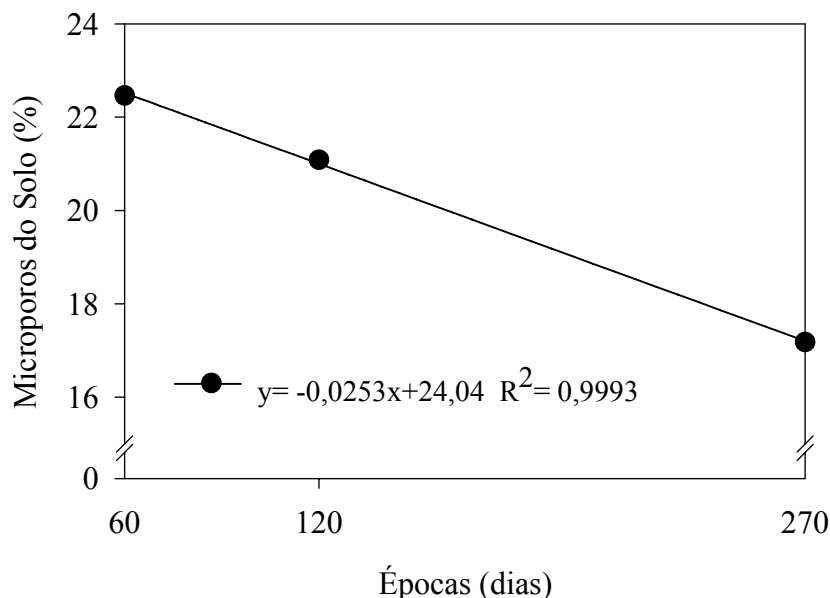


FIGURA 11 – Microporos (MiP) de um Latossolo Vermelho, em função das diferentes épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Em relação à microporosidade, Jorge et al. (1991) também não encontraram diferenças na microporosidade, com a aplicação de $20,0 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de lodo de esgoto, durante quatro anos, em Latossolo Vermelho argiloso. Sort e Alcañiz (1999)

verificaram que a aplicação de 400 Mg ha⁻¹, em quatro anos, não alterou a microporosidade ao final deste período.

4.4 Resistência do solo à penetração

A resistência do solo à penetração é dada pela força normal requerida por unidade de área para separar ou afastar uma secção de solo de outra. Um método indireto de se avaliar a resistência do solo à penetração a campo é a utilização de penetrômetros, que são equipamentos desenhados para avaliar a resistência que o solo oferece à introdução de uma estreita sonda metálica (HILLEL, 1998).

O valor de resistência dado pelo equipamento (penetrômetro) é um índice integrado do estado de compactação do solo, conteúdo de água, textura e tipo de mineral constituinte do solo. Em outras palavras, é um índice de resistência do solo no momento em que a avaliação é realizada (BAVER et al., 1973).

Os resultados para a resistência à penetração demonstram haver interação significativa ($p < 0,05$) apenas para diferentes épocas e profundidades (Anexo 2A).

TABELA 11 – Dados médios da resistência do solo à penetração (RSP), considerando diferentes profundidades, épocas e doses de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	RSP (MPa)
0-20	5,1861 a
20-40	5,0526 a
Épocas (dias)	RSP (MPa)
60	2,3595 b
120	2,4520 b
270	10,5467 a
Doses (m ³ ha ⁻¹)	RSP (Mpa)
0	5,0850 a
79,37	5,0500 a
158,73	4,9500 a
238,10	5,4016 a
317,48	5,1104 a
CV 1 (%)	9,90
CV 2 (%)	20,63
Média geral	5,1194

CV 1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV 2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A maior resistência do solo à penetração ocorreu, em ambas as profundidades, para a época de 270 dias após a distribuição do dejetos de suíno (período seco). Este fato evidencia o papel da umidade na resistência à penetração, sendo esta decrescente com o aumento do teor de umidade do solo. Quando há alteração da umidade devido a chuva, irrigação, evapotranspiração e drenagem, a resistência do solo também é alterada (EHLERS et al., 1983). Com umidades do solo mais baixas encontram-se maiores valores de resistência à penetração (ARAÚJO et al., 2001; GENRO JÚNIOR et al., 2004). Os valores de resistência à penetração têm sido correlacionados inversamente ao desenvolvimento radicular (TAYLOR; BURNETT, 1964; TAYLOR et al., 1966; EHLERS et al., 1983).

Comparando-se as profundidades de amostragem, para todas as épocas, os valores totais de resistência à penetração não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$), apenas uma pequena tendência de maior compactação na camada de 0 a 20 cm, podendo ser atribuída ao pisoteio animal e ao não revolvimento do solo.

As doses crescentes de dejetos de suíno não influenciaram significativamente nos resultados. No geral, os valores obtidos de resistência do solo à penetração, no presente trabalho, são considerados altos, uma tendência em solos sob pastagem, reflexo do intenso pisoteio animal e do arranjo das partículas do solo (ARAÚJO et al. 2004).

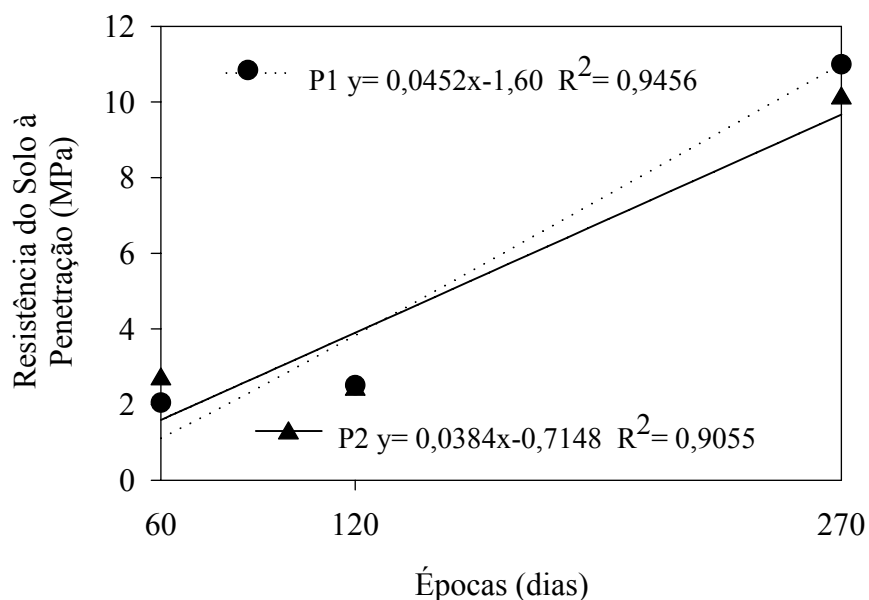


FIGURA 12 – Resistência à penetração (RSP) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Outro fator que provavelmente colaborou, conforme RIBON; TAVARES FILHO (2004), é que a relação positiva obtida entre matéria orgânica e resistência à penetração poderia ser explicada pelo fato que a matéria orgânica tem uma propriedade cimentante.

O pisoteio bovino também pode interferir na resistência do solo à penetração. Albuquerque et al. (2001) avaliaram os efeitos da integração lavoura-pecuária, sob plantio direto e preparo convencional, nas propriedades físicas de um Nitossolo Vermelho e nas características da cultura do milho. Em comparação com solo sob mata nativa, o pisoteio e o trânsito de máquinas agrícolas induziram à degradação da estrutura do solo, refletida na diminuição da macroporosidade do solo, sob sistema de preparo convencional, e no aumento da resistência à penetração no sistema de plantio direto, na camada de 0-10 cm de profundidade.

Torres e Saraiva (1999) relatam que, para a soja cultivada em latossolo, o valor de 2,5 MPa (solo na consistência friável) é baixo e não causa restrição ao desenvolvimento radicular. Os autores classificaram o nível de compactação do solo sendo baixo, quando possui valores de até 3,5 MPa, e sendo de alta compactação, os valores de 6,5 MPa e superiores.

4.5 Estabilidade dos agregados em água

4.5.1 Agregados

Na análise de variância, observa-se que houve significância para os três fatores estudados (diferentes doses de dejetos de suíno, profundidades e épocas de amostragem), além da interação entre os fatores dose e profundidade, época e dose e época e profundidade (Anexo 2A).

A estabilidade da estrutura do solo diz respeito à resistência que os agregados do solo oferecem às forças de desagregação da água e de operações mecânicas realizadas no solo. A susceptibilidade do solo à erosão hídrica está relacionada à estabilidade dos agregados, à ação da água, forças mecânicas externas e ao diâmetro médio geométrico dos agregados, o qual serve como uma medida quantitativa da estabilidade dos agregados em água (BAVER et al., 1972).

Três fatores básicos influem na estabilidade dos agregados: (a) ação aglutinadora dos fungos; (b) efeito cimentante advindos da síntese e da decomposição microbiana e (c) cimentação a partir de componentes mais resistentes e estáveis do humo, todos esses auxiliados por compostos inorgânicos, tais como os constituídos por Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} e

Al³⁺, compostos estes que funcionam como pontes entre a matéria orgânica e as argilas do solo (BRADY, 1989).

TABELA 12 – Dados médios de classes de agregados (AGR), agregados > 2,00 mm (AGR>2,00 mm), agregados <0,25 mm (AGR<0,25 mm) e DMG, considerando diferentes profundidades, épocas e doses de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades(cm)	AGR (%)	AGR>2 mm (%)	AGR<0,25 mm(%)	DMG(mm)
0-20	93,4988 a	67,9921 a	6,6473 b	1,8995 a
20-40	87,8618 b	56,5190 b	12,1376 a	1,4953 b
Épocas (dias)	AGR (%)	AGR>2 mm (%)	AGR<0,25 mm(%)	DMG(mm)
60	87,5365 c	54,0890 c	12,4620 a	1,4417 b
120	89,3385 b	58,8185 b	10,6615 a	1,5485 b
270	95,1660 a	73,8592 a	5,0540 b	2,1020 a
Doses (m ³ ha ⁻¹)	AGR (%)	AGR>2 mm (%)	AGR<0,25 mm(%)	DMG(mm)
0	87,4812 c	57,0670 b	12,5187 a	1,4945 b
79,37	91,5804 ab	63,5045 a	8,4195 bc	1,7533 a
158,73	92,4129 a	67,5333 a	7,5866 c	1,8462 a
238,10	91,8070 ab	64,2954 a	8,1929 c	1,8091 a
317,46	90,1200 b	58,8775 b	10,2445 b	1,5837 b
CV 1 (%)	2,04	7,86	22,97	7,85
CV 2 (%)	3,63	13,26	36,96	14,80
Média geral	90,6803	62,2555	9,3925	1,6974

CV 1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV 2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

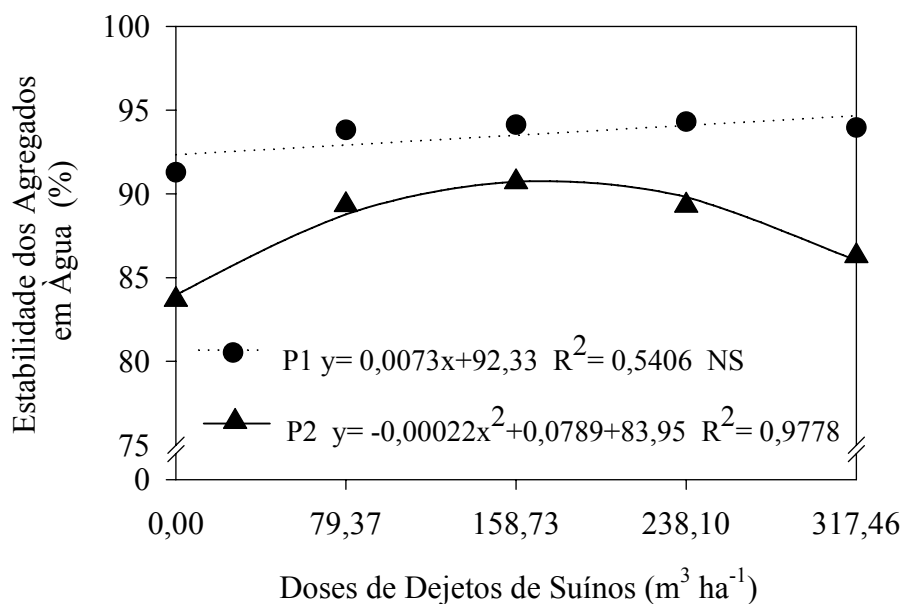


FIGURA 13 – Estabilidade dos Agregados em água (AGR) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das doses de dejetos de suínos; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Desdobrando-se as diferentes doses de dejetos de suíno dentro de cada nível de profundidade (Figura 13), verificou-se que houve influência significativa das doses de dejetos de suínos na profundidade estudada de 0 a 20 cm, mesmo não sendo significativa na interação, obteve-se melhor estabilidade dos agregados em água, além de apresentar um incremento dos resultados à medida que se aumentou a dose de dejetos.

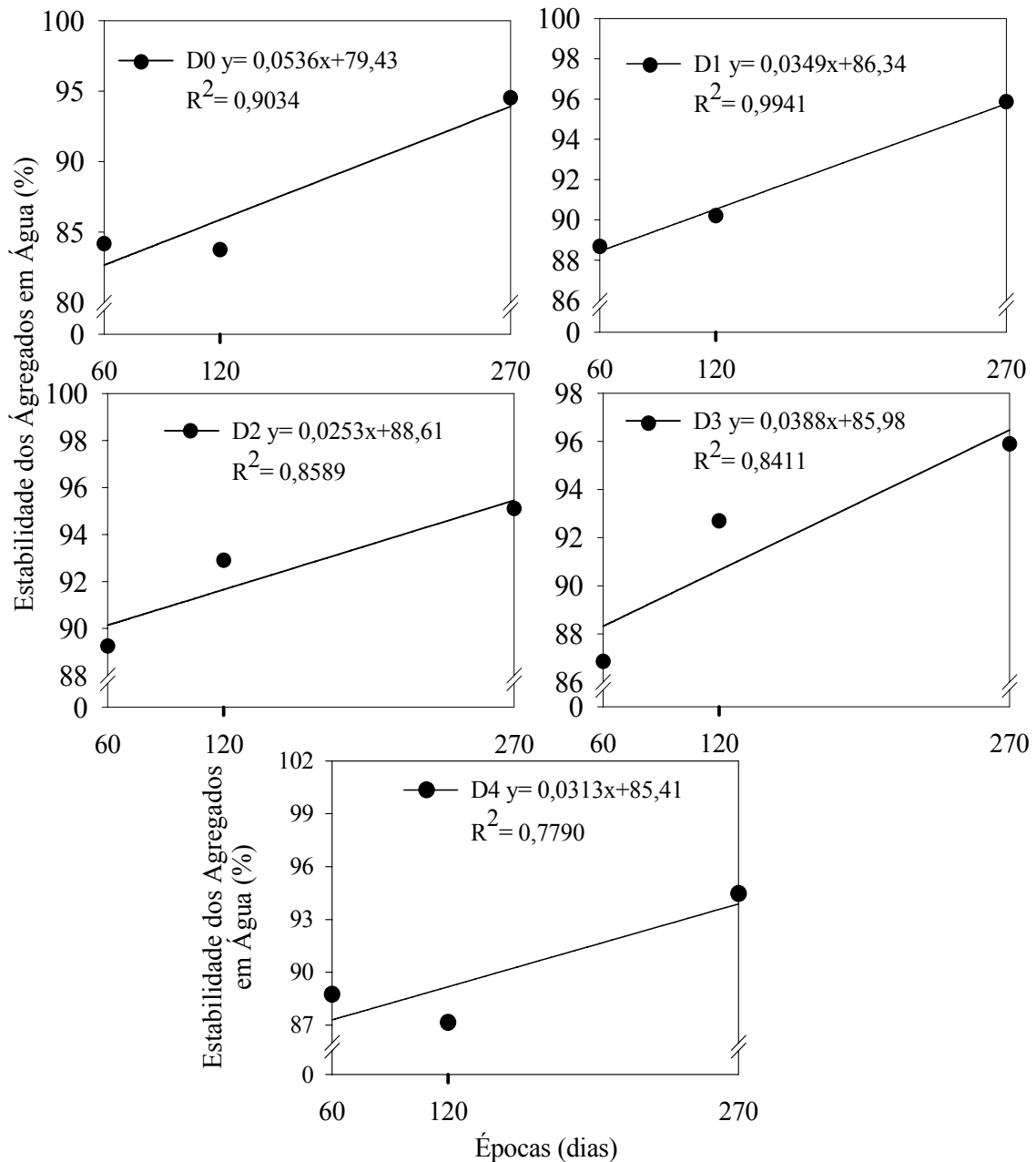


FIGURA 14 – Estabilidade dos agregados em água (AGR) de um Latossolo Vermelho, para diferentes doses de dejetos de suínos, em função das épocas de amostragem; sendo D0 (zero de resíduo), D1 ($79,37 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), D2 ($158,73 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), D3 ($238,10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e D4 ($317,46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

O manejo 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 estabilidade dos agregados tem sido relacionada com o conteúdo de carbono orgânico do solo em cultivos anuais, sendo que gramíneas utilizadas como cobertura de inverno possuem efeito benéfico na agregação (SILVA; MIELNICZUK, 1997).

No desdobramento de época dentro de cada nível de dose (Figuras 14 e 15), observa-se independente da dosagem de dejetos de suínos aplicados ao solo, uma melhor influência na estabilidade dos agregados na época de 270 dias após a distribuição dos resíduos, amostradas e determinadas no mês de agosto, período regionalmente seco, o que pode estar relacionado a uma maior agregação das partículas promovida pelo crescimento de raízes (KIEHL, 1979; SILVA; MIELNICZUK, 1997; CAMPOS et al., 1999), proporcionando uma maior aproximação das partículas por ação mecânica.

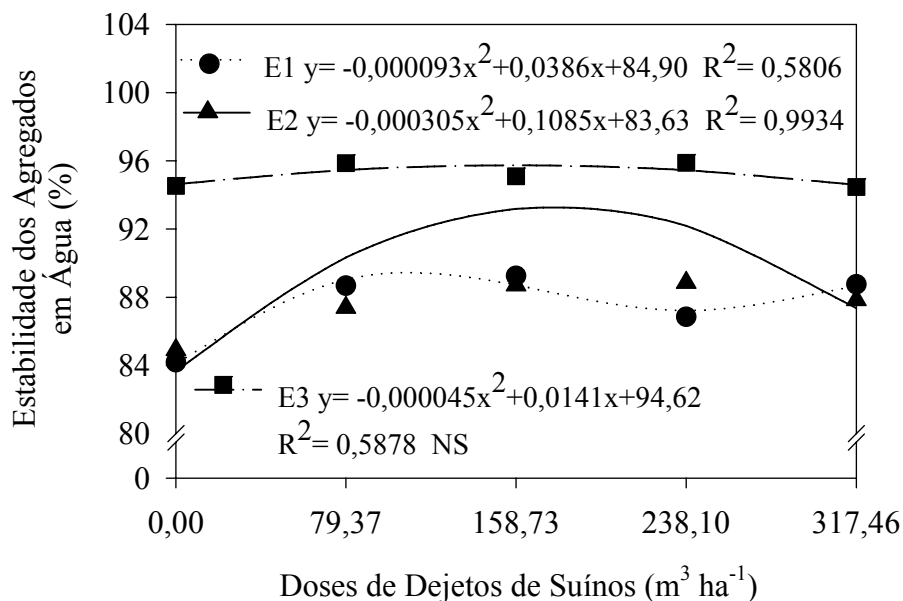


FIGURA 15 – Estabilidade dos Agregados em Água (AGR) de um Latossolo Vermelho, para diferentes épocas de amostragem, em função das doses de dejetos de suínos; sendo E1= 60 dias (início do período chuvoso), E2= 120 dias (período chuvoso) e E3= 270 dias (período seco) após a distribuição do dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

A matéria orgânica é considerada por muitos pesquisadores como o principal agente de estabilização dos agregados do solo (TISDALL; OADES, 1982; CASTRO

FILHO et al., 1998; GANG LU et al., 1998), sendo uma alta correlação entre essa e a agregação do solo um resultado esperado em tratamentos que apresentem diferenças no teor de carbono orgânico.

A formação de agregados e sua estabilidade são determinantes pelo suprimento contínuo de resíduos orgânicos e sua decomposição no solo pela atividade microbiana (CINTRA; MIELNICZUK, 1983).

Pesquisas têm demonstrado que a resistência dos agregados do solo é influenciada por diversos fatores, entre eles a umidade do solo (UTOMO; DEXTER, 1981) e o teor de matéria orgânica (CAUSARANO, 1993; PERFECT et al., 1995; RAHIMI et al., 2000).

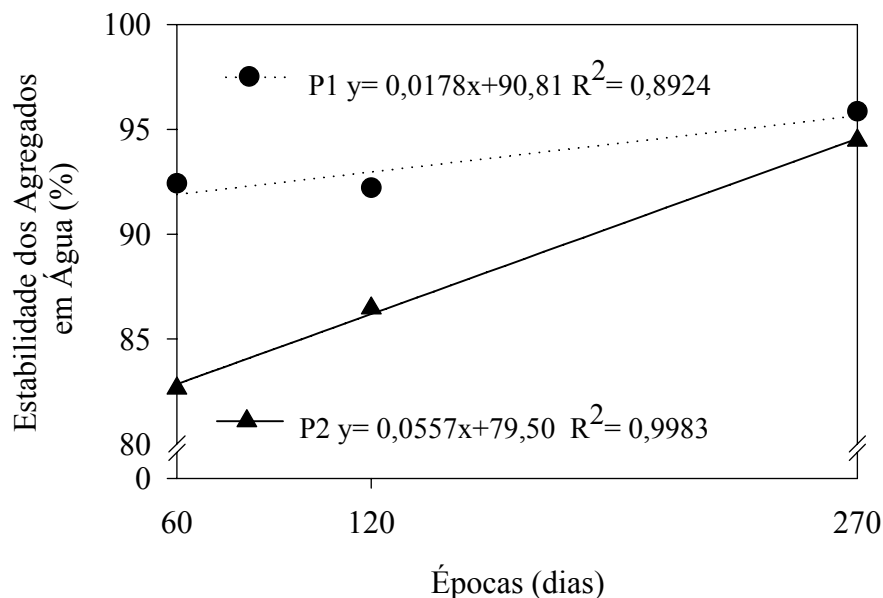


FIGURA 16 – Estabilidade dos Agregados em água (AGR) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

No geral, para as profundidades, a maior porcentagem de agregados ocorreu na camada de 0 a 20 cm. Isso evidencia o efeito benéfico do resíduo no crescimento de raízes. Estas, por sua vez, contribuem de forma significativa para a formação e estabilização dos agregados, e quando a porcentagem de agregados é alta, há uma indicação de que a maior parte dos agregados do solo era verdadeiramente estável.

As pastagens são tidas como um uso que garante certa proteção ao solo. A combinação agricultura-pecuária bem administrada constitui a condição ideal para a

manutenção da fertilidade do solo, assegurando, de um lado, uma densa vegetação, e, de outro, contribuindo para o suprimento orgânico (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990).

4.5.2 Agregados maiores que 2,00 mm

Segundo Castro Filho et al. (1998), os teores da classe de agregados maiores que 2,00 mm podem ser utilizados para expressar o estado de agregação do solo, sendo considerado um importante indicador para uma agricultura sustentável.

Os agregados do solo são compostos de partículas primárias (argila, silte e areia) e matéria orgânica que se aderem umas às outras (KEMPER; ROSENNEAU, 1986). A presença de agregados estáveis potencializa a capacidade de armazenamento de água, diminui as perdas de partículas e nutrientes por processos erosivos e facilita a proteção física e o acúmulo da matéria orgânica no solo (MILLER; JASTROW, 1992; FOSTER, 1994). Além disso, os agregados constituem micro-habitats onde os microrganismos do solo encontram nutrientes e ficam protegidos contra a predação e dessecação.

De acordo com Tisdall e Oades (1979), a formação e a estabilização de macro (> 0,25 mm) e microagregados (< 0,25 mm) dependem de fatores abióticos (presença de cátions cimentantes, processos físicos relacionados com umedecimento/secagem, congelamento/descongelamento e compactação) e bióticos (manejo de solo, participação mecânica das raízes de plantas e hifas fúngicas, presença de polissacarídeos, substâncias mucilaginosas e húmicas produzidas pelos organismos do solo).

A maior parte dos estudos relacionados com a agregação do solo concentra-se nas mudanças de estabilidade e de distribuição de tamanho de agregados que ocorrem após o estabelecimento de diferentes sistemas de manejo, os quais têm implicações na acumulação e, ou, na perda de matéria orgânica do solo (DORMAAR, 1983; JASTROW, 1987; CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990; BUYANOVSKY et al., 1994; ALBUQUERQUE et al., 1995; PEREIRA et al., 1996; SIX et al., 2000). Além de poucos, os trabalhos na literatura sobre a distribuição espacial de microrganismos nas diferentes classes de agregados do solo são concentrados nas regiões temperadas (GUPTA; GERMIDA, 1988; SEECH; BEAUCHAMP, 1988; MILLER; DICK, 1995a,b; MENDES et al., 1999a). Nas regiões tropicais, especialmente no Cerrado,

existem poucas informações sobre as propriedades biológicas de agregados do solo e sobre o impacto de diferentes sistemas de manejo.

Analisando os teores de agregados do solo, estáveis em água, com diâmetro maior que 2,00 mm, observam-se, através da análise de variância e teste de Tukey (Anexo 3A e Tabela 12), que houve efeito significativo para ($p < 0,05$) as diferentes doses de dejetos de suínos, profundidades e época de amostragem/determinação, além das interações entre os fatores diferentes épocas (60, 120 e 270), após a distribuição do dejetos com diferentes doses (0, 79,37 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, 158,73 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, 238,10 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ e 317,46 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) de dejetos de suínos, e além de diferentes épocas (60, 120 e 270), após a distribuição do dejetos com diferentes profundidades (0 a 20 e 20 a 40 cm).

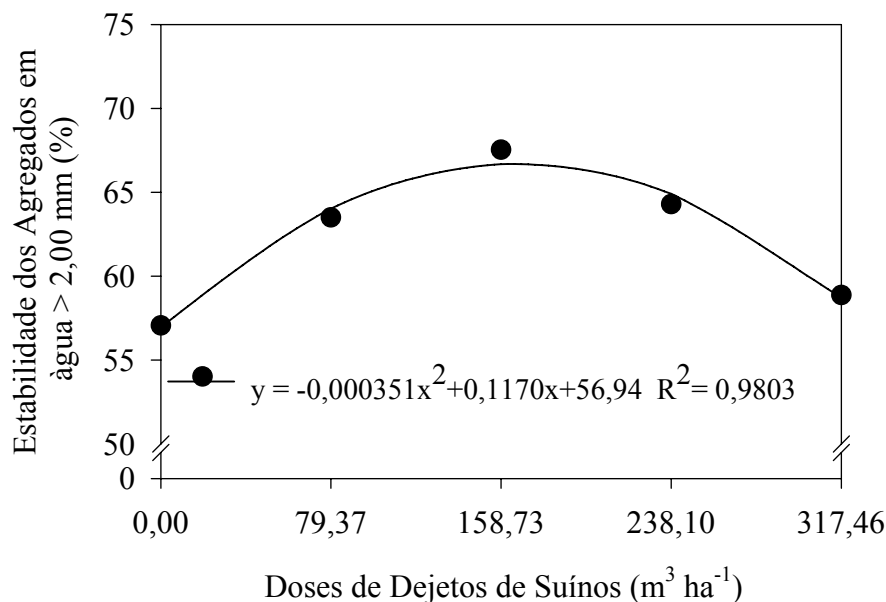


FIGURA 17 – Estabilidade dos agregados em água > 2,00 mm (AGR>2,00 mm) de um Latossolo Vermelho, em função das diferentes doses de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Com uma análise mais geral, observa-se efeito significativo ($p < 0,05$) do dejetos de suíno na estabilidade de agregados maiores que 2,00 mm, obtendo-se melhores resultados quando foram adicionados 79,37, 158,73 e 238,10 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ de dejetos de suínos, podendo atribuir à contribuição da matéria orgânica adicionada através do dejetos.

Epstein (1975) verificou maior estabilidade de agregados em solo que recebeu adição de lodo de esgoto, enquanto Jorge et al. (1991), estudando a adição de lodo de

esgoto em Latossolo Vermelho, verificaram aumento da agregação do solo em relação à testemunha.

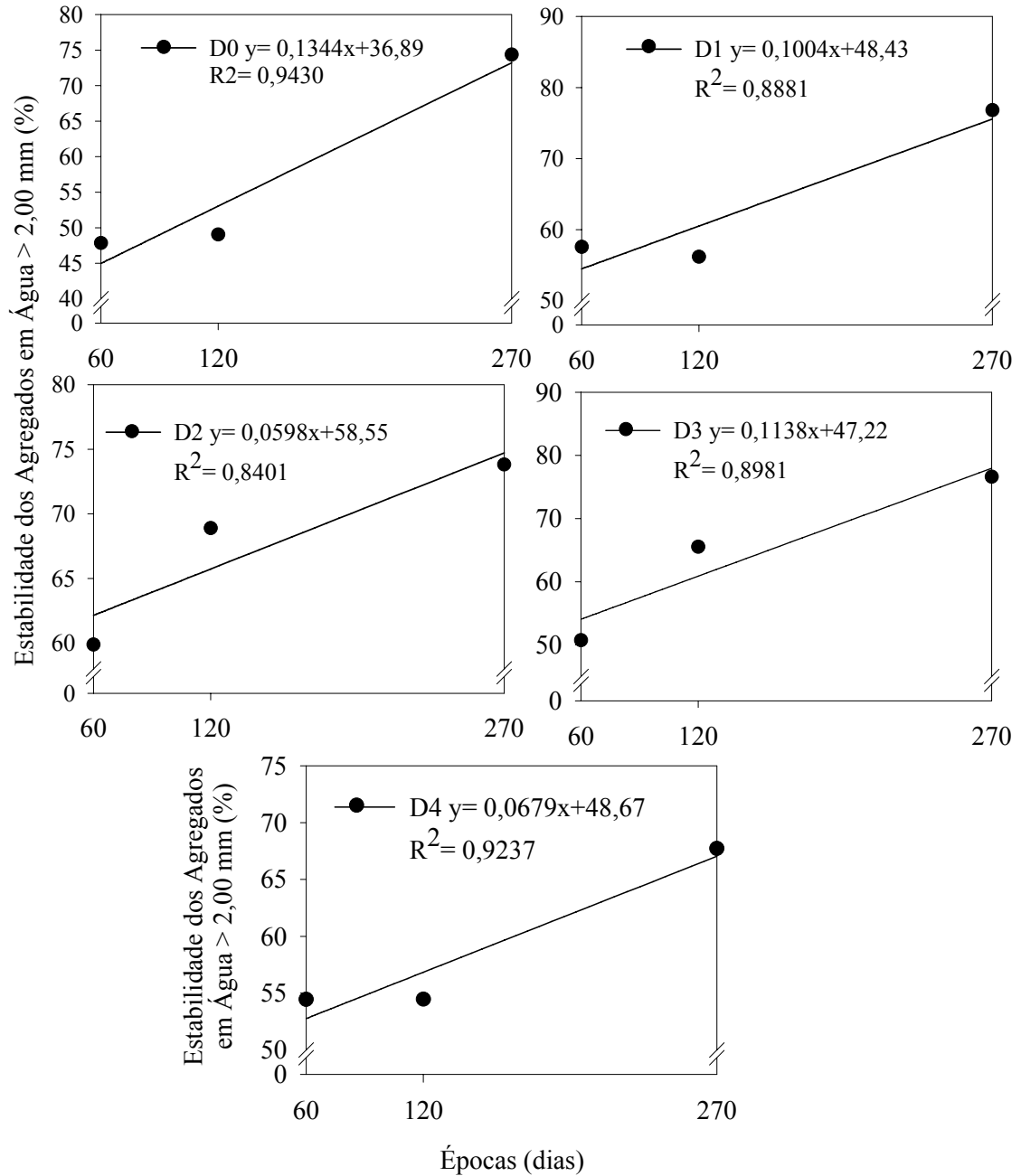


FIGURA 18 – Estabilidade dos agregados em água > 2,00 mm (AGR>2,00 mm) de um Latossolo Vermelho, para diferentes doses de dejetos de suínos, em função das épocas de amostragem; sendo D0 (zero de resíduo), D1 (79,37 m³ ha⁻¹), D2 (158,73 m³ ha⁻¹), D3 (238,10 m³ ha⁻¹) e D4 (317,46 m³ ha⁻¹) de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

As plantas de cobertura de inverno induzem a uma variação temporal da estabilidade de agregados, principalmente gramíneas como a aveia preta e leguminosa como o tremoço. Estas diferenças podem ser atribuídas ao sistema radicular, no caso da gramínea aveia preta, e à taxa de decomposição da leguminosa tremoço, sendo que ambas propiciam ambiente favorável à agregação do solo (CAMPOS, 1933).

A matéria orgânica juntamente com a fração argila têm influência marcante no desenvolvimento da estrutura do solo, pois, além de contribuírem para a formação, são também importantes na estabilidade de agregados no solo. Alcântara e Ferreira (2000) destacaram a importância da matéria orgânica para a estabilidade dos agregados, em estudos envolvendo a avaliação da qualidade do solo. Segundo Kiehl (1979), a vegetação é um fator importante de formação de agregados, mediante a ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante.

Outra grande influência observada na estabilidade dos agregados maiores que 2,00 mm foi à época. Fica evidenciado que a época seca, amostrada e determinada no mês de agosto, com 270 dias após a distribuição dos dejetos de suínos proporcionaram os melhores resultados. As condições físicas do solo podem alterar-se de várias maneiras, inclusive a partir de processos naturais. O equilíbrio das condições físicas do solo depende da sua constituição, do clima e dos sistemas de manejo, este último é o maior responsável por mudanças que alteram modificando o seu comportamento, como a hidrologia e a atividade biológica, gerando diferentes condições (DEXTER, 1991).

A agregação do solo e sua estabilidade são muito importantes para sua capacidade produtiva, sendo a água o fator que mais contribui para a destruição dos agregados, fragmentando-os por perda de coesão e rompendo-os progressivamente em unidades de menores tamanhos. Outro fato que pode estar relacionado com maior agregação das partículas seria a promovida pelo crescimento de raízes (KIEHL, 1979; SILVA; MIELNICZUK, 1997; CAMPOS et al., 1999), proporcionando uma maior aproximação das partículas por ação mecânica.

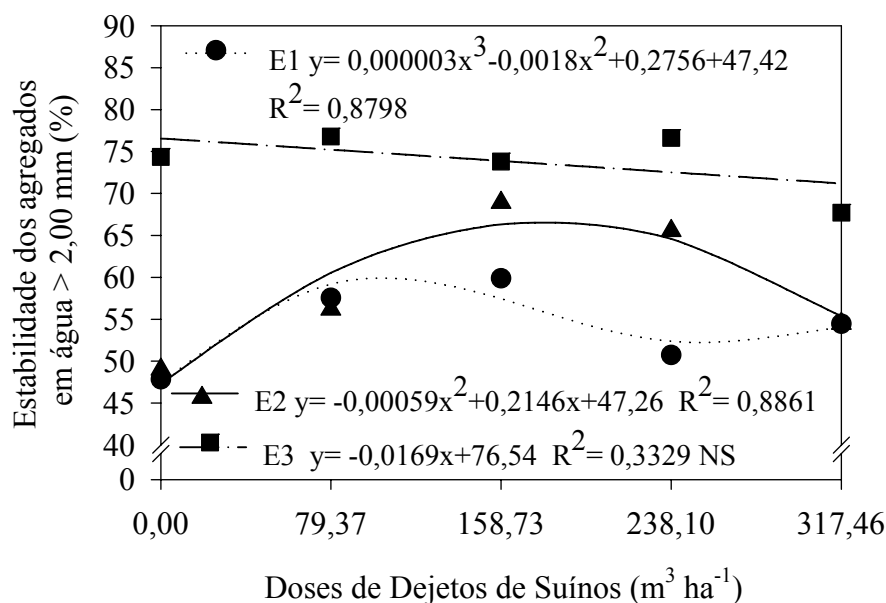


FIGURA 19 – Estabilidade dos agregados em água > 2,00 mm (AGR>2,00 mm) de um Latossolo Vermelho, para diferentes épocas de amostragem, em função das doses de dejetos de suínos; sendo E1= 60 dias (início do período chuvoso), E2= 120 dias (período chuvoso) e E3= 270 dias (período seco) após a distribuição dos dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

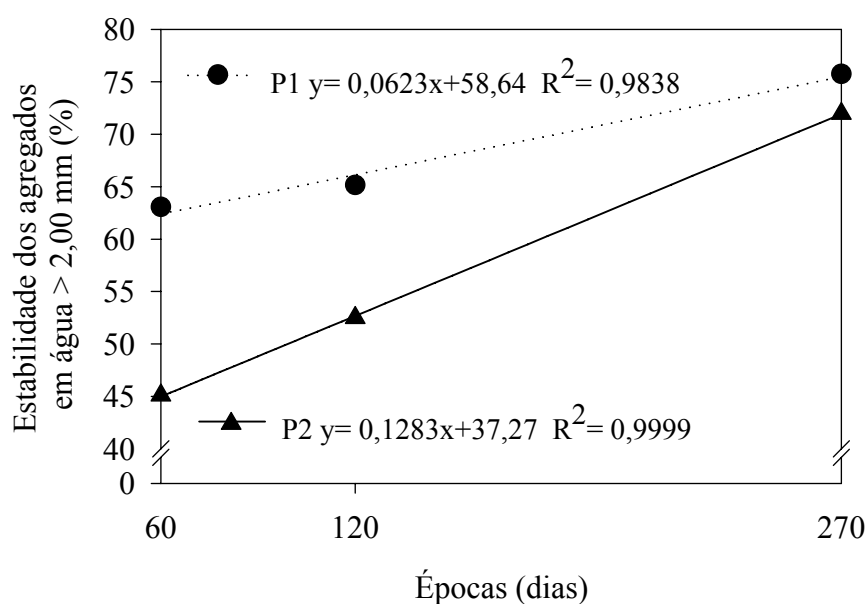


FIGURA 20 – Estabilidade dos agregados em água > 2,00 mm (AGR>2,00 mm) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Silva e Mielniczuk (1997) estudaram a estabilidade dos agregados em um Latossolo Vermelho e em um Argissolo, ambos com textura argilosa, comparando-os

sob cultivo convencional (trigo/soja/setária), sob semeadura direta (aveia/milho) e em área arada sem cultura. Verificaram grande influência do sistema radicular dessas diferentes culturas na estabilização de agregados, sendo as que mais contribuíram foram às gramíneas, pela alta densidade de raízes. De acordo com os mesmos autores, as gramíneas, com seu sistema radicular fasciculado e denso, contribuem positivamente para uma agregação estável do solo porque favorecem as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregados, sendo estas plantas utilizadas na recuperação de áreas degradadas.

A estabilidade varia com a umidade do solo no momento da amostragem (PERFECT et al., 1990; RASIAH et al., 1992), podendo também ser influenciada pelo conteúdo de água antes do reumedecimento (CARON et al., 1992) e pela taxa como este ocorre. De acordo com Ellsworth et al. (1991), a variação das propriedades estruturais do solo constitui fator importante na susceptibilidade do solo à erosão e deve estar relacionada com outras propriedades do ambiente agrícola.

Para as profundidades, os maiores valores da percentagem de agregados > 2,00 mm estão localizados na camada de 0 a 20 cm (Figura 20). Em consequência ocorrem, nessa profundidade (0 a 20 cm), os menores valores da percentagem de agregados < 0,25 mm. A maior percentagem de agregados > 2,00 mm, na camada superficial do solo, pode estar relacionada à maior atividade biológica que atua na agregação das partículas do solo pela liberação de elementos cimentantes, como polissacarídeos, e à maior concentração de raízes. Resultado semelhante foi obtido por D' Andréa et al. (2002), que observaram uma redução no diâmetro médio geométrico (DMG) e na percentagem de agregados > 2,00 mm com o aumento da profundidade e atribuíram o resultado ao efeito físico das raízes das plantas que se concentravam perto da superfície.

4.5.3 Agregados menores que 0,25 mm

A agregação do solo resulta de um arranjo das partículas, decorrente de processos de floculação e cimentação (DUIKER et al., 2003). Com relação ao tamanho, os agregados podem ser divididos em macroagregados (>0,25 mm) e microagregados (<0,25 mm) (TISDALL; OADES, 1982). Os macroagregados são menos estáveis que os microagregados (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1993) e, portanto, mais susceptíveis à quebra em consequência do cultivo do solo. A divisão dos agregados em classes de

tamanho está baseada em propriedades tais como ligantes e relação carbono/nitrogênio (C/N) no solo (BRONICK; LAL, 2005).

Como os resultados de agregados menores que 0,25 mm relacionam-se inversamente com os resultados de agregados estáveis em água maiores que 2,00 mm, houve uma redução deste, com o incremento nos teores de agregados maiores que 2,00 mm, e um aumento, quando houve decréscimo nos valores dos agregados estáveis (Tabela 12).

A estabilidade da estrutura do solo diz respeito à resistência que os agregados do solo oferecem às forças de desagregação da água e de operações mecânicas realizadas no solo. A susceptibilidade do solo à erosão hídrica está relacionada à estabilidade dos agregados, à ação da água, forças mecânicas externas e ao diâmetro médio geométrico dos agregados, o qual serve como uma medida quantitativa da estabilidade dos agregados em água (BAVER et al., 1972).

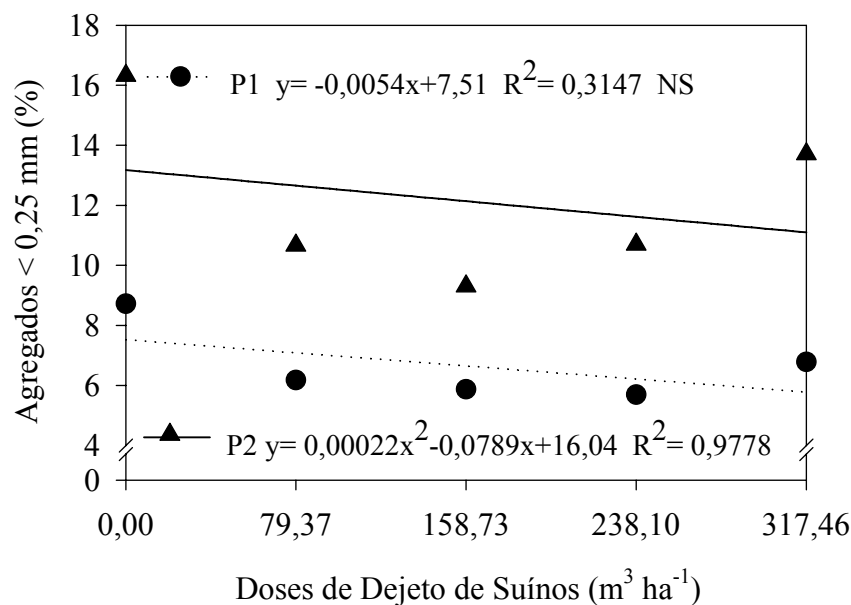


FIGURA 21 – Agregados < 0,25 mm (AGR<0,25 mm) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das doses de dejetos de suínos; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

A formação de agregados e sua estabilidade são determinadas pelo suprimento contínuo de resíduos orgânicos e sua decomposição no solo pela atividade microbiana (CINTRA; MIELNICZUK, 1983). Assim, manejos de solo que possuem essas características, como o sistema plantio direto, favorecem a melhoria e a conservação dos

agregados do solo, enquanto sistemas de preparo que pulverizam a camada superficial e favorecem a rápida decomposição dos resíduos vegetais aportados ao solo, como no sistema de preparo convencional com arações e gradagens, reduzem a estabilidade dos agregados e aumentam a taxa de oxidação da matéria orgânica (D'ANDRÉA et al., 2002).

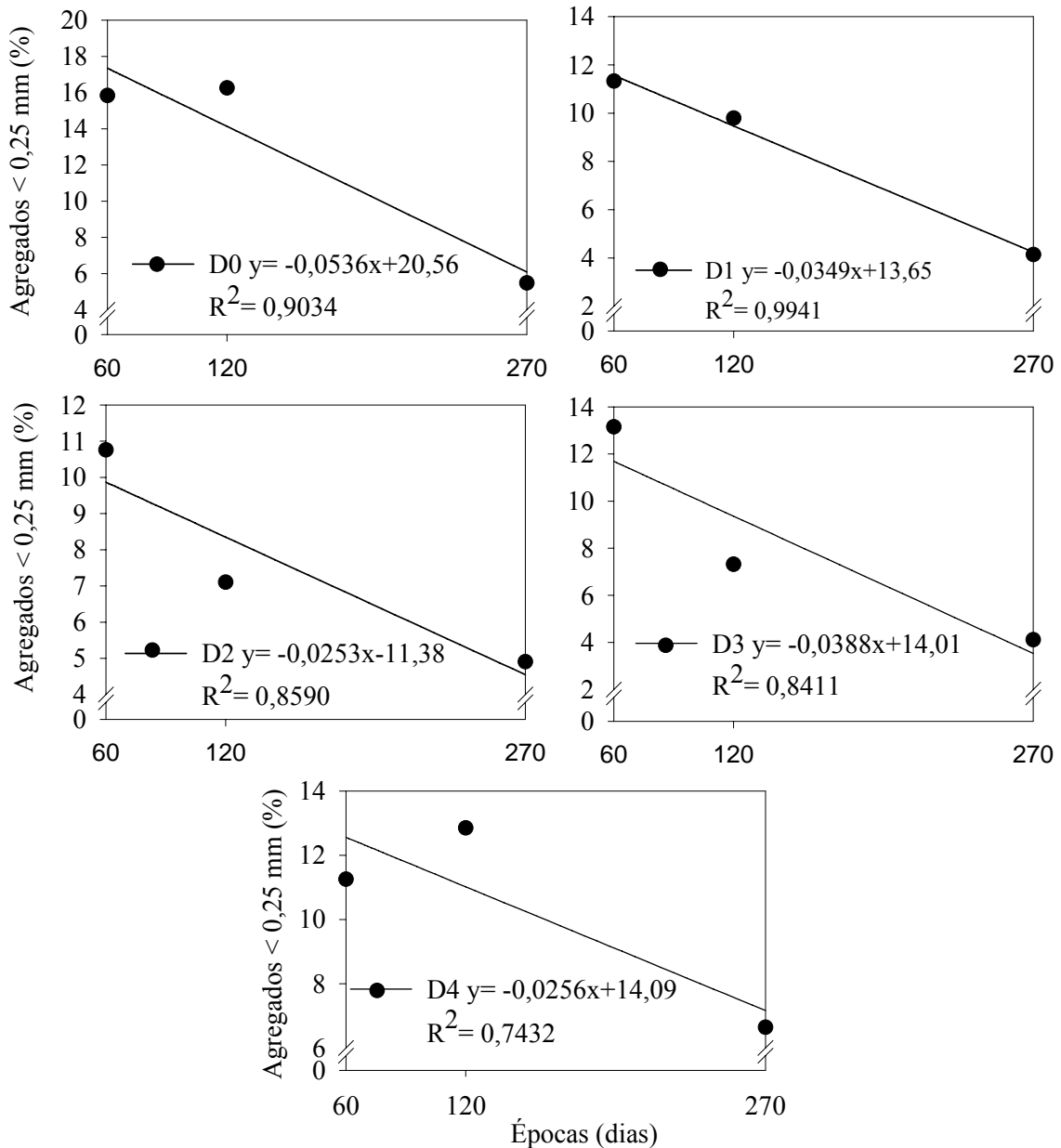


FIGURA 22 – Agregados < 0,25 mm (AGR<0,25 mm) de um Latossolo Vermelho, para diferentes doses de dejetos de suínos, em função das épocas de amostragem; sendo D0 (zero de resíduo), D1 (79,37 m³ ha⁻¹), D2 (158,73 m³ ha⁻¹), D3 (238,10 m³ ha⁻¹) e D4 (317,46 m³ ha⁻¹) de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

A estrutura do solo, embora não seja considerado um fator de crescimento para as plantas, exerce influência direta sobre movimentação de água, transferência de calor, aeração, densidade do solo e porosidade (LETEY, 1985). O cultivo intenso de espécies e a prática de preparo excessivo e superficial do solo têm causado erosão e degradação da estrutura do solo. Solos fisicamente degradados podem ser recuperados com o cultivo de espécies de diferentes sistemas aéreos e radiculares que adicionam materiais orgânicos de quantidade e composição variada.

A agregação do solo pode sofrer alterações permanentes ou temporárias, demonstrando variação cíclica provocada por práticas de manejo de solo e cultura (CAMPOS et al., 1999).

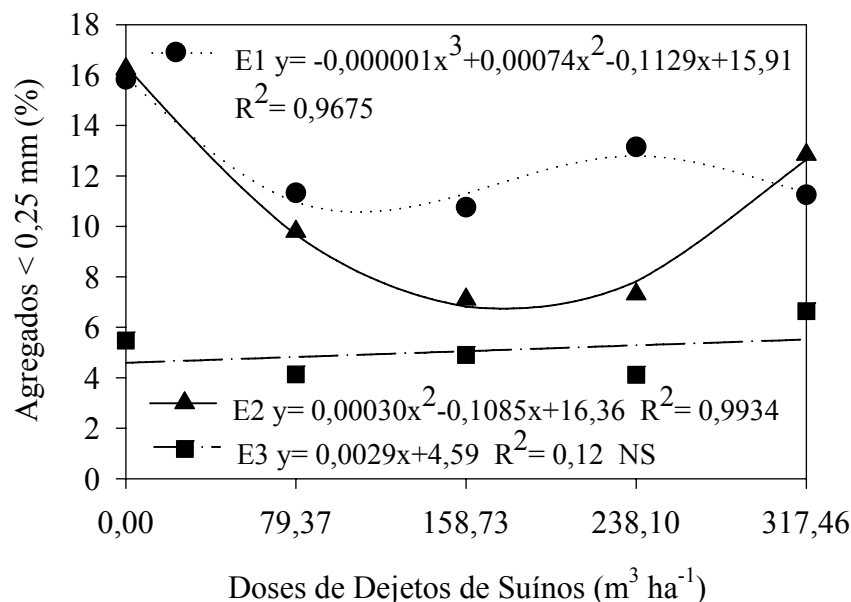


FIGURA 23 – Agregados < 0,25 mm (AGR<0,25 mm) de um Latossolo Vermelho, para diferentes épocas de amostragem, em função das doses de dejetos de suínos; sendo E1= 60 dias (início do período chuvoso), E2= 120 dias (período chuvoso) e E3= 270 dias (período seco) após a distribuição do dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Existe também um estreito relacionamento entre as condições físicas do solo e o desenvolvimento de vegetais (LETEY, 1985). Dessa forma, a qualidade da estrutura influi no crescimento de raízes, que promove o crescimento vegetal, e pode resultar em maiores rendimentos. De modo geral, as plantas, pela ação de suas raízes e parte aérea, podem recuperar solos degradados, sendo algumas espécies mais eficientes do que outras. Para Silva e Mielniczuk (1997), as raízes, apesar de representarem uma pequena fração dos constituintes orgânicos do solo, exercem grande influência na formação e

estabilidade dos agregados do solo. Segundo Allison (1973), as plantas exercem significativo benefício na agregação, pois apresentam raízes finas que se ramificam pelo solo, pressionando as raízes e predispondo a formação de agregados. Além disso, removem continuamente a água, criando secamento nas regiões próximas a elas e, pela exsudação, fornecem alimento para microrganismos da rizosfera que, direta ou indiretamente, influenciam a agregação.

As plantas de cobertura de inverno induzem a uma variação temporal da estabilidade de agregados, principalmente gramíneas como a aveia preta e leguminosa como o tremoço. Estas diferenças podem ser atribuídas ao sistema radicular, no caso da gramínea aveia preta, e à taxa de decomposição da leguminosa tremoço, sendo que ambas propiciam ambiente favorável à agregação do solo (CAMPOS, 1993).

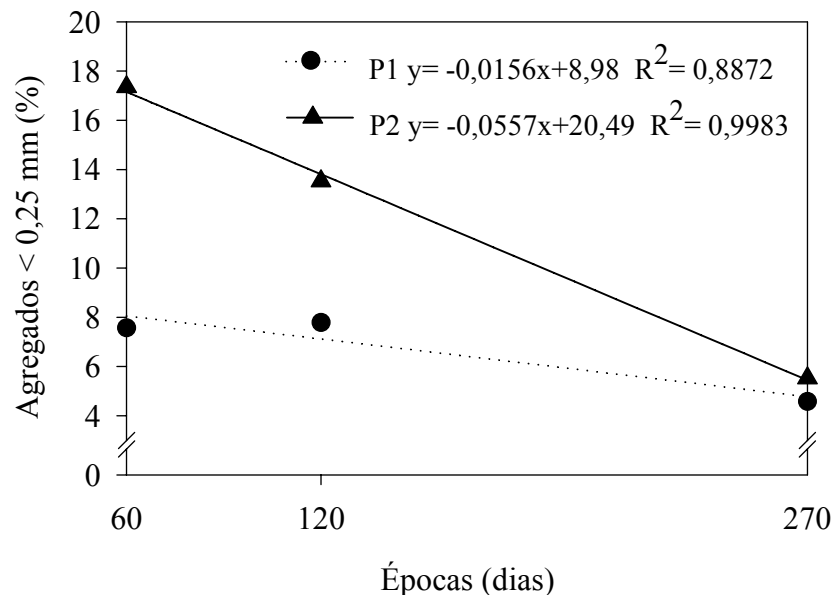


FIGURA 24 – Agregados < 0,25 mm ($AGR_{<0,25\text{ mm}}$) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

A variação temporal e a ação de diferentes sistemas de culturas na agregação do solo também foi observada por Wohlenberg et al. (2004), em um solo arenoso. Os resultados encontrados permitiram afirmar que os sistemas de cultivo que aportam material orgânico e cobrem o solo durante todo o ano proporcionam maior estabilidade de agregados, e que as seqüências de culturas com gramíneas e leguminosas apresentam maior agregação.

A influência de atributos químicos, físicos e biológicos na estabilidade estrutural de dois Latossolos cultivados em sistema plantio direto a mais de quatro anos foi estudada por Dufranc et al. (2004). Os resultados mostraram que o conteúdo de matéria orgânica, a comunidade bacteriana e os teores de ferro e argila foram os principais agentes agregantes, sendo que, nas áreas com baixos teores de argila e altos teores de areia fina, os mais baixos índices de estabilidade de agregados foram encontrados.

4.5.4 Diâmetro médio geométrico do agregado (DMG)

O diâmetro médio geométrico dos agregados (DMG) representa uma estimativa do tamanho da classe de agregados de maior ocorrência (CASTRO FILHO et al., 1998) e é comumente utilizado para representar a estabilidade de agregados em água, uma vez que ele reflete uma média geral dos agregados do solo. A presença de agregados estáveis potencializa a capacidade de armazenamento de água, diminui as perdas de partículas e nutrientes por processos erosivos e facilita a proteção física e o acúmulo da matéria orgânica no solo (MILLER; JASTROW, 1992; FOSTER, 1994). Além disso, os agregados constituem micro-habitats onde os microrganismos do solo encontram nutrientes e ficam protegidos contra a predação e dessecação.

Observa-se na análise de variância que houve influência significativa ($p < 0,05$) nas diferentes épocas, profundidades e doses de dejetos de suínos (Anexo 4A e Tabela 12). Os valores apresentaram grande variação entre os tratamentos, com uma tendência a um incremento no DMG, com o aumento da dose de dejetos de suíno e em comparação com a testemunha.

Este resultado reflete o efeito do adubo orgânico na formação de agregados que proporciona melhoria do ambiente para o desenvolvimento do sistema radicular (ESPANHOL et al., 2003). A matéria orgânica, em sua função como agente cimentante do solo, tem sido foco de vários trabalhos (TISDALL; OADES, 1982; CHANEY; SWIFT, 1984; SILVA; MIELNICZUC, 1997; CASTRO FILHO et al., 1998). O aumento da estabilidade dos agregados está intimamente relacionado com a capacidade da matéria de se aderir às partículas minerais do solo, formando as ligações argilo-metal substâncias húmicas (EDWARDS; BREMNER, 1967) e pela atuação de microrganismos que liberam exsudados e contribuem para a formação e maior estabilização dos agregados (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990; ROTH; CASTRO FILHO; MEDEIROS, 1991). Pode-se afirmar que os restos orgânicos que permanecem

sobre a superfície do solo, nos sistemas onde não há revolvimento, ao contrário do que ocorre no cultivo convencional, contribuem para maior agregação do solo. Principalmente, nos primeiros centímetros, onde geralmente os teores de matéria orgânica são maiores (CASTRO FILHO et al., 1998).

Desse modo, maiores valores de agregados estáveis em água, são observados no período seco. Possivelmente, estes resultados estejam relacionados aos valores de matéria orgânica no solo. Segundo Passos, (2000) e Silva et al., (1998) no período de intensa atividade biológica no solo ocorrem enormes variações na estrutura, promovendo maior suscetibilidade à erosão, pela ação direta da ativação dessa biomassa.

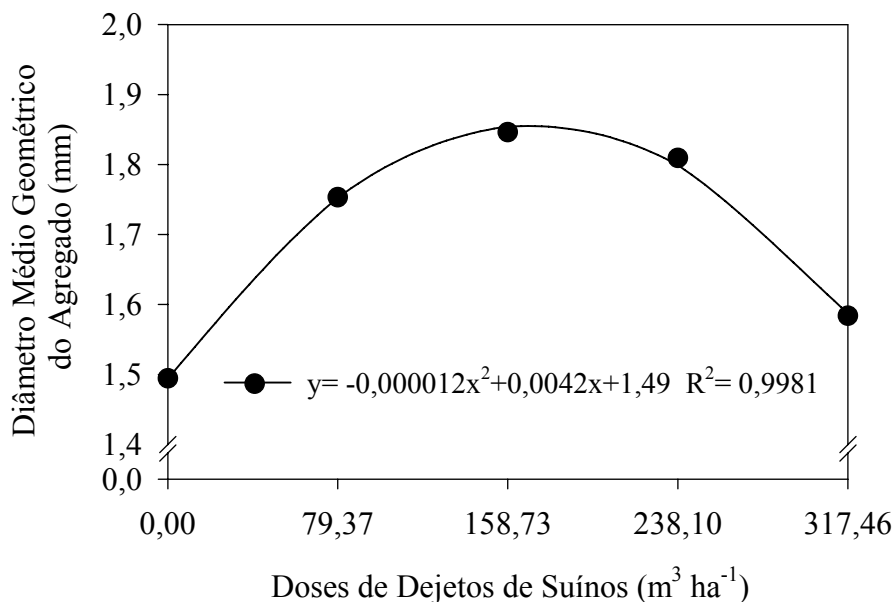


FIGURA 25 – Diâmetro médio geométrico do agregado (DMG) de um Latossolo Vermelho, em função das diferentes doses de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Para as épocas de amostragem, observa-se que houve um significativo aumento do DMG na época seca. Nesse período, a braquiária apresentava um sistema radicular bem desenvolvido, em função da aplicação do adubo orgânico que forneceu nutriente necessário a esse desenvolvimento. A vegetação é um fator importante de formação de agregados, mediante a ação mecânica das raízes ou pela excreção de substâncias com ação cimentante, e isto, indiretamente, fornece nutrientes à fauna do solo (KIEHL, 1979). O tipo de vegetação também interfere na estruturação dos solos, ou seja, as gramíneas são mais eficientes em aumentar e manter a estabilidade de agregados do que

as leguminosas (CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990), por apresentarem um sistema radicular extenso e renovado constantemente (HARRIS et al., 1966).

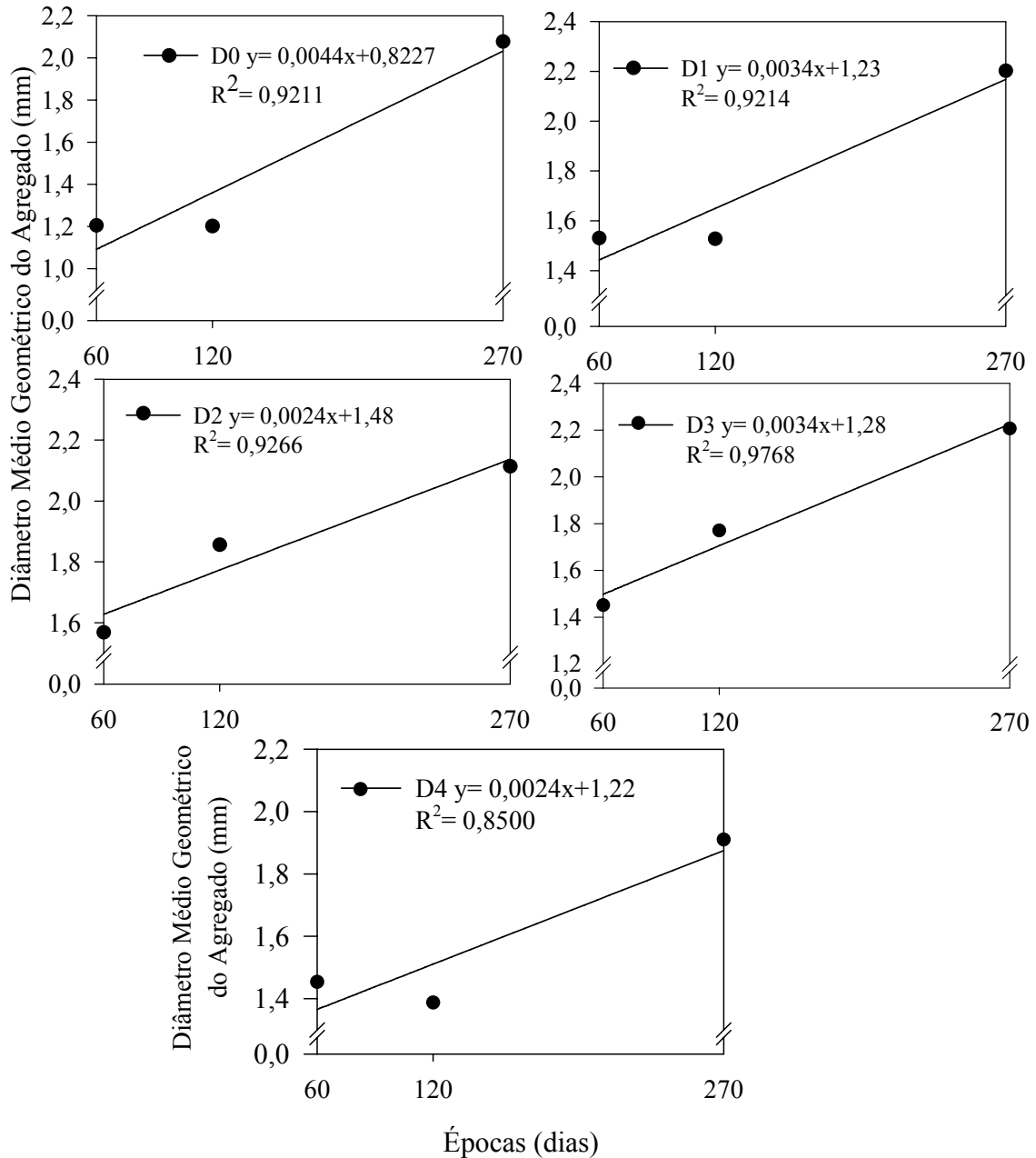


FIGURA 26 – Diâmetro médio geométrico do agregado (DMG) de um Latossolo Vermelho, para diferentes doses de dejetos de suínos, em função das épocas de amostragem; sendo D0 (zero de resíduo), D1 ($79,37 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), D2 ($158,73 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), D3 ($238,10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e D4 ($317,46 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) de dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

O arranjo das partículas primárias em agregados revela as características de estrutura do solo, e a distribuição do tamanho dos agregados indica o estado de

estruturção. Portanto, a estabilidade dos agregados constitui um aspecto de grande importância prática. A redução dos agregados, em tamanho, pela exposição do solo às chuvas e práticas de manejo resulta em modificações que podem afetar o desenvolvimento das plantas. As práticas de manejo alteram a estabilidade dos agregados. Os cultivos sucessivos, com vários ciclos de movimentação de máquinas e implementos, calagens, adubações e maior exposição do solo à ação da chuva e a ciclos de umedecimento e secagem, promovem também a redução dos agentes cimentantes, alterando a estabilidade dos agregados (CARVALHO, 1998).

Salton et al. (1999), comparando as alterações nos atributos físicos de um Latossolo Vermelho, em área de cerrado com lavoura contínua e pastagem, encontraram significativas diferenças nos valores de DMG, atribuindo tais resultados a importância da pastagem em melhorar a estrutura do solo, devido ao agressivo e abundante sistema radicular da braquiária.

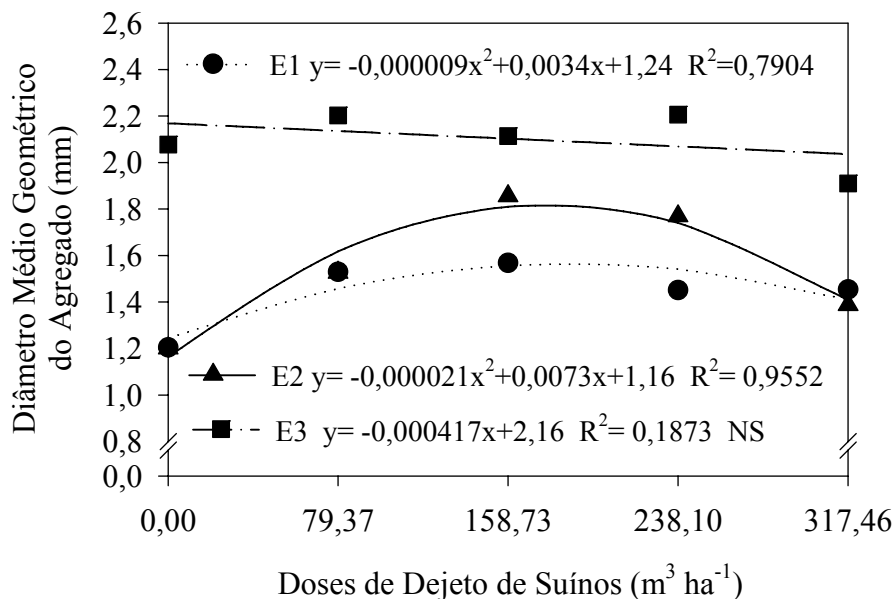


FIGURA 27 – Diâmetro médio geométrico do agregado (DMG) de um Latossolo Vermelho, para diferentes épocas de amostragem, em função das doses de dejetos de suínos; sendo E1= 60 dias (início do período chuvoso), E2 = 120 dias (período chuvoso) e E3= 270 dias (período seco) após a distribuição do dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Wendling et al. (2005), trabalhando no sistema de plantio direto (PD) com rotação milho (silagem)/soja; PD milho (grão)/soja; PD tifton (feno); sistema convencional de soja e mata nativa, observaram que o tifton foi eficiente em aumentar a

estabilidade dos agregados, em todos os índices calculados (DMP, DMG e AGR > 2,0 mm).

Bono e Macedo (dados não publicados), citado por Macedo (2002), avaliando vários sistemas de produção nas propriedades físicas do solo, observaram o grande potencial das gramíneas forrageiras no melhoramento dessas propriedades e que com apenas um ano de implantação de pastagem, após 4 anos de lavoura, a estabilidade dos agregados do solo foi substancialmente incrementada pela ação do sistema radicular das gramíneas.

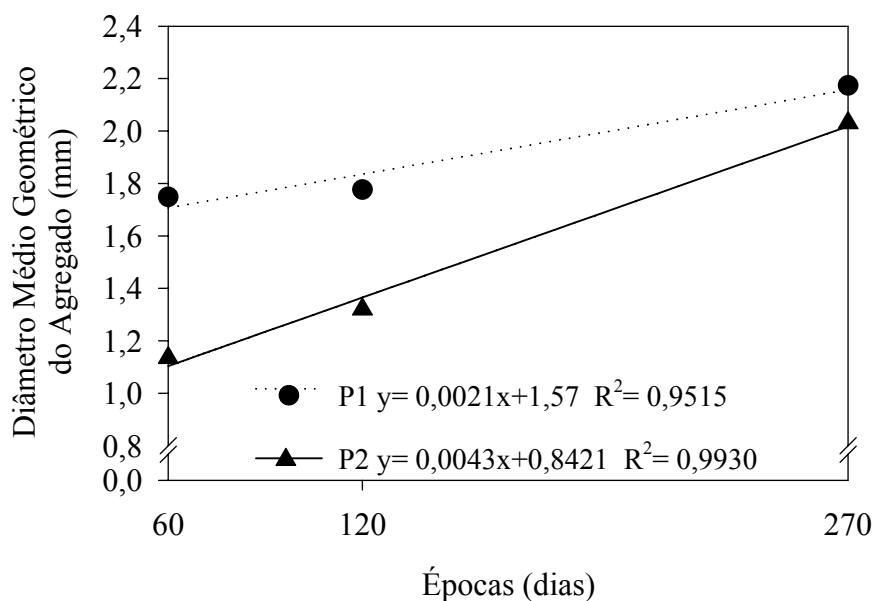


FIGURA 28 – Diâmetro médio geométrico do agregado (DMG) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem; sendo P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Comparando-se as profundidades de amostragem, os maiores teores foram para a profundidade de 0 a 20 cm, onde se concentra a maior parte das raízes e maior atividade microbiana. Para Tisdall e Oades (1982), as pastagens proporcionam um aumento nos componentes orgânicos do solo pela maior produção de parte aérea e de raízes. Oades (1984) afirmou que o sistema radicular de pastagens, especialmente o de gramíneas, tem um papel chave na recuperação dos solos, já que elas provêm excelente distribuição e mistura de uma grande quantidade de materiais orgânicos dentro do solo. Ainda segundo o mesmo autor, a ausência ou menor intensidade de distúrbios no solo sob

pastagem não somente melhora o ambiente físico e químico, como também estimula a recuperação da fauna do solo.

O papel do sistema radicular no aumento do DMG é relacionado por outros autores, que atribuem uma maior agregação às plantas com sistema radicular mais agressivo, como as gramíneas (CAMPOS et al., 1995; WOHLBERG et al., 2004).

Em um primeiro momento, esse efeito manifestou-se de forma indireta pelo fornecimento de nutrientes no solo que, por sua vez, levaram à melhoria do ambiente radicular para o desenvolvimento de plantas e microorganismos e estes, por sua vez, são importantes agentes que contribuem para a melhoria e ou manutenção da qualidade dos solos.

O efeito benéfico da aplicação do adubo orgânico pode ser evidenciado pela aplicação contínua e monitorada de dejetos de suíno. A presença de matéria orgânica e de outras substâncias que atuam na compressão da dupla camada difusa, pode, ao longo do tempo, atuar de forma direta na melhoria dos atributos físicos do solo, pela ação cimentante de agentes orgânicos. No presente trabalho, inicialmente, houve uma degradação acelerada da matéria orgânica, devido às condições de baixa fertilidade inicial do solo estudado. Espera-se que, em um maior período de tempo, ocorra um equilíbrio no solo e, conseqüentemente, um acúmulo de matéria orgânica que promoverá melhorias ainda mais significativas.

Porém, deve-se ressaltar que, aliada à aplicação do adubo orgânico, um correto manejo da área, respeitando a capacidade de uso desse solo, torna-se necessário a fim de maximizar as melhorias de seus atributos físicos, o que, conseqüentemente, refletirá num maior aproveitamento dessa área.

5 CONCLUSÕES

1. A profundidade de 0 a 20 cm apresentou os melhores resultados na maioria dos atributos físicos do solo estudado.
2. Os melhores resultados para os atributos físicos do solo avaliado foram obtidos na época seca, com 270 (duzentos e setenta) dias após a distribuição dos dejetos de suínos, amostrados e determinados no mês de agosto.
3. As menores doses de dejetos de suínos ($79,37$ e $158,73 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) proporcionaram os melhores resultados na recuperação dos atributos físicos do solo.
4. Os dejetos de suínos apresentam grande potencial para o aproveitamento na recuperação física de solo e de pastagem degradada. Paralelo a isso, o elevado teor de nutrientes presentes no mesmo contribui, de forma significativa, para a melhoria do ambiente e para o desenvolvimento de plantas e microrganismos, fornecendo ao solo material orgânico que, em longo prazo, pode desempenhar papel fundamental na estruturação e agregação do solo.
5. Os resultados não podem ser considerados conclusivos, devido ao pouco tempo de condução do ensaio. Sugere-se a continuação dos trabalhos de pesquisa, com o objetivo de se verificar o efeito desta técnica a médio e longo prazo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, S.L. **Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo**. 2000. 65p. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2000.

AGASSI, M.; MORIN, J.; SHAINBERG, I. Effect of raindrop impact energy and water salinity on infiltration rates of sodic soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.49, p.186-190. 1985.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ALBUQUERQUE, J.A.; REINERT, D.J.; FIORIN, J.E.; RUEDELL, J.; PETRENE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo: efeitos sobre a forma da estrutura do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, p.155-119, 1995.

ALCÂNTARA, E.N.; FERREIRA, M.M. Efeito de diferentes métodos de controle de plantas daninhas sobre a produção de cafeeiros instalados em Latossolo Roxo distrófico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p54-61, jan./mar., 2000.

ALLISON, F.E. Soil organic matter and its role in crop production. Amsterdam, Elsevier, 1973. p.215-345.

ANDRASKI, T.W.; BUNDY, L.G.; KILIAN K. Manure history and long-term tillage effects on soil properties and phosphorus losses runoff. **Journal of Environmental Quality**. Madison, v.31, p.1782-1789, 2003.

ANDREOLA, F. **Propriedades físicas e químicas do solo e produção de feijão e de milho em uma Terra Roxa Estruturada em resposta a cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e mineral**. 1996. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

ARAÚJO, A. G. **Estimativa e classificação da compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas através da modelagem nebulosa**. 2004. 224 p. Tese (Doutorado em Sistemas Digitais) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ARAÚJO, A. G.; CASÃO JUNIOR, R. & SIQUEIRA, R. Máquinas para semear. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 1, n. 2, p. 10-11, 2001.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo Distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 307-315, 2004.

ARSHAD, M. A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society, 1996.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. Soil cone penetrometer. In: _____ **Agricultural Engineers Yearbook**. St. Joseph, 1976. p.368-369 (ASAE Report, 313.1).

ASSOULINE, S.; TAVARES, J.; TESSIER, D. Effect of compaction on soil physical and hydraulic properties: experimental results and modeling. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, n.2, p.390-398, 1997.

BARNETT, G.M. Phosphorus forms in animal manure. **Bioresource Technology**. Barking, v. 49, p.139-147, 1994.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Física de Suelos**. México: C.R.A.T./ A.I.D., 1973. 529p.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. Soil structure - evaluation and agricultural significance. In: BAVAR, L.D.; GARDNER, W.H.; GARDNER, W.R. **Soil physics**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1972. Cap.5, p.178-223.

BERTOL.; I, ALMEIDA, J. A de.; ALMEIDA, E. X de.; KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 1047-1054, maio 2000.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. N. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BERTSCH, P.M.; SEAMAN, J.C. Characterization of complex mineral assemblages: implications for contaminant transport and environmental remediation. **Proceedings of National Academy of Science USA**. Washington, v. 96, p.3350-3357, 1999.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; CRUZ, J. C. Agregação de um Latossolo Vermelho Distrófico típico relacionado com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 29-136, 2001.

BEVAN. K. The Grendon Underwood field drainage experiment. **Institute of Hydrology Report**, Wallingford, v. 65, p. 30, 1980.

BONO, J. A. M.; MACEDO, M. C. M.; EUCLIDES, V. B. P. **Biomassa e área do sistema radicular e resistência do solo a penetração em pastagens de Panicum maximum Jacq.** Sob pastejo rotacionado. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** [s.i.]: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. CD-ROM.

BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. FIGUEIREDO FILHO, A.B.N. (Trad.). 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 647 p.

- BRAIDA, J.A. **Matéria orgânica e resíduos vegetais na superfície do solo e suas relações com o comportamento mecânico do solo sob plantio direto**. 2004. 107p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.
- BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, Amsterdam, v.124, p.3-22, 2005.
- BUENO, B. S.; VILAR, O. M. **Mecânica dos solos**. São Carlos: USP, EESC, 1998. v. 1, 131p.
- BUNDY, L.G.; ANDRASKI, T.W.; POWELL, J.M. Management practice effects on phosphorus losses in runoff in corn roduction systems. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.30, p.1822-1828, 2001.
- BUYANOVSKY, G.A.; ASLAM, M.; WAGNER, G.H. Carbon turnover in soil physical fractions. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p.167-1173, 1994.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Esalq, 1997. 132 p.
- CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, p.1071-1076, 1993.
- CAMPOS, B.C.; **Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de cobertura de inverno e manejo do solo e culturas**. 1993. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1993.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; CASSOL, L.C. Dinâmica da agregação induzida pelo uso de plantas de inverno para cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.383-391, 1999.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.19, n.1, p.121-126, jan./abr. 1995.
- CARON, J.; KAY, B.D.; STONE, J.A.; KACHANOSKI, R.G. Modeling temporal changes in structural stability of a clay loam soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.1597-1604, 1992.
- CARPENEDO, V.; MELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARTER, M.R. Temporal variability of soil macroporosity on a fine sandy loam under mouldboard ploughing and direct drilling. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.12, p.35-51, 1988.

CARTER, M. R. Temporal variability of soil macroporosity in a fine sandy loam under mouldboard ploughing and direct drilling. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 12, p. 37-45, 1998.

CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; TOPP, G. C. Characterizing equilibrium physical condition near the surface of a fine sandy loam under conservation tillage in a humid climate. **Soil Science**, Baltimore, v. 164, n. 2, p. 101-110, 1999.

CARVALHO, M.A. **Retenção de água e outros atributos físicos de agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro**.1998. 83p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

CASSOL, P. C. **Eficiência fertilizante de estrumes de bovinos de leite e frangos de corte como fonte de fósforo às plantas**. 199. 162f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p.527-538, 1998.

CAUSARANO, H. Factors affecting the tensile strength of soil aggregates. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p.15-25, 1993.

CHANEY, K.; SWIFT, R.S. The influence of organic matter on the stability of some British soils. In: **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 35, p. 223-230, 1984.

CHATEAUBRIAND, A.D. **Efeito de dejetos de suínos aplicados em irrigação por sulco, na cultura de milho**. 1988. 61p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

CHEVERRY, C.; MENETRIER, Y.; BOLOY, J. **Distribuição do chorume de suínos e fertilização**. Tradução: Osvaldo E. Aranha. Curitiba: ACARPA, 1986. 43p.

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.

COSTA, A. M. **Recuperação física de um Latossolo Vermelho, influenciado pela aplicação de camas de aviário**. 2005. 111p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

- CUNHA, T.J.F.; MACEDO, J.R.; RIBEIRO, L.P.; PALMIERI, F. FREITAS, P.L.; AGUIAR, A.C. Impacto do manejo convencional sobre propriedades físicas e substâncias húmicas de solos sob cerrado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n. 1, jan./mar. 2001.
- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, p.1047-1054, 2002.
- DE JONG VAN LIER, Q. Oxigenação do sistema radicular: uma abordagem física. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p. 233-238, 2001.
- DEXTER, A.R. Amelioration of soil by natural processes. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 20, p. 87-100, 1991.
- DIAS JUNIOR, M.S.; FERREIRA, M.M.; FONSECA, S.; SILVA, A.R.; FERREIRA, D.F. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. **Revista Árvore**, Viçosa, v.23, n.4, p371-380, 1999.
- DORMAAR, J.F. Chemical properties of soil and water-stable aggregates after sixty-seven years of cropping to spring wheat. **Plant Soil**, Dordrecht, v. 75, p.51-61, 1983.
- DOUGLAS, J.T. Macroporosity and permeability of some soil cores from England and France. **Geoderma**, Amsterdam, v.37, p.221-231, 1986.
- DREWRY, J. J.; LOWE, J. A.; PATON, R. J. Effect of sheep stoking intensity on soil physical properties and matter production on a Pallic Soil in Southland. **New Zeland Journal of Agricultural Research**, Canterbury, v. 42, p. 493-499, 1999.
- DUFRANC, G.; DECHEN, S.C.F.; FREITAS, S.S.; CAMARGO, O.A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.3, p.505-517, 2004.
- DUIKER, S.W.; RHOTON, F.E.; TORRENT, J.; SMECK, N.E., LAL, R. Iron (hidr)oxide crystallinity effects on soil aggregation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.67, p.606-611, 2003.
- DURIGON, R.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; BARCELLOS, L.A.R.; PAVINATO, P.S. Produção de forragem em pastagem natural com o uso de esterco líquido de suíno. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 983-992, 2002.
- EDWARDS, A. P.; BREMNER, J.M. Microaggregates in soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.18, p. 64-73, 1967.
- EDWARDS, D.R.; DANIEL, T.C. Abstractions and runoff from descue plots receiving poultry litter and swine manure. **American Society of Agricultural Engineers**. Fayetteville, v.36, p.405-411, 1993.

EHLERS, W. W.; KÖPKE, F. HESSE, F.; BÖHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 3, p.261-275, 1983.

ELLSWORTH, T.R.; CLAPP, C.E. % BLAKE, G.R. Temporal variations in soil structural properties under corn and soybean cropping. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.151, p. 405-416, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EPSTEIN, E. Effect of sewage sludge on some soil physical properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 4, p. 139-142, 1975.

FASSBENDER, H.W. **Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina**. San José: Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, 1980. 398 p.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FIGUEIREDO, L. H. A. DIAS JUNIOR, M. S.; SANTOS, G. A.; BUENO FILHO, J. S. S. Efeito dos manejos do solo na densidade do solo máxima e umidade ótima de um Latossolo Roxo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12, 1998, Fortaleza. **Resumos expandidos...** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 1998. p. 236-237.

FLORES, J.P.C. **Atributos de solo e rendimento de soja em um sistema de integração lavoura-pecuária com diferentes pressões de pastejo em plantio direto com aplicação de calcário em superfície**. 2004. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

FOSTER, R.C. Microorganisms and soil aggregates. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M; GUPTA, V.V.S.R.; GRACE, P.R., (Ed.) **Soil biota: management in sustainable farming systems**. East Melbourne: CSIRO, 1994. p.144-155.

FURRER, O.J.; STAUFFER, W. Influence of sewage sludge application on physical properties of soils and its contribution to the humus balance. In: THE INFLUENCE of sewage sludge application on physical and biological properties of soils. Dordrecht: D. Reidel, 1983. p.65-74.

GANG, LU.; SAKAGAMI, K.; TANAKA, H.; HAMADA, R. Role of soil organic matter in stabilization of waterstable aggregates in soils under different types of land use. **Soil Science And Plant Nutrition**, Tokyo, v.44, p.147- 155, 1998.

GENRO JÚNIOR, S.A.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Variabilidade temporal da resistência à penetração de um Latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.477-484, 2004.

GESSEL, P.D; HANSEN, N.C.; MONCRIEF, J.F.; SCHMITT, M.A. Rate of falapplied liquid swine manure: Effects on runoff transport sediment and phosphorus. **Journal Environmental Quality**. Madison, v.33, p.1839-1844, 2004.

GOMES, P.C.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L.M.; FORTES, M.P.F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 223-233, 1994.

GRABLE, A. R. Effects of compaction on content and transmission of air in soils. In: BARNES, K. K.; CARLETON, W. M.; TAYLOR; H. M.; THROCKMORTON, R. I.; Vanden Berg, G. E. (Ed.). **Compaction of Agricultural Soils**. St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers. 1971. p. 154-164.

GRADWELL, M. W. Soil physical conditions of winter and growth of ryegrass plants. **New Zeland Journal of Agricultural Research**, Canterbury, v. 8, p. 238-269, 1965.

GROHMANN, F.; VAN RAIJ, B. Dispersão mecânica e pré-tratamento para análise granulométrica de Latossolos argilosos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.1, p.52-53, 1977.

GUPTA, V.V.S.R.; GERMIDA, J.J. Distribution of microbial biomass and its activity in different soil aggregation size classes as affected by cultivation. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 20, p. 777-786, 1988.

HARRIS, R.F.; CHESTERS, G.; ALLEN, O.N. Dynamics of soil aggregation **Advances in Agronomy**, New York, v. 18, p. 107-169, 1966.

HÉNIN, S.; GRAS, R.; MONNIER, G. **Os solos agrícolas**. Rio de Janeiro: Forense-Universitária; São Paulo, Universidade de São Paulo, 1976. 334p.

HILLEL, D. **Environmental soil physics**. San Diego: Academic Press, 1998. 770p.

IMHOFF, S. **Indicadores de qualidade estrutural e trafegabilidade de Latossolos e Argissolos Vermelhos**. 2002. 94 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JASTROW, J.D. Changes in soil aggregation associated with tallgrass prairie restoration. **American Journal of Botany**, New York, v. 74, p. 1656-1664, 1987

JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p. 237-240, 1991.

KEMPER, W.D.; ROSENEAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A., (Ed.). **Methods of soil analysis**. 1. Physical and mineralogical methods. 2.ed. Madison: America Society of Agronomy, 1986. p.425-442.

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

KIEHL, E. J. **Manual de edafologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 264p.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Faixa de umidade menos limitante ao desenvolvimento vegetal e sua relação com a densidade do solo ao longo do perfil de um Latossolo roxo. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.6, p.959-964, 2000.

KLEINMAN, P. J.; WOLF, A. M.; SHARPLEY, A. N.; DOUGLAS, B. B.; SAPARITO, L. S. Survey of water-extractable phosphorus in livestock manure. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 69, p.701-708, 2005.

KONZEN, E. A. Valorização agrônômica dos dejetos suínos: utilização dos dejetos suínos como fertilizantes. In: CICLO DE PALETSRAS SOBRE DEJETOS SUÍNOS NO SUDOESTE GOIANO, 1., 1997, Rio Verde. **Anais...**, 1997. p. 113-136.

KONZEN, E.A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia, SC, EMBRAPA – CNPSA, 1983. 32p. (Circular Técnico, 6).

KONZEN, E.A.; PEREIRA FILHO, I.A.; BAHIA FILHO, A.F.C; PEREIRA, F. A. **Manejo do esterco líquido de suínos e sua utilização na adubação do milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA – CNPMS, 1997. 31p. (Circular técnica, 25).

LARSON, W. E.; GUPTA, S. C. Estimating critical stress in unsaturated soils from changes in pore water pressure during confined compression. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n. 6, p.1127-1132, 1980.

LARSON, W.E.; GUPTA, S.C.; USECHE, R.A. Compression of agricultural soil from eight soil orders. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, n.3, p.450-7, 1980.

LATIMIER, P.; DOURMAD, J.Y. Effect of three protein feeding strategies, for growing-finishing pigs, on growth performances and nitrogen out put in the slurry and the air. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON NITROGEN FLOW IN PIGS, 1993. Wageningen. **Proceedings...** Wageningen: [s.n.] 1993. 439p.

LEIROS, M. C.; GIL-SOTRES, F.; TRASAR-CEPEDA, M. C.; SAA, A.; SEONE, S. Soil recovery at the Meirama Opencast lignite mine in northwest Spain: a comparison of the effectiveness of cattle of slurry and inorganic fertilizer. **Water, Air Pollution**. Amsterdam, v. 91, n. 1 / 2, p. 109 – 124, 1996.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. **Advances in Soil Sciences**, New York, v. 1, p. 277-294, 1985.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005. 335p.

LIMA, J. M.; CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D. P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, p.85-90, 1990.

LUCAS, J.; SANTOS, T. M. B.; OLIVEIRA, R. A. Possibilidade de uso de dejetos no meio rural. In: MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E A AGROPECUÁRIA BRASILEIRA, 1999. **Workshop**. Campinas: Embrapa..., 1999. p. 42.

MATHAN, K.K. Studies on the influence of long-term municipal sewage-effluent irrigation on soil physical properties. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 48, p.275-276, 1994.

MCCARTHY, J.F.; ZACHARA, J.M. Subsurface transport of contaminants. **Environmental Science and Technology**, Washington, v. 23, n.5, p.496-502, 1989.

McNABB, D.H.; BOERSMA, L. Nonlinear model for compressibility of partly saturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, n.2, p.333- 341, 1996.

MENDES, I.C.; BANDICK, A.K.; DICK, R.P.; BOTTOMLEY, P.J. Winter cover crops and the distribution of microbial biomass and activities in soil aggregates. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 63, p. 873-881, 1999a.

MILLER, M.; DICK, R.P. Dynamics of soil C and microbial biomass on whole soil aggregates in two cropping systems differing in C-input. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 2, p. 253-261, 1995.

MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: BETHLENFALVAY, G.J.; LINDERMAN, R.G. (Ed.). **Mycorrhizae in sustainable agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1992. p.29-44. (ASA, Special Publication, 54)

MIRANDA. C.R.; ZARDO; A.; GOSMANN, H. **Uso de dejetos na agricultura. Concórdia** : EMBRAPA-CNPSA, 1999. 2p. (EMBRAPA – CNPSA. Instrução técnica para o suinocultor, 11).

MOURA FILHO, W.; BUOL, S.W. Studies of Latosol Roxo (Eutrústox) in Brazil: micromorphology effect on ion release. **Experientiae**, Viçosa, v.21, n.8, p.161-177, 1976.

NAVAS, A.; BERMÚDEZ, F.; MACHÍN, J. Influence of sewage sludge application on physical and chemical properties of Gypsisols. **Geoderma**, Amsterdam, v. 87, p.123-135, 1998.

O'SULLIVAN, M.F. Uniaxial compaction effects on soil physical properties in relation to soil type and cultivation. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 24, n. 3/4, p.257- 269, 1992.

OADES, J.M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. **Plant and Soil**, The Hague, v.76, p.319-337, 1984.

OADES, J.M. The retention of organic matter in soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v.5, p.35-70. 1988.

OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um Latossolo Vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 291-299, fev. 2003.

OLIVEIRA, P. A. V. **Produção e manejo de dejetos de suínos**. Concórdia: PNMA II – Programa Nacional do meio Ambiente, 2002. (Documento técnico n. 8).

OLIVEIRA, P.A.V. Aspectos práticos do manejo de dejetos de suínos: In: _____ **Manejo da água: Influência no volume de dejetos produzidos**. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, 1995.

OLIVEIRA, P.A.V. de (Coord.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA/CNPSA., 1993. 188p. (Documento, 27).

OLIVEIRA, P.A.V. **Impacto ambiental causado pelos dejetos de suínos**. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS. 1994. **Anais...** [s.i.: s.n.], 1994.

ORTEGA, E.; NOGALES, R.; DELGADO, M. Modificación en la porosidad de un suelo por la adición de un compost de basura urbana. **Anales de Edafología y Agrobiología**, Madrid, v.15, p.1735-1747, 1981.

PAGLIAI, M.; GUIDI, G.; LA MARCA, M.; GIACHETTI, M.; LUCAMANTE, G. Effects of sewage sludge and composts on soil porosity and aggregation. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.10, p.556-561, 1981.

PASSOS, R.R. **Carbono orgânico e nitrogênio em agregados de Latossolo Vermelho sob duas coberturas vegetais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 89p (Tese de Mestrado).

PELÁ, A.; MORAES, M. H.; COSTA, M. S. S de M.; COSTA, A. M.; OLIBONE, D.; ENCIDE, A. P. Agregação de um Latossolo Vermelho em função de adubações orgânica e mineral. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 15., 2004, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: UFSM, 2004. 1 CD-ROM.

PENZ, A. M. J. A influencia da nutrição na preservação do meio ambiente. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 5., São Paulo. **Anais...** [s.i.: s.n.], 2000.

PERDOMO, C.C. **Sugestões para o manejo, tratamento e utilização de dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA – CNPSA, 1999. p. 1.

- PEREIRA, I.S.; RESCK, D.V.S.; GUEDES, H.M.; SILVA, J.E.; CASTRO, L.H.R. Efeito de diferentes sistemas de manejo na distribuição de macro e microagregados e no teor de carbono orgânico em Latossolo Vermelho-Escuro na região dos Cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1966, Brasília. **Biodiversidade e produção sustentável de alimentos e fibras nos Cerrados**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1996. p.367-371.
- PERFECT, E.; HAY, B.D.; LOON, W.K.O. van; SHEARD, R. W.; Pojasok, T. Factors influencing soil structural stability within a growing season. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 54, p. 173-179, 1990.
- PERFECT, E.; KAY, B.D.; SILVA A.P. da. Influence of soil properties on the statistical characterization of dry aggregate strength. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.59, n.2, p.532-537, 1995.
- RAHIMI, H.; PAZIRA, E.; TAJIK, F. Effect os soil organic matter, electrical conductivity and sodium adsorption ratio on tensile strength of aggregates. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.54, n.3/4, p. 145-153, 2000.
- RASIAH, V.; KAY, B.D.; MARTIN, T. Variation of structural stability with water content: influence of selected soil properties. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v.56, p.1604-1609, 1992.
- REICHARDT, K., TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceito, processo e aplicações**. Barueri: Manole, 2004, 478p.
- RIBON, A. A.; TAVARES FILHO, J. Models for the estimation of the physical quality of a Yellow Red Latosol (Oxisol) under pasture. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Londrina, v.47, n.1, p.25-31, 2004.
- RIBON, A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; CARVALHO FILHO, A. C. Propriedades físicas de Latossolo e Argissolo em função de práticas de manejo aplicadas na entrelinha da cultura da seringueira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 3 p. 781-787, 2002.
- ROTH, C. H.; CASTRO FILHO, C.; MEDEIROS, G. B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 15, p. 241-248, 1991.
- SALTON, J.C.; HERNANI, BROCH, D. FABRÍCIO, A. M. **Alterações em atributos físicos do solo decorrentes da rotação soja-pastagem, no sistema plantio direto**. Dourados: EMBRAPA, 1999. p. 1-5. (Comunicado Técnico, 10).
- SÁNCHEZ-GIRÓN, V.; ANDREU, E.; HERNANZ, J.L. Response of five types of soil to simulated compaction in the form of confined uniaxial compression test. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.48, n.1/2, p.37-50, 1998.

SCHAEFER, C.E.R.; SILVA, D.D.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI, F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; ALBUQUERQUE, M.A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.669-678, 2002.

SCHERER, E.E.; BALDISSERA, I.T.; DIAS, L.F.X. Potencial fertilizante do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis, v.8, p.35-39, 1995.

SCHIMITT, D.R. **Avaliação técnica e econômica da distribuição de esterco líquido de suínos**. 1995. 151p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1995.

SEECH, A.G.; BEAUCHAMP, E.G. Denitrification in soil aggregates of different sizes. **Soil Science Society of America Journal**. Madison, v. 52, p.1616-1621, 1988.

SETA, A.K.; KARATHANASIS, A.D. Water dispersible colloids and factors influencing their dispersibility from soil aggregates. **Geoderma**, Amsterdam, v.74, p.255-266, 1996.

SILVA, F. C. M. **Tratamento dos dejetos suínos utilizando lagoas de alta taxa de degradação em batelada**. 1966. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

SILVA, I.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p.313-319, 1997.

SILVA, I.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Campinas, v.21, p. 113-117, 1997.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.24, n.2, p.239-249, 2000.

SILVA, M. L. N.; BLANCANEUX, P.; CURI, N.; LIMA, J. M.; MARQUES, J. J. G. S. M.; CARVALHO, A. M. Estabilidade de agregados de Latossolo Vermelho-Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 97-103, jan. 1998.

SIX, J.; PAUSTIAN, K.; ELLIOT, E.T.; COMBRINK, C. Soil structure and organic matter: distribution of aggregate-size classes and aggregate associated carbon. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, p. 681-689, 2000.

SMITH, C.W.; JOHNSTON, M.A.; LORENTS, S. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. I. The effect of soil type, water content and applied pressure on uni-axial compaction. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 41, n.1/2, p.53-73, 1997a.

SOANE, B.D. Process of soil compaction under vehicular traffic and means of alleviating it. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A.; CUMMINGS, R.W. Land clearing and development in the tropics. Rotterdam: Balkema Publisher, 1986. p.265-297.

SORT, X.; ALCANIZ, J.M. Modification of soil porosity after application of sewage sludge. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.49, p.337- 345, 1999.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p. 229-235, 1991.

TAYLOR, H.M.; BURNETT, E. Influence of soil strength on the root-growth habits of plants. **Soil Science**, Madison, v.98, p.174-180, 1964.

TAYLOR, H.M.; ROBERTSON, G.M.; PARKER, J.J. Soil strength root penetration relations for medium to coarse textured soil materials. **Soil Science**, Madison, v. 102, p.18-22, 1966.

TISDALL, J. M.; OADES, L. M. Organic matter and water stable aggregates in soils. **The Journal of Soil Science**, Oxford, v.33, p.141 – 163, 1982.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v. 17, p. 429-441, 1979.

TOBIAS, A.C.T. **Tratamento de resíduos da suinocultura:** uso de reatores anaeróbicos seqüenciais seguidos de leitos cultivados. 2002. 146 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade de Campinas, Campinas, 2002.

TORRES, E.; SARAIVA, O. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja.** Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p.

UTOMO, W.H.; DEXTER, A. R. Soil friability. **Journal of Soil Science**, Madison, v.32, n.3, p.203-213, 1981.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, maio 2005.

WOHLENBERG, E. V.; REICHERT, J. M.; REINERT, D.J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 5, p. 891-900, 2004.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion. **American Society of Agronomy Journal**, Washington, v.28, p.337-351, 1936.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO FÍSICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO TEXTURA MÉDIA, INFLUENCIADA PELA APLICAÇÃO DE CAMA AVIÁRIA.¹

RESUMO

No agronegócio agropecuário brasileiro, o Cerrado vem se destacando como fronteira agrícola que abrange, a cada ano, novas tecnologias e modernizações no setor. Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos de corte são ricos em nutrientes e, por estarem disponíveis nas propriedades a um baixo custo, podem ser viabilizados pelos produtores na adubação das culturas comerciais. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a influência da fertilização com cama de frango na recuperação física de um Latossolo Vermelho, localizado em Uberlândia, MG. O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, sob pastagem degradada de *Brachiaria decumbens* sp. Os tratamentos consistiram de zero de adubação; 1.737 kg ha⁻¹, 3.473 kg ha⁻¹, 5.209 kg ha⁻¹ e 6.945 kg ha⁻¹ de cama de frango, equivalentes aos teores de 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de P₂O₅, respectivamente. As aplicações foram realizadas em novembro de 2005 e o solo amostrado em três épocas distintas (mês de janeiro, com 60 dias após a aplicação do resíduo, início do período chuvoso, mês de março, com 120 dias após a aplicação do resíduo, período chuvoso e mês de agosto, com 270 dias após a aplicação do resíduo) nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, para a caracterização dos atributos físicos: argila dispersa em água, grau de floculação, densidade do solo, porosidade total, macro e microporos, resistência do solo à penetração e estabilidade de agregados em água. A aplicação de cama de frango, bem como as épocas e profundidades de amostragens, influenciaram a magnitude das modificações nos atributos físicos do solo. O teor de argila dispersa em água teve uma tendência a decréscimo com o aumento da dosagem. Por outro lado, houve um incremento no grau de floculação e estabilidade dos agregados em água, com o aumento das dosagens de cama aplicadas. A densidade e a resistência à penetração do solo não apresentaram correlação negativa pela adubação com cama de frango. A porosidade total, macro e microporosidade do solo foram beneficiadas pelas dosagens de cama de frango aplicadas. Há potencial para o aproveitamento de cama de frango na recuperação física de solos e pastagens degradadas.

Palavras-chave: Atributo físico do solo, pastagem degradada, resíduo orgânico.

¹Orientador: Prof. Dr. Elias Nascentes Borges - UFU

ABSTRACT

PHYSICAL EVALUATION OF A MEDIUM TEXTURE RED LATOSOL, AS INFLUENCED BY THE APPLICATION OF POULTRY BED.¹

In Brazilian agribusiness, the cerrado has been an outstanding as an agricultural frontier that encompasses each year new technologies and modernizations in the sector. The residues originating from the intensive poultry raising for meat production are rich in nutrients and for being available in the rural properties at low costs may be utilized by the producers in the fertilization of commercial crops. The objective of this research was to evaluate the influence of the application of swine manure and poultry bed on the recovery of physical properties of a Red Latosol. Two field trials were conducted simultaneously in a typical medium texture dystrophic Red Latosol, under degraded pasture of *Brachiaria decumbens* sp, located in Uberlândia, Triângulo Mineiro. The treatments consisted of no fertilization; 1,737 kg ha⁻¹; 3,473 kg ha⁻¹; 5,209 kg ha⁻¹ and 6,945 kg ha⁻¹ of poultry bed equivalent to 0; 50; 100; 150 and 200 kg ha⁻¹ of P₂O₅, respectively. The application of the residues were carried out in November 2005 and the soil was sampled in three distinct times, January, (starting of the rainy season), March (rainy season) and August (dry season), with 60, 120 and 270 days after the distribution of the manure, respectively at the soil depths of 0 to 20 and 20 to 40 cm and it was analyzed the physical attributes: clay dispersion in water, degree of flocculation, soil density, total porosity, soil macro and micro pores, soil resistant to penetration and stability of aggregates in water. The application of the poultry bed manure as well as the times and sampling depths, influenced the magnitude of the modifications of the soil physical attributes. The dispersion of the clay content in the water had a tendency to decrease as the doses of the manure increased. On the other hand, there was an increase in the degree of flocculation and the stability of the aggregates in water with the increase of the poultry bed manure applications. Soil density did not present a negative relation with the increase of the poultry bed doses. Total porosity, soil macro and micro porosity were favored by the fertilization with the poultry bed application. There is potentiality for the utilization of poultry bed in the physical recovery of soils and degraded pastures.

Key words: Soil physical attributes, degraded pasture and organic residues

¹Major Professor. Dr. Elias Nascentes Borges - UFU

1 INTRODUÇÃO

No cenário agropecuário brasileiro, o Cerrado tem se destacado como fronteira agrícola que abrange, a cada ano, novas tecnologias e modernizações no setor. A região de Uberlândia, MG, é considerada um pólo brasileiro na produção agropecuária, destacando-se na produção agrícola de soja, milho, criação de suínos e aves para industrialização.

Essa evolução, na região do Triângulo Mineiro, ocorre devido a sua localização geográfica com relevo plano, facilidade de acesso a grandes mercados internos, alternativas de vias ou meios para escoamento da produção e logística que integrados facilitam a agroindustrialização, bem como a exploração de grandes áreas com a utilização da mecanização agrícola. É importante destacar que predominam na região solos e condições climáticas com potencial produtivo e que, se bem manejados, podem alcançar altas produtividades. Atualmente, essas características da região vêm atraindo a atenção de empresas do setor agropecuário para o estabelecimento de unidades que necessitam desta matéria-prima, destacando as da cadeia produtiva do setor avícola e suínica.

Na região do Triângulo Mineiro, o sistema de criação avícola é intensivo, realizado em sistema de parceria das agroindústrias com os produtores, no qual as mesmas disponibilizam, para pagamento na entrega do lote, de alimentação para os animais, assistência técnica, genética e transporte em geral. Em contrapartida, o produtor parceiro deve disponibilizar toda a infra-estrutura e a mão-de-obra necessária nas propriedades.

O aumento na demanda mundial por alimentos de qualidade e de baixo custo, aliado ao surgimento de problemas sanitários em mercados externos, como a “gripe do frango”, elevou as exportações brasileiras e projetou o Brasil no cenário internacional, tornando-o o segundo maior produtor mundial e o primeiro maior exportador de carne de frango.

Os resíduos provenientes da criação intensiva de frangos são denominados de cama de frango. Esta é formada pelos excrementos, restos de ração e pelo material utilizado para forrar o piso dos galpões. Por serem ricos em nutrientes e disponíveis nas propriedades em grandes quantidades, estes resíduos podem ter seu uso viabilizado aos produtores como adubo e condicionadores de solos para as lavouras e pastagens.

Muitos trabalhos, principalmente no Sul do Brasil, têm demonstrado a viabilidade da utilização da cama de frango como fertilizante e condicionador das

propriedades físicas e biológicas do solo. Ressalta-se, no entanto, que a região Sul do Brasil apresenta características distintas (solo, clima, microorganismos, relevo) da região do Cerrado, o que pode influenciar na dinâmica e reação destes resíduos no solo.

Assim, torna-se importante o desenvolvimento de pesquisas regionalizadas, onde ocorrem em condições específicas de solo, clima e relevo.

Este trabalho teve por objetivo avaliar a influência da utilização da cama de frango na recuperação física de um Latossolo Vermelho textura média, na região do Cerrado, em Uberlândia, MG.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A cama de frango, material utilizado para forrar o piso de uma instalação avícola, é composta do substrato, excrementos, restos de ração e penas, agregados durante o crescimento das aves. Os materiais mais utilizados para o substrato são sabugo de milho triturado, maravalha e casca de arroz. Segundo Menezes et al., 2004, os dejetos dos animais criados confinados não devem ser descartados aleatoriamente no ambiente, sob risco de poluir mananciais de água, com possíveis efeitos na demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que por sua vez vai refletir nas necessidades da fauna e flora aquática pelo oxigênio e a luz. O uso de áreas manejadas para produção de alimentos constitui ambiente favorável para disposição desses resíduos, haja vista que o manejo facilita a decomposição e uma interação mais íntima com o solo, propiciando a liberação de nutrientes essenciais e de componentes importantes na recomposição da qualidade ambiental do solo. Assim, o uso agrícola desses rejeitos constitui-se de uma alternativa necessária não só no aspecto ambiental, mas também para garantir uma reciclagem de nutrientes, cada vez mais escassos no futuro (BATAGLIA et al., 1983).

A criação de frangos produz aproximadamente quatro toneladas de cama para cada 1.000 aves abatidas (KONZEN, 2003). Por sua vez, cada ave produz aproximadamente, 1.080 gramas de dejetos por kg de ave abatida (OLIVEIRA, 1996). Nos abatedouros, também há produção de uma série de subprodutos com enorme potencial poluidor (penas, sangue, vísceras não comestíveis) com valor médio de 185 gramas por kg de ave. A adequada eliminação da cama de frango, das aves mortas durante a criação (taxa de mortalidade de 5% nas granjas de corte), dos rejeitos sólidos e líquidos resultantes do abate constitui uma das maiores preocupações desse setor.

Considerando que os fertilizantes minerais são insumos com alto custo ambiental e financeiro no mercado e que nas regiões de criação intensiva de aves para agroindústria a cama de frango é abundante e de baixo custo, seu uso na recuperação de solos fisicamente degradados parece ser uma alternativa interessante. Essa disponibilidade freqüentemente motiva a sua aplicação no solo em quantidades incompatíveis com a capacidade e velocidade, tanto na mineralização, quanto na extração pelas plantas, podendo ocasionar desequilíbrios químicos no solo e danos ambientais advindos do excesso de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo (MENEZES et al., 2004).

Estudos têm sido realizados avaliando o uso de cama de aves como fertilizantes do solo. No entanto, pouca atenção tem sido dada aos efeitos da mesma na qualidade

física do solo. Uma adequada agregação e estruturação física do solo são fundamentais para o desenvolvimento da planta, uma vez que influencia diretamente em atributos como porosidade, densidade e agregação do solo, identificadas como diretamente relacionadas com a qualidade ambiental do solo.

O fator determinante da quantidade de adubo orgânico a ser aplicado está relacionado com a sua disponibilidade, custo e risco de contaminar ou poluir o solo e dificuldade do seu manejo. Segundo Matos et al. 1998, a decomposição do material orgânico é diferenciada, dependendo das características físicas, químicas e biológicas da sua constituição, atributos físicos, químicos, biológicos e hídricos do solo. Para estes pesquisadores, os açúcares, o amido e as proteínas simples são os primeiros a decompôr, a seguir há a decomposição das proteínas brutas e a hemicelulose. A celulose, a lignina e as gorduras são mais resistentes, podendo com o tempo dar origem às substâncias orgânicas de estrutura complexa, genericamente chamada de húmus. Kiehl (1985) afirma que a decomposição é muito influenciada pela relação C/N, teor de N na matéria prima, tamanho das partículas, aeração e umidade do solo. Pesquisas como a de Costa 1985 e Tibau 1983 mostram que a adição de fosfatos e sulfatos de cálcio (gesso) nos restos orgânicos é recomendada nas condições tropicais como forma de minimizar as perdas de nitrogênio e acelerar a decomposição do material orgânico.

A matéria orgânica é tida como condicionadora de solos por promover melhorias nos seus atributos físicos, como reflexo no aumento da capacidade de retenção de água, redução da erosão e melhoria na aeração, o que proporciona um ambiente adequado para o desenvolvimento da flora microbiana do solo (MENEZES et al., 2004). O uso de resíduos animais incorpora matéria orgânica ao solo, promovendo um aumento da superfície específica e uma melhoria da sua estrutura (NUERNENBERG; STAMMEL; CAMANUREA, 1986), principalmente em solo arenoso, onde a agregação das partículas é menor.

A cama de frango e os dejetos de suínos podem ser considerados como adubos orgânicos de excelente qualidade por conterem altas concentrações de macro e micronutrientes, necessitando, no entanto conhecer potencialidades e limitações na sua interação com o solo e a água (MALONE, 1992). O material orgânico deve ser incorporado ao solo para se obter a maior eficiência no uso do fósforo e evitar perdas de nitrogênio por meio da volatilização da amônia, embora na prática a acomodação em superfície seja mais realizada, principalmente no sistema de plantio direto, segundo as observações de Santos (1997).

Com a utilização de cama de frango e dejetos de suínos, Warren & 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 e Mg aumentaram linearmente com o aumento na dose de cama aplicada ao solo, além de ocorrerem melhorias relacionadas à agregação, resistência e estrutura, as quais apresentam influência direta na porosidade total e disponibilidade de água no solo. Os pesquisadores observaram que, além da melhoria das propriedades físicas e químicas do solo, as forragens cultivadas em solos onde foram aplicadas as camas aviárias e dejetos de suínos os teores de proteína, P, K, Cu e Na foram maiores, quando comparados às aplicações com adubação química.

Mubarak et al. (2003) avaliaram o efeito da incorporação de restos culturais na rotação milho doce-amendoim, em um solo arenoso, aplicando-se fertilizantes inorgânicos exclusivos e combinados com restos culturais e resíduos orgânicos, em experimento conduzido por dois anos. Estes autores não obtiveram mudanças significativas no teor de carbono orgânico, densidade do solo e conteúdo de água no solo. Os efeitos benéficos dos resíduos de animais nas propriedades físicas do solo podem exigir um longo espaço de tempo para se manifestar, além de também depender de características intrínsecas do solo. Solos com boas qualidades físicas, assim como elevados teores de nutrientes, tendem a não responder de forma significativa à aplicação desses resíduos. Espera-se que os efeitos sejam evidentes em solos naturalmente pobres e com algum grau de degradação. Em solos de melhor fertilidade, a utilização desses resíduos poderá se constituir numa alternativa para a manutenção da boa qualidade destes solos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização da área experimental e caracterização climática da região

Foi conduzido um experimento de campo sob pastagem, em área representativa do agronegócio nacional, na Fazenda Caminho das Pedras, localizada na Rodovia 365, km 657,5, município de Uberlândia, MG, entre os paralelos 18°52'11,3" e 18°51'58,8" de latitude sul e os meridianos 48°33'08" e 48°33'06,8" de longitude a oeste de Greenwich a uma altitude média de 800 metros. O clima predominante, segundo classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Aw, que se caracteriza como clima tropical chuvoso, megatérmico, com inverno seco.

Os dados de precipitação pluviométrica mensal e da temperatura média para a região, no período compreendido entre outubro de 2005 a outubro de 2006, a caracterização da área experimental, química e física do solo são apresentados no item 3.2 do capítulo 2.

Os trabalhos de pesquisa iniciaram-se na área em 2003, utilizando na época as dosagens D0= zero de resíduo (testemunha), D1= 1.200 kg ha⁻¹, D2= 2.400 kg ha⁻¹, D3= 4.800 kg ha⁻¹ de cama de frango e D4= 2.400 kg ha⁻¹ de cama de frango mais adubação química formulada com 36 kg ha⁻¹ N, 60 kg ha⁻¹ K₂O e 60 kg ha⁻¹ P₂O₅.

3.2 Caracterização do resíduo utilizado

Foram utilizados resíduos orgânicos, provenientes da criação intensiva de frangos, denominados de cama de frango. A cama de aviário foi retirada na Fazenda Caminho das Pedras, Uberlândia, MG, logo após a saída do segundo lote de frangos de corte de aproximadamente 35 dias por ciclo, criados em galpão sobre substrato de casca de arroz.

Na ocasião da coleta das camas para análise, o galpão foi separado em partes uniformes e foram coletadas 20 subamostras por parte, as quais foram homogeneizadas. Posteriormente, foram coletadas duas amostras compostas, que foram analisadas físico-quimicamente, segundo metodologia de resíduos orgânicos (SARRUDE; HAAG, 1974) e os resultados são apresentados na Tabela 13.

Após a coleta, as camas foram acondicionadas em sacos de 50 kg e armazenadas em galpão, passando por um período de estabilização de 30 dias para posterior aplicação no solo.

TABELA 13 – Caracterização química e físico-química da cama de frango utilizada no experimento em Uberlândia, MG, novembro 2005.

Determinações	Unidade	Base seca 110°C	Umidade natural
pH CaCl ₂ 0,01 M (Ref. 1:2,5)	pH	-	8,05
Densidade	g/m ³	-	0,44
Umidade perdida à 60-65°C	%	-	19,37
Umidade perdida entre 65° e 110°C	%	-	4,84
Umidade Total	%	-	24,21
Materiais Inerte	%	-	0,00
Nitrogênio Total ²	g kg ⁻¹	25,6	19,3
Mat. Orgânica Total (Combustão)	%	66,69	50,30
Mat. Orgânico Compostável (Titulação)	%	50,84	38,55
Mat. Orgânico resistente à Compostagem	%	15,85	11,75
Carbono Total (orgânico e mineral) ³	%	37,05	27,95
Carbono Orgânico	%	28,24	21,42
Resíduo Mineral Total	%	34,95	26,68
Resíduo Mineral Insolúvel	%	19,86	15,40
Resíduo Mineral Solúvel	%	15,09	11,29
Relação C/N (C Total e N Total)	-	15/1	15/1
Relação C/N (C Orgânico e N Total)	-	12/1	12/1
Fósforo (P ₂ O ₅ Total) ⁴	g kg ⁻¹	28,8	21,2
Potássio (K ₂ O Total) ⁵	g kg ⁻¹	28,1	21,1
Cálcio (Ca Total) ⁵	g kg ⁻¹	17,8	12,9
Magnésio (Mg Total) ⁵	g kg ⁻¹	5,6	4,2
Enxofre (S Total) ⁶	g kg ⁻¹	3,9	2,9
Boro (B Total) ⁷	mg kg ⁻¹	37	27
Cobre (Cu Total) ⁷	mg kg ⁻¹	397	292
Ferro (Fé Total) ⁷	mg kg ⁻¹	4082	3249
Manganês (Mn Total) ⁷	mg kg ⁻¹	607	459
Zinco (Zn Total) ⁷	mg kg ⁻¹	160	118
Sódio (Na Total)	mg kg ⁻¹	2272	1677

¹/Análises realizadas no LABAS-ICIAG-UFU; ²/ N (método micro-kjeldhal); ³/ 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); 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);

3.3 Tratamentos e delineamento estatístico

As dosagens de cama de frango aplicadas no solo foram determinadas com base no teor de fósforo do resíduo (Fósforo P_2O_5 total, base seca $-110^{\circ}C$), por ser este um dos nutrientes mais limitantes ao desenvolvimento das gramíneas, principalmente em solos degradados. Os cálculos foram feitos de acordo com o teor de P_2O_5 ($28,8 \text{ g kg}^{-1}$), obtido pela caracterização química e físico-química da cama de frango (Tabela 13) e buscando agregar no solo, através das dosagens D0 (Testemunha com zero de resíduo), D1= 1.737 kg ha^{-1} , D2= 3.473 kg ha^{-1} , D3= 5.209 kg ha^{-1} e D4= 6.945 kg ha^{-1} de cama de frango, o equivalente a uma concentração 0, 50, 100, 150 e 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 , respectivamente.

As dosagens utilizadas foram:

D0- zero de resíduos (Testemunha);

D1- 1.737 kg ha^{-1} de cama de frango;

D2- 3.473 kg ha^{-1} de cama de frango;

D3- 5.209 kg ha^{-1} de cama de frango;

D4- 6.945 kg ha^{-1} de cama de frango.

As aplicações foram realizadas a lanço em cobertura, utilizando-se uma distribuidora de resíduos sólidos com capacidade de 5.500 kg , acoplada a um trator agrícola de pneu.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial $5 \times 2 \times 3$, com 4 repetições, e parcelas com dimensões de $25 \times 10 \text{ m}$ e área útil de $15 \times 10 \text{ m}$, sendo demarcadas ao acaso. O primeiro fator corresponde às cinco doses de cama de frango, sendo zero de resíduo (Testemunha), 1.737 , 3.473 , 5.209 e 6.945 kg ha^{-1} de cama de frango, o segundo fator as duas profundidades amostradas (0 a 20 e 20 a 40 cm) e o terceiro fator as três épocas de amostragem e determinação, após a distribuição da cama de frango (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro, 120 dias, período chuvoso, mês de março e 270 dias, período seco, mês de agosto).

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando-se o nível de significância de 5% de probabilidade, pelo teste F. Os resultados para os fatores quantitativos e qualitativos (doses de dejetos de suínos e época de amostragem), cujas

médias apresentaram diferenças significativas, foram submetidas à análise de regressão e teste t de Student (Bonferroni) para profundidade, sendo as equações selecionadas pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Para comparações entre as médias, aplicou-se o teste de Tukey a 5%, utilizando-se do Sistema para Análise de Variância - SISVAR (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A maioria dos atributos físicos do solo analisados foi influenciada pela aplicação de cama de frango. Pode-se identificar (Tabelas 26 a 41) que entre os intervalos de amostragens e determinações ocorreram alterações nos atributos físicos estudados. No período início da chuva e chuvoso, aos 60 e 120 dias após a aplicação, as raízes da braquiária concentravam-se, em sua maior parte, na camada de 0-20 cm. No período da seca, aos 270 dias após aplicação, o sistema radicular encontrava-se melhor distribuído ao longo do perfil do solo, observando grande presença deste também na camada de 20-40 cm. Grande concentração de raízes na 3ª coleta, ou seja, no período da seca, dificultou as coletas de amostras para a análise, principalmente as de densidade do solo e resistência do solo à penetração, entretanto, foi observado maior agregação e estabilidade deste no solo.

A magnitude das alterações relacionou-se às características intrínsecas do solo, como baixa fertilidade e baixo poder tampão, e extrínsecas, como atuação de fatores climáticos nas diferentes épocas de amostragem.

A matéria orgânica é um importante condicionador físico e físico-químico do solo, entretanto, no presente estudo, inicialmente, a atuação direta desta nos atributos físicos do solo pode não ter sido expressiva, haja vista ter ocorrido redução nos seus teores em relação à testemunha (zero de cama de frango). A redução pode ter ocorrido devido à baixa fertilidade inicial do solo sob pastagem de braquiária. Quando a cama de frango de baixa relação C/N, rica em Ca e Mg e outros nutrientes mais facilmente assimiláveis do que a matéria orgânica da braquiária que foi agregado ao solo, os microorganismos, carentes em nutrição, além da maior multiplicação populacional, foram também mais eficientes em promover a decomposição da cama e até mesmo da matéria orgânica recalcitrante já existente e estabilizada no solo. É possível que, com o tempo e aplicações constantes e planejadas, o equilíbrio venha a ser alcançado em outro patamar e, assim, o efeito direto da matéria orgânica nos atributos físicos do solo oriundo da aplicação de cama de frango se manifeste.

4.1 Argila dispersa em água e grau de floculação

Pela análise de variância, observa-se que, além da significância ($p < 0,05$) para as diferentes profundidades estudadas e épocas de amostragem (chuvoso ou seco) de solo,

a interação entre estes fatores foram também estatisticamente significativas, procedendo assim o desdobramento do estudo de um fator dentro do outro (Anexo 1B).

TABELA 14 – Dados médios de teores de argila dispersa em água (ADA) e grau de floculação (GF), considerando diferentes profundidades, épocas e doses de cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)
0-20	97,4666 b	35,9948 a
20-40	125,1733 a	29,7735 b
Épocas (dias)	ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)
60	112,0100 a	32,3460 b
120	121,2600 a	27,1190 b
270	100,6900 b	39,1875 a
Doses (kg ha ⁻¹)	ADA (g kg ⁻¹)	GF (%)
0	119,3333 a	28,9000 a
1.737	108,4000 a	32,8662 a
3.473	111,2500 a	32,4837 a
5.209	105,7000 a	35,9808 a
6.945	111,9166 a	34,1900 a
CV 1 (%)	19,04	39,67
CV 2 (%)	16,39	34,43
Média geral	111,32000	32,8841

CV = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A profundidade de 20 a 40 cm apresentou maior teor de argila dispersa em água e, conseqüentemente, um menor grau de floculação, quando comparado com a profundidade de 0 a 20 cm (Tabela 14). Menor floculação das argilas implica em maior quantidade de argila dispersa na água que está em processo de infiltração no perfil do solo. Quando ocorre tortuosidade dos macroporos, a velocidade de infiltração diminui ou aumenta os íons mais floclantes como o Al³⁺, esta argila é depositada, formando então a camada adensada, erroneamente chamada de compactação subsuperficial. Roth e Pavan (1991) observaram que o decréscimo da infiltração de água em latossolos estava diretamente relacionado com deposição de argila nos macroporos.

A redução do grau de floculação na camada de 20 a 40 cm, comparativamente à camada mais superficial, pode ser, provavelmente, pela influência da matéria orgânica da cama de frango que altera o balanço das cargas do solo, conforme observado por Oades, 1988 e Gomes et al., 1994.

Efeito da maior flocculação da argila na camada mais superficial do solo em área de pastagem com vegetação nativa foi constatado também por Carvalho Júnior et al. (1998). Estes resultados também corroboram com os obtidos por Silva et al. (2000) que observaram maiores valores de índice de flocculação na camada superficial, em solo sob floresta nativa, seguida pelos do plantio direto. Segundo os autores, estes resultados estão relacionados com os maiores teores de matéria orgânica e formas de Fe.

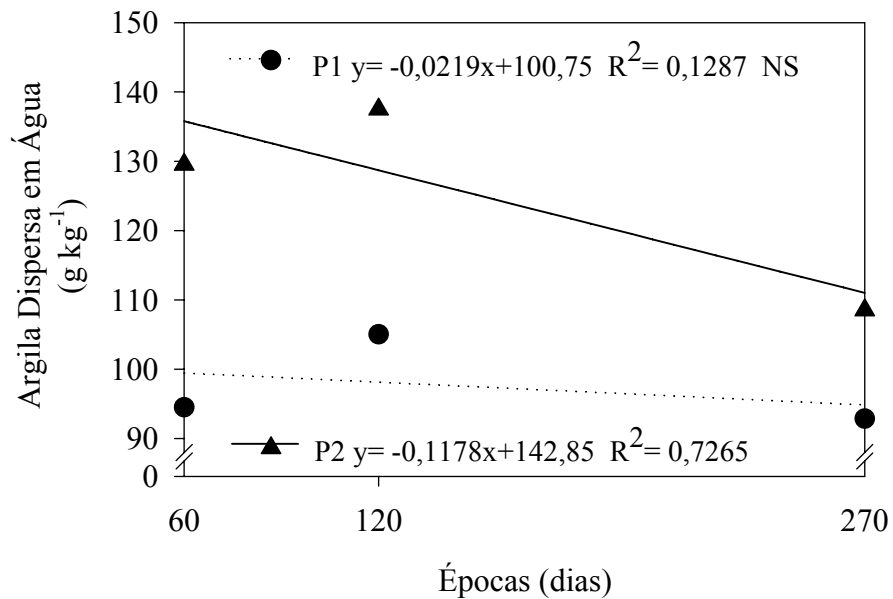


FIGURA 29 – Argila Dispersa em Água (ADA) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

Maior atividade bacteriana decorrente da menor acidez do solo (DE BOER; KOWALCHUK, 2001) alterações na qualidade da matéria orgânica (HU et al., 1997) podem também ser responsáveis pela menor dispersão de argila, em valor absoluto, na camada de 0 a 20 cm. A manutenção ou o aumento da matéria orgânica tem reflexos diretos nas propriedades físicas do solo, conforme afirmam Prado e Centurion (2001). Estes observaram que a exploração contínua com cana-de-açúcar degradou a macroestrutura do solo e que a diminuição de matéria orgânica reduziu o grau de flocculação das argilas.

Para o fator época, com amostragens nos períodos de 60, 120 e 270 dias após a aplicação do resíduo, nos meses chuvosos de janeiro e março e seco de agosto, respectivamente, observa-se (Figura 29) que na profundidade de 0 a 20 cm, embora a

equação não seja significativa, ela evidencia que os teores de argila dispersa em água aumentaram no período chuvoso e depois foram reduzidos no período da seca. Comportamento semelhante, mas com equação significativa, é observado para a profundidade de 20 a 40 cm (Figura 29). Este comportamento da curva de regressão para a argila dispersa pode estar relacionado com a oferta de água para a atividade biológica sobre a matéria orgânica da cama de frango aplicada na superfície do solo. Esta, ao apresentar comparativamente à matéria orgânica já existente no solo proveniente da braquiária, de maior valor nutricional e menor relação C/N, pode ter proporcionado condições mais favoráveis à população biológica do solo. Esta maior atividade possibilitou geração de maior quantidade de cargas negativas temporárias provenientes nos radicais carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica. O desbalanço temporário entre cargas negativas e positivas, gerada pela decomposição da cama, bem como a liberação de bases de menor valença como o Na, K e Ca, por sua vez, contribuíram para expansão da dupla camada difusa, bem como a elevação da diferença entre o pH do solo e o pH do PCZ, respectivamente. Estas situações isoladas ou interrelacionadas podem superar a contribuição da matéria orgânica, no que se refere à agregação estável do solo. Com a restrição a oferta de água, no período da seca, diminuiu a atividade biológica e, conseqüentemente, a produção de radicais mais carboxilados. Nesta situação, o desbalanço entre cargas negativas e positivas é menor, possibilitando maior aproximação das partículas coloidais, dentre eles a argila, e diminuindo assim a sua quantidade dispersa e o conseqüente aumento do grau de floculação.

Na Figura 30, observa-se que, para o período chuvoso, mês de março, aos 120 dias após a aplicação da cama de frango, foram obtidos o menor grau de floculação na profundidade de 0 a 20 cm, enquanto que, na profundidade de 20 a 40 cm, o grau de floculação foi crescente após a aplicação da cama, independente se o período foi chuvoso ou seco. Menor floculação, ou seja maior dispersão na camada superficial do solo no período chuvoso e menor dispersão na profundidade de 20 a 40 cm, reforça a informação que a composição da matéria orgânica agregada ao solo é fator fundamental tanto na atividade biológica, quanto nas alterações dos atributos físicos do solo. Como na profundidade de 20 a 40 cm, a matéria orgânica agregada ao solo foi proveniente do sistema radicular da braquiária, portanto mais recalcitrante do que a matéria orgânica da cama de frango agregada a superfície, esta (matéria orgânica das raízes) proporcionou menor desbalanço das cargas de superfície e mais efetividade na agregação do solo.

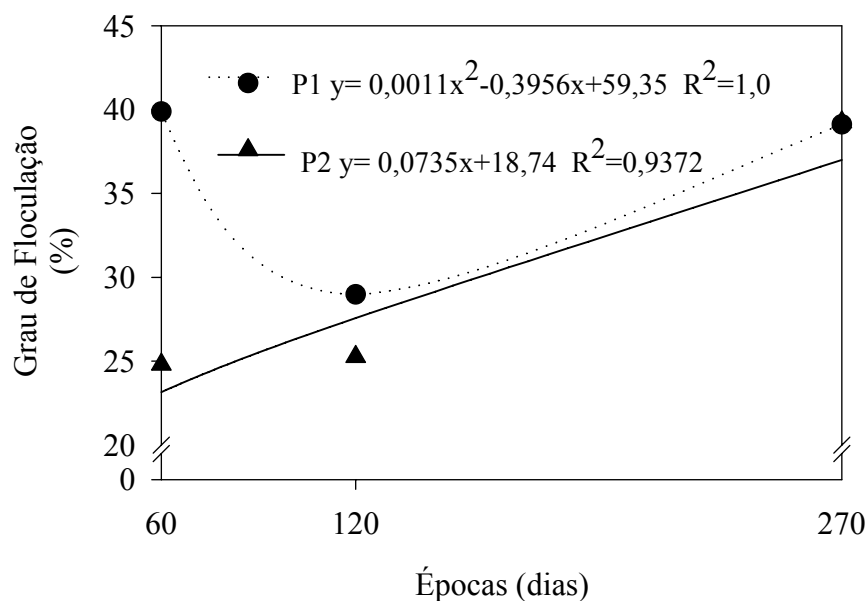


FIGURA 30 – Grau de Flocculação (GF) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

Maior desenvolvimento da braquiária, no decorrer do período chuvoso, com maior atividade biológica na camada de 0 a 20 cm devido à cama de frango, pode ter conferido maior crescimento de raízes da braquiária, na profundidade de 20 a 40 cm, com maior poder de agregação das partículas coloidais a esta profundidade. Assim, a maior dispersão na camada superficial e menor na subsuperficial na época das chuvas pode estar relacionada à maior atividade microbiológica na superfície e de raízes na subsuperfície, visto que, na época da seca, o solo apresentou baixos teores de umidade (Anexo 20B) o que pode ter limitado o desenvolvimento de microrganismos.

Este efeito, entretanto, tende à redução na época da seca, 270 dias após a aplicação do resíduo, em que o menor teor de argila dispersa foi observado em ambas as profundidades, evidenciando assim, os benefícios da cama de frango, que está proporcionando um melhor desenvolvimento radicular e aéreo das plantas.

Os teores de argila dispersa em água são inferiores aos obtidos por Araújo et al. (2004), que avaliaram as alterações físicas e químicas em Argissolo Amarelo distrófico, textura média/argilosa e relevo plano, sob diferentes tipos de uso no assentamento Favo de Mel, município de Sena Madureira, Acre. A coleta de material de solo foi realizada no início da estação chuvosa (outubro/1999). Os tipos de usos avaliados foram: mata natural (testemunha), mata recém - desbravada e submetida à queima intensa, pupunha (*Bactris gassipae*), com dois anos de cultivo, e pastagem de braquiária (*Brachiaria*

brizantha), com quatro anos de cultivo e com teor médio de 140 g kg⁻¹ para a camada 0 a 20 cm, e de 175 g kg⁻¹, para a profundidade de 20 a 40 cm.

Não foi observado efeito significativo entre as diferentes doses de cama de frango, contudo, a testemunha apresentou o maior teor de argila dispersa em água e, conseqüentemente, o menor grau de floculação (Tabela 14). Resultado semelhante foi obtido por Costa (2005), estudando as alterações de atributos físicos de um Latossolo Vermelho, influenciada pela aplicação de cama aviária.

4.2 Densidade do solo

Observa-se, pela análise de variância, o efeito significativo ($p < 0,05$) para diferentes épocas de amostragens, além da interação entre épocas e profundidades, evidenciando a dependência entre si para a variável densidade do solo em g cm⁻³ (Anexo 1B). Assim, procedeu o desdobramento da interação época dentro de cada nível de profundidade.

Observou-se (Tabelas 15) que, aos 60 dias após a aplicação da cama de frango, no mês de janeiro, classificado como período inicial das chuvas, foram apresentados os maiores valores de densidade do solo, com decréscimo acentuado e significativo ($p < 0,05$), comparado com as épocas de 120 e 270 dias após a aplicação de cama de frango, classificada como período chuvoso e período seco, respectivamente.

A intensidade e o grau de deformação de um solo, com relação à razão massa/volume, é muito influenciada pela umidade em que se encontra o solo (DIAS JUNIOR, 1994). Percebe-se, pelas observações de campo e dados das Tabela 15 que quando os solos encontram-se mais secos, sua capacidade de suporte de carga pode ser suficiente para agüentar as pressões aplicadas, neste caso a compactação do solo pode não ser significativa. Entretanto, sob condições de elevada umidade, fora do estado de friabilidade, o solo deforma-se mais facilmente, manifestando maiores densidades comparativamente às condições naturais.

A avaliação entre as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm (Tabela 15) permite identificar que não houve diferenças significativas, pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$). Apenas é observado um menor valor de densidade para a camada do solo de 0 a 20 cm. Este menor valor pode estar relacionado à adição do material orgânico com baixo valor de densidade, maior estímulo da cama para o crescimento de raízes e, conseqüentemente, melhor estruturação do solo nesta profundidade, mesmo com o pisoteio animal.

Maiores valores para a densidade na profundidade de 20 a 40 cm podem estar relacionados ainda com o maior adensamento do solo, em consequência da dispersão superficial e movimentação das partículas de argilas, conforme constatado no item 4.1 desta pesquisa.

TABELA 15 – Dados médios de densidade do solo (DS), considerando diferentes profundidades, épocas e doses de cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	DS (g cm ⁻³)
0-20	1,5815 a
20-40	1,5885 a
Épocas (dias)	DS (g cm ⁻³)
60	1,6435 a
120	1,5692 b
270	1,5422 b
Doses (Kg ha ⁻¹)	DS (g cm ⁻³)
0	1,5662 a
1.737	1,5841 a
3.473	1,5958 a
5.209	1,5900 a
6.945	1,5887 a
CV 1 (%)	3,64
CV 2 (%)	3,30
Média geral	1,5850

CV = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Maiores valores de densidade do solo, principalmente para a profundidade de 0 a 20 cm, verificadas para o período mais chuvoso, ou seja, aos 60 e 120 dias após a aplicação, pode estar relacionado a maior facilidade de compressão a que está sujeita o solo com maior teor de umidade, tanto pelo impacto das gotas de chuva, como pela movimentação de bovinos que concentram muito peso em cada pata de pequena área. Durante a condução da pesquisa, a área experimental foi isolada da presença dos bovinos somente por alguns dias após a aplicação. Após liberação da área para o retorno ao pastejo animal, foi possível identificar que os bovinos exerciam preferência para permanecer a maior parte do dia na área. Desse modo, em condições de elevada umidade do solo, a pressão exercida pela pata do boi pode superar inclusive a pressão promovida por um pneu de trator. Oliveira et al. (2003) afirmam que práticas de

manejo, com tráfego de pneu em solos com elevados teores de umidade ou mesmo o impacto das chuvas, podem contribuir para elevar os valores de densidade do solo.

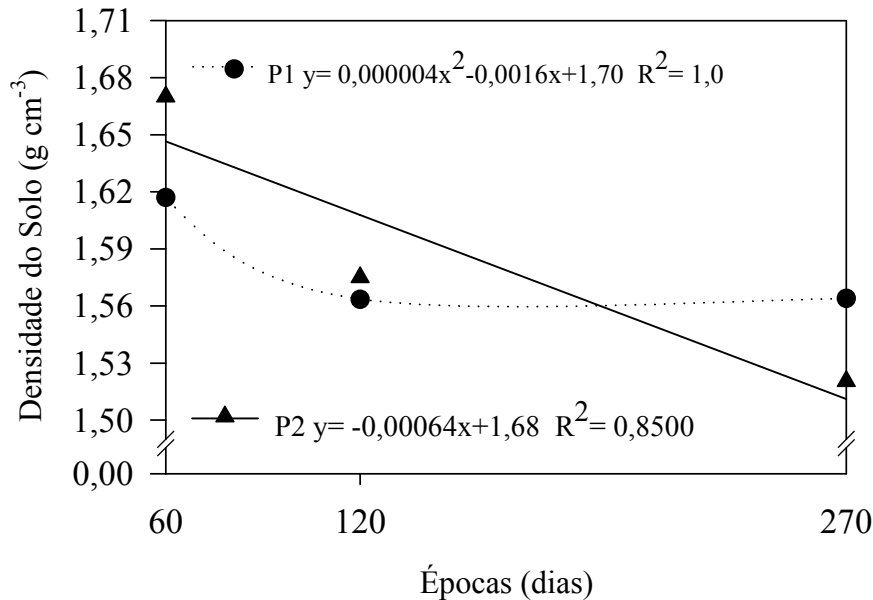


FIGURA 31 – Densidade (DS) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

Alguns estudos enfatizam o aumento da densidade do solo em áreas que tiveram seu uso convertido de floresta para outra modalidade de uso mais intensivo, como pastagens ou mesmo sistema agrícolas. A maioria destes relaciona o aumento na densidade do solo como consequência da compactação do solo, a qual ocorre pelo tráfego de máquinas e implementos (HAJABASSI et al., 1997; HARTEMINK, 1998; CAVENAGE et al., 1999) ou pelo excessivo pisoteio animal em umidades inadequadas (BAVER et al. 1972). Mais recentemente, alguns pesquisadores, dentre os quais Borges et al. 1999, acreditam que, na verdade, a compactação subsuperficial, comumente observada em latossolos com usos mais intensos, seja na verdade um adensamento de solo advindo da deposição de argilas provenientes da camada superficial. A adequação química com íons de menor valência e/ou maior raio hidratado, comparativamente ao existente naturalmente no solo e aliada à boa qualidade física e ambiental, proporciona melhor atividade biológica que degrada até mesmo a matéria orgânica mais recalcitrante do solo, aumentando a argila dispersa e diminuindo a estabilidade dos agregados, uma vez que a água que infiltra passa ser mais turva. Em profundidade, ao encontrar

ambientes mais rico em íons de maior valência ou mesmo condições físicas de solo que diminuem a velocidade de infiltração, a argila dispersa é depositada nos macroporos, promovendo assim o adensamento. Deve-se considerar ainda que as condições químicas em profundidade sejam mais difíceis de serem corrigidas, daí menor desenvolvimento radicular, com menor agregação de matéria orgânica. Todas estas condições possibilitam aumentos de densidade, como foram observados na Tabela 15 e Figura 31.

Bertol et al. (2000), avaliando a influência da oferta de forragem e, conseqüentemente, da pressão de pisoteio animais, em propriedades físicas de um cambissolo, encontraram maiores valores de densidade para a camada superficial do solo. Os autores explicam que a maior pressão exercida pelo pisoteio animal leva à degradação dos atributos físicos, dentre os quais a densidade.

Analisando a densidade em função da quantidade de cama aplicada, observa-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) e a testemunha apresentou um menor valor de densidade do solo, em relação às demais dosagens. Provavelmente, o menor valor de densidade para a situação da testemunha esteja relacionado à manutenção da estabilidade do sistema, já que a não aplicação de cama não alterou a atividade biológica in loco, e nem mesmo um melhor desenvolvimento da braquiária, tornado-se um local pouco atrativo para os animais, o que ocasionou menor trânsito e conseqüentemente menor compactação. Ausência de diferenças significativas entre as dosagens de 1.737 kg ha⁻¹, 3.473 kg ha⁻¹, 5.209 kg ha⁻¹ e 6.949 kg ha⁻¹ de cama de frango aplicada parece indicar que a ativação biológica independe da quantidade aplicada superficialmente. Vale ressaltar que os solos de textura média e arenosa apresentam maior facilidade em perder matéria orgânica, o que implica na menor estabilidade estrutural e menor agregação das partículas com a oxidação da matéria orgânica, o que diminui o espaço poroso e, conseqüentemente, leva a uma maior densidade do solo.

A cama de frango é um composto orgânico, que, segundo Alves (1997), libera gradativamente macro e micronutrientes para a solução do solo. Tal liberação se dá à medida que o material orgânico vai sendo mineralizado, e a quantidade liberada depende do grau de mineralização do composto, da matéria-prima que deu origem ao mesmo e da quantidade aplicada de composto.

Algumas pesquisas buscam relacionar aporte de matéria orgânica no solo com os valores de densidade, principalmente em sistemas de plantio direto, tradicionalmente aceito como sistema de manejo que contribui para aumentar os estoques de matéria orgânica no solo. Contudo, em seus estudos, Maria et al. (1999) constataram um aumento

da densidade do solo em todas as profundidades, com a utilização continuada do plantio direto. Já, os trabalhos de Fernandes et al. (1983) e Albuquerque et al. (1995) verificaram não haver diferença de densidade do solo entre o plantio direto e o manejo convencional, sistemas estes antagônicos quanto à capacidade de promover aporte de matéria orgânica ao solo. Goedert et al. (2002) relatam a falta de consenso entre pesquisadores sobre o nível crítico da densidade do solo, não apresentando um valor acima do qual o solo é considerado compactado e/ou adensado.

A densidade do solo é influenciada pela textura do solo (BUENO; VILAR, 1998; REICHARDT; TIMM, 2004; LIBARDI, 2005). Solos arenosos apresentam densidade superior ao solo argiloso, enquanto que os solos siltsos apresentam comportamento intermediário. A densidade dos solos arenosos pode variar de 1,3 a 1,8 g cm⁻³, enquanto nos solos argilosos esta variação pode ir de 0,9 a 1,6 g cm⁻³ e de 0,2 a 0,6 g cm⁻³ para solos orgânicos.

Os valores de densidade encontrados são considerados elevados, o que pode estar refletindo, além da textura média/arenosa, o efeito do intensivo pisoteio animal, uma vez que a área está sob pastagem há mais de 12 anos. Neste período, não foi efetivada nenhuma prática de forma a promover melhoria nos atributos físicos do solo.

Maior número e tempo de aplicações talvez se façam necessários para evidenciar os efeitos benéficos da cama de frango na densidade do solo. Sendo a matéria orgânica o principal responsável por esta redução, o seu acúmulo, no decorrer dos anos, por meio da aplicação contínua de resíduo orgânico e/ou pelo aporte promovido pelo crescimento da forrageira, poderá contribuir, em longo prazo, para a melhoria desse atributo físico do solo.

4.3 Porosidade total, macro e microporos do solo

A análise de variância para o atributo porosidade total evidencia que apenas o fator época de amostragem (período chuvoso ou seco) foi significativo a ($p < 0,05$), ocorrendo, contudo, significância na interação época da amostragem e profundidade (Anexo 1B).

A análise estatística da média geral dos resultados não revelou diferença significativa entre as diferentes doses e profundidade ($p > 0,05$). A faixa de variação da porosidade total do solo na área foi de 33,34 a 44,38%, sendo 38,74% o valor médio encontrado (Anexo 1B). Melo et al. (2004) não obtiveram alterações na porosidade total

do solo para nenhuma camada e doses de biossólido aplicadas em um Latossolo Vermelho eutroférico, após cinco anos de uso do resíduo.

Houve diferença significativa entre as diferentes épocas de amostragem, ou seja, aos 60, 120 e 270 dias após a aplicação de cama de frango, classificadas em início do período chuvoso, período chuvoso e período seco. Estas variações entre épocas ou estações climáticas podem estar relacionadas com a dispersão de argilas (Tabelas 16 e Figura 32) e deposição nos poros, além dos teores de umidade no solo. Os dados presentes na Tabela 16 evidenciam que este atributo está abaixo dos valores normalmente encontrados em solos de cerrado sob condição natural, que segundo literatura está próxima de 50 %. Tanto o sistema de pastoreio, quanto o pisoteio intensivo possivelmente estejam contribuindo para aumento da densidade e a redução da porosidade total. Segundo Leão (2002), a elevada porosidade total presente nos Latossolos não constitui limitação às trocas gasosas, exceto em casos de compactação ou adensamento, após alguns anos de uso, sob condições de manejos inadequados.

TABELA 16 – Dados médios de porosidade total (PT), macroporos (MaP) e microporos (MiP) do solo, considerando diferentes profundidades, épocas e doses de cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	PT (%)	MAC (%)	MIC (%)
0-20	38,7386 a	18,8070 a	19,9321 a
20-40	38,7446 a	18,9831 a	19,7613 a
Épocas (dias)	PT (%)	MAC (%)	MIC (%)
60	35,3725 c	12,3867 b	22,9860 a
120	42,3540 a	22,6527 a	19,7017 b
270	38,4985 b	21,6457 a	16,8525 c
Doses (kg ha ⁻¹)	PT (%)	MAC (%)	MIC (%)
0	38,4029 a	19,0716 a	19,3316 b
1.737	38,5850 a	19,2104 a	19,3741 b
3.473	38,9141 a	19,2379 a	19,6766 ab
5.209	38,4366 a	19,3241 a	19,1133 b
6.945	39,3695 a	17,6312 a	21,7379 a
CV 1 (%)	11,45	21,09	12,64
CV 2 (%)	6,82	17,90	15,72
Média geral	38,7416	18,8950	19,8467

CV = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto à distribuição da porosidade total, em poros de aeração e de retenção, alterações mais expressivas foram observadas apenas na macroporosidade, concordando

com os resultados obtidos por Da Ros et al. (1997), Cavenage et al. (1999) e Beutler et al. (2001), os quais verificaram que a redução da porosidade total é caracterizada inicialmente pela redução da macroporosidade, propriedade mais sensível, quando comparada a microporosidade.

A adição de resíduos orgânicos não implica necessariamente em aumento da matéria orgânica no solo, uma vez depender da qualidade e quantidade da mesma, tipo e manejo do solo. Caso ocorra o incremento do teor de matéria orgânica, é possível o aumento da agregação do solo e, como consequência, seus atributos podem ser alterados (BAYER; MIELNICZUK, 1999). Nesta pesquisa, as diferentes doses de cama de frango aplicadas não implicaram em aumento significativo da porosidade total e dos microporos, nas profundidades de 0 a 20 cm, como de 20 a 40 cm (Tabela 16). Contudo, pesquisas com aplicação de lodo de esgoto em solos tropicais indicaram aumento na macroporosidade (MELO et al. 2004).

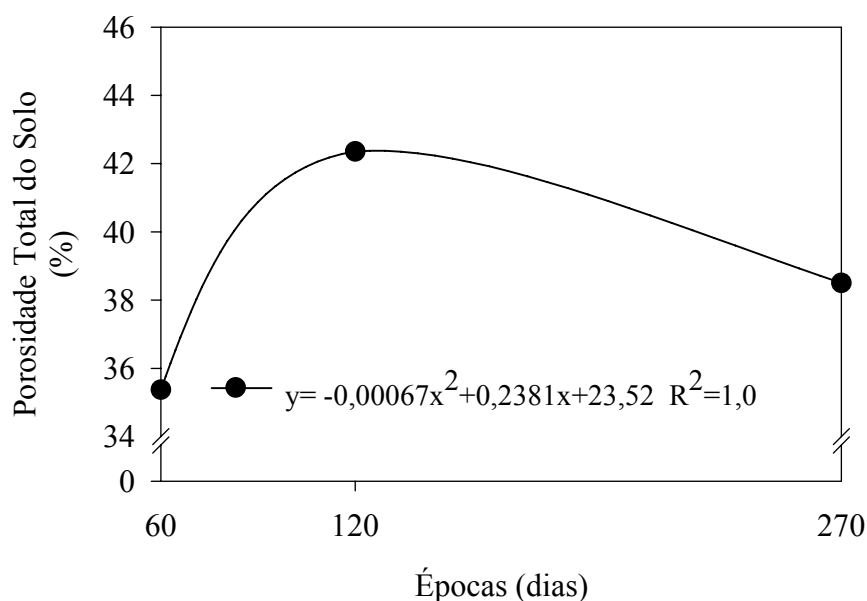


FIGURA 32 – Porosidade Total (PT) de um Latossolo Vermelho, em função das diferentes épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

A porosidade total pode ser desdobrada em microporosidade, denominada como porosidade capilar e macroporosidade ou porosidade não capilar (Tabela 16), ambas importantes para validação da qualidade ambiental do solo. Do equilíbrio quantitativo desta distribuição obtém-se as condições necessárias para o adequado crescimento das plantas. Verifica-se que embora a porosidade total não esteja próxima ao valor de 50%, em termos volumétricos considerados adequados para as plantas (Tabela 16), a sua

distribuição em macro e micro encontra-se equilibrada, não comprometendo as trocas gasosas, nem a infiltração e a retenção de água pelo solo (Tabela 16).

É possível prever que um melhor manejo dos animais na área, bem como a incorporação periódica e por mais tempo da cama de frango, pode, após alguns anos, melhorar a estruturação do solo, com aumento da porosidade total para próximo do considerado adequado.

Quanto a macroporosidade do solo, ou seja, poros com tamanho acima de 0,05 mm, observa-se que, de modo semelhante ao observado para a porosidade total, o efeito significativo ($p < 0,05$) ocorreu apenas para o fator épocas de amostragem e a interação época de amostragem e profundidade.

A macroporosidade da área variou de 9,80 a 26,00 %. Os valores de macroporosidade não foram significativos entre as diferentes profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm a ($p < 0,05$), contudo, observa-se uma tendência de maiores valores para a profundidade de 20 a 40 cm. Como estes macroporos são os caminhos primários para as trocas gasosas e o movimento da água, a redução deles pode restringir a transmissão de água e nutrientes através da zona radicular, o que não foi constatado nesta pesquisa, já que os valores de macroporosidade não diferiram estatisticamente para as diferentes doses de cama, embora tenha existido uma tendência de aumento com as doses na profundidade de 20 a 40 cm (Anexo 2B).

Esta tendência de aumento com as doses em profundidade pode ser positiva, uma vez que, iniciada a infiltração da água pela superfície do solo protegido pela pastagem, esta tem continuidade até as partes mais profundas. Menor quantidade de macroporos na camada superficial de 0 a 20 cm, comparativamente à profundidade de 20 a 40 cm (Tabela 16), pode ser devida ao processo de compactação da superfície do solo por diferentes situações, inclusive pelo maior desgaste da matéria orgânica nativa do solo, quando da aplicação da cama de frango de relação C/N mais baixa. Araújo (2004) enfatiza que o uso agrônomico do solo geralmente intensifica a compactação, com redução na quantidade destes e conseqüente aumento dos microporos.

Douglas (1986) e Carter (1988) afirmam que a macroporosidade é um índice bastante útil na avaliação das modificações estruturais do solo. Entretanto, reflete mais a condição do solo no momento e no local da amostragem do que uma condição final ou permanente de toda área. Em situações onde a macroporosidade é reduzida e a drenagem impedida, a difusão de oxigênio pode ser prejudicada, ocasionando redução no crescimento de plantas (DREWRY et al., 1999).

Como a interação entre época da amostragem e profundidade estudada foi significativa, procedeu-se o estudo das diferentes épocas da amostragem dentro de cada profundidade, ou seja, de 0 a 20 e de 20 a 40 cm (Figura 33). Observa-se que, enquanto a macroporosidade nos dois níveis de profundidades estudados apresentaram comportamento quadrático, com a maior quantidade de macroporos aos 120 dias após a aplicação, na profundidade de 20 a 40 cm, esta macroporosidade foi crescente com o tempo após aplicação, atingindo maiores valores no período da seca. Comportamento crescente da macroporosidade, nesta profundidade, possivelmente esteja relacionado com a maior disponibilidade de água que condiciona maior atividade de vida no subsolo. Salton et al. (2002) avaliaram o espaço aéreo do solo antes e após o pastoreio bovino, em pastagem de aveia preta e em área submetida ao sistema integração lavoura pecuária em sistema de plantio direto. Verificaram uma redução de 18% na macroporosidade do solo na camada de 0 a 5 cm de profundidade, após o pastoreio rotativo, em um Latossolo distrófico típico muito argiloso, conduzido sob plantio direto com sucessão soja/aveia.

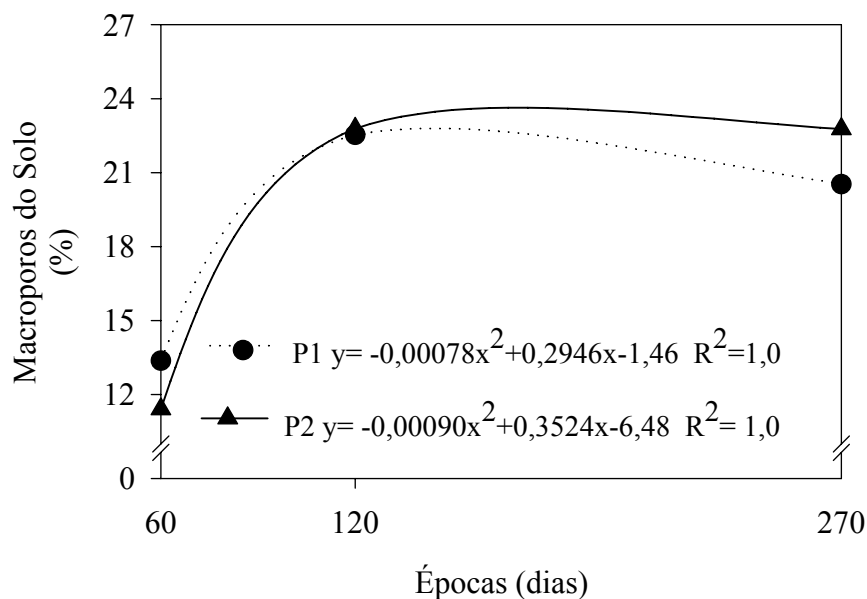


FIGURA 33 – Macroporos (MaP) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

Os valores de macroporosidade obtidos nesta pesquisa, em média de 18,89 % (Anexo 2B), encontram-se dentro da faixa considerada boa por Baver et al. (1972), que é de 10 a 20 %, ou seja, bem acima dos 10% , valor comumente usado para definir condições limitantes da aeração do solo (GRADWELL, 1965; GRABLE, 1971;

CARTER, 1988). De acordo com as observações de Timlin et al., 1994; Longsdon et al., 1993; Scoot et al., 1988, a distribuição dos macroporos nesta área de pesquisa encontra-se adequada para atuação do sistema radicular, permitindo a este maior desenvolvimento e expansão das raízes.

Quanto a microporosidade do solo, observa-se, pela análise de variância, a existência de significância ($p < 0,05$) para doses de cama de frango e épocas de amostragem de um Latossolo Vermelho, sob pastagem de braquiária, fertilizado com cama de frango, não havendo interação entre doses, épocas e profundidades de amostragem (Anexo 2B).

A variação da microporosidade na área variou entre 14,22 a 26,61 %, sem apresentar um valor consistente com os tratamentos estudados.

Os valores médios de microporosidade mostraram um pequeno aumento na camada superficial do solo (0 a 20 cm), em relação a camada mais profunda (20 a 40 cm), embora a diferença não seja significativa ($P > 0,05$). Silva e Kay (1997) ressaltam que a microporosidade do solo é fortemente influenciada pela textura e teor de carbono orgânico e pouco influenciada pelo aumento da densidade do solo, embora o tráfego de máquinas e implementos, com capacidade para promover a compactação, favoreça seu aumento.

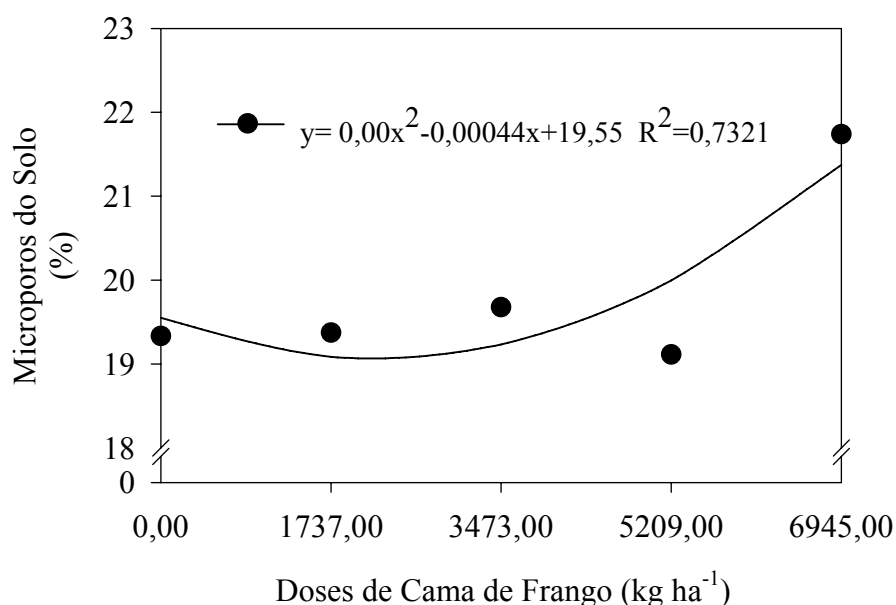


FIGURA 34 – Microporos (MiP) de um Latossolo Vermelho, em função das diferentes doses de cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

Considerando a média das diferentes épocas de amostragem do solo após a aplicação da cama, percebe-se que a microporosidade apresentou comportamento quadrático, em função das doses aplicadas (Figura 34). A obtenção de um menor valor de microporosidade para a dose de 1.737 kg ha⁻¹, aliada a um valor de 19,37 (Anexo 2B) para o intercepto com o eixo dos y, evidencia que as maiores doses foram mais efetivas em aumentar a quantidade de microporos no solo, independente da profundidade estudada.

Foi observado um aumento significativo, quando utilizou-se a maior dose, ou seja, de 6.945 kg ha⁻¹ de cama de frango (Tabela 16). O aumento dos microporos e conseqüentemente a diminuição dos macroporos do solo, exatamente no período das chuvas, podem ser atribuídos ao maior tempo de permanência dos animais em pastejo, devido a maior oferta de forragem neste tratamento.

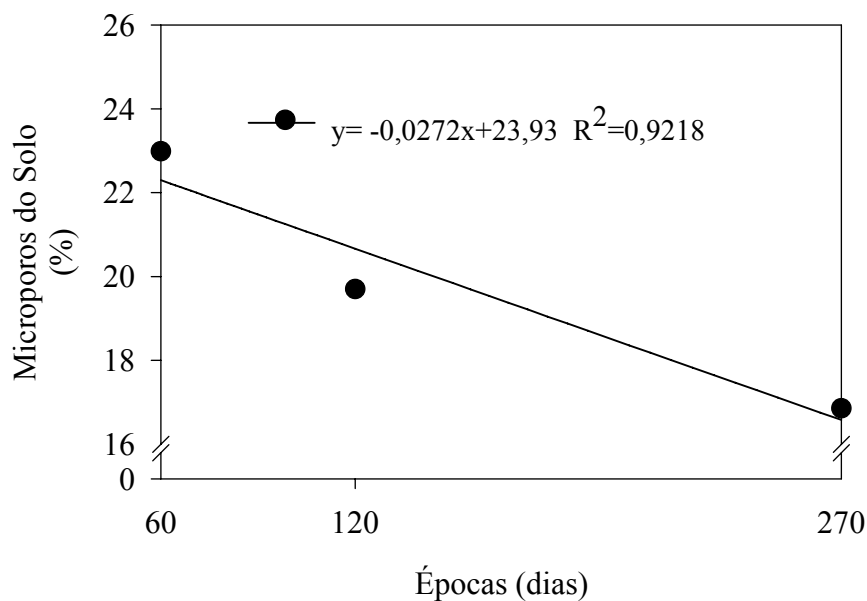


FIGURA 35 – Microporos (MiP) de um Latossolo Vermelho, em função das diferentes épocas após a aplicação da cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

Já a distribuição dos microporos no solo, em função da época da amostragem, evidencia o ajuste de uma equação linear decrescente com o número de dias após a aplicação da cama de frango. Isto ocorre em virtude de em uma dada condição de uso e manejo do solo, o fator disponibilidade de água influencia a intensidade da deformação, como afirma Dias Júnior (1994). Assim, quando os solos estão mais secos, sua capacidade de suporte de carga pode ser suficiente para agüentar as pressões aplicadas e a compactação do solo pode não ser significativa. Entretanto, sob condições de alta

umidade, o solo deforma-se mais facilmente, ocorrendo a formação de camadas compactadas, com aumento significativo de microporos, em detrimento dos macroporos (SWAN; MONCRIEF; VOOHEES, 1987). Sánchez-Girón et al. (1998) demonstraram que a suscetibilidade do solo à compactação foi fortemente correlacionada com a umidade do solo. Essas diferenças parecem estar relacionadas com o fato de que a diminuição do conteúdo de água no solo incrementa o número de contatos entre as partículas, o que por sua vez, depende diretamente da textura do solo (McNABB; BOERSMA, 1996).

Segundo Kertzman (1998), o processo de compactação não afeta a porosidade no interior dos micro agregados em Latossolos. A compactação afeta os macroporos ao reduzir seu tamanho, contribuindo para aumentar a retenção de água em baixas tensões.

4.4 Resistência do solo à penetração

Pela análise de variância, observa-se que a resistência do solo à penetração, em MPa, foi significativa ($p < 0,05$) para os níveis de profundidade e época da determinação no campo, ocorrendo, no entanto, efeito significativo na interação entre os fatores épocas e profundidade da avaliação (Anexo 2B).

TABELA 17 – Dados médios da resistência do solo à penetração (RSP), considerando diferentes profundidades, épocas e doses de cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	RSP (MPa)
0-20	5,2226 a
20-40	4,9185 a
Épocas (dias)	RSP (MPa)
60	2,2330 b
120	2,3610 b
270	10,6177 a
Doses (kg ha ⁻¹)	RSP (MPa)
0	5,0850 a
1.737	4,9466 a
3.473	4,9887 a
5.209	5,3070 a
6.945	5,0254 a
CV 1 (%)	14,19
CV 2 (%)	16,17
Média geral	5,0705

CV = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Para efeito de comparação de resultados, a resistência à penetração medida com o penetrômetro pode ser determinada quando o conteúdo de água no solo estiver próximo ou na capacidade de campo (SMITH et al., 1997). Nestas condições, é possível estabelecer valores limitantes e fazer interferência para o crescimento radicular, relacionando-o ao valor crítico de 2,0 MPa (SILVA et al., 1994; TORMENA et al., 1998).

A resistência à penetração é uma propriedade física do solo que influencia o crescimento radicular. Comparada à densidade do solo, é uma medida que melhor expressa o potencial de crescimento das raízes, por incorporar os efeitos da densidade e umidade do solo. Um solo que apresenta valores elevados de densidade pode não ser limitante ao crescimento de raízes quando se encontra úmido, no entanto, quando este mesmo solo se encontra seco, poderá apresentar condições limitantes ao crescimento radicular, por apresentar valores elevados de resistência à penetração. Isto se deve ao fato da resistência à penetração incorporar efeitos do conteúdo de água, textura e condição estrutural do solo (TARDIEU, 1994).

A faixa de resistência à penetração, obtida nesta pesquisa, ultrapassou o valor de 2,0 MPa, valor este considerado como limitante ao crescimento do sistema radicular. O valor de 2,0 MPa, adotado em vários trabalhos de pesquisa como impeditivo para o crescimento de plantas (TAYLOR et al., 1966; SILVA et al., 1994; TARDIEU, 1994), pode, no entanto variar com o tipo de sistema radicular, culturas, tipos de solo e até mesmo a fertilidade do solo.

Analisando-se as épocas de amostragem dentro de cada profundidade, observa-se que os menores valores de resistência à penetração foram obtidos no período das chuvas, em ambas as profundidades. Isso ocorreu em virtude da maior umidade do solo (COSTA et al., 2003) neste período (Tabela 17 e Figura 36).

O sistema radicular da braquiária desta área provavelmente não estará sujeito a qualquer tipo de limitação física (impedimento mecânico), quando o solo estiver com umidade próxima à capacidade de campo, devido à faixa de resistência à penetração encontrada na área em épocas de período chuvoso (Tabelas 17). Alguns autores relatam que a resistência à penetração aumenta com a compactação do solo, sendo restritiva ao crescimento radicular acima de certos valores de potencial que variam de 1,5 a 3,0 MPa, conforme Grant e Lafond (1993); e de 2,0 a 4,0 MPa, segundo Arshad et al. (1996), sendo admitidos valores superiores em plantio direto, na ordem de 5,0 MPa, observados por Ehlers et al. (1983). Com o secamento do solo, ocorre maior manifestação da força

de maior coesão entre as partículas minerais (KAY; ANGERS, 1999) com elevação da resistência à penetração. Essa variação na resistência poderá atuar de forma mais intensa e com maiores implicações ao sistema radicular.

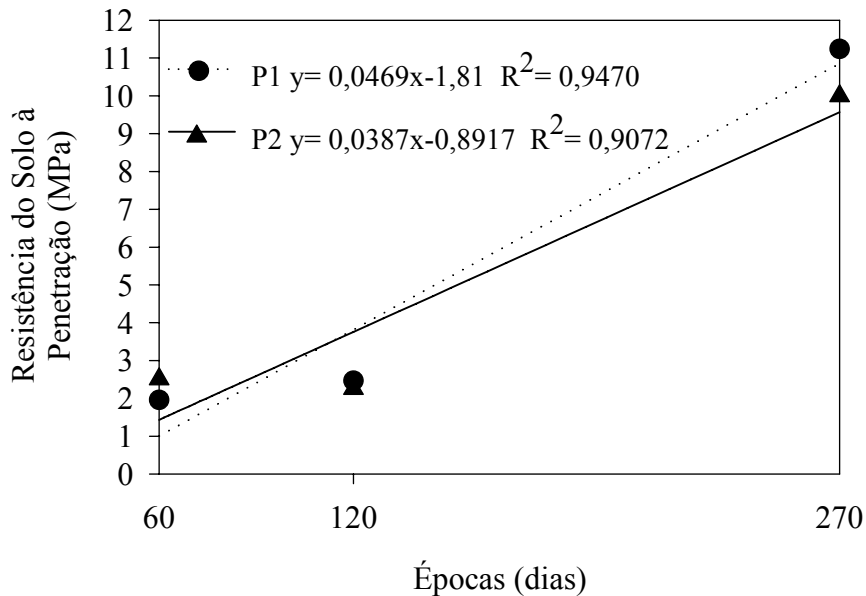


FIGURA 36 – Resistência à Penetração (RSP) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

As equações ajustadas para a resistência à penetração tanto de 0 a 20 cm, como de 20 a 40 cm, em função da época da determinação apresentaram coeficientes lineares (Figura 36) e crescentes, indicando que quanto mais distante estiver do período chuvoso, ou seja, mais seco estiver o solo, maior será a resistência do mesmo, de modo que, aos 270 dias (período seco) após a distribuição da cama de frango, os valores de resistência observados estavam acima do valor considerado restritivo ao desenvolvimento do sistema radicular. Ausência de mobilização física do solo com arados, grades e pisoteio intensivo de bovinos são alguns dos fatores que podem estar contribuindo para o elevado valor de resistência do solo, principalmente no período da seca.

Observa-se que a resistência do solo à penetração pode ser afetada por diferentes fatores de forma isolada ou pela dependência entre estes, tornando-se necessários estudos específicos que considerem todas essas possíveis influências.

Alguns estudos comparativos entre sistemas de plantio direto e convencional apontam valores mais elevados em sistema de plantio direto, especialmente nos

primeiros 10 cm (EHLERS et al., 1983; RADCLIFFE et al. 1988; HILL, 1990). Albuquerque et al. (2001) avaliaram o efeito da integração lavoura-pecuária, sob plantio direto e preparo convencional, nos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho e nas características da cultura do milho. Concluíram que, comparado a um solo sob mata nativa, o pisoteio na integração induziu à degradação da estrutura do solo, refletindo no aumento da resistência à penetração no sistema de plantio direto, na camada de 0-10 cm de profundidade. Trein et al. (1991) encontraram resistência à penetração significativamente superior, após o pastejo intensivo dos bovinos em pastagem de aveia preta e trevo. O valor da resistência passou de 0,84 MPa para 4,03 MPa, antes e após o pastoreio, na camada de 0 a 7,5 cm de profundidade, respectivamente. Os efeitos continuaram significativos e semelhantes nas profundidades subsequentes, 7,5 a 15 e 15 a 30 cm de profundidade. Também Prado et al. (2002), estudando diferentes sistemas de preparo, observaram que a resistência do solo à penetração aumenta quando o solo é submetido a longo período de pousio.

A resistência à penetração, em função das doses de cama de frango, não diferiram entre si a ($p < 0,05$). Este resultado corrobora com o obtido por Souza et al. (2005) que não obtiveram efeito significativo da matéria orgânica na resistência à penetração. Aggelides; Londra (2000) observaram redução da resistência á penetração com aplicação de lodo de esgoto e lixo urbano.

4.5 Estabilidade dos agregados em água

4.5.1 Agregados

A análise de variância indica que as doses de cama de frango aplicadas (0, 1.737, 3.473, 5.209 e 6.945 kg ha⁻¹) promoveram variação e significância ($p < 0,05$) neste atributo físico. Indica ainda efeito significativo da interação entre épocas de amostragem efetuada após aplicação da cama, sendo 60 dias (início período chuvoso), 120 dias (período chuvoso) e 270 dias (período seco) e as profundidades de 0-20 e de 20-40 cm (Anexo 2B).

Observa-se, pelos dados da Tabela 18, que os valores para a quantidade em percentagem de agregados são altos. Isso indica que a maior parte dos agregados obtidos apresentou boa estabilidade estrutural, provavelmente pela atuação dos agentes externos, como sistema radicular da braquiária, atividade biológica e cobertura permanente do solo com a pastagem.

O uso agrônômico das terras com lavoura ou pastagem altera, normalmente, as propriedades do solo, dependendo das condições edáficas e climáticas. Dessa forma, diferentes sistemas de manejo resultam em mudanças na composição e arranjo dos constituintes do solo, que podem, em alguns casos, prejudicar a conservação desse recurso natural e reduzir a produtividade econômica da cultura. Dentre as propriedades físico-mecânicas do solo, salienta-se a formação de unidades estruturais compostas, ou agregados, as quais são separadas por superfícies de fraqueza e determinam a distribuição e o tamanho dos poros. Dessa forma, a estabilidade desses agregados decorre da aproximação e cimentação das partículas do solo, mediante atuação de diversas substâncias de natureza mineral e orgânica, por meio de mecanismos físicos, químicos e biológicos (SILVA; MIELNICZUK, 1998; REINERT, 1998).

TABELA 18 – Dados médios de agregados (AGR), agregados > 2,00 mm (AGR>2,00 mm), agregados <0,25 mm (AGR<0,25 mm) e DMG, considerando diferentes profundidades, épocas e doses de cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

Profundidades (cm)	AGR (%)	AGR>2 mm (%)	AGR<0,25 mm (%)	DMG (mm)
0-20	92,9553 a	65,2158 a	7,0491 b	1,8225 a
20-40	86,4230 b	51,6463 b	13,5770 a	1,3585 b
Épocas (dias)	AGR (%)	AGR>2 mm (%)	AGR<0,25 mm (%)	DMG(mm)
60	86,2050 b	49,9875 b	13,8017 a	1,3332 b
120	87,8192 b	53,4165 b	12,1807 a	1,3875 b
270	95,0432 a	71,8892 a	4,9567 b	2,0507 a
Doses (Kg ha ⁻¹)	AGR (%)	AGR>2 mm (%)	AGR<0,25 mm (%)	DMG (mm)
0	87,4812 b	57,0670 a	12,5187 a	1,4945 a
1.737	90,6487 ab	58,1108 a	9,3625 ab	1,6208 ab
3.473	89,3820 ab	56,3450 a	10,6179 ab	1,5366 ab
5.209	90,1045 ab	60,9679 a	9,8954 ab	1,6641 a
6.945	90,8291 a	59,6645 a	9,1708 b	1,6362 ab
CV 1 (%)	3,98	12,72	34,73	9,78
CV 2 (%)	4,38	13,52	38,03	14,46
Média geral	89,6891	58,4310	10,3130	1,5905

CV = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A estabilidade dos agregados é influenciada por diversos atributos do solo, como textura (FELLER et al., 1996), teor de óxidos de ferro e alumínio (OADES; WATERS, 1991; DUFRANC et al., 2004), teor de matéria orgânica (ROTH et al., 1991; FELLER et al., 1996; BERTOL et al., 2000) e atividade microbiana (TISDALL; OADES, 1979);

e também pelo manejo químico e físico do solo (CAMBARDELLA; ELLIOT, 1993; CARPENEDO; MIELNICZUK, 1990).

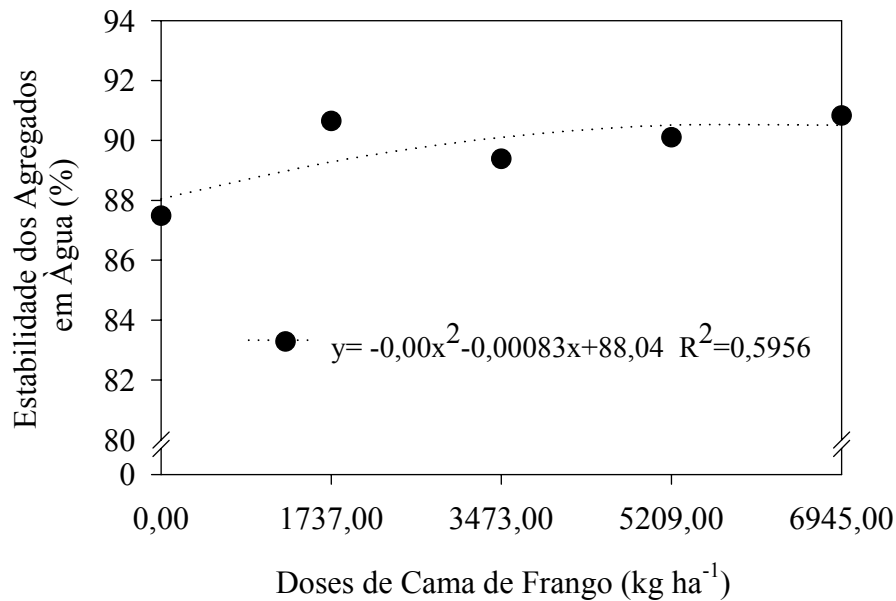


FIGURA 37 – Estabilidade dos Agregados em Água (AGR) de um Latossolo Vermelho, em função das diferentes doses de cama de frango. Uberlândia-MG, 2006.

A quantidade de agregado é maior para a camada de 0-20 cm, independente da época de amostragem, evidenciando o efeito das raízes e possivelmente da maior atividade biológica na agregação do solo, nesta profundidade. Estes resultados corroboram com os obtidos por Oliveira et al. (1983) para um Podzólico Vermelho-amarelo, textura média, sob cobertura de pastagem com capim-gordura, sem pastejo. D'Agostini (1981) observou melhor índice de agregação em solo sob pastagem, atribuindo esse fato à ação mecânica das raízes das gramíneas, associada ao grande número de raízes por volume de solo e ao diâmetro reduzido destas. Carpenedo; Mielniczuk (1990) também certificaram que a estabilidade dos agregados aumenta mais em solos sob gramíneas do que em solos sob leguminosas. Nyamangara et al. (2001) estudaram o efeito da aplicação de doses de esterco de bovino na estabilidade de agregados e na retenção de água em um solo arenoso. Os autores encontraram elevação do conteúdo de carbono total do solo de 10 a 38%, na camada de 0 a 10 cm, com a aplicação de esterco, comparado com a área que não recebeu aplicação.

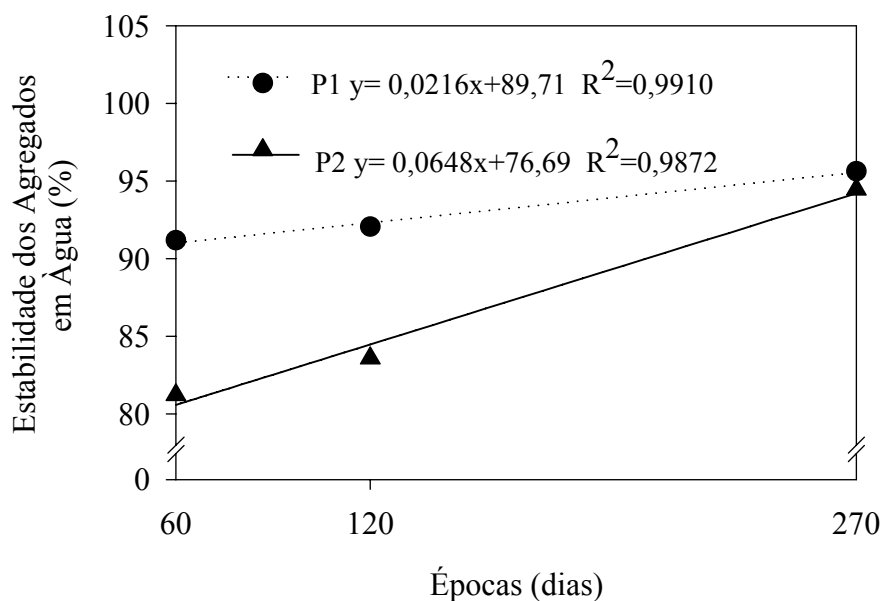


FIGURA 38 - Estabilidade dos Agregados em Água (AGR) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

Quanto às épocas de amostragem (Tabela 18 e Figura 38), há um incremento nos valores da 3ª época de amostragem (período seco), para ambas as profundidades. A estabilidade varia com a umidade do solo no momento da amostragem (PERFECT et al., 1992), podendo também ser influenciada pelo conteúdo de água antes do reumedecimento (CARON et al., 1992) e pela taxa como este ocorre. De acordo com Ellsworth et al. (1991), a variação das propriedades estruturais do solo constitui fator importante na susceptibilidade do solo à erosão e deve estar relacionada com outras propriedades do ambiente agrícola.

Segundo Novais e Smyth (1999), com maior conteúdo de água, além da maior disponibilidade de água no solo e filme de água das partículas sólidas, fica mais espesso, diminuindo a interação íon-colóide. Essas diferenças parecem estar relacionadas com o fato de que a diminuição do conteúdo de água no solo incrementa o número de contatos entre as partículas, o que por sua vez, depende diretamente da textura do solo (McNABB e BOERSMA, 1996) e também do maior crescimento de raízes, no decorrer do tempo e com maior atuação das mesmas na agregação e estabilização das partículas do solo.

Nos tratamentos, com diferença significativa ($p < 0,05$), quando se adicionaram 6.945 kg ha^{-1} de cama de frango, correspondente a 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 , ou seja, a maior dose estudada no experimento, obteve-se maior percentagem de agregados, ao contrário da testemunha que apresentou menor percentagem de agregados estabilizados. Também

foi observado que a medida que se aumentou a dose de cama de frango, aumentou-se a estabilidade dos agregados. Isso pode ter ocorrido em virtude do teor da matéria orgânica proveniente do resíduo orgânico, concordando com os estudos de Wei et al. (1985), os quais verificaram que a utilização de lodo de esgoto aumentou o teor de matéria orgânica, a estabilidade de agregados e o índice de agregação. A maior agregação atribuída ao aumento no teor da matéria orgânica deve-se ao fato de ela apresentar grande superfície específica e capacidade de troca de cátions, possibilitando maior número de ligações eletrostáticas entre esta e as partículas de solo. Além disso, a sua decomposição por microorganismos resulta na formação de inúmeros compostos importantes na cimentação e estabilização dos agregados (ANGERS, 1992).

4.5.2 Agregados maiores que 2,00 mm

A análise de variância indica que houve efeitos significativos ($p < 0,05$) independentes para profundidades; épocas de amostragem de um Latossolo Vermelho sob pastagem de braquiária e dose de cama de frango aplicada. Constata ainda que a interação entre diferentes épocas e profundidades de amostragem também foi significativa para este atributo do solo. (Anexo 3B).

A ordem hierárquica na formação dos agregados do solo começa pela união de partículas individuais, formando um domínio de argila, que, por sua vez, une-se formando micro agregados (= 0,250 mm) e assim sucessivamente até a formação dos macro agregados (> 0,250mm) (HADAS, 1987).

Através da análise de variância, observa-se que houve interação significativa ($p < 0,05$) entre as diferentes épocas e as profundidades de amostragem. O desdobramento da interação profundidade dentro de cada época de amostragem indica que melhores resultados para agregados estáveis maiores do que 2,00 mm estão na camada de 0-20 cm, perfazendo 65,22%, enquanto que para a camada de 20-40 cm é de 51,65%. Esta constatação pode estar relacionada a maior atividade biológica do solo, proporcionada pela adição de cama de frango que, por sua vez, proporcionou maior volume de raízes da gramínea nesta camada superficial. Segundo Baver et al. (1972), as gramíneas são geralmente mais eficientes, na estruturação do solo, do que outras espécies, sendo que a braquiária supera todas as outras por ser de crescimento mais profuso e qualidade mais recalcitrante no solo. Tal fato está relacionado com a sua maior capacidade de regeneração, produção de matéria seca, comprimento e densidade

do sistema radicular, bem como com os compostos orgânicos resultantes de sua decomposição, que revelam efeitos mais duradouros.

Segundo Kiehl (1979), a vegetação é um fator importante de formação de agregados, mediante a ação mecânica das raízes ou mesmo pela excreção de substâncias com ação cimentantes.

Tal constatação confirma os estudos de Jorge et al. (1991), que verificaram valores superiores de agregados > 2,00 mm com aplicação de 10,0 Mg ha⁻¹ de lodo de esgoto durante quatro anos, em Latossolo Vermelho argiloso.

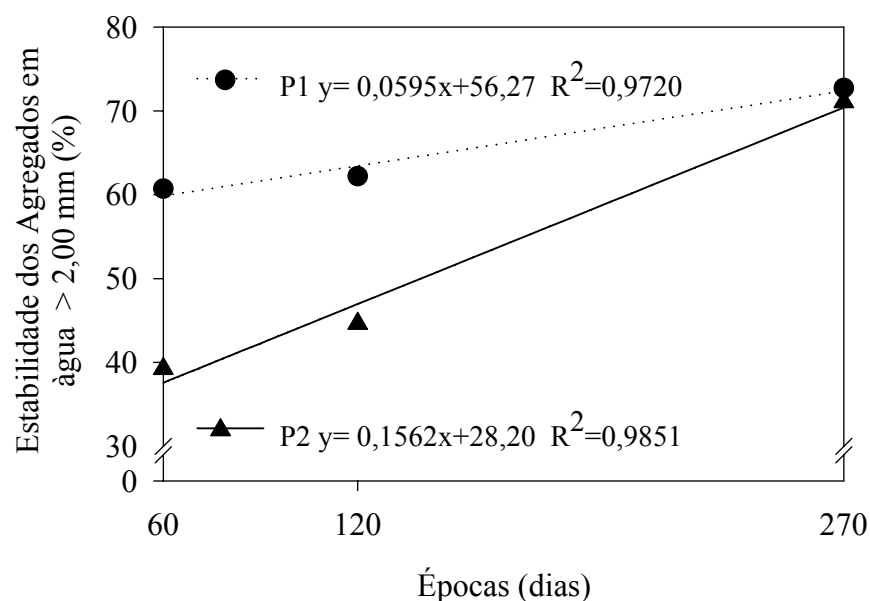


FIGURA 39 – Estabilidade dos Agregados em água > 2,00 mm (AGR>2,00 mm) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

Com relação às diferentes épocas de amostragem, a análise de variância indica resultados significativos ($p < 0,05$) entre elas, com melhor agregação nesta classe de agregado no período da seca, ou seja, aos 270 dias após a aplicação da cama de frango, mês de agosto. O crescimento gradativo do percentual de agregados > 2,00 mm, à medida que aumenta o intervalo de tempo entre a aplicação da cama de frango e da amostragem, aos 270 dias (período seco), pode estar relacionado com a manifestação mais efetiva das forças de coesão entre partículas de mesmo tamanho e pelo efeito de natureza química. A presença de maior quantidade de água dentro e entre agregados, verificada em janeiro e março, pode contribuir para maior atividade biológica, com

maior produção de agentes, que interferem positivamente para compressão da dupla camada difusa.

Conforme afirma Guerra et al. (2001), a degradação do solo inicia-se pela individualização das partículas que compõem os agregados ou até mesmo a redução do tamanho destes. A erosão, que pode ser acelerada pela ação antrópica, atua como agente de degradação do solo. Em seu aspecto físico, a erosão, de acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999), é a realização de uma quantidade de trabalho no desprendimento do material do solo e no seu transporte, iniciada através das gotas de chuva que caem no solo e individualizam as partículas de seus agregados.

Não houve efeito significativo ($p>0,05$) para as doses de cama de frango aplicadas, indicando que, para qualquer quantidade aplicada, o estado da agregação, nesta modalidade de agregados, apresentou o mesmo comportamento. Possivelmente, isto se deve à melhoria do ambiente do solo, mesmo nas menores camadas do solo, para o desenvolvimento das plantas e dos microorganismos que, por sua vez, proporcionam maior agregação às partículas, pela liberação de exsudados e excreções, respectivamente, que são importantes agentes cimentantes das partículas do solo. Alvarenga et al. (1986) concluíram que a manutenção dos restos culturais sobre a superfície do solo favoreceu o desenvolvimento de agregados maiores que 2,00 mm.

4.5.3 Agregados menores que 0,25 mm

Na análise de variância, observa-se que houve significância ($p<0,05$) para os três fatores estudados (diferentes doses, profundidades e épocas de amostragem de um Latossolo Vermelho sob pastagem de braquiária fertilizado com cama de frango), além da interação entre os fatores (diferentes épocas e profundidades de amostragem), quanto aos valores (%) de estabilidade de agregados em água menores que 0,25 mm (Anexo 4B).

Na Tabela 18, pode-se visualizar que os valores de agregados menores que 0,25 mm têm uma relação com os valores encontrados para agregados maiores que 2,00 mm, demonstrando que a cama de frango contribuiu para a agregação do solo, pois, quanto maior foi o índice de estabilidade dos agregados relacionados, menor foi à quantidade de agregados menores que 0,25 mm. Lue-Hing et al. (1992), Logan e Harrison (1995), Marx et al. (1995) encontraram resultados semelhantes para estabilidade de agregados em solos tratados com lodo de esgoto.

4.5.4 Diâmetro médio geométrico do agregado (DMG)

Através da análise de variância, observa-se que houve significância ($p < 0,05$) para as diferentes doses, profundidades e épocas de amostragem. Percebe-se também que a interação entre os fatores épocas e profundidades de amostragem também foram significativas (Anexo 4B).

Com o desdobramento da interação época de amostragem para cada profundidade (Figura 40), percebe-se que houve melhoria no diâmetro médio geométrico dos agregados na camada superficial do solo de 0 a 20 cm. Em ambas as profundidades, de 0 a 20 e 20 a 40 cm, há uma tendência de aumento linear do diâmetro médio geométrico do agregado, a medida que se aumenta a época após a aplicação da cama de frango até 270 dias (período seco). É possível afirmar que a maior atividade biológica, geralmente observada nos primeiros centímetros da camada superficial do solo e no período de maior umidade do solo (janeiro a março), somente no período seco, esteja contribuindo para estas melhorias.

Segundo Oliveira et al. (2003), a realização de práticas de manejo efetuadas em solos com elevados teores de umidade ou mesmo o impacto das chuvas podem contribuir para diminuir a estabilidade do solo.

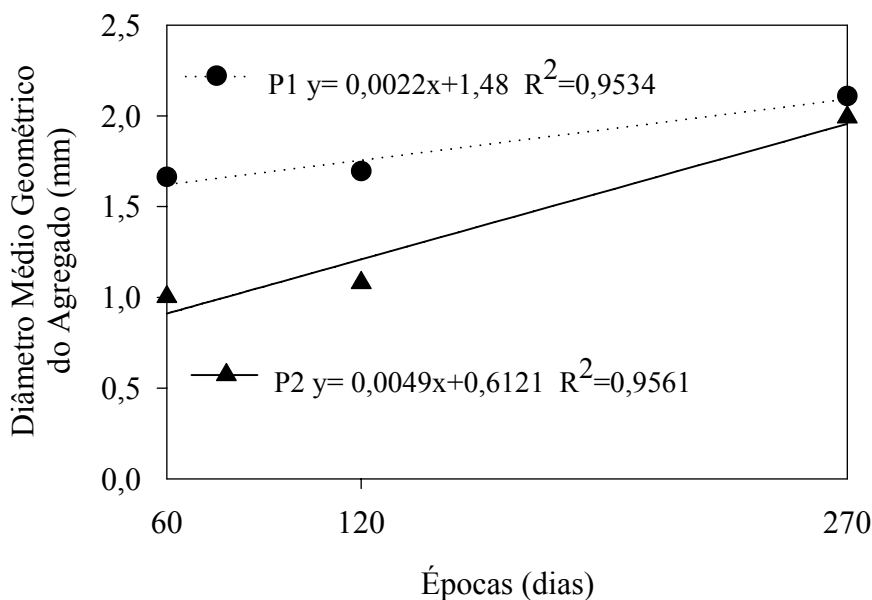


FIGURA 40 – Diâmetro Médio Geométrico do Agregado (DMG) de um Latossolo Vermelho, para diferentes níveis de profundidade, em função das épocas de amostragem, para P1 (Profundidade de 0-20 cm) e P2 (Profundidade de 20-40 cm). Uberlândia-MG, 2006.

Segundo Silva et al., (1998) e Lange (2002), o tamanho da agregação aumenta, proporcionalmente, com o teor de carbono orgânico previamente trabalhado pelos microorganismos do solo.

O desdobramento da interação profundidade (0 a 20 e 20 a 40 cm) para cada época da amostragem (60, 120 e 270 dias após a aplicação do resíduo, classificada como início do período chuvoso, período chuvoso e período seco, respectivamente) indica que os melhores resultados para o DMG ocorreram na camada superficial de 0-20 para todas as épocas de amostragem (Figura 40), sendo estas significativas a ($p < 0,05$), corroborando com os dados de Lima et al. (2003), que consideram esta ocorrência motivada, provavelmente, pela diminuição dos teores de carbono-orgânico sempre que a profundidade do solo aumenta. Resultados idênticos foram encontrados por Vitorino (1986), que também relaciona este fato à maior taxa de matéria orgânica na região superficial do solo, considerando, ainda, que a maior estabilidade de agregados na superfície possa estar relacionada aos fenômenos de expansão e contração, mais intensos nesta parte do perfil do solo. Desta forma, os valores diferenciados de DMP, associados a outras condições de superfície, exerceram influência nas perdas de água e solo por erosão hídrica, conforme relatado também por Volk et al. (2004).

Não houve diferença significativa para as doses de cama de frango aplicadas (Tabela 16), contudo, pode ser observado que a testemunha apresentou o menor diâmetro geométrico do agregado (DMG) e este foi crescente com o aumento de cama de frango aplicada. Esse efeito foi superior na 3ª época de amostragem, em ambas as profundidades, o que se deve à melhoria do ambiente para o desenvolvimento de plantas e microorganismos que, por sua vez, proporcionam maior agregação às partículas, pela liberação de exsudados e excreções, respectivamente, que são importantes agentes cimentantes das partículas do solo. Os efeitos positivos da adubação com cama de frango na agregação do solo devem-se, principalmente, às características iniciais deste solo. Estes efeitos em solos que apresentam uma boa estabilidade estrutural podem ou não ser evidenciadas (NUERNBERG; STAMMEL; CAMANUREA, 1986).

Dessa forma, a influência da aplicação de cama de frango, na agregação do solo, esteve diretamente relacionada à melhoria do ambiente para o desenvolvimento de plantas e microorganismos e estes tiveram função preponderante na agregação das partículas do solo.

5 CONCLUSÕES

1. Efeitos mais consistentes na melhoria de vários atributos físicos e químicos do solo avaliados nesta pesquisa com a aplicação de cama de frango estão na profundidade 0 a 20 cm.
2. O presente estudo demonstrou que a amostragem na época seca, determinada no mês de agosto, com 270 (duzentos e setenta dias) após a distribuição da cama de frango, possibilitou-se os melhores resultados dos atributos físicos do solo avaliado.
3. A maior dosagem de cama de frango não proporcionou os melhores resultados na recuperação física do solo estudado.
4. Há potencial para o aproveitamento de cama de frango na recuperação física do solo e pastagem degradada com, distribuição continuada e planejada.
5. O aporte de nutrientes agregado ao solo para maior crescimento das raízes foi o que mais contribuiu para a melhoria física do solo.
6. A variação nos teores de matéria orgânica do solo e dos atributos físicos estudados indicam que os efeitos da cama de frango na sustentabilidade ainda não são conclusivos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGGELIDES, S.M.; LONDRA, P. A. Effects of compost produced from town wastes and sewage sludge on the physical properties of a loamy and clay soil. **Bioresource Technology**, Barking, v.71, p.253-259, 2000.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 717-723, 2001.

ALBUQUERQUE, J. A.; REINERT, D. J.; FIORIN, J. E.; RUEDELL, J.; PETRERE, C.; FONTINELLI, F. Rotação de culturas e sistemas de manejo do solo ao final de sete anos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19 n. 1, p. 115-119, 1995.

ALVARENGA, R. C.; FERNANDES, B.; SILVA, T.C.A. RESENDE, M. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 273-277, 1986.

ALVES, W. L. **Efeitos do composto orgânico de lixo na fertilidade do solo e na disponibilidade de nutrientes e de metais pesados para o sorgo**. 1997. 75p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1997.

ANGERS, D.A. Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfafa. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p.1244-1249, 1992.

ARAÚJO, A. G. Estimativa e classificação da compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas através da modelagem nebulosa. 2004, 224 p. Tese (Doutorado em Sistemas Digitais) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ARSHAD, M.A.; LOWERY, B.; GROSSMAN, B. Physical tests for monitoring soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Ed.). **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.123-141. (SSSA Special Publication, 49).

BATAGLIA, A. O. C.; BERTON, R. S.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. S. Resíduos orgânicos como fontes de nitrogênio para capim-braquiária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n. 7, p. 277-284, 1983.

BAVER, L. D.; GARDNER, W. H.; GARDNER, W. R. **Soil physics**. 4. ed. New York: John Wiley, 1972. 498p.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap. 2, p. 9-26.

BERTOL, I.; ALMEIDA, J. A. de.; ALMEIDA, E. X. de., KURTZ, C. Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante anão cv. Mott. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.5, p. 1047-1054, maio 2000.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. 4. ed. São Paulo: Ícone, 1999.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURI, 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, jan./mar. 2001.

BORGES, E.N.; LOMBARDI NETO, F.; CORRÊA, G.F. & BORGES, E.V.S. Alterações físicas introduzidas por diferentes níveis de compactação em Latossolo Vermelho-Escuro textura média. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, p.1663-1667, 1999.

BUENO, B. S.; VILAR, O. M. **Mecânica dos solos**. São Carlos: USP, EESC, 1998. v. 1, 131p.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOT, E.T. Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, n.4, p.1071-1076, 1993.

CARON, J.; KAY, B.D.; STONE, J.A. & KACHANOSKI, R.G. Modeling temporal changes in structural stability of a clay loam soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, p.1597-1604, 1992.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.1, p.99-105, 1990.

CARTER, M.R. Temporal variability of soil macroporosity on a fine sandy loam under mould board ploughing and direct drilling. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.12, p.35-51, 1988.

CARVALHO JÚNIOR, I.A. et al. Modificações causadas pelo uso e a formação de camadas compactadas e, ou, adensados em um Latossolo Vermelho textura média, na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.22, p.505-514, 1998.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. C.; FREITAS, M. L. M.; BUZZETTI, S. Alterações nas propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 997-1003, out./dez. 1999.

COSTA, A. M. **Recuperação física de um Latossolo Vermelho, influenciado pela aplicação de camas de aviário**. Uberlândia, UFU. 2005, p. 111 (Dissertação de Mestrado).

- COSTA, M.B.B. **Adubação orgânica**: nova síntese e novo caminho para a agricultura. São Paulo: Ícone, 1985. 100p.
- D'AGOSTINI, L. R. **Recuperação física do solo por sistemas de cultivo**. 1981. 76p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1981.
- DA ROS, C. O.; SECCO, D.; FIORIN, J. E.; PETRERE, C.; CADORE, M. A.; PASA, L. Manejo do solo a partir de campo nativo: efeito sobre a forma e estabilidade da estrutura ao final de cinco anos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 21, n. 2, 241-247, 1997.
- DE BOER, W.; KOWALCHUK, G.A. Nitrification in acid soils: microorganisms and mechanisms. **Soil Biology Biochemistry**, Florenca, v. 33, p.853-866, 2001.
- DIAS JUNIOR, M.S. **Compression of three soils under long-term tillage and wheel traffic**. 1994. 114p. Tese (Doutorado) Michigan, State University, East Lansing, 1994.
- DOUGLAS, J. T. Macro porosity and permeability of some soil cores from England and France. **Geoderma**, Amsterdam, v. 37, p. 221-231, 1986.
- DREWRY, J. J.; LOWE, J A.; PATON, R. J. Effect of sheep stocking intensity on soil physical properties and dry matter production on a Phallic Soil in Southland. **New Zeland Journal of Agricultural Research**, Canterbury, v. 42, p. 493-499, 1999.
- DUFRANC, G.; DECHEN, S.C.F.; FREITAS, S.S.; CAMARGO, O.A. Atributos físicos, químicos e biológicos relacionados com a estabilidade de agregados de dois latossolos em plantio direto no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.505-517, 2004.
- EHLERS, W.; Kopke, V.; Hesse, F.; Böhm, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v.3, n.2, p.261-275, 1983.
- ELLSWORTH, T.R.; CLAPP, C.E.; BLAKE, G.R. Temporal variations in soil structural properties under corn and soybean cropping. **Soil Science Society Of America Journal**, Madison, v. 151, p.405-416, 1991.
- FELLER, C.; ALBRECHT, A.; TESSIER, D. Aggregation and organic matter storage in kaolinitic and smectitic tropical soils. In: CARTER, M.R.; STEWART, B.A. (Ed.). **Structure and organic matter storage in agricultural soils**. Boca Raton: CRC Lewis, 1996. Cap.8, p.309-352. (Advances in Soil Science)
- FERNANDES, B.; GALLOWAY, H. M.; BRONSON, R. D. Efeito de três sistemas de preparo do solo na densidade aparente, na porosidade total e na distribuição dos poros em dois solos (Typic Argiaquoll e Typic Hapludalf). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 7, n. 3, p. 329-333, 1983.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA (RBRAS), 45., 2000, São Carlos, **Anais...** São Carlos: Departamento de Estatística, UFSCar, 2000. p.255-258.

GOEDERT, W.J.; SCHERMACK, M.J.; FREITAS, F.C. Estado de compactação do solo em áreas cultivadas no sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, p.223-227, 2002.

GOMES, P. C.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M.; FORTES, M. P. F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 223-233, 1994.

GRABLE, A. R. Effects of compaction on content and trans-mission of air in soils. In: BARNES, K. K.; CARLETON, W. M.; TAYLOR, H. M.; THROCKMORTON, R. I.; Vanden Berg, G. E. (Ed.). **Compaction of agricultural soils.**, St. Joseph, American Society of Agricultural Engineers: 1971. p. 154-164.

GRADWELL, M. W. Soil physical conditions of winter and growth of ryegrass plants. **New Zeland Journal of Agricultural Research**, Canterbury, v. 8, p. 238-269, 1965.

GRANT, C. A.; LAFOND, G. P. The effects of tillage systems and crop sequences on soil bulk density and penetration resistance on a clay soil in southern Saskatchewan. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 73, p. 223-232, May 1993.

GUERRA, A.J.T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A.J.T.; BAPTISTA, S. (Org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.149-195, 2001.

HADAS, A. Long-term tillage practice effect on soil aggregation modes and strength. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.51, p.191-197, 1987.

HAJABASSI, M. A.; JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H. R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 190, p. 301-308, 1997.

HARTEMINK, A. E Soil chemical and physical properties as indicators of sustainable land management under sugar cane in Papua New Guinea. **Geoderma**, Amsterdam, v. 85, p. 283-306, 1998.

HILL, R.L. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.54, p.161-166, 1990.

HU, S.; COLEMAN, D.C.; CARROL, C.R.; HENDRIX, P.F.; BEARE, M.H. Labile soil carbon pools in subtropical forest and agricultural ecosystems as influenced by management practices and vegetation types. **Agriculture, Ecosystems and Environmental**. Summerland, v. 65, p.69-78, 1997.

JORGE, J.A.; CAMARGO, O.A.; VALADARES, J.M.A.S. Condições físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro quatro anos após aplicação de lodo de esgoto e calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.237-240, 1991.

KAY, B. D.; ANGERS, D. A. Soil structure. In: A. SUMMER, M. E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press. 1999 p. 229-276.

KERTZMANN, F.F. Modificações na estrutura e no comportamento de um Latossolo Roxo provocado pela compactação. 1996. 153f. Tese (Doutorado) Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.22, p.573-581, 1998.

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

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

KONZEN, E, Fertilização de lavoura e pastagem com dejetos de suínos e cama de aves. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DA CULTURA DO MILHO, 4., 2003, Videiras. **Anais...** Videiras: [s.n.], 2003.

LANGE, A. **Palhada e nitrogênio afetando propriedades do solo e rendimento de milho em sistema de plantio direto no cerrado**. 2002, 148p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

LEÃO, T. P. **Intervalo hídrico ótimo em diferentes sistemas de pastejo e manejo da pastagem**. 2002 58 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005. 335 p.

LIMA, C. R.; RANGEL, A. L.; PAES, J. B. Emissões de carbono (CO₂) da UTE PB e o reflorestamento como medida mitigadora. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBEF/SBS, 2003. CD-ROM

LOGAN, T.J.; HARRISON, B.J. Physical characteristics of alkaline stabilized sewage sludge (N - Viro Soil) and their effects on soil physical properties. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.24, p. 153-164. 1995.

LONGSDON, S. D.; MCCOY, E. L.; ALLMARAS, R. R.; LINDEN, D. R. Macropores characterization by indirect methods. **Journal of Soil Science**, London, v. 155, p. 316-324, 1993.

LUE-HING, C.; ZENZ, D.R.; KUCHENRITHER. Municipal sewage sludge management: processing, utilization and disposal. **Water Quality Management**, Library, v. 4, p. 455-500, 1992.

MALONE, G. W. Nutrient enrichment in integrated broiler production systems. **Poultry Science**, Madison, v. 17, p. 1117-22, 1992.

MARIA, I. C. de; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 703-709, 1999.

MARX, D.H.; BERRY, C.R.; KORMANIK, P.P. Application of municipal sludge to forest and degraded land. In: Agricultural utilization of urban and industrial by-products. 1995. p.275-293.

MATOS, A. T., VIDIGAL S. M., SEDIYAMA, M. A. N., GARCIA, N. C. P., RIBEIRO, M. F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campo Grande, v.2, n.2, p.199-203, 1998.

McNABB, D.H.; BOERSMA, L. Nonlinear model for compressibility of partly saturated **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, p. 333-341, 1996.

MELO, V. P de.; BEUTLER, A. N.; SOUZA, Z. M de.; CENTURION, J. F.; MELO, W. J de. Atributos físicos de Latossolos adubados durante cinco anos com biossólido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 1, p.67-72, 2004.

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 econômica**. Rio Verde: FESURV, 2004. (Boletim Técnico. Fundação de Ensino Superior de Rio Verde, 3).

MUBARAK, A. R.; ROSENANI, A. B.; ANUAR, A. R.; ZAUZYAH, D. S. Effect of incorporation of crop residues on a maize-groundnut sequence in the humid tropics. II. Soil physical and chemical properties. **Journal of Plant Nutrition**, Madison, v. 26, n. 12, p. 2343-2364, 2003.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NUERNBERG, N. J.; STAMMEL, J. G.; CAMANUREA, M. S. V. Efeito de sucessão de culturas e tipos de adubação em características físicas de um solo da encosta basáltica Sul-Rio-Grandense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 185-190, 1986.

NYAMANGARA, J., Gotosa, J., MPOFU, S.E.: Cattle manure effects on structural stability and water retention capacity of a granitic sandy soil in Zimbabwe. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 62, p. 157-162, 2001.

OADES, J. M. The retentions of organic matter in soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 5, p. 35-70, 1988.

OADES, J.M.; WATERS, A.G. Aggregate hierarchy in soils. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.29, n.6, p.815-828, 1991.

OLIVEIRA, A.L. Conseqüências ambientais In: **Cadernos Técnicos Escola Veterinária UFMG**, n. 17, p.69-73, 1996. Belo Horizonte.

OLIVEIRA, M.; CURI, N.; FREIRE, J.C. Influência do cultivo na agregação de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura média/argilosa da região de Lavras (MG). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.3, p.317-322, 1983.

OLIVEIRA, R.R.; SILVA, E.; MACEDO, G. V. Biomassa de raízes finas e serapilheira em floresta secundária no Maciço da Pedra Branca, RJ. **Eugeniana**, Rio de Janeiro, n. 26, p. 25 – 35, 2003.

PERFECT, E., RASIAH, V., KAY, B.D. Fractal dimension of soil aggregate-size distributions calculated by number and mass. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 56, n.5, p.1407-1409, 1992.

PRADO, R. de M.; ROQUE, C. G.; SOUZA, Z. M. de. Sistemas de preparo e resistência à penetração e densidade de um Latossolo Vermelho eutrófico em cultivo intensivo e pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1795-1801, dez. 2002.

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, v.36, p. 197-203, 2001.

RADCLIFFE, D. E.; TOLLNER, E. W.; HARGROVE W. L. Effect of tillage practices on infiltration and soil strength of a tipic Hapludult soil after ten years. **Soil Science Society of America Journal**, Versailles, v. 52, p. 789-804, 1988.

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

REINERT, D.J. Recuperação de solos em sistemas agropastoris. In: DIAS, L.E. & MELLO, J.W.V. (Ed.). **Recuperação de áreas degradadas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p.163-176.

ROTH, C.H., PAVAN, M.A. Effects of lime and gypsum on clay dispersion and infiltration in samples of a Brazilian Oxisol. **Geoderma**, Amsterdam, v.48, p.351-361, 1991.

ROTH, C.H.; CASTRO FILHO, C.; MEDEIROS, G.B. Análise de fatores físicos e químicos relacionados com a agregação de um Latossolo Roxo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.241-248, 1991.

SALTON, J. et al. Pastoreio da aveia e compactação do solo. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.69, maio/jun. 2002.

SÁNCHEZ-GIRÓN, V.; ANDREU, E.; HERNANZ, J.L. Response of five types of soil to simulated compaction in the form of confined uniaxial compression test. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.48, n.1/2, p.37-50, 1998.

SANTOS, B.M.T. dos. **Caracterização química, microbiológica e potencial de produção de biogás a partir de três tipos de cama, considerando dois ciclos de criação de frangos de corte.** Jaboticabal: [s.n.], 1997. 72p.

SARRUDE, J.R.; HAAG, H.P. **Análise química em plantas.** Piracicaba: ESALQ, 1974. 56p.

SCOOT, G.J.T.; WEBSTER, R.; NORTICLIFF, S. The topology of pores structure in cracking clay soil. **Journal of Soil Science**, London, v. 39, p. 303-314, 1988.

SILVA, A. P.; KAY, B. D.; PERFECT, E. Characterization of the least limiting water range of soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 1775-1781, 1994.

SILVA, A. P.; KAY, D. D. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. **Soil Science Society of America Journal**, Baltimore, v. 61, p. 877-883, 1997.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p.311-317, 1998.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Susceptibilidade à compactação de um Latossolo Vermelho-Escuro e de um Podzólico Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.24, n.2, p.239-249, 2000.

SMITH, C. W., JOHNSTON, M. A.; LORENZ, S. The effect of soil compaction and soil physical properties on the mechanical of south African forestry soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 78, n. 1 / 2, p. 93-111, 1997.

SOUZA, Z. M de; BEUTLER, A. N.; MELO, V. P.; MELO, W. J. de. Estabilidade de agregados e resistência à penetração em latossolos adubados por cinco anos com biossólido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 29, p. 117-123, 2005.

SWAN, J.B.; MONCRIEF, J.F.; VOOHEES, W.B. **Soil compaction causes, effects, and control.** St. Paul: University of Minnesota, 1987. (Agriculture Bulletin, 3115).

TARDIEU, F. Growth and functioning of roots and to root systems subjected to soil compaction: towards a system with multiple signaling. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 30, p. 217-243, 1994.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER, J. J. Soil strength-root penetration relations to coarse textured materials. **Soil Science**, Baltimore, v. 102, n. 1, p. 18-22, 1966.

TIBAU, A. **Matéria orgânica e fertilidade do solo.** 2. ed. São Paulo: Nobel, 1983. 220 p.

TIMLIM, D. J.; AHUJA, L. R.; ANKENY, M. D. Comparison of three field methods to characterize apparent macro pore conductivity. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 58, p. 278-284, 1994.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Stabilization of soil aggregates by the root systems of ryegrass. **Australian Journal of Soil Research**, Collingwood, v.17, n.3, p.429-441, 1979.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P.; LIBARDI, P. L. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 573-581, 1998.

TREIN, C.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 5, n. 15, p.105-111, 1991.

VITORINO, A.C.T. Caracterização e interpretação, para uso agrícola, de solos de terraço fluvial, no médio Rio Doce, Município de Córrego Novo, MG. 1986. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.28, n.4, p.585-596, 2004.

WARREN, S.L.; FONTENO, W.C. Changes in physical and properties of a loamy sand soil when amended with composted poultry litter. **Journal of Environmental Horticulture**, Washington, v. 1, n. 4, p. 186-190, 1993.

WEI, Q.F.; LOWERY, B.; PETERSON, A.E. Effect of sludge application on physical properties of a silty clay loam soil. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 14, p.178-180, 1985.

ANEXOS

TABELA 1A - Análise de variância para argila dispersa em água (ADA), grau de flocculação (GL), densidade do solo (DS) e porosidade total (PT) de um Latossolo Vermelho adubado com dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		ADA	GF	DS	PT
Dose (D)	4	1030,2133*	278,1983*	0,004841 ^{ns}	6,0758 ^{ns}
Profundidade (P)	1	22424,2680*	86,9551 ^{ns}	0,012320 ^{ns}	25,7891 ^{ns}
Interação D*P	4	604,7080 ^{ns}	376,9060*	0,001180 ^{ns}	2,6538 ^{ns}
Bloco	3	464,5311	172,0040	0,001807	8,6153
Resíduo 1	12	279,4208	63,0899	0,004484	9,0464
Época (E)	2	1049,1613 ^{ns}	39,8855 ^{ns}	0,055623*	484,4518*
Interação E*D	8	748,4613 ^{ns}	191,5104 ^{ns}	0,002421 ^{ns}	7,4620 ^{ns}
Interação E*P	2	3830,1160*	2686,9365*	0,013178*	37,7449*
Interação E*D*P	8	438,1560 ^{ns}	169,2551 ^{ns}	0,002144 ^{ns}	5,8772 ^{ns}
Resíduo 2	75	403,9844	141,9534	0,003261	5,6320
C. V. 1 (%)		15,16	24,15	4,25	7,86
C. V. 2 (%)		18,23	36,22	3,62	6,20
Média geral:		110,2833	32,8922	1,5760	38,2532

ns. Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 2A - Análise de variância para macroporos (MaP), microporos (MiP), resistência do solo à penetração (RSP) e agregados (AGR) de um Latossolo Vermelho adubado com dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		MAC	MIC	RSP	AGR
Dose (D)	4	5,9231 ^{ns}	10,0583 ^{ns}	0,6867 ^{ns}	93,7780*
Profundidade (P)	1	1,1900 ^{ns}	30,9676 ^{ns}	0,5346 ^{ns}	953,2730*
Interação D*P	4	4,4786 ^{ns}	4,4462 ^{ns}	0,1328 ^{ns}	21,8671*
Bloco	3	10,2294	1,1040	2,1534	28,1277
Resíduo 1	12	17,8333	7,2065	0,2570	3,4176
Época (E)	2	989,1956*	300,1891*	883,7639*	636,1082*
Interação E*D	8	17,7708 ^{ns}	16,7847 ^{ns}	0,3540 ^{ns}	33,1683*
Interação E*P	2	43,8894*	4,6361 ^{ns}	5,7512*	176,0613*
Interação E*D*P	8	7,0778 ^{ns}	3,7917 ^{ns}	0,0775 ^{ns}	12,8040 ^{ns}
Resíduo 2	75	13,0621	11,6399	1,1150	10,8495
C. V. 1 (%)		23,37	13,26	9,90	2,04
C. V. 2 (%)		20,00	16,85	20,63	3,63
Média geral:		18,0670	20,2426	5,1194	90,6803

ns. Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 3A - Análise de variância para agregados > 2 mm (AGR 4-2 mm), agregados 2-1 mm (AGR 2-1 mm), agregados 1-0,5 mm (AGR 1-0,5 mm) e agregados 0,5-0,25 mm (AGR 0,5-0,25 mm) de um Latossolo Vermelho adubado com dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		AGR > 2 mm	AGR 2-1 mm	AGR 1-0,5 mm	AGR 0,5-0,25 mm
Dose (D)	4	431,4452*	7,4450 ^{ns}	16,9017*	65,8914*
Profundidade (P)	1	3949,0066*	4,5435 ^{ns}	132,1530*	548,0550*
Interação D*P	4	42,9236 ^{ns}	12,9515 ^{ns}	0,8599 ^{ns}	6,3802 ^{ns}
Bloco	3	42,0093	4,2086	2,6067	8,1355
Resíduo 1	12	23,9438	7,3148	1,1816	3,8827
Época (E)	2	4263,0341*	122,2484*	118,4175*	402,7962*
Interação E*D	8	203,3853*	25,9128 ^{ns}	6,0652*	10,7426 ^{ns}
Interação E*P	2	514,0971*	36,2877 ^{ns}	18,9172*	110,8617*
Interação E*D*P	8	106,0249 ^{ns}	15,9517 ^{ns}	3,0809 ^{ns}	9,2850 ^{ns}
Resíduo 2	75	68,1638	16,0536	1,9103	6,6409
C. V. 1 (%)		7,86	15,61	25,21	29,38
C. V. 2 (%)		13,26	23,12	32,05	38,42
Média geral:		62,2555	17,3314	4,3120	6,7079

ns. Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 4A - Análise de variância para agregado < 0,25 mm (AGR <0,25 mm), diâmetro médio geométrico (DMG), carbono orgânico total (COT), matéria orgânica (MO) de um Latossolo Vermelho adubado com dejetos de suínos. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		AGR <0,25 mm	DMG	COT	MO
Dose (D)	4	96,8765*	0,5509*	8,3457*	0,2488*
Profundidade (P)	1	904,3128*	4,9005*	0,0076 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
Interação D*P	4	18,0457*	0,0282 ^{ns}	12,8641*	0,3823*
Bloco	3	25,3740	0,0502	2,4381	0,0737
Resíduo 1	12	4,6534	0,0177	1,9809	0,0586
Época (E)	2	597,0954*	5,0245*	79,8336*	2,3733*
Interação E*D	8	34,1573*	0,1540*	15,8492*	0,4746*
Interação E*P	2	195,6584*	0,5735*	112,0236*	3,3314*
Interação E*D*P	8	15,1150 ^{ns}	0,0605 ^{ns}	8,8555 ^{ns}	0,2635 ^{ns}
Resíduo 2	75	12,0538	0,0631	4,5570	0,1355
C. V. 1 (%)		22,97	7,85	13,61	13,59
C. V. 2 (%)		36,96	14,80	20,65	20,66
Média geral:		9,3925	1,6974	10,3386	1,7822

ns. Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 5A – Teores de argila dispersa em água de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----g kg ⁻¹ -----					
D0	96,80 Aabβ	127,70 Aaa	84,10 Abβ	133,80 Aaa	146,50 Aaa	127,10 Aaa
D1	96,10 Aabβ	113,90 ABaa	79,50 Abβ	138,80 Aaa	125,00ABaa	131,10 Aaa
D2	95,40 Aaβ	123,60 ABaa	93,70 Aaa	144,20 Aaa	96,10 Bbβ	102,20 Abα
D3	83,40 Aaβ	92,50 ABaa	98,40 Aaa	139,20 Aaa	107,40 Baα	115,30 Aaa
D4	84,00 Aaβ	88,00 Baα	92,10 Aaβ	127,70 Aaa	104,10 Baα	120,80 Aaa
CV 1 (%) = 15,16	CV 2 (%) = 18,23					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 6A – Grau de floculação de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----%-----					
D0	40,70 Aaa	19,27 Bbα	37,34 Aaba	20,92 Aaβ	27,31 Aaa	27,83 Aaa
D1	39,35 Aaa	16,80 Bbβ	42,80 Aaa	17,60 Abβ	37,71 Aaa	25,09 Aabβ
D2	40,05 Aaa	16,84 Bbβ	31,04 Aaba	23,48 Abβ	49,40 Aaa	44,79 Aaa
D3	42,73 Aaa	26,60 ABaa	28,90 Aaa	28,93 Aaa	37,40 Aaa	41,36 Aaa
D4	45,46 Aaa	42,99 Aaa	35,23 Aaa	28,21 Aabβ	45,39 Aaa	25,14 Abα
CV 1 (%) = 24,15	CV 2 (%) = 36,22					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 7A - Densidade de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----g cm ⁻³ -----					
D0	1,57 Aaa	1,58 Aaa	1,53 Aaa	1,64 Aaa	1,54 Aaba	1,51 Aba
D1	1,55 Aaa	1,51 Aaa	1,56 Aaa	1,60 Aaa	1,58 Aaa	1,53 Aaa
D2	1,61 Aaa	1,51 Aaa	1,55 Aaa	1,63 Aaa	1,57 Aaa	1,53 Aaa
D3	1,59 Aaa	1,56 Aaa	1,56 Aaa	1,64 Aaa	1,67 Aaa	1,56 Aaa
D4	1,60 Aaa	1,57 Aaa	1,54 Aaa	1,67 Aaa	1,60 Aaba	1,51 Aba
CV 1 (%) = 4,25	CV 2 (%) = 3,62					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 8A – Percentagem de porosidade total para de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----%					
D0	34,91 Aba	43,36 Aaa	37,13 Aba	32,68 Aca	43,22 Aaa	38,15 Aba
D1	37,24 Aaa	40,41 Aaa	39,49 Aaa	33,52 Aba	43,42 Aaa	39,61 Aaa
D2	35,50 Aba	41,25 Aaa	37,60 Aaba	32,39 Aba	39,54 Aaa	39,10 Aaa
D3	37,51 Aba	42,90 Aaa	37,70 Aba	34,17 Aba	39,73 Aaa	38,47 Aaba
D4	35,18 Aba	42,34 Aaa	38,16 Aaba	33,27 Aba	39,64 Aaa	39,88 Aaa
CV 1 (%) = 7,86	CV 2 (%) = 6,20					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 9A – Porcentagem de macroporos de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm						Profundidade 20-40 cm					
	Época 1		Época 2		Época 3		Época 1		Época 2		Época 3	
----- % -----												
D0	15,06	Aba	23,59	Aaa	19,32	Aaba	11,48	Aba	21,79	Aaa	22,23	Aaa
D1	14,80	Aaa	15,91	Baa	20,62	Aaa	12,91	Aba	19,51	Aaa	23,44	Aaa
D2	12,05	Aba	20,60	ABaa	19,91	Aaa	11,04	Aba	19,49	Aaa	22,53	Aaa
D3	12,24	Aaa	22,62	ABaa	19,42	Aaa	12,13	Aba	19,18	Aaa	22,27	Aaa
D4	10,82	Aba	21,49	ABaa	21,00	Aaa	10,90	Aba	20,80	Aaa	22,76	Aaa
CV 1 (%) = 23,37						CV 2 (%) = 20,00						

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 10A – Porcentagem de microporos de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm						Profundidade 20-40 cm					
	Época 1		Época 2		Época 3		Época 1		Época 2		Época 3	
----- % -----												
D0	19,85	Aaa	19,77	Aaa	17,81	Aaa	21,20	Aaba	21,42	Aaa	15,92	Aba
D1	22,43	Aaba	24,50	Aaa	18,87	Aba	20,60	Aaba	23,90	Aaa	16,17	Aba
D2	23,45	Aaa	20,65	Aaba	17,68	Aba	21,35	Aaa	20,05	Aaa	16,58	Aaa
D3	25,27	Aaa	20,28	Aaba	18,29	Aba	22,04	Aaa	20,55	Aaba	16,19	Aba
D4	24,36	Aaa	20,85	Aaba	17,16	Aba	24,04	Aaa	18,83	Aaba	17,11	Aba
CV 1 (%) = 13,26						CV 2 (%) = 16,85						

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 11A - Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm								
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3						
-----Mpa-----												
D0	2,10	Aba	2,46	Aba	10,96	Aaa	2,53	Aba	2,32	Aba	10,10	Aaa
D1	2,01	Aba	2,44	Aba	11,15	Aaa	2,73	Aba	2,23	Aba	9,72	Aaβ
D2	1,94	Aba	2,39	Aba	10,63	Aaa	2,61	Aba	2,37	Aba	9,74	Aaa
D3	2,01	Aba	2,56	Aba	11,49	Aaa	2,77	Aba	2,61	Aba	10,94	Aaa
D4	2,18	Aba	2,68	Aba	10,73	Aaa	2,68	Aba	2,42	Aba	9,96	Aaa
CV 1 (%) = 9,90			CV 2 (%) = 20,63									

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 12A – Percentagem de agregado de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm								
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3						
----- % -----												
D0	89,44	Aba	88,78	Aba	95,62	Aaa	78,90	Bbβ	78,70	Bbβ	93,43	Aaa
D1	93,17	Aaa	92,11	Aaa	96,18	Aaa	84,17	ABbβ	88,30	Abβ	95,53	Aaa
D2	92,06	Aaa	94,64	Aaa	95,67	Aaa	86,42	Abβ	91,15	Aaba	94,52	Aaa
D3	93,17	Aaa	93,35	Aaa	96,40	Aaa	80,52	ABbβ	92,02	Aaa	95,36	Aaa
D4	94,28	Aaa	92,14	Aaa	95,42	Aaa	83,20	ABbβ	82,16	Bbβ	93,50	Aaa
CV 1 (%) = 2,04			CV 2 (%) = 3,63									

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 13A – Percentagem de agregados > 2 mm de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm								
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3						
	----- % -----											
D0	57,98	Aba	59,12	Bba	75,68	Aaa	37,67	Bbβ	38,91	Cbβ	73,01	Aaa
D1	67,98	Aaba	56,54	Bba	77,72	Aaa	47,11	ABbβ	55,78	ABba	75,86	Aaa
D2	65,65	Aaa	75,16	Aaa	76,61	Aaa	54,11	Abβ	62,64	Aabβ	71,01	Aaa
D3	62,01	Aba	68,16	ABaba	80,30	Aaa	39,45	ABbβ	62,90	Aaa	72,95	Aaa
D4	61,73	Aaa	66,75	ABaa	68,42	Aaa	47,16	ABbβ	42,18	BCbβ	67,00	Aaa
CV 1 (%) = 7,86				CV 2 (%) = 13,26								

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 14A – Percentagem de agregados < 0,25 mm de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm								
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3						
	----- % -----											
D0	10,55	Aaβ	11,21	Aaβ	4,38	Aba	21,09	Aaa	21,29	Aaa	6,57	Aba
D1	6,83	Aaβ	7,88	Aaa	3,81	Aaa	15,82	ABaa	11,70	BCaa	4,46	Aba
D2	7,93	Aaβ	5,35	Aaa	4,32	Aaa	13,57	Baa	8,85	Caba	5,47	Aba
D3	6,83	Aaβ	6,64	Aaa	3,59	Aaa	19,47	ABaa	7,97	Cba	4,63	Aba
D4	5,70	Aaβ	7,85	Aaβ	6,78	Aaa	16,79	ABaa	17,84	ABaa	6,49	Aba
CV 1 (%) = 22,97				CV 2 (%) = 36,96								

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 15A – Diâmetro médio geométrico de agregado para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm						Profundidade 20-40 cm					
	Época 1		Época 2		Época 3		Época 1		Época 2		Época 3	
-----mm-----												
D0	1,52	Aba	1,50	Bba	2,16	Aaa	0,88	Abβ	0,89	Cbβ	1,99	Aaa
D1	1,89	Aaba	1,65	ABba	2,24	Aaa	1,16	Abβ	1,40	ABba	2,16	Aaa
D2	1,79	Aba	2,07	Aaba	2,20	Aaa	1,34	Abβ	1,63	Abβ	2,02	Aaa
D3	1,77	Aba	1,87	ABba	2,31	Aaa	1,13	Acβ	1,67	Aba	2,09	Aaa
D4	1,76	Aaa	1,77	ABaa	1,94	Aaa	1,14	Abβ	0,99	BCbβ	1,88	Aaa
CV 1 (%) = 7,85							CV 2 (%) = 14,80					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 16A – Percentagem de agregados de 1 – 0,5 mm de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm						Profundidade 20-40 cm					
	Época 1		Época 2		Época 3		Época 1		Época 2		Época 3	
-----%-----												
D0	4,72	Aaβ	4,73	ABaβ	1,91	Aba	8,47	Aaa	7,90	ABaa	2,58	Aba
D1	3,15	Abβ	5,39	Aaa	1,83	Aba	6,91	ABaa	6,48	BCaa	1,99	Aba
D2	2,89	Aaβ	2,34	Baβ	1,87	Aaa	5,50	Baa	4,48	Caba	2,57	Aba
D3	3,66	Aaβ	3,08	ABaba	1,33	Aba	7,58	ABaa	4,14	Cba	2,44	Aba
D4	4,46	Aaβ	4,27	ABaβ	3,26	Aaa	6,59	ABba	9,26	Aaa	3,47	Aca
CV 1 (%) = 25,21							CV 2 (%) = 32,05					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 17A – Percentagem de agregados 0,5 – 0,25 mm de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm						Profundidade 20-40 cm					
	Época 1		Época 2		Época 3		Época 1		Época 2		Época 3	
----- % -----												
D0	6,72	Aaβ	7,32	Aaβ	2,62	Aba	14,81	Aaa	15,67	Aaa	3,68	Aba
D1	3,55	Aaβ	5,84	Aaa	2,25	Aaa	11,30	ABaa	8,89	Baa	2,55	Aba
D2	4,31	Aaβ	3,68	Aaβ	1,91	Aaa	8,77	Baa	7,29	Baa	3,09	Aba
D3	5,12	Aaβ	4,91	Aaa	1,78	Aaa	13,55	ABaa	7,96	Bba	2,91	Aca
D4	7,40	Aaβ	5,67	Aaβ	5,42	Aaa	13,22	ABaa	14,52	Aaa	4,41	Aba
CV 1 (%) = 29,38							CV 2 (%) = 38,42					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 18A – Teor de carbono orgânico total para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm						Profundidade 20-40 cm					
	Época 1		Época 2		Época 3		Época 1		Época 2		Época 3	
----- g kg ⁻¹ -----												
D0	11,31	Aaa	11,56	Aaa	11,47	Aaa	11,31	Aaa	7,73	Abβ	8,74	Aabβ
D1	6,39	BCbβ	12,61	Aaa	12,21	Aaa	12,37	Aaa	8,51	Abβ	9,98	Aaba
D2	5,11	Cbβ	9,66	Aaa	11,06	Aaa	10,11	Aaba	8,72	Abα	12,53	Aaa
D3	4,50	Ccβ	10,44	Abα	14,93	Aaa	10,57	Aaa	9,21	Aaa	11,87	Aaβ
D4	9,25	ABba	9,63	Abα	15,01	Aaa	11,44	Aaa	10,34	Aaa	11,48	Aaβ
CV 1 (%) = 13,61							CV 2 (%) = 20,65					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 19A – Teor de matéria orgânica para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----%-----					
D0	1,95 Aaα	1,99 Aaα	1,97 Aaα	1,95 Aaα	1,33 Abβ	1,50 Aabβ
D1	1,10 BCbβ	2,17 Aaα	2,10 Aaα	2,13 Aaα	1,46 Abβ	1,72 Aaba
D2	0,88 Cbβ	1,66 Aaα	1,90 Aaα	1,74 Aaba	1,50 Abα	2,16 Aaα
D3	0,77 Ccβ	1,80 Abα	2,57 Aaα	1,82 Aaα	1,58 Aaα	2,04 Aaβ
D4	1,59 ABbα	1,66 Abα	2,59 Aaα	1,97 Aaα	1,78 Aaα	1,98 Aaβ
CV 1 (%) = 13,59	CV 2 (%) = 20,66					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 20A – Umidade atual para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com dejetos de suínos, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----%-----					
D0	12,13 Aaα	11,87 ABaα	3,75 Abα	12,22 Aaα	12,77 Aaα	4,10 Abα
D1	12,56 Aaα	12,18 ABaα	3,58 Abα	11,49 Aaα	12,24 Aaα	3,81 Abα
D2	12,17 Aaα	11,57 ABaα	3,62 Abα	11,22 Aaα	12,35 Aaα	3,89 Abα
D3	12,31 Aaα	12,58 Aaα	4,04 Abα	11,70 Aaα	12,65 Aaα	4,52 Abα
D4	12,49 Aaα	10,91 Aaβ	3,89 Abα	12,22 Aaα	12,66 Aaα	4,07 Abα
CV 1 (%) = 7,59	CV 2 (%) = 8,70					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (79,37 m³ ha⁻¹); D2 (158,73 m³ ha⁻¹); D3 (238,10 m³ ha⁻¹); D4 (317,46 m³ ha⁻¹); de dejetos de suínos. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março); Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 1B - Análise de variância para argila dispersa em água (ADA), grau de flocculação (GL), densidade do solo (DS) e porosidade total (PT) de um Latossolo Vermelho adubado com cama de frango. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		ADA	GF	DS	PT
Dose (D)	4	628,1113 ^{ns}	163,9727 ^{ns}	0,0030 ^{ns}	3,9381 ^{ns}
Profundidade (P)	1	23029,7813*	1161,1496*	0,0014 ^{ns}	0,0010 ^{ns}
Interação D*P	4	98,8513 ^{ns}	36,1757 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	1,6848 ^{ns}
Bloco	3	601,6675	290,7058	0,0047	11,7330
Resíduo 1	12	449,3553	170,1786	0,0033	19,6935
Época (E)	2	4245,5320*	1465,1756*	0,1099*	489,1873*
Interação E*D	8	263,6653 ^{ns}	62,9357 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	8,5408 ^{ns}
Interação E*P	2	1105,0573*	625,6627*	0,0234*	15,5530 ^{ns}
Interação E*D*P	8	399,8173 ^{ns}	234,3478 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	11,4203 ^{ns}
Resíduo 2	75	332,8161	128,1786	0,0027	6,9740
C. V. 1 (%)		19,04	39,67	3,64	11,45
C. V. 2 (%)		16,39	34,43	3,30	6,82
Média geral:		111,3200	32,8841	1,5850	38,7416

ns. Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 2B - Análise de variância para macroporos (MaP), microporos (MiP), resistência do solo à penetração (RSP) e agregados (AGR) de um Latossolo Vermelho adubado com cama de frango. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		MAC	MIC	RSP	AGR
Dose (D)	4	12,1772 ^{ns}	27,7919*	0,4813 ^{ns}	44,1730*
Profundidade (P)	1	0,9310 ^{ns}	0,8755 ^{ns}	2,7755*	1280,1413*
Interação D*P	4	19,6592 ^{ns}	15,0172 ^{ns}	0,8340 ^{ns}	5,9418 ^{ns}
Bloco	3	1,8958	14,3459	0,6327	22,6411
Resíduo 1	12	15,8770	6,2891	0,5179	12,7719
Época (E)	2	1280,8925*	376,8289*	923,2955*	886,0442*
Interação E*D	8	10,0500 ^{ns}	18,2323 ^{ns}	1,0079 ^{ns}	13,7172 ^{ns}
Interação E*P	2	44,1572*	15,0742 ^{ns}	8,0578*	222,2934*
Interação E*D*P	8	10,4709 ^{ns}	7,3195 ^{ns}	0,5356 ^{ns}	3,3930 ^{ns}
Resíduo 2	75	11,4455	9,7278	0,6719	15,4363
C. V. 1 (%)		21,09	12,64	14,19	3,98
C. V. 2 (%)		17,90	15,72	16,17	4,38
Média geral:		18,8950	19,8467	5,0705	89,6891

ns. Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 3B - Análise de variância para agregados 4-2 mm (AGR 4-2 mm), agregados 2-1 mm (AGR 2-1 mm), agregados 1-0,5 mm (AGR 1-0,5 mm) e agregados 0,5-0,25 mm (AGR 0,5-0,25 mm) de um Latossolo Vermelho adubado com cama de frango. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		AGR 4-2 mm	AGR 2-1 mm	AGR 1-0,5 mm	AGR 0,5-0,25 mm
Dose (D)	4	85,6310 ^{ns}	44,4991 ^{ns}	2,8896 ^{ns}	5,8181 ^{ns}
Profundidade (P)	1	5523,9399*	34,6257 ^{ns}	184,4376*	941,8643*
Interação D*P	4	13,2610 ^{ns}	4,0288 ^{ns}	0,8207 ^{ns}	5,1586 ^{ns}
Bloco	3	41,3985	18,3410	0,5640	2,9529
Resíduo 1	12	55,2400	14,2482	4,3193	5,5801
Época (E)	2	5551,2479*	86,0914*	160,9375*	596,2060*
Interação E*D	8	70,6961 ^{ns}	8,7905 ^{ns}	1,9304 ^{ns}	11,7224 ^{ns}
Interação E*P	2	1102,6170*	7,0723 ^{ns}	26,4830*	162,2992*
Interação E*D*P	8	30,2545 ^{ns}	9,2012 ^{ns}	2,4162 ^{ns}	6,8812 ^{ns}
Resíduo 2	75	62,4390	14,7278	2,4640	8,8164
C. V. 1 (%)		12,72	20,62	41,24	29,81
C. V. 2 (%)		13,52	20,96	31,15	37,47
Média geral:		58,4310	18,3088	5,0400	7,9235

ns. Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 4B - Análise de variância para agregados < 0,25 mm (AGR <0,25 mm), diâmetro médio geométrico (DMG), carbono orgânico total (COT) e matéria orgânica (MO) de um Latossolo Vermelho adubado com cama de frango. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios			
		AGR <0,25 mm	DMG	COT	MO
Dose (D)	4	44,0440*	0,1232 ^{ns}	10,1566 ^{ns}	0,5736*
Profundidade (P)	1	1278,3782*	6,4588*	27,3321*	1,8700*
Interação D*P	4	6,0452 ^{ns}	0,0168 ^{ns}	12,9133*	0,2047*
Bloco	3	22,5283	0,0641	1,0338	0,0632
Resíduo 1	12	12,8318	0,0241	3,5720	0,0510
Época (E)	2	886,9856*	6,3843*	19,5681*	0,7618*
Interação E*D	8	13,6346 ^{ns}	0,0713 ^{ns}	6,5378 ^{ns}	0,1846 ^{ns}
Interação E*P	2	221,8306*	0,9108*	87,1542*	1,6798*
Interação E*D*P	8	3,4659 ^{ns}	0,0130 ^{ns}	1,8949 ^{ns}	0,0654 ^{ns}
Resíduo 2	75	15,4267	0,0529	4,2605	0,0926
C. V. 1 (%)		34,73	9,78	20,26	14,44
C. V. 2 (%)		38,08	14,46	22,15	19,44
Média geral:		10,3130	1,5905	9,3270	1,5656

ns. Não significativo

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste F.

TABELA 5B – Teores de argila dispersa em água para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----g kg ⁻¹ -----					
D0	96,80 Aabβ	127,70 Aaα	84,10 Abβ	133,80 Aaα	146,50 Aaα	127,10 Aaα
D1	97,30 Aaβ	99,30 Aaβ	94,70 Aaα	129,80Aaba	132,00 Aaα	97,30 Abα
D2	95,80 Aaβ	101,30 Aaβ	91,40 Aaα	130,00 Aaα	131,60 Aaα	117,40 Abα
D3	89,10 Aaβ	97,90 Aaβ	88,60 Aaα	132,40 Aaα	134,20 Aaα	92,00 Abα
D4	93,50 Aaα	99,00 Aaβ	105,50 Aaα	121,60Aaba	143,10 Aaα	108,80 Abα
CV 1 (%) = 19,04	CV 2 (%) = 16,39					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 6B – Grau de floculação de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----%-----					
D0	40,70 Aaα	19,27 Abα	37,34 Aaba	20,92 Aaβ	27,31 Aaα	27,83 Aaα
D1	36,06 Aaα	34,60 Aaα	32,20 Aaα	24,79 Abα	21,82 Abα	47,71 Aaα
D2	35,74 Aaα	26,27 Aaα	44,22 Aaα	25,19 Aaα	29,06 Aaα	34,39 Aaα
D3	44,90 Aaα	31,59 Aaα	45,88 Aaα	20,04 Abβ	28,58 Aaba	44,87 Aaα
D4	42,01 Aaα	33,12 Aaα	35,95 Aaα	33,07 Aaba	19,52 Abα	41,44 Aaα
CV 1 (%) = 34,89	CV 2 (%) = 35,64					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 7B – Densidade de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----g cm ⁻³ -----					
D0	1,58 Aaα	1,58 Aaα	1,53 Aaα	1,63 Aaα	1,54 Abα	1,51 Abα
D1	1,60 Aaβ	1,54 Aaα	1,57 Aaα	1,68 Aaα	1,54 Abα	1,55 Abα
D2	1,66 Aaα	1,56 Abα	1,55 Abα	1,68 Aaα	1,59 Aabα	1,51 Abα
D3	1,59 Aaβ	1,57 Aaα	1,58 Aaα	1,69 Aaα	1,59 Abα	1,50 Abα
D4	1,64 Aaα	1,55 Aaα	1,57 Aaα	1,65 Aaα	1,60 Aabα	1,52 Abα
CV 1 (%) = 3,64	CV 2 (%) = 3,30					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 8B – Porosidade total para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----%-----					
D0	34,91 Abα	43,36 Aaα	37,13 Abα	33,62 Abα	43,22 Aaα	38,15 Aabα
D1	37,18 Aaα	40,13 Aaα	37,57 Aaα	35,28 Abα	42,78 Aaα	38,56 Aabα
D2	36,77 Abα	44,38 Aaα	36,58 Abα	36,41 Aaα	39,60 Aaα	39,73 Aaα
D3	33,34 Abα	44,09 Aaα	38,26 Abα	34,49 Abα	41,06 Aaα	39,36 Aabα
D4	36,45 Aaα	41,56 Aaα	39,32 Aaα	35,24 Abα	43,35 Aaα	40,29 Aabα
CV 1 (%) = 11,45	CV 2 (%) = 6,82					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 9B – Porcentagem de macroporos de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm						Profundidade 20-40 cm					
	Época 1		Época 2		Época 3		Época 1		Época 2		Época 3	
----- % -----												
D0	15,06	Aba	23,59	Aaa	19,32	Aaba	12,42	Aba	21,79	Aaa	22,23	Aaa
D1	13,88	Aba	19,16	Aabβ	20,59	Aaa	13,31	Aba	25,51	Aaa	22,79	Aaa
D2	12,61	Aba	23,15	Aaa	21,13	Aaa	9,80	Aba	23,21	Aaa	25,51	Aaa
D3	12,61	Aba	26,00	Aaa	22,83	Aaa	10,93	Aba	21,78	Aaa	21,77	Aaa
D4	12,67	Aba	20,69	Aaa	18,77	Aaba	10,53	Aba	21,61	Aaa	21,50	Aaa
CV 1 (%) = 21,09						CV 2 (%) = 17,90						

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 10B – Porcentagem de microporos de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm						Profundidade 20-40 cm					
	Época 1		Época 2		Época 3		Época 1		Época 2		Época 3	
----- % -----												
D0	19,85	Aaa	19,77	Aaa	17,81	Aaa	21,20	Aaa	21,42	Aaa	15,92	Aba
D1	23,29	Aaa	20,96	Aaba	16,98	Aba	21,96	Aaa	17,26	Aaba	15,76	Aba
D2	24,16	Aaa	21,22	Aaba	15,44	Aba	26,61	Aaa	16,38	Abβ	14,22	Aba
D3	20,72	Aaa	18,09	Aaba	15,43	Aba	23,55	Aaa	19,27	Aaba	17,60	Aba
D4	23,78	Aaa	20,87	Aaa	20,54	Aaa	24,70	Aaa	21,73	Aaba	18,78	Aba
CV 1 (%) = 12,45						CV 2 (%) = 16,17						

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 11B – Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
-----Mpa-----						
D0	2,10 Abα	2,46 Abα	10,96 Aαα	2,53 Abα	2,32 Abα	10,10 Aαα
D1	1,99 Abα	2,61 Abα	11,68 Aαα	2,37 Abα	2,25 Abα	8,76 Baβ
D2	1,94 Abα	2,63 Abα	10,53 Aαα	2,80 Abα	2,27 Abα	9,74 ABαα
D3	1,80 Abα	2,44 Abα	11,78 Aαα	2,34 Abα	2,30 Abα	11,16 Aαα
D4	1,96 Abα	2,18 Abα	11,23 Aαα	2,46 Abα	2,10 Abα	10,20 ABαα
CV 1 (%) = 14,19	CV 2 (%) = 16,17					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 12B – Percentagem de agregados de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
-----%						
D0	89,44 Aabα	88,78 Abα	95,62 Aαα	78,90 Abβ	78,70 Abβ	93,43 Aαα
D1	91,54 Aαα	92,26 Aαα	95,64 Aαα	85,24 Abβ	84,68 Abβ	94,50 Aαα
D2	90,77 Aαα	93,20 Aαα	94,59 Aαα	79,79 Abβ	84,03 Abβ	93,89 Aαα
D3	90,56 Aαα	93,04 Aαα	95,93 Aαα	80,24 Abβ	85,01 Abβ	95,83 Aαα
D4	93,61 Aαα	92,98 Aαα	96,30 Aαα	81,93 Abβ	85,47 Abβ	94,66 Aαα
CV 1 (%) = 3,98	CV 2 (%) = 4,38					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 13B – Percentagem de agregados > 2,00 mm de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	----- % -----					
D0	57,98 Ab α	59,12 Ab α	75,68 Aa α	37,67 Ab β	38,91 Ab β	73,01 Aa α
D1	62,84 Aa α	59,14 Aa α	70,60 Aa α	42,84 Ab β	45,19 Ab α	68,03 Aa α
D2	59,26 Aa α	60,10 Aa α	69,34 Aa α	33,62 Ac β	49,41 Ab α	66,32 Aa α
D3	61,30 Ab α	64,37 Aab α	75,87 Aa α	42,79 Ab β	44,63 Ab β	76,83 Aa α
D4	62,24 Aa α	68,26 Aa α	72,08 Aa α	39,29 Ab β	45,00 Ab β	71,10 Aa α
CV 1 (%) = 12,72	CV 2 (%) = 13,52					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 14B – Percentagem de agregados > 0,25 mm de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	----- % -----					
D0	10,55 Aab β	11,21 Aa β	4,38 Ab α	21,09 Aa α	21,29 Aa α	6,57 Ab α
D1	8,52 Aa β	7,73 Aa β	4,35 Aa α	14,75 Aa α	15,32 Aa α	5,49 Ab α
D2	9,22 Aa β	6,79 Aa β	5,40 Aa α	20,21 Aa α	15,96 Aa α	6,10 Ab α
D3	9,43 Aa β	6,96 Aa β	4,06 Aa α	19,76 Aa α	14,98 Aa α	4,17 Ab α
D4	6,39 Aa β	7,01 Aa β	3,69 Aa α	18,06 Aa α	14,52 Aa α	5,33 Ab α
CV 1 (%) = 34,73	CV 2 (%) = 38,03					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 15B – Diâmetro médio geométrico de agregado para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm								
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3						
	-----mm-----											
D0	1,52	Aba	1,50	Aba	2,16	Aaa	0,88	Abβ	0,89	Abβ	1,99	Aaa
D1	1,78	Aaba	1,66	Aba	2,06	Aaa	1,15	Abβ	1,15	Abβ	1,92	Aaa
D2	1,59	Aba	1,70	Aaba	1,98	Aaa	0,88	Abβ	1,19	Abβ	1,87	Aaa
D3	1,65	Aba	1,77	Aba	2,20	Aaa	1,09	Abβ	1,07	Abβ	2,19	Aaa
D4	1,77	Aba	1,82	Aaba	2,14	Aaa	1,00	Abβ	1,09	Abβ	1,98	Aaa
CV 1 (%) = 9,78				CV 2 (%) = 14,46								

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 16B – Percentagem de agregados 1 – 0,5 mm de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm								
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3						
	-----%-----											
D0	4,72	Aaβ	4,73	Aaβ	1,91	Aaa	8,47	Aaa	7,90	Aaa	2,58	Aba
D1	3,53	Aaβ	5,47	Aaa	2,88	Aaa	8,14	Aaa	8,11	Aaa	3,82	Aba
D2	4,56	Aaβ	5,21	Aaa	3,37	Aaa	8,67	Aaa	6,68	Aaa	3,56	Aba
D3	4,09	Aaa	4,00	Aaβ	1,86	Aaa	6,61	Aaa	8,29	Aaa	2,09	Aba
D4	4,96	Aaβ	3,59	Aaβ	2,07	Aaa	7,66	Aaa	8,51	Aaa	3,07	Aba
CV 1 (%) = 41,24				CV 2 (%) = 31,15								

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 17B – Percentagem de agregados 0,5 – 0,25 mm de um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	----- % -----					
D0	6,72 Aaβ	7,32 Aaβ	2,62 Aaα	14,81 Aaα	15,67 Aaα	3,68 Abα
D1	5,62 Aaβ	6,50 Aaβ	3,12 Aaα	11,99 Aaα	12,27 Aaα	4,36 Abα
D2	7,17 Aaβ	6,43 Aaβ	4,14 Aaα	17,24 Aaα	10,60 Abα	4,48 Aca
D3	5,88 Aaβ	5,46 Aaβ	2,15 Aaα	13,31 Aaα	16,10 Aaα	2,58 Abα
D4	5,22 Aaβ	5,55 Aaβ	2,88 Aaα	14,05 Aaα	15,09 Aaα	4,61 Abα
CV 1 (%) = 29,81	CV 2 (%) = 37,47					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 18B – Teor de carbono orgânico total para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	----- g kg ⁻¹ -----					
D0	11,31 Aaα	11,56 Aaα	11,47 Aaα	11,31 Aaα	7,73 Abβ	8,74 Aaba
D1	7,05 Baβ	9,07 Aaα	8,48 Aaα	11,50 Aaα	6,27 Abα	10,07 Aaα
D2	7,97 ABba	11,82 Aaα	10,24 Aaba	8,82 Aaα	7,32 Aaβ	10,20 Aaα
D3	7,87 ABaβ	9,00 Aaα	9,56 Aaα	10,92 Aaα	5,36 Abβ	10,01 Aaα
D4	8,59 ABba	12,02 Aaα	10,99 Aaba	8,31 Aaba	5,88 Abβ	10,25 Aaα
CV 1 (%) = 20,26	CV 2 (%) = 22,15					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 19B – Teor de matéria orgânica para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----%					
D0	1,95 Aaα	1,99 Aaα	1,97 Aaα	1,95 Aaα	1,33 Abβ	1,50 Aabβ
D1	1,21 Baα	1,56 Aaα	1,46 Aaα	1,59 ABaα	1,08 Abβ	1,73 Aaα
D2	1,37 Bbα	2,03 Aaα	1,76 Aabα	1,35 Babα	1,26 Abβ	1,76 Aaα
D3	1,35 Baα	1,55 Aaα	1,65 Aaα	1,16 Bbα	0,92 Abβ	1,72 Aaα
D4	1,48 ABbα	2,07 Aaα	1,89 Aabα	1,43 ABabα	1,01 Abβ	1,76 Aaα
CV 1 (%) = 14,44	CV 2 (%) = 19,44					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 20B – Umidade atual para um Latossolo Vermelho, em função dos tratamentos com cama de frango, profundidades e épocas de amostragem. UFU, Uberlândia-MG, 2006.

Dose	Profundidade 0-20 cm			Profundidade 20-40 cm		
	Época 1	Época 2	Época 3	Época 1	Época 2	Época 3
	-----%					
D0	12,13 Aaα	11,87 Aaα	3,75 Abα	12,22 Aaα	12,77 Aaα	4,10 Abα
D1	11,12 Abα	12,73 Aaα	4,02 Aca	11,40 Aaα	11,96 Aaα	4,24 Abα
D2	11,76 Abα	13,25 Aaα	4,28 Aca	11,81 Aaα	12,97 Aaα	4,00 Abα
D3	11,54 Aaα	12,50 Aaα	4,94 Abα	10,96 Aaα	11,79 Aaα	4,37 Abα
D4	12,49 Aaα	12,35 Aaα	4,58 Abα	11,81 Abα	13,00 Aaα	4,25 Aca
CV 1 (%) = 6,44	CV 2 (%) = 7,66					

CV1 = Coeficiente de variação do erro 1; CV2 = Coeficiente de variação do erro 2; D0 (testemunha, zero de adubação); D1 (1.737 kg ha⁻¹); D2 (3.473 kg ha⁻¹); D3 (5.209 kg ha⁻¹); D4 (6.945 kg ha⁻¹); de cama de frango. Época 1 (60 dias, início do período chuvoso, mês de janeiro); Época 2 (120 dias, período chuvoso, mês de março) e Época 3 (270 dias, período seco, mês de agosto). Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna, minúscula normal na linha (comparando dentro da mesma profundidade, épocas diferentes), e minúscula grega na linha (comparando mesma época em profundidade diferente) não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.