

UFRRJ

**INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRONOMIA CIÊNCIA DO SOLO**

DISSERTAÇÃO

**Dinâmica da Matéria Orgânica do Solo em
Área de Soja Cultivada Sobre Palhada de
Braquiária e Sorgo**

Celeste Queiroz Rossi

2009



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
CIÊNCIA DO SOLO

DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM ÁREA DE SOJA
CULTIVADA SOBRE PALHADA DE BRAQUIÁRIA E SORGO

CELESTE QUEIROZ ROSSI

Sob a Orientação do Professor
Marcos Gervasio Pereira

e Co-orientação do Pesquisador
José Carlos Polidoro

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Ciência do Solo.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2009

631.417

R831d

T

Rossi, Celeste Queiroz, 1982-

Dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de Braquiária e sogro / Celeste Queiroz Rossi – 2009.

72f. : il.

Orientador: Marcos Gervasio Pereira.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do Solo.

Bibliografia: f. 54-66.

1. Húmus – Teses. 2. Química do solo - Teses. 3. Dinâmica do solo – Teses. 4. Capim-braquiaria - Cultivo - Teses. 5. Soja – Cultivo – Teses. I. Gervasio, Marcos Pereira, 1965-. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Ciência do solo. III. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO**

CELESTE QUEIROZ ROSSI

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de Concentração em Ciência do solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 17/02/2009

Marcos Gervasio Pereira. Dr. UFRRJ
(Orientador)

Adriano Perin. Dr. IFET Rio Verde

David Vilas Boas de Campos. Dr. Embrapa Solos

Aos meus pais Weber Gomes Rossi e Maria Arlete Queiroz, aos meus irmãos Raul e Iris, e a pessoa que está ao meu lado, amado, presente e sempre companheiro Carlos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Seria quase impossível citar, aqui, os nomes de todas as pessoas que me ajudaram a trilhar o longo caminho, que tornou esse trabalho possível. Mas devo agradecer:

A Deus por iluminar até aqui todos os caminhos percorridos e por tudo de bom que me proporcionou;

Aos meus pais, que se sacrificaram muito para que eu chegasse até esse momento, me ensinando a lutar com dignidade e acima de tudo a respeitar as pessoas;

Aos meus irmãos, avós e tios pelo incentivo, carinho e amizade.

Às minhas irmãs de coração Patty e Sandy, e as cachorrinhas Sol e Lua.

Ao meu companheiro Carlos, que soube cultivar em mim o amor, por seu apoio incondicional, incentivo e carinho, que me enche de coragem e ânimo para enfrentar os desafios da vida e trilhar nosso futuro;

À minha família carioca, “Brazão Vieira Alho” por ter me acolhido de uma forma tão amorosa.

Ao professor orientador e amigo Marcos Gervasio Pereira, pela imensurável contribuição no desempenho deste trabalho, pelo exemplo de profissionalismo, pela orientação, pela confiança e pelo incentivo que muito contribuiu para minha formação.

Ao grande amigo e co-orientador José Carlos Polidoro, por tudo. Muita coisa seria impossível sem a sua ajuda.

Aos professores Marcos Gervasio Pereira e Lúcia Helena dos Anjos, por me mostrar o verdadeiro sentido da palavra mestre.

Aos professores do curso de Engenharia Agrônômica da UFRRJ, pela amizade, formação e conhecimentos adquiridos.

A UFRRJ, ao CNPq pela concessão da bolsa de pós-graduação, à Embrapa Solos pelo apoio na realização das análises e aporte financeiro.

Ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Ciência do Solo pelo apoio prestado.

À minha amiga Simone por toda ajuda na realização desse trabalho.

Ao Sr. Eduardo Penha, proprietário da Fazenda Querência das Antas, pelo acompanhamento e suporte oferecido nos trabalhos de campo.

Aos amigos Geraldo Baeta, Ademir Fontana e Arcangelo Loss por toda amizade e assistência, e aos amigos Marconi Betta e Vinícius Mello Benites pelo apoio em Rio Verde.

Aos amigos e companheiros do laboratório de Gênese e Classificação de Solos, pelos bons momentos passados juntos.

A todos os funcionários do Departamento de Solos, em especial ao Anselmo, Pedro, Luciene, Roberto e Marcos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e pelos bons momentos.

Muito obrigada.



BIBLIOGRAFIA

Celeste Queiroz Rossi, nascida em 26 de julho de 1982, em Pimenta Bueno, estado de Rondônia, filha de Maria Arlete Queiroz e Weber Gomes Rossi. Ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no primeiro semestre do ano de 2001, no curso de Agronomia, com conclusão em Abril de 2006. Foi monitora do Departamento de Solos, na disciplina de Física do solo nos anos de 2004 e 2005 e bolsista da Embrapa Solos no ano de 2005. Foi bolsista de Apoio Técnico da Embrapa Solos no ano de 2006. Em março de 2007, ingressou no curso de Pós-Graduação em Agronomia - Ciência do solo, onde foi bolsista do CNPq.

RESUMO

ROSSI, Celeste. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de braquiária e sorgo**. 2009. 72f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Ciência do Solo). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

A influência da matéria orgânica (MO) nos atributos do solo justifica o crescente interesse pela identificação de sistemas de manejo que contribuam para a manutenção e/ou aumento do estoque de carbono no solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada sobre palhada de braquiária (*Brachiaria ruziziensis*) e sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) variedade DKB 599. Foram coletadas amostras de solo de um LATOSSOLO VERMELHO, no município de Montividiu-GO. As amostras foram retiradas em cinco profundidades nos seguintes sistemas agrícolas: área com cultivo de braquiária na entressafra da soja (SB) e outra com o cultivo de sorgo na entressafra da soja (SS). Avaliaram-se as propriedades: densidade do solo (Ds), granulometria do solo e fracionamento granulométrico da matéria orgânica do solo (MOS). As análises químicas consistiram de: Carbono Orgânico Total (COT), Nitrogênio Total (NT), fracionamento químico da MOS, com determinação de carbono nas frações húmica (C-HUM), ácidos húmicos (C-FAH) e ácidos fúlvicos (C-FAF). Calcularam-se os estoques de carbono (EstC) das frações químicas e físicas da MOS e os estoques de nitrogênio. Para avaliar o desempenho dos sistemas, foi calculado o Índice de Manejo de Carbono (IMC). Os resultados de COT só diferiram entre os sistemas para as amostras na profundidade de 10-20 cm. Os resultados de NT foram sempre maiores no sistema SB. Os maiores valores de EstC foram encontrados em SS, em todas as profundidades de amostragem. A fração particulada da matéria mostrou-se um parâmetro eficaz em demonstrar diferenças de manejo entre os sistemas. Verificou-se predomínio de C-HUM, seguidos de C-FAF e C-FAH no solo em ambos os sistemas. O índice de manejo de carbono apresentou efeito negativo na profundidade de 0-5 cm, quando comparadas à condição natural de Cerrado. Enquanto para as seções de 5-10 e 10-20 cm, os sistemas apresentaram efeito positivo no aumento do carbono no solo, com maiores valores de IMC quando comparados à condição natural de Cerrado.

Palavras-chave: Índice de manejo de carbono. Solos do Cerrado. Plantio direto. Frações húmicas. Fracionamento granulométrico da matéria orgânica.

ABSTRACT

ROSSI, Celeste. **Dynamics of soil organic matter in a soybean area cultivated over straw of brachiaria and sorghum.** 2009. 72p. Dissertation (Master Science in Agronomy, Soil Science). Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2009.

The organic matter (OM) influence in soil attributes justifies the growing interest in identifying management systems which contribute to increasing and/or maintenance of carbon stocks in soils. The aim of this study was to evaluate the dynamics of soil organic matter in a soybean area cultivated on top of brachiaria (*Brachiaria ruziziensis*) and sorghum (*Sorghum bicolor L. Moench*) variety DKB 599 straw. Soil samples from a Rhodic Udox were collected in the municipality of Montividiu, Goiás State (Brazil). The samples were taken at five depths in the following agricultural systems: soybean after brachiaria planted in winter (SB), and soybean after sorghum planted in winter (SS). The physical properties analyzed were: bulk density (BD), soil granulometry, and granulometric fractioning of soil organic matter (SOM). The chemical analyses consisted of: Total Organic Carbon (TOC), Total Nitrogen (TN), and chemical fractioning of soil organic matter, determining the organic carbon in humin (C-HUM), humic acids (C-HAF) and fulvic acids (C-FAF) fractions. The carbon stocks in the chemical and physical fractions of the soil organic matter and the N stocks were calculated. To evaluate the performance of the agriculture systems, the Carbon Management Index (CMI) also was calculated. The TOC results only showed statistical differences between the systems for the samples taken at 10-20 cm depth. The TN results were always higher in the SB than in the SS system. The highest carbon stock values were observed in the SS system, for all sampling depths. The particulate organic matter fractions values differed statistically between the systems, at all depths, showing to be an effective parameter to substantiate differences between the management systems. It was verified a predominance of the C-HUM, followed by C-FAF and C-HAF in the soil samples and for both systems. The carbon management index showed negative effect at 0-5 cm profundity when compared to the natural condition of Cerrado. However, for the sections of 5-10 and 10-20 cm, the systems had a positive effect on the increasing of soil carbon, with higher values of CMI compared to the natural condition of Cerrado.

Key words: Carbon Management Index. Cerrado soils. No-till. Humic fractions. Granulometric fractioning of organic matter.

SUMÁRIO

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA | 2 |
| 2.1 | Bioma Cerrado | 2 |
| 2.2 | Plantio Direto e Decomposição de Plantas de Cobertura | 3 |
| 2.3 | Utilização da Braquiária como Planta de Cobertura..... | 4 |
| 2.4 | Matéria Orgânica e Qualidade do Solo..... | 4 |
| 2.5 | Manejo e estoques de Carbono e Nitrogênio no Solo..... | 5 |
| 2.6 | Fracionamento da Matéria Orgânica do Solo (MOS)..... | 6 |
| 2.6.1 | Fracionamento físico da MOS..... | 7 |
| 2.6.2 | Fracionamento químico da MOS | 8 |
| 2.7 | Índice de Manejo de Carbono | 8 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 10 |
| 3.1 | Área de Estudo..... | 10 |
| 3.2 | Caracterização da Área | 12 |
| 3.3 | Estoque de Carbono e Nitrogênio | 12 |
| 3.4 | Fracionamento da MOS | 13 |
| 3.5 | Índice de Manejo de Carbono..... | 14 |
| 3.6 | Decomposição de Resíduos Vegetais | 14 |
| 3.7 | Análises Estatísticas..... | 15 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 16 |
| 4.1 | Aporte e Decomposição dos Resíduos Vegetais..... | 16 |
| 4.2 | Caracterização da Composição Granulométrica do Solo..... | 23 |
| 4.3 | Propriedades Químicas do Solo..... | 23 |
| 4.4 | Avaliação da Matéria Orgânica do Solo | 25 |
| 4.4.1 | Carbono orgânico total (COT) | 25 |
| 4.4.2 | Fracionamento granulométrico da MOS | 32 |
| 4.4.3 | Fracionamento químico da MOS | 38 |
| 4.5 | Análise de Componentes Principais (ACP)..... | 44 |
| 4.6 | Nitrogênio Total..... | 46 |
| 4.7 | Índice de Manejo de Carbono (IMC)..... | 50 |
| 5 | CONCLUSÕES | 52 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 53 |
| 7 | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 54 |
| 8 | ANEXOS | 67 |

1 INTRODUÇÃO

Nos trópicos, a introdução de sistemas agrícolas em áreas de vegetação nativa resulta, geralmente, numa rápida diminuição do conteúdo de carbono (C) orgânico, em virtude da combinação entre calor, aeração e umidade, e vem se tornando uma importante causa do aumento da concentração de CO₂ atmosférico, com efeitos sobre alterações globais. Em solos com cobertura vegetal natural, o C orgânico encontra-se em equilíbrio dinâmico, com teores praticamente constantes com o tempo.

Essa condição é alterada quando o solo é submetido ao cultivo, e um novo equilíbrio é estabelecido, variando em função das características do uso e manejo adotado. No Brasil, áreas de extensão considerável têm sido desmatadas nos mais diferentes ecossistemas para a produção vegetal. Em sistemas agrícolas, a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) pode ser influenciada pelo manejo, seleção e rotação das culturas, preparo do solo, uso de fertilizantes químicos e materiais orgânicos. O papel fundamental da matéria orgânica (MO) justifica o crescente interesse pela identificação de sistemas de manejo que aumentem o estoque orgânico em solos tropicais.

O cultivo intensivo, aliado à alta taxa de revolvimento do solo, é responsável pela redução do conteúdo de matéria orgânica, redução da estabilidade de agregados, redução da infiltração de água e aumento das perdas por erosão hídrica e na oxidação microbiana. Já as práticas mais conservacionistas, como o sistema de plantio direto (SPD), apresenta como princípios o não revolvimento do solo, a produção de palhada e a rotação de culturas pela diversificação vegetal, têm-se mostrado eficientes em promover a infiltração e armazenamento de água no solo, diminuição da temperatura superficial, aumento da atividade microbiana e acúmulo superficial de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo.

A vegetação é um fator importante na formação dos agregados e no acúmulo de MOS, mediante da ação mecânica das raízes ou pela liberação de substâncias com ação cimentante, e isto fornece indiretamente nutrientes à fauna do solo. O cultivo de plantas de cobertura pode reduzir as perdas de água, infestação de ervas invasoras e temperatura do solo, além de conservar a umidade do solo, promover a ciclagem de nutrientes, aumentar o aproveitamento dos fertilizantes, favorecendo a germinação e o desenvolvimento das culturas de interesse comercial. A utilização de gramíneas é justificada pela elevada produção de palhada e armazenamento de carbono orgânico, por aumentar e manter a estabilidade dos agregados do solo por apresentarem sistema radicular extenso e constantemente renovado.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a dinâmica da matéria orgânica do solo em área de soja cultivada em ambiente de Cerrado sobre palhada de braquiária e sorgo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bioma Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, superado apenas pela Amazônia, sendo a savana tropical mais rica do mundo em biodiversidade. Além disso, o bioma Cerrado é favorecido pela presença de diferentes paisagens e de três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul. Concentra nada menos que um terço da biodiversidade nacional e 5% da flora e da fauna mundiais. Ocupa aproximadamente 21% do território nacional, pouco mais de dois milhões de km², e é considerada a última fronteira agrícola do planeta (Borlaug, 2002).

O Cerrado foi recentemente incluído na lista dos “*hotspots*” (Silva Júnior & Bates, 2002). A inclusão deste bioma nesta lista tem um ponto positivo, significa o reconhecimento mundial de sua biodiversidade, e também mostra que ele está sendo muito ameaçado e que precisa de conservação e preservação.

O clima dessa região é estacional, com duas estações bem definidas, com um período chuvoso (entre outubro e março), seguido por um período seco (entre abril e setembro). A precipitação média anual é de 1.500 mm e as temperaturas variam ao longo do ano, entre 22°C e 27°C, em média.

Os solos do Cerrado são muito antigos, intemperizados, ácidos, com baixa fertilidade natural, e possuem concentrações elevadas de alumínio. São dominantes nessas regiões os Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos. Estes solos possuem teores de argila variando de 150 e 900 g kg⁻¹ e capacidade de água disponível até 2 m de profundidade. Para torná-los produtivos para fins agrícolas, são aplicados fertilizantes e calcário com objetivo de aumento da produção. A baixa fertilidade da maioria dos solos, portanto, não constituiu em obstáculo para a ocupação de grandes extensões de terra pela agricultura moderna, especialmente a cultura da soja, um dos principais itens da pauta de exportações do Brasil, e as pastagens plantadas.

O Cerrado apresenta um gradiente fisionômico de campo limpo, onde as árvores cobrem menos de 10% do terreno, até o cerradão com 70% de cobertura de copas (Ribeiro & Walter, 1998). As demais fisionomias encontradas como o campo sujo, campo cerrado, cerrado no sentido restrito, pode ser considerado ecótonos entre os extremos (Coutinho, 1978). A distribuição e a manutenção das diferentes fisionomias do Cerrado estão relacionadas a fatores edáficos e topográficos, além da ocorrência de fogo e das perturbações antrópicas (Oliveira Filho et al., 1990).

Embora o Cerrado seja um ecossistema adaptado ao fogo, as queimadas utilizadas para estimular a rebrota das pastagens e para abertura de novas áreas agrícolas, causam perda de nutrientes, compactação e erosão dos solos, um problema grave que atinge enormes áreas, especialmente nas regiões montanhosas do leste goiano e oeste mineiro (Klink & Machado, 2005).

A destruição da vegetação do cerrado continua de forma acelerada. Um estudo recente, que utilizou imagens do satélite MODIS do ano de 2002, concluiu que 55% do Cerrado já foram desmatados ou transformados pela ação humana (Machado et al., 2004), o que equivale a uma área de 880.000 km², ou seja, quase três vezes a área desmatada na Amazônia brasileira. As pastagens plantadas com gramíneas de origem africana cobrem atualmente uma área aproximada de 500.000 km². Monoculturas, como a soja, são cultivadas em outros 100.000 km², e a área total para conservação é de cerca de 33.000 km², claramente insuficiente quando comparada com os principais usos da terra no Cerrado.

2.2 Plantio Direto e Decomposição de Plantas de Cobertura

A adoção do sistema plantio direto (SPD) no Brasil, a partir do início da década de 1970, proporcionou uma saída à conservação do solo, a qual se baseava principalmente em práticas mecânicas de controle da erosão, como cultivo em nível e terraceamento (Eltz, 1997). Os manejos conservacionistas, quando comparados ao preparo convencional, imprimem características químicas, físicas e biológicas distintas ao solo, de maneira a modificar a distribuição e morfologia das raízes, com reflexos no crescimento da parte aérea, interagindo conseqüentemente, na produtividade (Klepker & Anghinoni, 1995).

O plantio direto (PD), sistema conservacionista de manejo, onde o solo é menos revolvido, e recebe um maior aporte de resíduos orgânicos, mantendo-o coberto no período de outono/inverno, constitui uma importante prática de manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos degradados. A manutenção ou recuperação dos teores de matéria orgânica e da capacidade produtiva pode ser alcançada pela utilização de métodos de preparo com pequeno ou nenhum revolvimento, e por sistemas de cultura com alta adição de resíduos vegetais. A palhada na superfície do solo em SPD promove aumento da infiltração e do armazenamento da água no solo, diminuição da temperatura superficial, aumento da atividade microbiana, e acúmulo superficial de nutrientes e de matéria orgânica (Bayer & Mielniczuck, 1999), além da expressiva redução da erosão hídrica (Cassol, 1984). Segundo Corazza et al. (1999), enquanto o solo sob plantio convencional (SPC) atua como fonte de carbono (C) para atmosfera, o solo sob SPD passa a atuar como um dreno de C atmosférico, o que representa uma importante contribuição para atenuar a emissão de dióxido de carbono à atmosfera e nas alterações climáticas globais.

Os sistemas menos perturbados apresentam uma tendência em armazenar maiores quantidades de C orgânico no solo, principalmente nas camadas 0-20 e 0-40 cm (D'Andrea et al., 2004). Associado ao SPD deve-se utilizar a rotação / consorciação de culturas, onde se tem a alternância de cultivos de plantas de famílias diferentes em uma mesma área, de acordo com uma seqüência estabelecida anteriormente. Neste modelo, tem-se um melhor aproveitamento e exploração do solo, contribuindo para um melhor ambiente e aumento de resíduos deixados em superfície. Dependendo do sistema de cultura utilizado, o plantio direto pode promover aumento do C total do solo nas camadas superficiais, mesmo em um pequeno período de condução (Bayer et al., 2004).

Os sistemas de culturas adaptados a produção de grãos são constituídos geralmente por dois grupos de plantas: as de importância econômica, cujo objetivo é a própria produção de grãos, como por exemplo, milho, soja, arroz, trigo, entre outras, e as plantas de cobertura, cultivadas em consórcio ou em sucessão com as primeiras, objetivando manter a cobertura do solo (viva ou morta), promover a adubação verde (adição e reciclagem de nutrientes) e melhorar a estrutura do solo (Monegat 1991; Calegari et al., 1992). Quando o objetivo é incrementar o estoque de MOS através da adição de resíduos, plantas de importância econômica, como o milho, e plantas de cobertura do solo, com elevada produção de fitomassa, passam a ter um papel essencial dentro dos sistemas de culturas.

A diversificação de plantas com sistemas radiculares capazes de explorar diferentes profundidades do solo, com potencial diferenciado de reciclagem, proporciona melhor equilíbrio de nutrientes e incremento na qualidade e na atividade biológica do solo (Embrapa, 1998).

Materiais com alta relação C/N são decompostos mais lentamente, podendo produzir resíduos com maior tempo de permanência no solo. Segundo Heal et al. (1997), a decomposição dos resíduos pode ser dividida em duas etapas: a primeira, controlada pelos teores de nutrientes, e a fase final, controlada pelo teor de lignina. Os fatores que controlam a

taxa de decomposição são o tamanho e composição do material, temperatura, umidade, tipo de manejo adotado e disponibilidade de nutrientes, principalmente o N (Zotarelli, 2000).

2.3 Utilização da Braquiária como Planta de Cobertura

O ambiente de Cerrado favorece acelerada decomposição da palhada, onde a taxa de decomposição pode ser até 10 vezes mais acelerada em regiões tropicais e subtropicais do que em regiões temperadas (Lal & Logan, 1995). Uma alternativa é a utilização de plantas de cobertura com elevada produção de resíduos e que estes apresentem maior meia-vida, resultando em menor velocidade de decomposição, mantendo os resíduos vegetais sobre o solo por maior tempo (Ceretta et al., 2002), principalmente em regiões com elevadas temperaturas e elevado índice pluviométrico, como o Centro-Oeste. Nessa região, a decomposição da palhada é rápida, em razão dos elevados índices pluviométricos e de altas temperaturas, de forma que a manutenção de uma elevada cobertura do solo por um longo tempo torna-se atividade bastante complexa, necessitando de conhecimento e experiência prática de quem adota o SPD (Alvarenga et al., 2001).

Um importante atributo da adaptação edafoclimática da braquiária é a capacidade de produção de raízes, a qual proporciona uma área de para maior absorção de nutrientes em solos de baixa fertilidade ou quando submetida a condições de estresse hídrico (Valle et al., 2001). A braquiária possui sistema radicular bastante agressivo, capaz de produzir importantes canais de infiltração e armazenamento de água no solo, e seu cultivo, em lavouras de soja e milho safrinha, representa um efeito descompactador do solo (Ceccon & Machado, 2008).

A braquiária mostra-se eficiente no acúmulo de C em relação ao cerrado nativo, sendo este acúmulo favorecido pelo seu sistema radicular, que é abundante e volumoso, apresentando contínua renovação e elevado efeito rizosférico (Reid & Goss, 1980; D'Andrea et al., 2004).

2.4 Matéria Orgânica e Qualidade do Solo

A qualidade do solo é, sem dúvida, um aspecto fundamental na avaliação da sustentabilidade de sistemas de produção, o que implica a compreensão desse recurso como um sistema vivo e dinâmico. O conteúdo de matéria orgânica do solo MOS é considerado um dos principais indicadores de sustentabilidade e qualidade ambiental em agroecossistemas. Sistemas conservacionistas de manejo promovem o aumento do conteúdo de MOS (Sá et al., 2001), contribuindo para que o solo desempenhe suas funções básicas (promover o desenvolvimento da vida, garantindo a qualidade ambiental, a saúde animal e humana). A compreensão da dinâmica da MOS em sistemas de produção permite subsidiar o estabelecimento de estratégias de manejo que garantam o incremento do conteúdo de MOS e a qualidade ambiental e do solo ao longo do tempo, observando-se os princípios básicos da agricultura conservacionista, os princípios agroecológicos e a íntima dependência de insumos.

Para avaliar a qualidade do solo (QS), faz-se necessário selecionar algumas propriedades que são consideradas como atributos indicadores (Doran & Parkin, 1994). Um eficiente indicador deve ser sensível às variações do manejo, bem correlacionado com as funções desempenhadas pelo solo, capaz de elucidar os processos do ecossistema, ser compreensível e útil para o agricultor e, preferencialmente, de fácil e barata mensuração (Doran & Zeiss, 2000).

Segundo Islam & Weil (2000), os indicadores podem ser distinguidos em três grandes grupos: os efêmeros, cujas alterações ocorrem em curto espaço de tempo ou são modificados pelas práticas de cultivo, tais como: umidade do solo, densidade, pH, disponibilidade de nutrientes; os intermediários, que demonstram uma crítica influência da capacidade do solo

em desempenhar suas funções, tais como: agregação, biomassa microbiana, quociente respiratório, carbono orgânico total e ativo; e os permanentes, que são inerentes ao solo, tais como: profundidade, camadas restritivas, textura, mineralogia. Para esses autores, os indicadores intermediários são os de maior importância para integrarem um índice de QS. Embora contribua somente com uma pequena parcela da massa total dos solos minerais, a MOS representa a componente fundamental para a manutenção da QS, sendo essencial nos diversos processos químicos, físicos e biológicos de ecossistemas terrestres (Piccolo, 1996; Christensen, 2000; Carter, 2001).

A MOS apresenta grande potencial para ser utilizada como atributo chave da qualidade do solo (Doran & Parkin, 1994; Mielniczuck, 1999), pois, além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, ainda é fonte primária de nutrientes às plantas, influencia a infiltração, retenção de água e suscetibilidade à erosão (Gregorich et al., 1994), e ainda atua sobre a ciclagem de nutrientes e agregação do solo. Dessa forma ela contribui de forma direta e indireta na QS. Solos tropicais, intensamente intemperizados, apresentam como uma das suas principais características químicas a baixa capacidade de troca catiônica (CTC). Nesses solos, o teor de MOS tem importância preponderante na CTC efetiva (Bayer & Mielniczuck, 1999). Todavia, em algumas situações, notadamente naquelas induzidas por sistemas de manejo com histórico de adoção de curto prazo, este indicador pode não ser um eficiente discriminador das alterações na QS. Nesse caso, a avaliação de compartimentos da MOS, como a particulada, pode ser uma alternativa de incremento da sensibilidade (Freixo, 2000; Bayer et al., 2002).

2.5 Manejo e estoques de Carbono e Nitrogênio no Solo

Os estoques de C e N em solos sob vegetação nativa encontram-se em estado estável, de maneira que a quantidade de material orgânico adicionado ao solo por meio da adição de resíduos superficiais e radiculares de plantas, é a mesma que sai através da mineralização promovida por microrganismos (Sanchez, 1976). No entanto, quando o fluxo de entrada ou de saída de material orgânico for modificado, o sistema tende a um novo estado estável, com maior ou menor estoque de matéria orgânica, dependendo do tipo de modificação promovida nos fluxos.

A variação anual do estoque de C orgânico do solo é o balanço entre a adição de C fotossintetizado pelas culturas e a perda de C do solo (Hénin & Dupuis, 1945; Woodruff, 1949; Dalal & Mayer, 1986; Bayer et al., 2000). Com a conversão dos sistemas naturais em sistemas agrícolas, a decomposição da MOS excede sua produção, resultando em perda de C do solo (Paustian et al., 1998). Essa redução pode ser atribuída à erosão do solo, aos processos de mineralização da matéria orgânica e oxidação do carbono. Quando a vegetação nativa é o cerrado, as reduções de C orgânico podem ser menores quando comparadas com solos sob mata (Tognon et al., 1997). Nessas áreas ainda existe a possibilidade de sistemas específicos, como pastagens e SPD aumentarem os teores de C orgânico, contribuindo para o sequestro do C atmosférico, ao contrário dos sistemas convencionais, com revolvimentos sistemáticos do solo, que tendem a atuar no sentido oposto (Corazza et al., 1999). Carpenedo & Mielniczuck (1990) ressaltam a importância do uso de leguminosas em rotações com pastagens perenes, pelo fornecimento de nitrogênio e, conseqüentemente, maior taxa de decomposição dos resíduos, devido à sua menor relação C/N. Em estudos de recuperação de pastagens degradadas, em áreas com braquiária (*Brachiaria sp.*), Cordeiro (2006) verificou um aumento de 46% de carbono orgânico total (COT) na profundidade de 0-10 cm e de 35,6% na camada de 10-30 cm. Nos Cerrados, o acúmulo de C no solo sob as pastagens de braquiária bem manejada está entre 1 e 2 Mg C ha⁻¹ ano⁻¹ (Corazza et al., 1999). Esta tendência também foi verificada por Tarré et al. (2001) para as condições da Mata Atlântica, também sendo

observado que a presença de uma leguminosa (*Desmodium ovalifolium*) na pastagem de *B. humidicola* dobrou a taxa de acumulação de C no solo.

Os sistemas de plantio direto, aliados aos sistemas de rotações de culturas adequados, podem contribuir para o acúmulo de C orgânico, reduzindo o risco de degradação do solo (Freixo, 2000).

O nitrogênio é um elemento relevante aos estudos de MOS. Esse nutriente tem uma dinâmica no solo intimamente associada à dinâmica do C, apenas tendo alterado os seus mecanismos de adição e de perda no sistema (Bayer et al., 2000). A maior parte do N no solo está na fração orgânica (mais de 90%), um grande reservatório de formas mais prontamente disponíveis, como a nítrica e a amoniacal. Estas formas minerais, apesar de responderem por pequena parcela do N total, são de extrema importância do ponto de vista nutricional, já que são elas as absorvidas pelos vegetais e microrganismos (Stevenson, 1986). A mineralização da MOS, da qual fazem parte as reações de amonificação e nitrificação, transformam, em média, de 2% a 5% do N orgânico por ano, processo que pode ser influenciado pelo uso e manejo do solo, como nas áreas com pastagens, nas quais a forma amoniacal é favorecida por substâncias liberadas pelas raízes das gramíneas, que inibem a nitrificação, e pela existência de menores valores de pH, que ocorrem, geralmente, nessas condições (Moreira & Siqueira, 2002).

Além disso, solos degradados pelo cultivo e com baixos teores de COT normalmente são deficientes em N, limitando a adição de C, principalmente, em sistemas constituídos por gramíneas (Lovato et al., 2004). A inclusão de leguminosas nas rotações e a adubação nitrogenada constituem práticas altamente eficientes para o incremento dos estoques de COT e NT, melhoria da qualidade do solo e da produtividade das culturas (Teixeira et al., 1994; Testa et al., 1992; Vezzani, 2001).

2.6 Fracionamento da Matéria Orgânica do Solo (MOS)

A matéria orgânica do solo (MOS) é o produto de resíduos da biota, principalmente dos vegetais, parcialmente decompostos e sintetizados, em vários estádios de complexidade e diversidade estrutural (Silva e Resck, 1997; Batjes, 1999). A dinâmica da matéria orgânica influencia os principais processos químicos, físicos e biológicos nos solos, e determina muitas vezes seu comportamento químico e fertilidade (Coleman et al., 1989).

Do ponto de vista de estabilidade do solo, a matéria orgânica pode ser simplificada em uma fração lábil (biodegradável, leve) e uma fração humificada (estável, pesada). A fração lábil representa aproximadamente 1/3 do carbono orgânico do solo, e apresenta alta taxa de decomposição e um curto período de permanência no solo (Theng et al., 1989; Andriulo et al., 1990) e sua principal função é o fornecimento de nutrientes às plantas através de sua mineralização e de energia e carbono aos microrganismos do solo (Oades et al., 1989). A fração humificada representa cerca de 2/3 do carbono orgânico do solo e tem maior permanência no solo (Theng et al., 1989; Andriulo et al., 1990) sendo sua principal função atuar sobre as condições físicas e químicas do solo. A estabilidade química da MOS é relacionada ao grau de aromaticidade das moléculas orgânicas no solo (Stout et al., 1985). Quanto mais aromática a MOS, maior a sua estabilidade à decomposição microbiana. Por sua vez a estabilização da MO pela associação com a fração mineral do solo (estabilidade física) pode ser dividida em estabilidade estrutural e estabilidade coloidal, de acordo com a origem de proteção. A estabilidade estrutural provém da formação de microagregados, sendo a MOS localizada no interior destes agregados protegida da ação dos microrganismos. A estabilidade coloidal é resultante da formação de ligações estáveis (coordenativas) entre a MOS e os cátions metálicos e os minerais do solo. De modo geral, os

sistemas de manejo afetam a fração lábil da MOS, e a fração humificada localizada no interior de microagregados, não tendo efeito sobre a fração coloidal (Duxbury et al., 1989).

Devido a sua complexidade e diversidade estrutural (Saiz-Jimenes, 1996; Clapp & Hayes, 1999) e às possibilidades de interação com a matriz mineral do solo (Cornejo & Hermosín, 1996; Hassink & Whitmore, 1997), a MOS não vem a ser um componente simples e homogêneo. Trata-se de um heterogêneo conjunto de materiais orgânicos diferindo em composição, grau de disponibilidade para a microbiota e função no ambiente (Carter, 2001).

As diferentes formas de fracionamento utilizadas nos estudos da MOS tentam reduzir a heterogeneidade das frações orgânicas, procurando separar frações homogêneas quanto à natureza, dinâmica e função, mas ao mesmo tempo, que sejam suficientemente distintas entre si (Christensen, 2000). A escolha do método de fracionamento depende da natureza do estudo, ou seja: caracterização e identificação química de componentes específicos da MOS, ou quantificação, ou descrição dos compartimentos da MOS (Collins et al., 1997).

2.6.1 Fracionamento físico da MOS

O fracionamento físico tem se mostrado promissor na distinção dos compartimentos de carbono do solo sujeitos à influência do manejo e na identificação do mecanismo de controle físico da matéria orgânica (Collins et al., 1997). Os métodos físicos são considerados menos destrutivos e mais relacionados com a função e estrutura da MOS *in situ*, do que os métodos químicos (Christensen, 1992, 2000; Feller et al., 2000).

O fracionamento por densimetria é baseado na utilização de uma solução com densidade conhecida, sendo $1,8 \text{ g cm}^{-3}$ a mais utilizada (Christensen, 1992), onde o material suspenso é considerado a fração leve, com densidade menor que a utilizada na solução. O material restante é considerado fração pesada. A fração leve é composta de resíduos vegetais pouco ou não humificados, são fragmentos de raízes, sementes, mesofauna e microfauna. A fração leve intra-agregado é a fração leve que fica fisicamente protegida no interior dos agregados do solo, e é obtida após a aplicação de ultra-som. Essa fração apresenta uma ciclagem mais lenta e em geral, é mais humificada que a fração leve livre (Freixo et al., 2002).

A mecanização agrícola confere um efeito negativo na agregação do solo, o que acarreta em menor proteção da fração leve intra-agregado (Cambardella & Elliott, 1994; Beare et al., 1994). A adubação química por sua vez pode alterar a fração leve, já que promove um incremento na produção das culturas e, conseqüentemente aumento nos resíduos orgânicos (Gregorich et al., 1997).

O fracionamento granulométrico é baseado no tamanho das partículas, utilizando principalmente o peneiramento e sedimentação em proveta. A fração pesada pode ser dividida de acordo com o tamanho das partículas, sendo separadas nas frações areia – matéria orgânica particulada (maior que $53 \mu\text{m}$) e matéria orgânica ligada aos minerais silte ($2-53 \mu\text{m}$) e argila ($0-2 \mu\text{m}$). Os maiores estoques de carbono, de uma maneira geral, são encontrados nas frações pesadas, demonstrando que a dinâmica do carbono estaria intimamente relacionada à textura do solo (Feller, 1993; Feller & Beare, 1997).

A matéria orgânica particulada (MOP) é uma fração lábil e apresenta maior taxa de reciclagem dos constituintes orgânicos, sendo as alterações em seus estoques promovidas pelo manejo do solo são percebidas geralmente em curto prazo, em comparação as alterações mais lentas que ocorrem no solo como um todo (Balesdent, 1996; Feller & Beare, 1997; Bayer et al., 2002). Por isso a MOP é tida como uma fração relativamente sensível às práticas de manejo (Janzen et al., 1992; Pillon, 2000; Bayer et al., 2002). A matéria orgânica ligada aos minerais (MOM) é dependente da quantidade de material orgânico que é transferido da MOP e da proteção coloidal exercida pelas superfícies minerais (Christensen, 1996; Sollins et al.,

1996; Baldock & Skjemstad, 2000). Essa transferência é dependente da adição inicial feita pelos sistemas de manejo.

Sohi et al. (2001) desenvolveram um procedimento que combina os dois tipos de fracionamento físico, capaz de extrair, seqüencialmente, frações da matéria orgânica presentes nas frações leves, nas frações intra-agregados e ainda associadas à areia, silte e argila.

2.6.2 Fracionamento químico da MOS

Constituindo a maior parte da matéria orgânica de solos e sedimentos, as substâncias húmicas (SH) são materiais amplamente distribuídos na superfície terrestre, ocorrendo em quase todos os ambientes, do terrestre ao aquático. As SH originam-se da degradação biológica de resíduos animais e vegetais e da atividade de microrganismos, possuindo, assim, propriedades diferenciadas (Stevenson, 1982). Devido à natureza heterogênea e complexa das SH pouco se sabe sobre sua estrutura química e apresentam-se como moléculas polidifusas com elevada massa molar (Stevenson; 1985; Swift; 1996), possuem alto teor de grupos funcionais contendo oxigênio na forma de carboxilas, hidroxilas fenólicas e carbonilas (Jordão et al., 1993). Operacionalmente as SH, são fracionadas em função de sua solubilidade a diferentes valores de pH em: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) e humina (HUM).

Para obtenção dessas frações e comparação dos resultados com outros trabalhos, adota-se o método preconizado pela Sociedade Internacional de Substâncias Húmicas – IHSS (Swift, 1996) e modificações de Benites et al. (2003), por ser um procedimento adequado para os vários tipos de solos. Estudos da dinâmica MOS através da extração e fracionamento de substâncias húmicas têm sido conduzidos para o entendimento da pedogênese (Benites et al., 1999), da melhoria de propriedades físicas do solo (Roth et al., 1992), das interações organo-minerais (Dick et al., 1998; 2000) e do impacto da agricultura na qualidade do solo (Mendonza et al., 2000).

Em estudos na região centro-oeste do Brasil, Fontana et al. (2006) constataram o predomínio de humina, tanto nos horizontes superficiais como subsuperficiais (média de 59,5% do COT) de Latossolos, seguido dos ácidos fúlvicos. Nesse mesmo estudo, os autores verificaram que a baixa relação AH/AF indica que sistemas intensivos de manejo podem estar favorecendo a degradação das frações mais estáveis ou desfavorecendo sua formação, podendo ser usadas como indicadores de degradação/recuperação de áreas cultivadas.

2.7 Índice de Manejo de Carbono

A busca da sustentabilidade socioeconômica da exploração agrícola ou de uma nova condição de equilíbrio do sistema de produção é um grande desafio, que envolve dentre outros, o manejo adequado do solo, associado a corretas rotações e/ou consorciações culturais (Soares et al., 2005).

A dinâmica da MOS, é submetida ao impacto direto dos sistemas de manejo adotados. Sistemas de produção capazes de manter e/ou incrementar o conteúdo de carbono orgânico no solo podem contribuir para a manutenção da capacidade produtiva das áreas agrícolas e diminuição da emissão CO₂ à atmosfera.

A matéria orgânica do solo tem se mostrado um excelente indicador de qualidade do solo, Mielniczuk (1999) considera a MOS como o atributo que melhor representa a qualidade do solo, devido a sua sensibilidade às práticas de manejo. O declínio dos estoques de MOS ao longo do tempo, está intimamente ligado a um manejo inadequado e sua persistência, conduzindo a exploração agrícola a uma situação insustentável do ponto de vista econômico ou ambiental. Contudo a simples quantificação dos estoques de carbono total ou de suas frações e a comparação com as condições do solo no seu estado original, não fornecem

valores capazes de serem extrapolados para situações de manejo diferentes das avaliadas, em diferentes locais, climas e solos.

Em função disso, existe a necessidade de obtenção de índices que possam avaliar a capacidade do sistema de manejo em promover a qualidade do solo e a sustentabilidade dos agroecossistemas. O índice de manejo de carbono (IMC) proposto por Blair et al. (1995), é uma medida relativa das alterações causadas pelo manejo comparando-as a uma situação considerada original ou ideal (este sistema pode ser o solo em estado natural de floresta ou pastagem natural). O IMC leva em consideração a labilidade da MOS e buscando unir as características quantitativas e qualitativas da MOS, como forma de avaliar o desempenho de um determinado sistema de manejo. Frações de carbono obtidas por métodos físicos têm sido utilizadas preferencialmente para a estimativa deste índice (Diekow, 2003; De Bona, 2005; Nicoloso, 2005; Campos, 2006; Conceição et al., 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área de Estudo

O município de Montividiu (GO) está inserido dentro do bioma do Cerrado (Figura 1) e situa-se entre a latitude 17° 27' S e longitude 51° 04' W. A altitude média verificada na área é de 930 m. O clima da região é do tipo Aw (Köppen) – Tropical, com chuvas concentradas no verão e um período seco bem definido durante o inverno (Figura 2). A média anual de precipitação oscila entre 1500 a 1800 mm ano⁻¹, e a temperatura média anual é de 23°C.

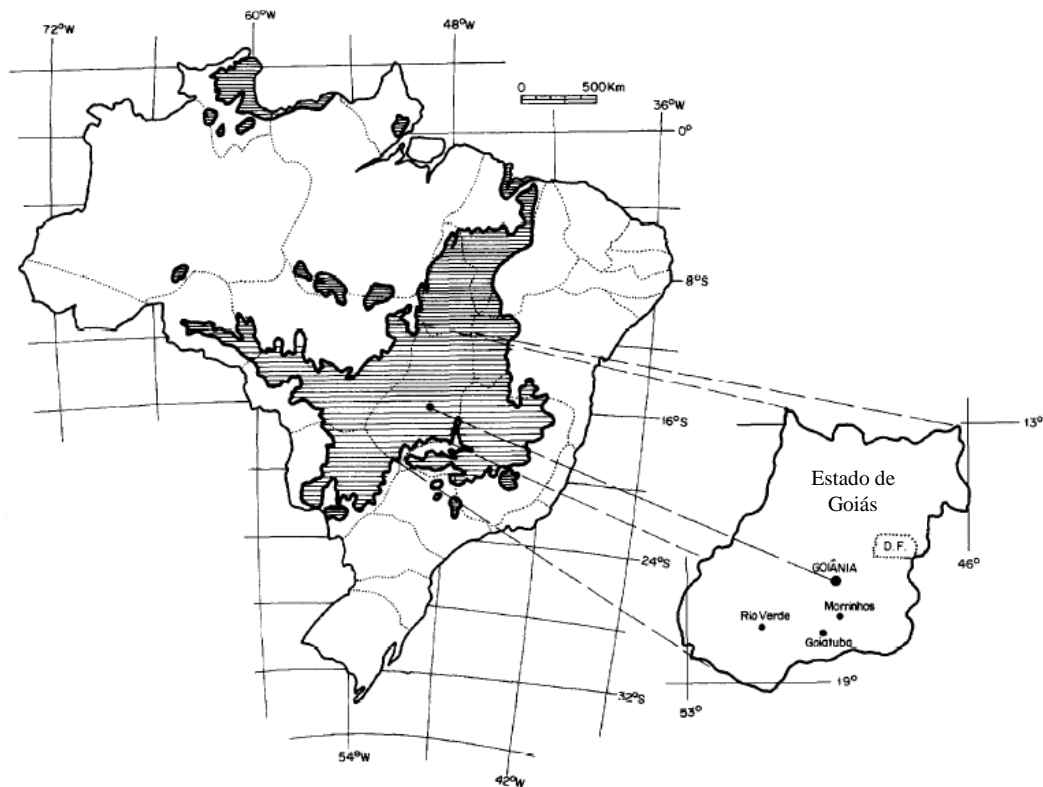


Figura 1. Localização dos cerrados brasileiros. Em destaque, o Estado de Goiás. (Fonte: Blancaneaux et al., 1993).

O estudo foi realizado na Fazenda Querência das Antas em duas áreas experimentais, a saber: área 1 (SB): soja (*Glycine max* L.)/ braquiária (*Brachiaria ruziziensis*)/ soja (*Glycine max* L.); e área 2 (SS) soja (*Glycine max* L.)/ sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) variedade DKB 599/ soja (*Glycine max* L.) (Figura 3). Como área de referência para o trabalho, foi utilizada área com floresta nativa de Cerrado. O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO (EMBRAPA, 2006).

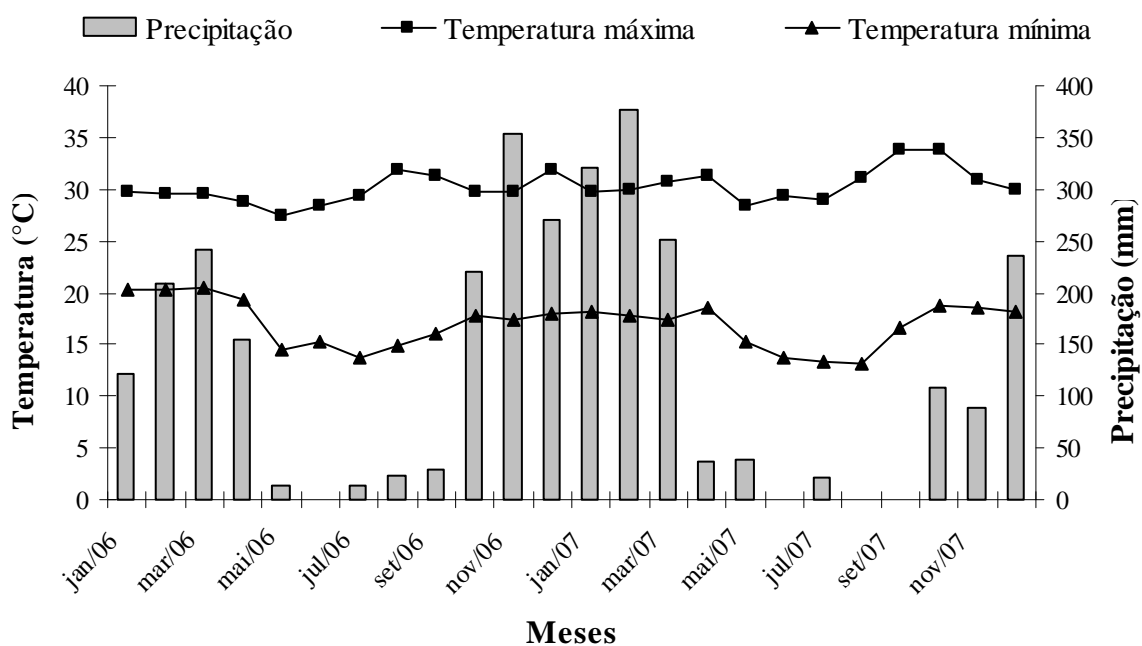


Figura 2. Dados climáticos mensais de temperatura e precipitação pluviométrica para os anos de 2006 e 2007, extraídos da Estação Meteorológica da Universidade de Rio Verde, localizada no Município de Rio Verde – GO.



Figura 3. (A) Área de plantio de soja; (B) Resíduos culturais de soja na superfície do solo, Fazenda Querência das Antas, Montividiu – Goiás. (Foto: Marcos Gervasio Pereira).

As áreas de estudo possuem tamanho de 2500 m², parcelas de 50 x 50 m. Em cada área foram abertas 8 trincheiras com dimensões de 1 x 1 m e 0,6 m de profundidade. Em cada trincheira coletaram-se amostras indeformadas em três das quatro paredes nas seguintes profundidades 0-5; 5-10; 10-20; 20-40 e 40-60 cm (Figura 4), totalizando 24 repetições em cada profundidade de cada área.

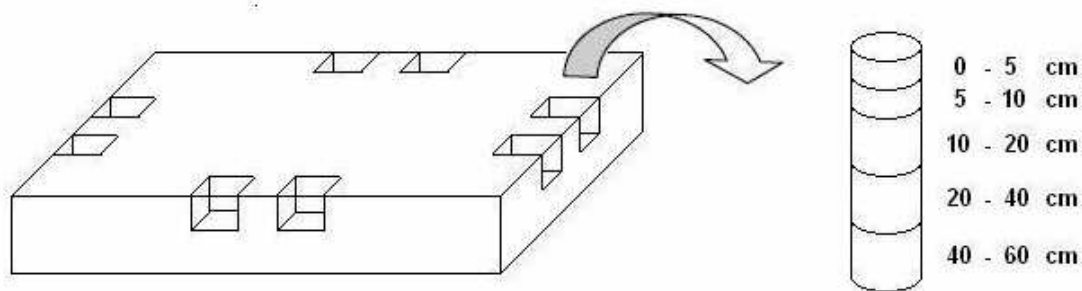


Figura 4. Esquema da área experimental com as minitrincheiras usadas para a coleta de solos. (Adaptado de Siqueira Neto, 2006).

A soja é cultivada comercialmente nas áreas de estudo, em uma das áreas no período da entressafra da soja, não é cultivada nenhuma planta de interesse comercial, deixando a braquiária se estabelecer durante todo o período da seca na região. Na outra área é realizado o cultivo de sorgo ou milho em sucessão à soja.

A primeira amostragem de solo foi realizada no início de março de 2007, após a colheita da soja, da safra 2006/2007, a segunda coleta foi realizada ao final de outubro de 2007, coincidindo com o final do período seco da região, quando a braquiária é manejada com herbicidas dissecentes (Glyphosate e 2,4-D), para a implantação da lavoura de soja da safra 2007/2008. As áreas de estudo foram adubadas com 81,5 kg ha⁻¹ de KCl e 332 kg ha⁻¹ do formulado 02-23-08.

A produtividade das áreas na safra 2006/2007 foi de 3,78 e 3,63 Mg ha⁻¹ e na safra 2007/2008 de 3,54 e 3,39 Mg ha⁻¹ para os tratamentos 1 e 2 respectivamente.

3.2 Caracterização da Área

Para caracterização química das áreas foram realizadas as análises de pH, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, P, Al³⁺, H+Al de acordo com Embrapa (1997). A granulometria das amostras foi determinada após dispersão com NaOH 1 mol L⁻¹, homogeneização em baixa rotação por 16 horas, conforme modificação proposta por Rezende (1979). O teor de argila total foi determinado na suspensão, pelo método da pipeta (Day, 1965).

3.3 Estoque de Carbono e Nitrogênio

Foram coletadas amostras indeformadas com anel de Kopeck, nas profundidades de 0-5, 5-10, 10-20, 20-40 e 40-60 cm, sendo realizadas 3 amostragens para a determinação da densidade do solo (Ds). Nestas amostras, o carbono orgânico total (COT) foi determinado por oxidação quente com dicromato de potássio de concentração (0,2 mol L⁻¹) e titulação com sulfato ferroso amoniacal (0,05 mol L⁻¹), segundo método proposto por Embrapa (1997). O estoque de carbono foi calculado a partir da expressão:

$$\text{EstC} = (\text{CO} \times \text{Ds} \times e) / 10$$

Onde, EstC = estoque de carbono em determinada profundidade (Mg ha⁻¹); CO = teor de carbono orgânico (g kg⁻¹); Ds = densidade do solo (Mg m⁻³); e = espessura da camada em cm.

A determinação da Ds foi pelo método do anel de Kopecky (Embrapa, 1997) calculada pela seguinte equação:

$$Ds = Ms/Vs$$

Onde, Ds = densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$), Ms = massa do solo (Mg) e Vs = volume do solo (m^3).

As tendências de acúmulos ou perdas dos estoques de carbono foram quantificadas pela diferença entre os valores do EstC na área de referência (floresta) e dos EstC de cada um dos sistemas avaliados, e dividido pela espessura (cm) de cada camada (D'Andrea, 2004).

O N total foi determinado por digestão com ácido sulfúrico e água oxigenada, sendo o extrato obtido submetido à destilação a vapor (Kjeldahl) com hidróxido de sódio e titulação do coletado com indicador de ácido bórico (Tedesco et al., 1995). O estoque total de N do solo foi calculado de forma semelhante ao estoque de carbono, usando a expressão:

$$EstN = (NT \times Ds \times e) / 10$$

Onde, EstN = estoque total de nitrogênio do solo em determinada profundidade ($Mg\ ha^{-1}$); NT = nitrogênio total ($g\ kg^{-1}$); Ds = densidade do solo ($Mg\ m^{-3}$); e = espessura da camada em cm.

3.4 Fracionamento da MOS

O fracionamento físico da MO foi realizado segundo Cambardella & Elliot (1992). Pesou-se 20 g de solo e 60 ml de solução de hexametáfosfato de sódio ($5g\ L^{-1}$). Em seguida as amostras foram agitadas por 16 horas em agitador horizontal. Após a homogeneização foi realizado o peneiramento úmido, utilizando peneira de 53 μm . O material retido na peneira, que consiste na MOP (matéria orgânica particulada) associada à fração areia, e o que passou pela peneira de 53 μm (frações silte e argila) foi seco em estufa a 50 °C, moído em gral de porcelana e analisado quanto ao teor de C orgânico segundo Embrapa (1997).

Para a extração e o fracionamento químico das amostras de solo foi utilizada a técnica de solubilidade diferencial (Swift, 1996), com adaptação de Benites et al. (2003), obtendo-se o carbono orgânico na fração ácidos fúlvicos (C-FAF), fração ácidos húmicos (C-FAH) e humina (C-HUM).

Para tal, pesou-se uma massa de solo que possui 30 mg de carbono orgânico submetendo-se ao contato com 20 ml de NaOH 0,1 mol L^{-1} por um tempo de 24 h (EA). A separação entre o extrato alcalino (EA = FAF + FAH) e o resíduo foi feita por centrifugação a 5000 g por 30 minutos. Seguiu-se mais uma lavagem com a mesma solução anterior, juntando-se o extrato com o anteriormente obtido, resultando em volume final de aproximadamente 40 ml. O resíduo foi reservado para determinação da humina (Hum). O pH do extrato alcalino (EA) foi ajustado a 1,0 com H_2SO_4 20%, seguido de decantação por 18 h. O precipitado (FAH) foi separado da fração solúvel (FAF) por filtragem e ambos os volumes aferidos a 50 ml com água destilada.

A determinação quantitativa do carbono orgânico nas FAF e FAH foi feita usando-se alíquotas de 5,0 ml de extrato, 1,0 ml de dicromato de potássio 0,042 mol L^{-1} e 5,0 ml de H_2SO_4 concentrado, em bloco digestor a 150°C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,0125 mol L^{-1} . No resíduo, foi determinado o carbono orgânico na fração HUM, após secagem do material em estufa à 65°C (secagem completa) e adicionando 5,0 ml de dicromato de potássio 0,1667 mol L^{-1} e 10,0 ml de H_2SO_4 concentrado, em bloco digestor a 150°C (30 min) e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,25 mol L^{-1} (Yeomans & Bremner, 1988).

3.5 Índice de Manejo de Carbono

Para obtenção do IMC, necessita-se do índice de estoque de carbono (IEC), sendo este índice calculado a partir da relação entre o COT de cada área em relação ao COT da área tomada como referência (floresta secundária). A labilidade (L) da MOS foi determinada pela relação entre COP e COM e o índice de labilidade (IL) calculado pela relação entre a L de cada área e a L da área referência. O IMC de cada área foi obtido pela multiplicação entre o IEC e o IL vezes 100 (Blair et al., 1995).

A estimativa do IMC foi realizada com base na soma dos valores médios das profundidades analisadas e, como condição natural, o solo sob floresta utilizado como referência (IMC = 100).

Os resultados dos teores de carbono das frações físicas e propriedades químicas, obtidos para os diferentes tratamentos, foram submetidos ao teste de normalidade (Teste de Lilliefors) e à análise de variância com aplicação do teste F.

Diekow (2003) demonstrou ser possível a utilização dos estoques de MOP para o cálculo do IMC, considerando que a fração particulada da MOS fosse proporcional à fração lábil. Desta forma, o cálculo do “IMC” é realizado pela seguinte expressão:

$$\text{IMC} = \text{IEC} \times \text{IL} \times 100$$

Onde, IEC = índice de estoque de carbono e IL = índice de labilidade. O “IEC” é calculado pela expressão apresentada a seguir:

$$\text{IEC} = C_t \text{ tratamento} / C_t \text{ referência}$$

Onde, C_t tratamento = estoque de COT no tratamento avaliado, C_t referência = estoque de COT num tratamento de referência, normalmente no solo sobre vegetação nativa. O “IL” é calculado da seguinte maneira:

$$\text{IL} = L \text{ tratamento} / L \text{ referência}$$

Onde, L tratamento = Labilidade da Mos no tratamento avaliado, L referência = Labilidade da MOS no tratamento de referência. O “L” é calculado pela expressão apresentada a seguir:

$$L = \text{EstMOP} / \text{EstMOM}$$

Onde, EstMOP = estoque de CO na fração particulada da MOS, EstMOM = estoque de CO na fração associada a minerais da MOS.

3.6 Decomposição de Resíduos Vegetais

Após a colheita da soja, foi realizada uma amostragem em oito pontos na área experimental, com o auxílio de um gabarito (quadrado metálico de 1 m²), lançado aleatoriamente, sendo coletado todo o material contido na área delimitada por este gabarito. O material foi seco a 65 °C por 72 h em estufa de circulação forçada de ar, e posteriormente pesado para a determinação da produção de massa seca.

Para avaliar a decomposição e liberação de nutrientes, utilizou-se o método das bolsas de decomposição (*litter bags*) (Silva et al., 1997; Espíndola et al., 1998). As bolsas de

decomposição foram confeccionadas com nylon com malha 2 mm de abertura, e área interna de 0,04 m². Em cada bolsa foram acondicionados 20 g das plantas de cobertura (soja + braquiária e soja + sorgo). As bolsas foram distribuídas uniformemente em cada área experimental. A primeira avaliação foi conduzida no período seco, sendo as bolsas colocadas no solo no final de março de 2007. As coletas foram realizadas aos 15, 30, 60, 90 e 120 dias. A segunda avaliação foi conduzida no período chuvoso, onde as bolsas de decomposição foram colocadas no solo em novembro de 2007, e as coletas foram realizadas aos 15, 45, 90 e 120 dias após a distribuição das bolsas de decomposição.

Após a coleta das sacolas, o material foi seco em estufa de circulação forçada (65 °C até peso constante), para a determinação da matéria seca remanescente. Após a pesagem o material foi triturado utilizando moinho tipo Willy sendo posteriormente determinado os teores de N-total, pelo método de Kjeldahl (Hildebrand, 1976), os teores de P e K segundo Tedesco et al. (1995).

Com os resultados obtidos e a partir da massa remanescente, foram determinadas as taxas de decomposição da biomassa e de liberação de nutrientes, utilizando-se o modelo matemático exponencial descrito por Thomas & Asakawa (1993):

$$C = C_0 \cdot e^{-kt}$$

Onde C é a quantidade de massa seca, ou nutrientes remanescentes, depois de um período de tempo t, em dias; C₀ refere-se à quantidade de massa seca no início da decomposição; k é a constante de decomposição.

O tempo de meia vida (T^{1/2}), tempo necessário para que 50% da massa seja decomposta, foi calculado a partir dos valores k do modelo matemático onde:

$$T^{1/2} = \ln 0,5/k$$

3.7 Análises Estatísticas

A amostragem realizada foi representativa da área, sendo dois sistemas de cultivos, cinco profundidades e vinte e quatro repetições. Foi realizada análise estatística entre os tratamentos e também entre as coletas.

Para os dados das propriedades químicas e físicas do solo, em cada profundidade foi feita uma avaliação da normalidade dos dados pelo teste de Lilliefors, homogeneidade das variâncias dos erros pelo teste de Cochran & Bartlett. Posteriormente, os resultados foram submetidos à análise de variância com a aplicação do teste F, com o auxílio do programa estatístico SAEG versão 9.0 (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – UFV).

Também se realizou a análise de componentes principais (ACP), visando uma melhor observação do padrão dos solos em função da matéria orgânica, utilizando o programa XL Stat e análise de correlação de de Pearson pelo programa Excel (Microsoft).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aporte e Decomposição dos Resíduos Vegetais

A produção de biomassa seca na área onde se utiliza a braquiária como planta de cobertura foi estatisticamente superior à área de sorgo (Figura 5). Estudando os atributos edáficos em áreas de pastagem plantada no noroeste Fluminense, Cordeiro (2006) verificou valores de biomassa seca de braquiária de $3,2 \text{ Mg ha}^{-1}$, já Kliemann et al. (2006) avaliando as taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho em SPD no município de Santo Antônio de Goiás, verificaram rendimento de palhada de $12,42 \text{ Mg ha}^{-1}$ para braquiária e de $6,75 \text{ Mg ha}^{-1}$ para sorgo. Os resultados encontrados por esses autores foram superiores aos observados nesse estudo.

Nos dois sistemas de manejo, a cinética do processo de decomposição dos resíduos culturais apresentou um padrão semelhante, com uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta (Figura 6). Resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo foram relatados por Aita et al. (2003) e Torres et al. (2005) ao estudarem a decomposição e a liberação de N de resíduos culturais de plantas de cobertura consorciadas e solteiras, na região sul do Brasil e na região do cerrado.

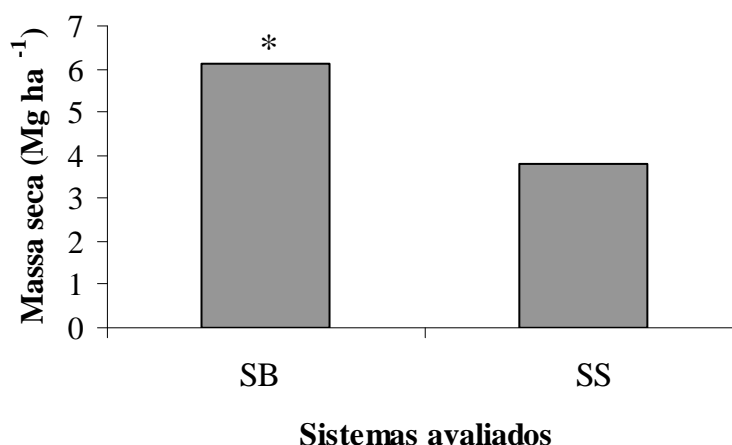


Figura 5. Produção de massa seca (Mg ha^{-1}) nos sistemas avaliados. *Média significativa pelo teste F 5% de probabilidade.

Os valores de $T^{1/2}$ da matéria seca foram de 154 e 258 dias para braquiária e sorgo, respectivamente, no período seco e de 99 e 119 dias no período chuvoso (Tabela 1). A braquiária apresentou menores valores de meia vida quando comparada ao sorgo. Este padrão pode ser atribuído provavelmente, a grande quantidade de biomassa acumulada na área de braquiária, que favorece maiores teores de umidade no solo e a atividade microbiana, além da menor relação C/N da braquiária quando comparada ao sorgo. Essa combinação de fatores acelera o processo de decomposição dos resíduos.

Em estudos de decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais em áreas de cultivo de soja, Torres et al. (2005) encontraram valores de $T^{1/2}$ para braquiária de 60 dias, e 169 dias para sorgo, inferiores aos encontrados nesse estudo e verificaram uma relação C/N de 16,1 para a braquiária, e de 24,3 para o sorgo.

Esses resultados mostram a grande importância do uso de gramíneas para a formação de palhada no Cerrado brasileiro, pois mesmo em condições de altas temperaturas e umidade, o material apresenta alto valor de $T^{1/2}$. Dessa forma, a palhada permanece no solo, fornecendo proteção física, umidade e contribuindo para o aumento dos teores de carbono orgânico no solo. Ao avaliar a decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura na região Noroeste Fluminense, Rodrigues et al. (2007) verificaram valores de $T^{1/2}$ vida de massa seca remanescente de 115 dias para a braquiária e de 52 dias para feijão de porco, ressaltando a importância da gramínea na manutenção da palhada no solo.

Nos dois sistemas de manejo, a cinética do processo de decomposição dos resíduos culturais apresentou um padrão semelhante, com uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta (Figura 6). Resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo foram relatados por Aita et al. (2003) e Torres et al. (2005) ao estudarem a decomposição e a liberação de N de resíduos culturais de plantas de cobertura consorciadas e solteiras, na região sul do Brasil e na região do cerrado.

Tabela 1. Parâmetros dos modelos ajustados aos valores de massa seca, nitrogênio, fósforo e potássio remanescentes, tempo de meia vida ($T^{1/2}$) de cada compartimento e valores de r^2 de cada sistema.

| Sistemas | $K^{(1)}$ | | $T^{1/2(2)}$ | | r^2 | |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | 1º avaliação | 2º avaliação | 1º avaliação | 2º avaliação | 1º avaliação | 2º avaliação |
| Massa seca | | | | | | |
| SB | 0,00449** | 0,00700* | 154 | 99 | 0,96* | 0,98** |
| SS | 0,00268** | 0,00580* | 258 | 119 | 0,99* | 0,96* |
| N | | | | | | |
| SB | 0,0200** | 0,0225* | 35 | 31 | 0,94* | 0,97** |
| SS | 0,0157** | 0,0160* | 45 | 43 | 0,98* | 0,96** |
| P | | | | | | |
| SB | 0,19** | 0,2568** | 4 | 3 | 0,99* | 0,99** |
| SS | 0,2212** | 0,2885* | 3 | 3 | 0,99* | 0,99** |
| K | | | | | | |
| SB | 0,1185** | 0,1695** | 6 | 4 | 0,99* | 0,99** |
| SS | 0,1444** | 0,2562** | 5 | 3 | 0,99* | 0,99** |

⁽¹⁾ Constante de decomposição; ⁽²⁾ Tempo de meia vida. * e ** significativos a 5 e 1% pelo teste de Tukey. SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; (B) SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha.

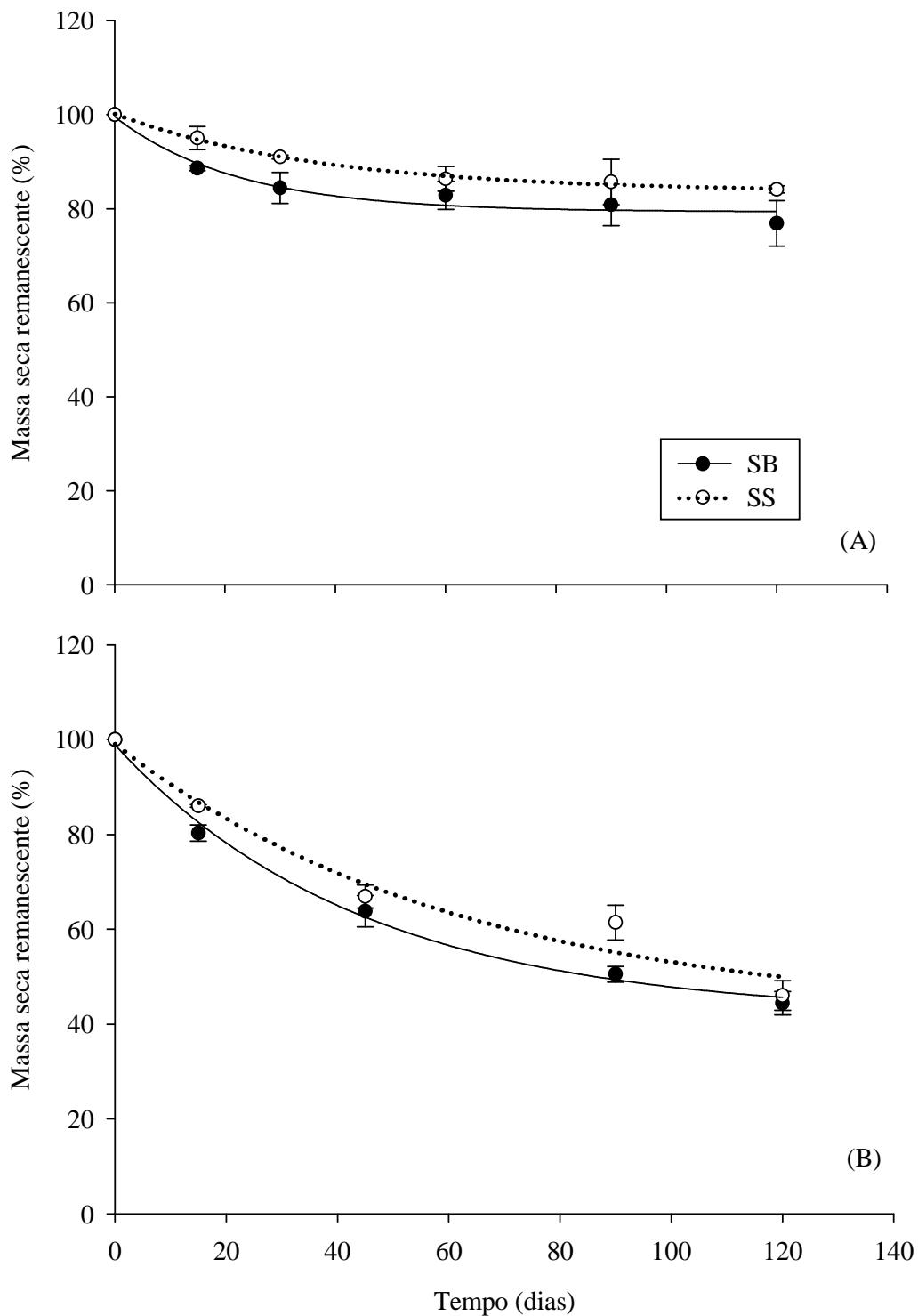


Figura 6. Massa seca remanescente dos resíduos de plantas de cobertura em dois sistemas avaliados, em avaliações realizadas no campo até 120 dias após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo. Acondicionamento das sacolas de decomposição em março de 2007 (A). Acondicionamento das sacolas de decomposição em novembro de 2007 (B).

Os conteúdos de N, P e K remanescentes nos resíduos vegetais, apresentaram o mesmo padrão observado para a massa seca, com uma fase inicial rápida seguida de outra mais lenta (Figuras 7, 8 e 9). A variação da liberação de N, P e K apresentaram o mesmo padrão nas duas épocas avaliadas.

Ao estudar a decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais na região do cerrado brasileiro, Torres et al. (2005) verificaram que os valores $T^{1/2}$ de mineralização do N de 47 dias para braquiária, e 141 dias para sorgo. Esses $T^{1/2}$ são superiores aos encontrados nesse estudo. Já em estudos de decomposição e liberação de nutrientes de plantas de cobertura na região Noroeste Fluminense, Rodrigues et al. (2007) verificaram $T^{1/2}$ de N, P e K para braquiária adubada de 131, 112 e 21 dias respectivamente.

A rápida liberação de P no período inicial da decomposição está ligada à perda de P solúvel em água acumulado nos vacúolos dos tecidos vegetais (Buchanan & King, 1993). Essa rápida liberação pode contribuir para aumentar a eficiência do P, diminuindo sua imobilização microbiana, e sua fixação pelos óxidos de ferro (Frossard et al., 1995). Para o K, a liberação ocorrida nos primeiros dias é corroborada pelos resultados de Da Ros (1993), Moreira (2003) e Giacomini et al. (2003), e pode ser atribuída ao fato de o K não estar associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal das plantas e a mineralização não ser um pré-requisito para sua liberação (Costa et al., 2005).

Vale ressaltar que em regiões tropicais é muito importante a manutenção dos resíduos culturais no solo, não só com o objetivo de sincronizar a oferta de nutrientes pelas plantas de cobertura com a demanda pelas culturas comerciais, mas para a manutenção da umidade e da proteção física contra a erosão (Derpsch et al., 1985; Calegari et al., 1993; Santos et al., 2007).

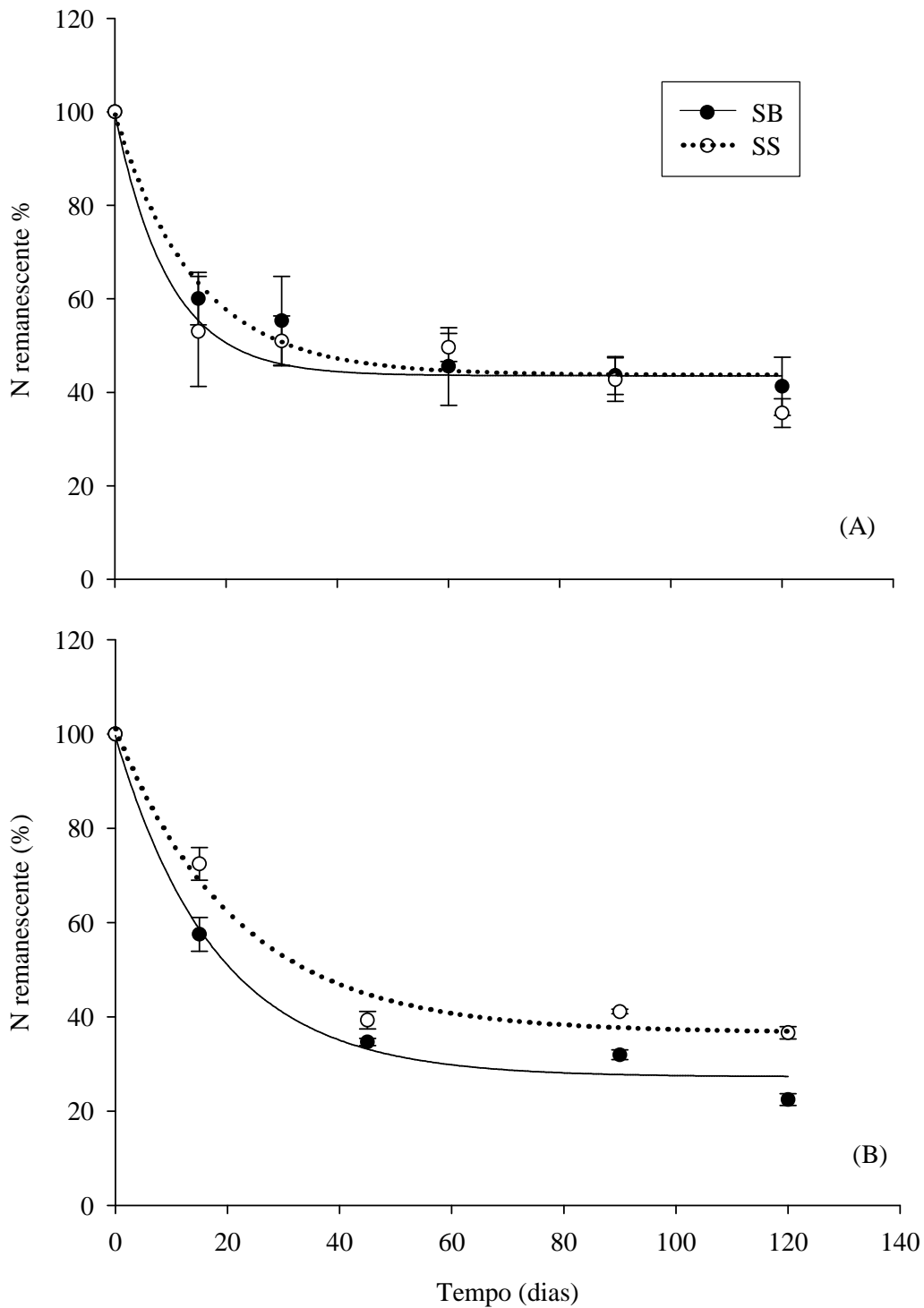


Figura 7. Nitrogênio remanescente dos resíduos de plantas de cobertura em dois sistemas avaliados, em avaliações realizadas no campo até 120 dias após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo. Acondicionamento das sacolas de decomposição em março de 2007 (A). Acondicionamento das sacolas de decomposição em novembro de 2007 (B).

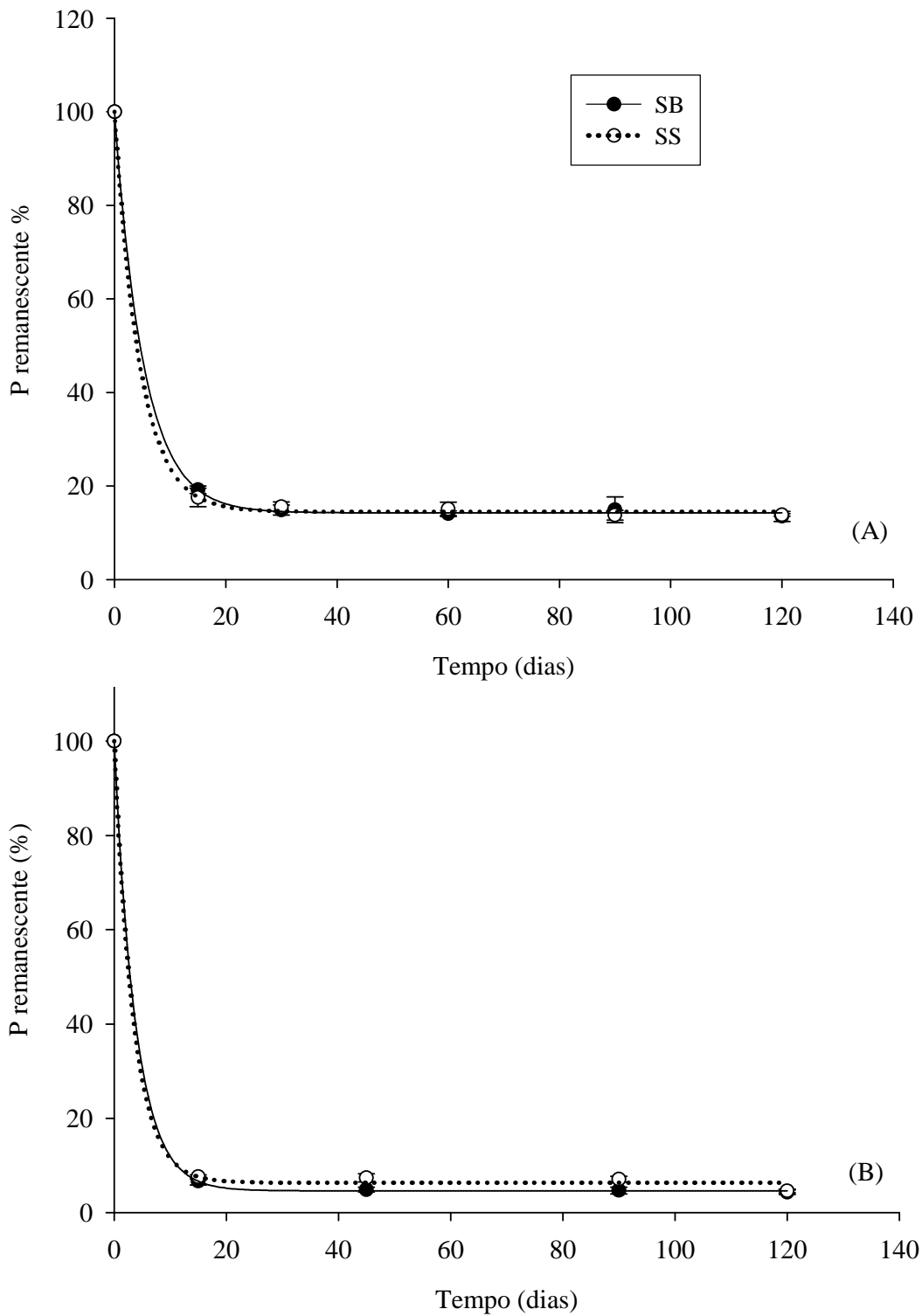


Figura 8. Fósforo remanescente dos resíduos de plantas de cobertura em dois sistemas avaliados, em avaliações realizadas no campo até 120 dias após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo. Acondicionamento das sacolas de decomposição em março de 2007 (A). Acondicionamento das sacolas de decomposição em novembro de 2007 (B).

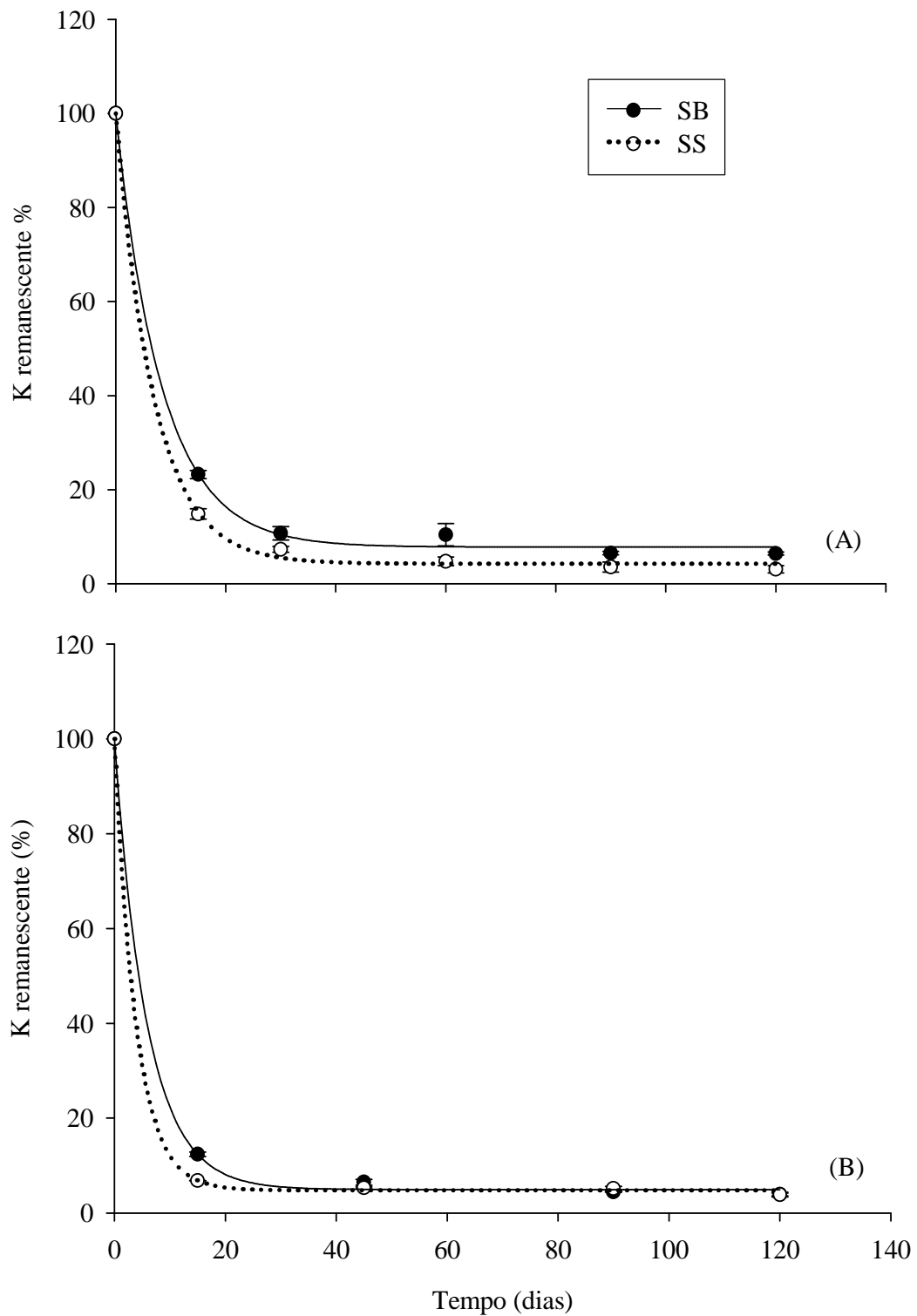


Figura 9. Potássio remanescente dos resíduos de plantas de cobertura em dois sistemas avaliados, em avaliações realizadas no campo até 120 dias após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo. Acondicionamento das sacolas de decomposição em março de 2007 (A). Acondicionamento das sacolas de decomposição em novembro de 2007 (B).

4.2 Caracterização da Composição Granulométrica do Solo

Através da análise granulométrica verificou-se uma diferença na composição textural em relação aos teores de argila das áreas estudadas (Figura 10), a área SB foi classificada como de textura muito argilosa e a área SS como de textura argilosa.

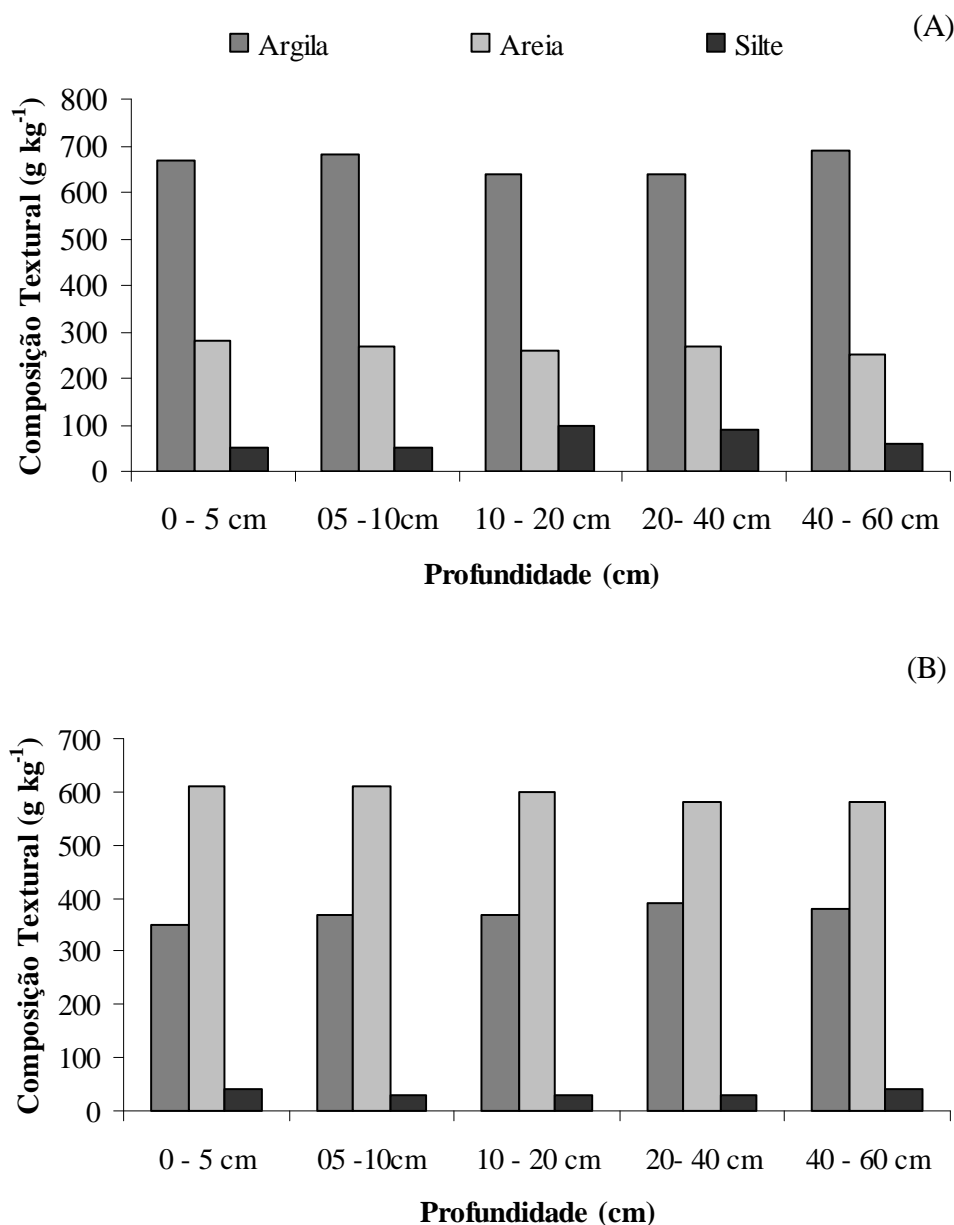


Figura 10. Composição textural do solo nas profundidades e nas diferentes áreas estudadas. (A) SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; (B) SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha.

4.3 Propriedades Químicas do Solo

Na Tabela 2 são apresentados os valores médios de pH, nutrientes, H+Al, Al e Na, valor S, T e V % nos sistemas avaliados.

Tabela 2. Propriedades químicas do solo nos sistemas avaliados.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | | | | | | |
|---|------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 1ª coleta (março 2007) | | | | | 2ª coleta (outubro de 2007) | | | | |
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 20 - 40 | 40 - 60 | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 20 - 40 | 40 - 60 |
| Ca+Mg (cmol_c dm⁻³) | | | | | | | | | | |
| SB | 5,12 | 2,16 | 1,76 | 1,38 | 1,44 | 5,27 | 3,1 | 2,34 | 1,62 | 1,64 |
| SS | 4,67 | 2,80 | 2,22 | 1,60 | 1,37 | 4,18 | 2,65 | 2,13 | 1,98 | 1,63 |
| Ca (cmol_c dm⁻³) | | | | | | | | | | |
| SB | 3,25 | 1,26 | 1,03 | 0,80 | 0,75 | 2,95 | 1,66 | 1,02 | 0,61 | 0,62 |
| SS | 2,80 | 1,42 | 1,19 | 0,88 | 0,67 | 2,24 | 1,21 | 0,89 | 0,81 | 0,54 |
| Al (cmol_c dm⁻³) | | | | | | | | | | |
| SB | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,27 | 0,34 | 0,27 | 0,12 |
| SS | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,10 | 0,19 | 0,14 | 0,07 |
| H+Al (cmol_c dm⁻³) | | | | | | | | | | |
| SB | 3,29 | 4,51 | 4,29 | 3,14 | 2,47 | 2,63 | 3,03 | 2,84 | 2,23 | 1,68 |
| SS | 2,63 | 3,03 | 2,84 | 2,23 | 1,68 | 1,75 | 2,00 | 2,01 | 1,85 | 1,62 |
| pH (H₂O) | | | | | | | | | | |
| SB | 5,89 | 5,29 | 5,17 | 5,03 | 5,10 | 5,42 | 5,04 | 5,06 | 4,95 | 5,10 |
| SS | 5,88 | 5,48 | 5,44 | 5,38 | 5,06 | 5,40 | 4,80 | 4,93 | 5,15 | 5,15 |
| P (mg kg⁻¹) | | | | | | | | | | |
| SB | 3,46 | 5,57 | 1,89 | 0,41 | 0,44 | 6,44 | 5,77 | 3,23 | 0,54 | 1,73 |
| SS | 3,14 | 3,26 | 1,49 | 0,34 | 0,28 | 4,04 | 4,57 | 1,85 | 0,60 | 1,28 |
| K (cmol_c dm⁻³) | | | | | | | | | | |
| SB | 1,05 | 0,42 | 0,24 | 0,18 | 0,14 | 0,11 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| SS | 0,46 | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,07 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| Na (cmol_c dm⁻³) | | | | | | | | | | |
| SB | 0,09 | 0,09 | 0,11 | 0,12 | 0,11 | 0,2 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| SS | 0,04 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,10 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Valor S (cmol_c dm⁻³) | | | | | | | | | | |
| SB | 6,17 | 2,58 | 2,00 | 1,56 | 1,58 | 5,38 | 3,12 | 2,35 | 1,63 | 1,64 |
| SS | 5,13 | 2,99 | 2,38 | 1,74 | 1,49 | 4,25 | 2,66 | 2,14 | 1,99 | 1,63 |
| Valor T (cmol_c dm⁻³) | | | | | | | | | | |
| SB | 9,46 | 7,09 | 6,29 | 4,70 | 4,05 | 8,01 | 6,15 | 5,19 | 3,86 | 3,32 |
| SS | 7,76 | 6,02 | 5,22 | 3,97 | 3,17 | 6,00 | 4,66 | 4,15 | 3,84 | 3,25 |
| Valor V % | | | | | | | | | | |
| SB | 65 | 36 | 31 | 33 | 39 | 67 | 50 | 45 | 42 | 49 |
| SS | 66 | 49 | 45 | 43 | 47 | 70 | 57 | 51 | 51 | 50 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; (B) SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha.

Em geral, o sistema SB apresentou melhores resultados de fertilidade. Nos dois sistemas houve diminuição da fertilidade na segunda coleta, ocasionada pela extração das culturas. Por se tratar de uma fazenda comercial, que recebe adubação de plantio a cada safra,

não houve homogeneidade dos dados de fertilidade, dessa forma não foi realizada análise estatística. Esses resultados foram usados para caracterização das áreas de estudo.

Em relação às propriedades químicas do solo, verificaram-se valores de pH entre 4,80 e 5,89 nos sistemas avaliados em todas as profundidades (Tabela 2). Diferindo do observado por Ciotta et al. (2002), que verificaram grande redução dos teores de Ca resultantes da diminuição do efeito residual da calagem nas camadas superficiais, não foi constatada a ocorrência de acidificação severa nas áreas estudadas.

Os maiores valores de Ca+Mg foram verificados na camada de 0-5 cm nos dois sistemas, decrescendo em profundidade, sendo este padrão também observado para o Ca. As áreas onde ocorrem cultivos comerciais apresentam boa disponibilidade desses nutrientes, principalmente na camada superficial. Isto ocorre devido ao uso de calcário que promove o suprimento desse elemento, além de realizar a correção de acidez (Raij et al., 1997). Estudos realizados com aplicação de diferentes doses de calcário em superfície no sistema de plantio direto (SPD) em Latossolo vermelho distrófico com textura média mostraram que a correção da acidez ocorreu tanto em superfície (0-20 cm) quanto em camadas mais profundas (20-40 cm) (Caires et al., 1999).

Houve um aumento nos teores de Al^{+3} na segunda coleta, principalmente nas camadas de 5-10, 10-20 e 20-40 cm, acompanhando uma redução do pH nas áreas estudadas. Esse padrão pode ser explicado pelo fato de ocorrer uma acidificação natural do solo, principalmente na região radicular, coincidindo com o período que o solo ficou em repouso antes do seu preparo para o cultivo da safra 2007/2008 de soja.

O teor de fósforo disponível no solo apresentou valores similares aos comumente encontrados para Latossolos na região do Cerrado, semelhantes aos teores obtidos por diversos autores em solos dessa região (Freitas et al., 2000; Santos et al., 2005; Fontana et al., 2006). Os valores de P disponível em todas as profundidades variaram de 5,57 a 0,41 ($mg\ kg^{-1}$) em SB e de 3,26 a 0,28 ($mg\ kg^{-1}$) em SS (Tabela 2). Os baixos valores de P podem ser decorrentes da adsorção desse elemento promovida pelos óxidos de ferro presentes no perfil, ou pela extração e remoção pelas culturas.

Em Latossolos brasileiros normalmente não se verificam condições de deficiência de K, salvo em locais de alta exploração agrícola, onde grandes quantidades desse elemento são exportadas pelas culturas (Siqueira Neto, 2006).

4.4 Avaliação da Matéria Orgânica do Solo

4.4.1 Carbono orgânico Total (COT)

Os maiores valores de COT da 1ª coleta foram verificados em todas as profundidades no SPD com braquiária (SB) em relação ao SPD com sorgo (SS), valores variando de 11,5 a 24,9 $g\ kg^{-1}$ no sistema SB e de 10,9 a 24,3 $g\ kg^{-1}$ no SS (Tabela 3). Os maiores valores foram verificados na camada de 0-5 cm nos dois sistemas avaliados, apresentando redução dos teores do COT em profundidade (Figura 11). Este comportamento demonstra a importância e a influência dos resíduos culturais deixados na superfície do solo. Os valores de COT entre sistemas de cultivo só diferiram significativamente na profundidade de 10-20 cm (Tabela 3).

Tabela 3. Carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (EstC) e densidade do solo (Ds) entre as coletas nos sistemas de manejo avaliados.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | |
|----------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 20 - 40 | 40 - 60 |
| 1ª Coleta (Março 2007) | | | | | |
| COT (g kg⁻¹) | | | | | |
| SB | 24,90 | 20,30 | 19,20* | 14,50 | 11,50 |
| SS | 24,30 | 20,10 | 17,70 | 13,60 | 10,90 |
| A. REF | 22,40 | 23,40 | 21,30 | 15,20 | 11,30 |
| EstC (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| SB | 13,77 | 11,75 | 22,50 | 33,26 | 26,01 |
| SS | 14,30 | 13,28* | 23,56 | 36,38* | 28,18* |
| A. REF | 14,16 | 16,19 | 29,14 | 39,38 | 32,53 |
| Ds (kg dm⁻³) | | | | | |
| SB | 1,11 | 1,18 | 1,17 | 1,14 | 1,13 |
| SS | 1,18 | 1,32* | 1,33* | 1,34* | 1,29* |
| A. REF | 1,24 | 1,37 | 1,44 | 1,40 | 1,44 |
| 2ª coleta (Outubro 2007) | | | | | |
| COT (g kg⁻¹) | | | | | |
| SB | 21,90* | 19,50* | 17,90* | 14,80* | 12,40* |
| SS | 19,80 | 17,20 | 15,50 | 12,40 | 9,10 |
| A. REF | 22,40 | 23,40 | 21,30 | 15,20 | 11,30 |
| EstC (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| SB | 12,13 | 11,56 | 21,53* | 35,67* | 28,37* |
| SS | 11,99 | 11,39 | 20,37 | 33,14 | 23,46 |
| A. REF | 14,16 | 16,19 | 29,14 | 39,38 | 32,53 |
| Ds (Mg dm⁻³) | | | | | |
| SB | 1,11 | 1,19 | 1,21 | 1,20 | 1,14 |
| SS | 1,21* | 1,33* | 1,35* | 1,34* | 1,29* |
| A. REF | 1,24 | 1,37 | 1,44 | 1,40 | 1,44 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha. A.REF: área de referência. ^(*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

Nas demais profundidades não foram verificadas diferenças estatísticas, porém observa-se uma tendência de acúmulo no sistema SB. O mesmo padrão foi observado para a 2ª coleta, com valores de COT decrescendo em profundidade, variando de 12,4 a 21,9 g kg⁻¹ no sistema SB e de 9,1 a 19,8 g kg⁻¹ no sistema SS. Os valores de COT entre sistemas de plantio diferiram estatisticamente em todas as profundidades avaliadas (Tabela 3), com maiores médias no SB.

Os resultados encontrados foram superiores aos verificados por Souza & Alves (2003), que em trabalhos com solo de cerrado, no Mato Grosso do Sul, observaram valores de COT de 21,6 g kg⁻¹ em áreas de SPD (oito anos de implantação) e 21,2 g kg⁻¹ em sistemas de cultivo mínimo (oito anos de implantação). Os valores encontrados pelos autores diferem do observado para a área de pastagem de *B. decumbens*, com valores de carbono orgânico na ordem de 12,7 g kg⁻¹ (20 anos de implantação). Nesse mesmo trabalho, os autores observaram

que os sistemas de plantio direto e cultivo mínimo, além de propiciarem aumentos significativos no conteúdo de matéria orgânica, também aumentaram os teores de Ca, Mg, P, K, elevação do pH, maior CTC e soma de bases, e diminuição dos teores de Al, em relação ao plantio convencional.

Na 1ª coleta foi verificado um incremento de COT na profundidade de 0-5 cm nos dois sistemas avaliados em relação à área de referência (Tabela 4 e Figura 11), mostrando a eficiência do SPD em áreas de cerrado, onde a vegetação nativa não tem alto potencial de formação de serrapilheira. Para as demais profundidades, a área de referência apresentou maiores valores de carbono em comparação às demais. Na 2ª coleta não foi observado acúmulo de carbono em superfície. Para a profundidade de 40-60 cm, foi verificado um acréscimo de COT no sistema SB em relação à área de referência (Tabela 3).

Em estudos com Latossolos de Cerrado, Nascimento et al. (1993) verificaram efeitos diferentes aos encontrados nesse trabalho, com o aumento dos teores de COT, após o desmatamento e cultivo.

Ao estudar a taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho, após dez anos sob SPD, Tormena et al. (2004) verificaram maiores valores de carbono orgânico na camada superficial das áreas estudadas, confirmando que os sistemas utilizados proporcionaram aumento e/ou manutenção nos teores de carbono orgânico do solo, principalmente na camada de 0 - 10 cm de profundidade. D'Andrea et al. (2004) observaram valores médios de carbono orgânico para Latossolo Vermelho na região Cerrado variando de 14,5 a 16,5 g kg⁻¹, sendo estes inferiores aos observados nesse estudo.

Com relação à redução do COT em profundidade, diversos trabalhos têm reportado essa distribuição, com progressiva redução dos valores em profundidade, todavia, não sendo observada diferença significativa entre os sistemas utilizados (D'Andrea et al., 2004; Freitas et al., 2000; Freixo et al., 2002).

No sistema em que se utiliza a braquiária, os maiores valores de carbono orgânico nas profundidades avaliadas em comparação ao sistema que utiliza o sorgo, podem estar relacionados com o sistema radicular dessa planta, o qual, além de abundante e volumoso, apresenta contínua renovação o que contribui para uma elevada deposição de material orgânico (Reid et al., 1980).

Estudando os atributos edáficos de pastagens plantadas no noroeste do estado do Rio de Janeiro, Cordeiro (2006) verificou, na área de braquiária, um incremento de 46% de COT na profundidade de 0-10 cm e de 35,6% na profundidade de 10-30 cm no período de 2001 a 2005. Em estudos sobre estoque de carbono, nitrogênio e formas de nitrogênio mineral, em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo, no Município de Morrinhos, GO, D'Andréa et al. (2004) constataram que a pastagem, principalmente *B. decumbens*, é um sistema promissor em promover aumentos nos estoques de COT do solo em profundidade. Este padrão também pode ser verificado no SPD, desde que seja adotado um sistema de rotação de culturas.

Tabela 4. Carbono orgânico total (COT), estoque de carbono (EstC) e densidade do solo (Ds) de cada sistema de manejo avaliado, nas duas coletas.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | |
|----------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 20 - 40 | 40 - 60 |
| Soja - Braquiária (SB) | | | | | |
| COT (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 24,90* | 20,30 | 19,20* | 14,50 | 11,50 |
| 2 ^a coleta | 21,90 | 19,50 | 17,90 | 14,80 | 12,40* |
| A. REF | 22,40 | 23,40 | 21,30 | 15,20 | 11,30 |
| EstC (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 13,77* | 11,75 | 22,50 | 33,26 | 26,01 |
| 2 ^a coleta | 12,13 | 11,56 | 21,53 | 35,67 | 28,37* |
| A. REF | 14,16 | 16,19 | 29,14 | 39,38 | 32,53 |
| Ds (Mg dm⁻³) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 1,11 | 1,18 | 1,17 | 1,14 | 1,13 |
| 2 ^a coleta | 1,11 | 1,19 | 1,21* | 1,20* | 1,14 |
| A. REF | 1,24 | 1,37 | 1,44 | 1,40 | 1,44 |
| Soja - Sorgo (SS) | | | | | |
| COT (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 24,30* | 20,10* | 17,70* | 13,50* | 10,90* |
| 2 ^a coleta | 19,80 | 17,20 | 15,50 | 12,40 | 9,10 |
| A. REF | 22,40 | 23,40 | 21,30 | 15,20 | 11,30 |
| EstC (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 14,29* | 13,28* | 23,56* | 36,38* | 28,18* |
| 2 ^a coleta | 11,99 | 11,39 | 20,37 | 33,14 | 23,46 |
| A. REF | 14,16 | 16,19 | 29,14 | 39,38 | 32,53 |
| Ds (Mg dm⁻³) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 1,18 | 1,32 | 1,33 | 1,34 | 1,29 |
| 2 ^a coleta | 1,21 | 1,33 | 1,35 | 1,34 | 1,29 |
| A. REF | 1,24 | 1,37 | 1,44 | 1,40 | 1,44 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha. A.REF: área de referência. (*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

Os menores valores médios de densidade do solo (Ds) foram encontrados nas camadas mais superficiais nos dois sistemas avaliados, decorrente da constante adição de matéria orgânica e do menor revolvimento do solo em SPD quando comparado ao sistema convencional. Os dois sistemas avaliados apresentaram valores médios de Ds variando de 1,10 a 1,35 Mg dm⁻³ (Tabela 4), sendo os maiores valores sempre encontrados no sistema SS, independentes da coleta.

A densidade do solo média nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm foi maior ou igual às camadas superiores e inferiores, independente do sistema analisado. Em Rondônia num Latossolo Amarelo foram verificados valores superiores a estes (1,3 a 1,6 Mg dm⁻³) para as mesmas camadas de solo, em pastagens com idades de 3 a 20 anos de implantação (Moraes et

al., 1996). Na região de Brasília num Latossolo Vermelho foi encontrada para a camada de 0-20 cm, uma densidade de $0,94 \text{ Mg dm}^{-3}$ (Corazza et al., 1999).

Em estudos de COT em Latossolos sob diferentes sistemas de manejo Freitas et al. (2000) constataram D_s médias variando de 1,10 a $1,32 \text{ Mg dm}^{-3}$, e também verificaram maior D_s na camada de 10-20 cm quando comparadas às outras profundidades.

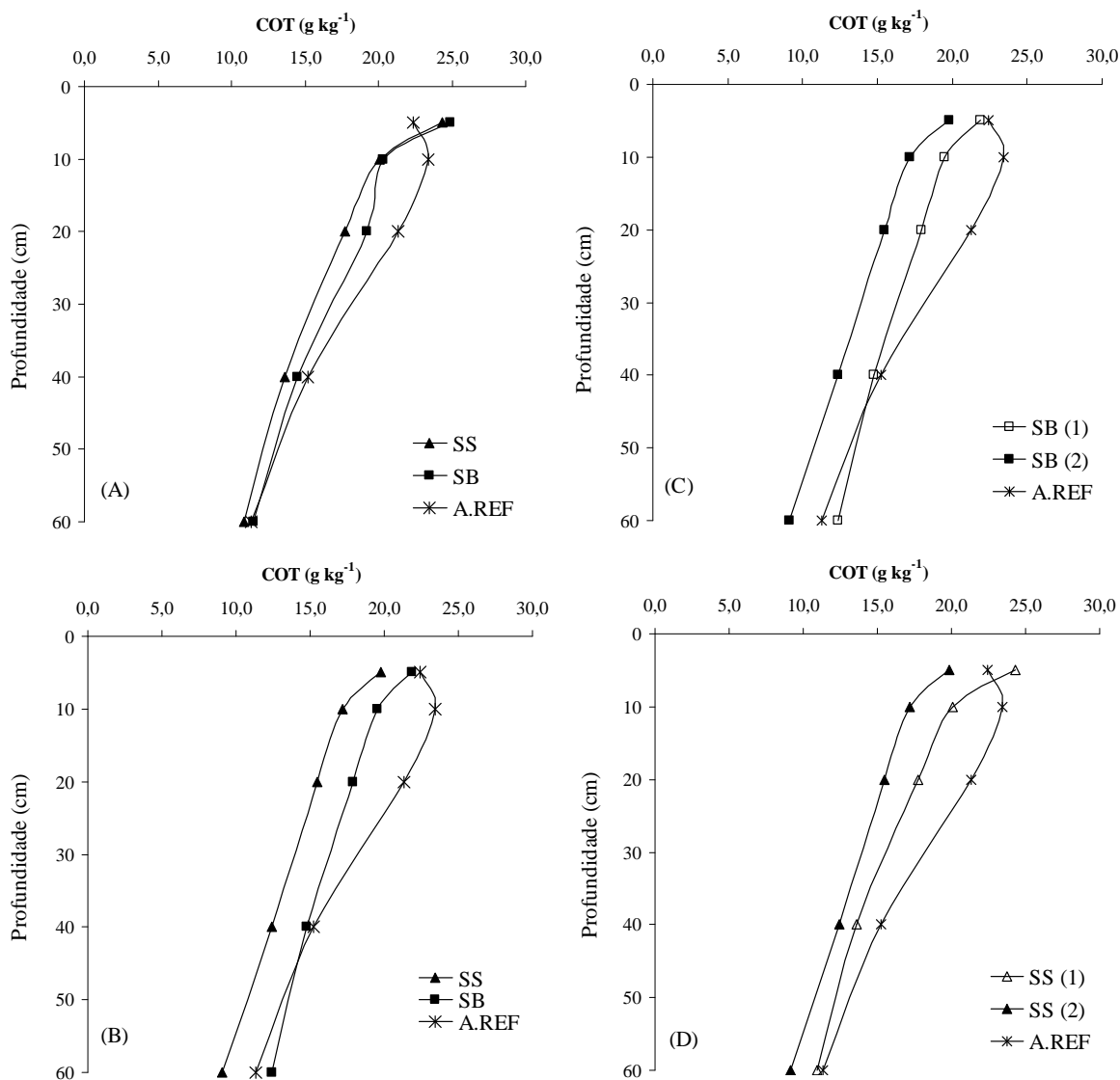


Figura 11. Carbono orgânico total (COT) em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. REF). (A) e (B) demonstram o comportamento de COT em profundidade entre os sistemas avaliados na 1ª e 2ª coletas respectivamente; (C) e (D) demonstram o comportamento de COT em profundidade de cada sistema nas duas coletas.

Os resultados de D_s evidenciam a presença de uma camada subsuperficial naturalmente mais compactada, de acordo com observações morfológicas dos perfis da região, pela exploração intensiva e inadequada do solo (Blancaneaux et al., 1993).

Valores de D_s considerados críticos ao desenvolvimento de culturas comerciais segundo Reinert & Reichert (2001) são: a) para solos com horizontes de textura argilosa, com

mais de 550 g kg⁻¹ de argila, Ds = 1,45 Mg dm⁻³; b) para solos com horizontes de textura média, com argila de 200 a 550 g kg⁻¹, Ds = 1,55 Mg dm⁻³; c) para solos com textura arenosa, com menos de 200 g kg⁻¹ de argila, Ds = 1,65 Mg dm⁻³. As áreas estudadas nesse trabalho possuem argila variando de 350 a 700 g kg⁻¹ (Figura 10) e a maior Ds encontrada foi para área de 1,35 Mg dm⁻³ na profundidade de 10-20 cm para o sistema SS na 2ª coleta. Dessa forma, os valores de Ds encontrados nesse estudo não restringem o desenvolvimento do sistema radicular da maioria das culturas comerciais.

Os maiores valores de EstC na 1ª coleta foram encontradas no sistema SS em relação ao sistema SB. Os valores de EstC variaram de 11,75 a 33,26 g kg⁻¹ no sistema SB e de 13,28 a 36,38 g kg⁻¹ no sistema SS. Os valores diferiram significativamente entre os sistemas de manejo nas camadas de 5-10, 20-40 e 40-60 cm (Tabela 3).

A Figura 12 mostra a distribuição dos EstC em profundidade. Para melhor visualização foi feita uma padronização nas espessuras, pois a equação utilizada para calcular os estoques não leva em consideração essa padronização.

Comportamentos desta natureza têm sido reportados em outros trabalhos, atribuindo-se os maiores estoques de carbono ao efeito das maiores de Ds, nas áreas sob plantio convencional em relação às áreas com pastagens (Corazza et al., 1999; Freitas et al., 2000).

Na 2ª coleta houve um maior incremento de EstC no sistema SB, com valores diferindo estatisticamente nas profundidades de 10-20, 20-40, 40-60 cm, que coincide com um aumento da Ds do solo nesse sistema e nessas profundidades. Entre os tratamentos, os valores de EstC seguiram a mesma tendência do COT, sendo os maiores valores verificados na 1ª coleta, somente na profundidade de 40-60 cm, o sistema SB apresentou teores superiores na 2ª coleta.

Em estudos sobre estoques totais de COT e seus compartimentos em Argissolo sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica, Leite et al. (2003) verificaram que todos os sistemas que utilizavam somente adubação mineral contribuíram para maiores reduções dos teores de COT na camada de 0-10 cm e um aumento na camada de 10-20 cm em relação à área de Floresta Atlântica. No entanto, os sistemas que utilizaram adubação orgânica mostraram-se mais eficientes em preservar os estoques de COT.

Em estudos de estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de manejo no município de Lavras – MG, Rangel & Silva (2007) verificaram, que com exceção da profundidade de 0-10 cm, o sistema de pastagem com *Brachiaria decumbens* apresentou valores de estoque de carbono semelhantes a área de mata nativa, com valores numericamente superiores nas camadas 10-20, 20-40 e 0-40 cm.

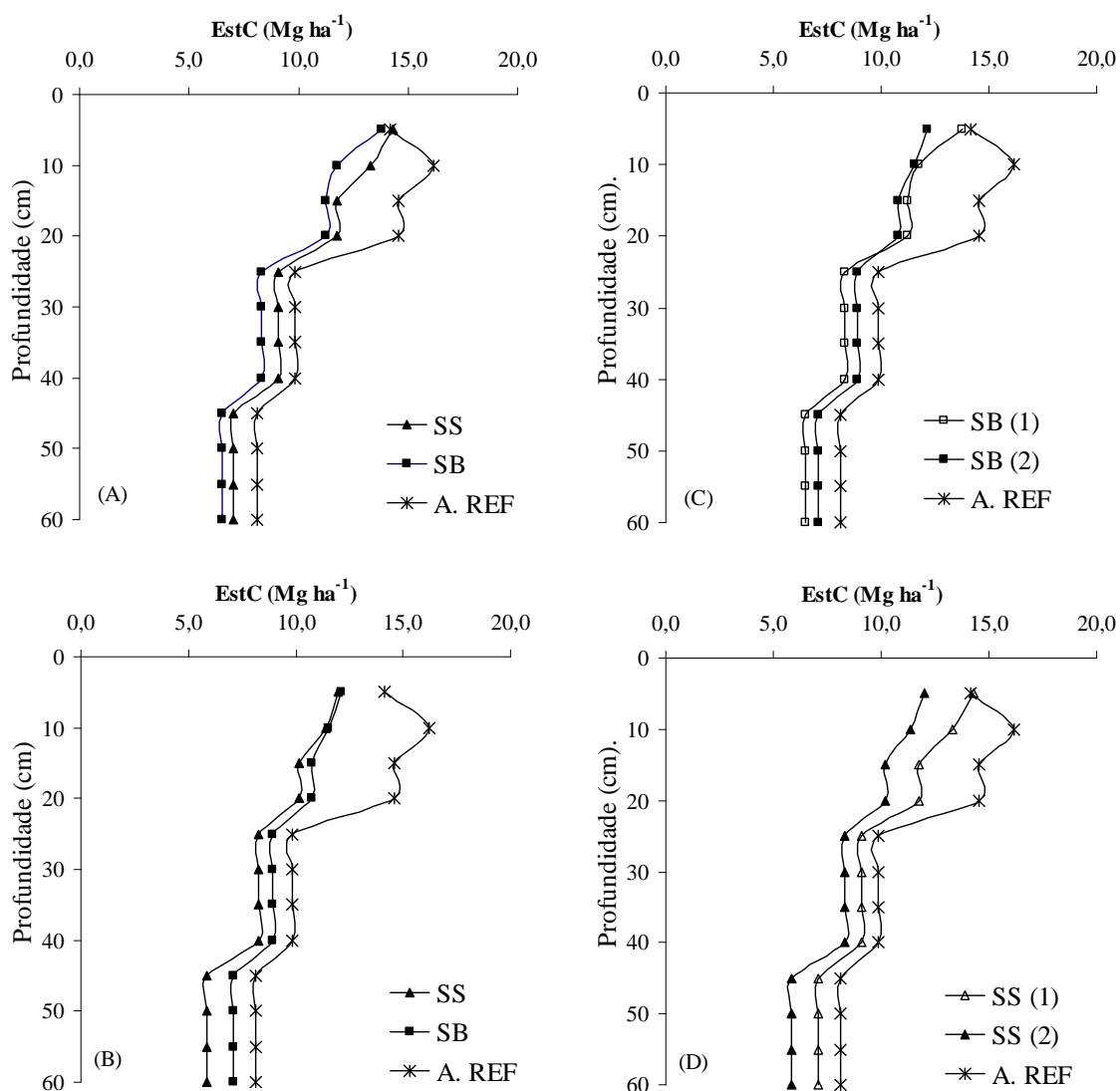


Figura 12. Estoque de Carbono (EstC) em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. REF). (A) e (B) demonstram o comportamento de EstC em profundidade entre os sistemas avaliados na 1ª e 2ª coletas respectivamente; (C) e (D) demonstram o comportamento de COT em profundidade de cada sistema nas duas coletas.

Mais informativo que os valores absolutos dos EstC, foi a variação destes em relação a área de referência, sendo esses valores uma estimativa do incremento ou da redução dos estoques de carbono no solo. Para verificar as tendências de EstC em relação à área de referência, já que as profundidades estudadas apresentam diferentes espessuras, foi feita uma estimativa dessa variação nos estoques por centímetro de profundidade (Figura 13).

Somente na profundidade de 0-5 cm no sistema SS foram verificados valores negativos para ΔEstC . Esses resultados em áreas de SPD devem-se ao eficiente incremento de material vegetal, além de uma rotação de culturas mais diversificada, promovendo maior desenvolvimento do sistema radicular e facilitando o acúmulo de carbono em profundidade. Valores positivos em áreas de pastagens de braquiária foram observados por D`Andréa et al.

(2004) em todas as profundidades avaliadas. Os autores consideram a pastagem eficiente na manutenção dos teores de COT, mesmo em situação de plantio convencional.

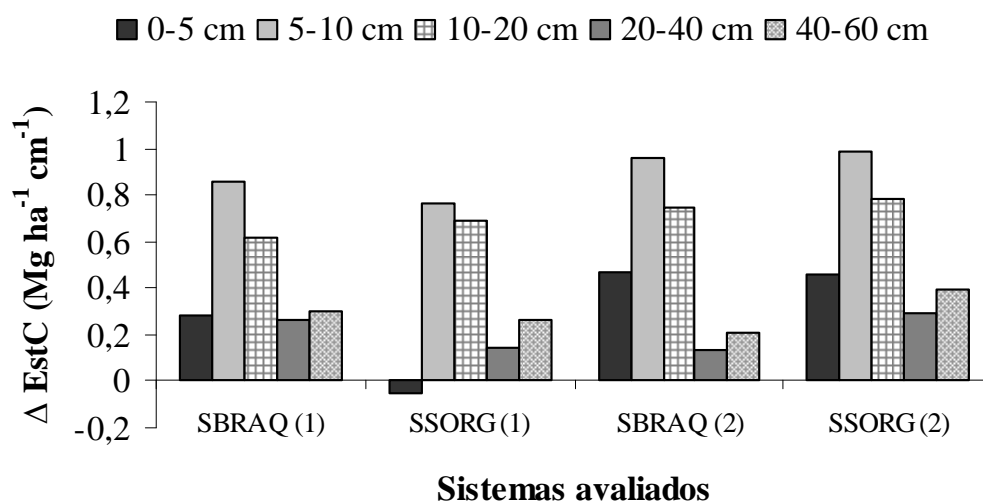


Figura 13. Variação do estoque de carbono (ΔEstC), em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. REF).

Estudando estoques de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagens e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste de Minas Gerais, Neves et al. (2004) verificaram que todos os sistemas estudados tenderam a apresentar valores negativos, isto é, desempenhando um papel de emissores de C-CO₂, quando comparados ao sistema de cerrado nativo.

4.4.2 Fracionamento Granulométrico da MOS

Quanto ao fracionamento granulométrico da matéria orgânica, verifica-se que a matéria orgânica particulada (MOP) mostrou-se mais eficiente para evidenciar as diferenças entre os sistemas avaliados (Tabela 5 e Figura 14). Os valores da fração particulada diferiram estatisticamente entre os sistemas avaliados em todas as profundidades e nas duas coletas realizadas, com valores variando de 9,10 a 15,60 g kg⁻¹ no sistema SB e de 4,90 a 10,30 g kg⁻¹ no sistema SS na 1ª coleta e 8,30 a 14,50 g kg⁻¹ e 3,90 a 8,90 g kg⁻¹ na 2ª coleta, respectivamente. Os maiores valores foram encontrados na camada de 0-5 cm de profundidade nos dois sistemas, e apresentaram o mesmo padrão, diminuindo em profundidade. No SB houve um incremento na camada de 10-20 cm, que pode ser atribuído às raízes da braquiária se concentrarem nessa profundidade, já que a MOP está diretamente relacionada ao material vegetal recentemente adicionado ao solo.

Na fração MOP (Tabela 5 e Figura 14), as mudanças promovidas pelos diferentes tipos de manejos são mais evidentes quando comparadas ao COT nas profundidades 0-5 e 5-10 cm, pois não foram verificadas diferenças estatísticas entre os sistemas de manejo para estas profundidades (Tabela 3). Essa característica de acúmulo de carbono na fração particulada está intimamente relacionada ao aporte de resíduos na superfície do solo. Em SPD, os teores de MOP são mais de 75% dependentes do C adicionado pelos resíduos vegetais nas camadas de 0-2,5 cm e mais de 50% na camada 2,5-5,0 cm (Sá et al., 2001).

Tabela 5. Fracionamento granulométrico da MOS entre as coletas nos sistemas de manejo avaliados.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|---------|---------|--------------------------|---------|---------|
| | 1ª coleta (março 2007) | | | 2ª coleta (outubro 2007) | | |
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 |
| | MOP (g kg⁻¹) | | | | | |
| SB | 15,60* | 10,60* | 9,10* | 14,50* | 10,10* | 8,30* |
| SS | 10,30 | 6,10 | 4,90 | 8,90 | 4,80 | 3,90 |
| A. REF | 11,80 | 5,80 | 2,50 | 11,80 | 5,80 | 2,50 |
| | MOM (g kg⁻¹) | | | | | |
| SB | 9,40 | 9,70 | 10,10 | 7,40 | 9,40 | 9,60 |
| SS | 14,10* | 14,40* | 12,80* | 10,90* | 12,30* | 11,50* |
| A. REF | 10,70 | 17,60 | 17,10 | 10,70 | 17,60 | 17,10 |
| | EstMOP (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| SB | 8,65* | 6,24* | 10,66* | 7,97* | 6,01* | 10,00* |
| SS | 6,04 | 4,06 | 6,54 | 5,36 | 3,23 | 5,33 |
| A. REF | 7,13 | 3,93 | 3,66 | 7,13 | 3,93 | 3,66 |
| | EstMOM (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| SB | 5,10 | 5,61 | 11,83 | 4,20 | 5,92 | 12,02 |
| SS | 8,26* | 9,54* | 17,02* | 6,46* | 8,18* | 15,55* |
| A. REF | 6,61 | 12,09 | 24,65 | 6,61 | 12,09 | 24,65 |

⁽¹⁾ MOP: matéria orgânica particulada; MOM: matéria orgânica mineral; EstMOP: estoque de matéria orgânica particulada; EstMOM: estoque de matéria orgânica mineral; SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha. A.REF: área de referência. (*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

Conceição et al. (2005) avaliaram a qualidade do solo sob diferentes sistemas de manejo em dois experimentos de longa duração no sul do Brasil, sendo o primeiro com dez anos de duração com cinco tratamentos: três sistemas de rotação de culturas comerciais em SPD, um com solo descoberto e um tratamento referência que consistiu em um campo nativo. O segundo experimento com 15 anos de duração com um sistema de rotação aveia/milho em plantio convencional, reduzido e SPD, e o sistema de rotação de aveia/milho + caupi e SPD, sendo esses últimos tratamentos com a adição de adubação nitrogenada, e uma área de referência (campo nativo). Os autores constataram que a fração MOP apresentou as maiores variações nos teores de carbono em função do manejo adotado, quando comparado ao COT, ambos os atributos verificados na profundidade de 0-5 cm. Esses resultados corroboram com os valores encontrados nesse estudo. Dessa forma, a sensibilidade apresentada pela fração particulada da MOS, demonstra que esse compartimento pode ser usado como um bom indicador da qualidade do solo para avaliação de sistemas de manejo recentes, nos quais as alterações no COT do solo ainda não tenham sido de grande magnitude.

Em estudos sobre o aumento da intensidade de utilização de pastagens de inverno rotacionada com culturas de verão (monocultura de soja, milho e rotação soja/milho), na dinâmica da MOS de um Argissolo Vermelho-Amarelo sob SPD, Nicoloso (2005) verificou que a MOP foi a mais eficaz em evidenciar mudanças nos teores de COT decorrentes dos sistemas de manejo utilizados, principalmente nas camadas mais superficiais do solo (0,0 - 2,5 e 2,5-5,0 cm).

Em comparação ao sistema SS e a área de referência, houve um efeito positivo da introdução da braquiária sobre a MOP (Tabela 5). Este padrão pode estar relacionado à maior adição anual e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo (Figura 5), aliado à diminuição da atividade microbiana pela redução da temperatura do solo e menor aeração, e principalmente, à proteção física ao solo. Entre as coletas só foi verificada diferença estatística para a fração MOP no sistema SS na profundidade de 5-10 cm (Tabela 6). Nas demais profundidades e no sistema SB os teores de MOP foram sempre inferiores aos encontrados na 1ª coleta.

A matéria orgânica mineral (MOM), àquela associada às frações silte e argila, a qual apresenta um avançado grau de humificação (Bayer et al., 2004), normalmente é menos sensível às alterações de manejo, principalmente em curto prazo. A MOM é a fração estável da MOS, composta principalmente por SH, exercendo papel significativo na estabilização dos microagregados (Cambardella & Elliott, 1992).

Tabela 6. Fracionamento granulométrico da MOS de cada sistema de manejo avaliado, nas duas coletas.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | | |
|-------------------------|------------------------------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| | Soja - Braquiária - SB | | | Soja - Sorgo - SS | | |
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 |
| | MOP (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1ª coleta | 15,63 | 10,60 | 9,13 | 10,29 | 6,15* | 4,95 |
| 2ª coleta | 14,50 | 10,10 | 8,30 | 8,90 | 4,80 | 3,90 |
| A. REF | 11,80 | 5,80 | 2,50 | 11,80 | 5,80 | 2,50 |
| | MOM (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1ª coleta | 9,40 | 9,70 | 10,10 | 14,10* | 14,40* | 12,80 |
| 2ª coleta | 14,50* | 10,12 | 8,30 | 10,90 | 12,30 | 11,50 |
| A. REF | 10,70 | 17,60 | 17,10 | 10,70 | 17,60 | 17,10 |
| | EstMOP (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1ª coleta | 8,65 | 6,25 | 10,66 | 6,04 | 4,06* | 6,54 |
| 2ª coleta | 7,97 | 6,01 | 10,00 | 5,36 | 3,23 | 5,33 |
| A. REF | 7,13 | 3,93 | 3,66 | 7,13 | 3,93 | 3,66 |
| | EstMOM (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1ª coleta | 5,10 | 5,61 | 11,83 | 8,26* | 9,54 | 17,02 |
| 2ª coleta | 4,20 | 5,92 | 12,02 | 6,46 | 8,18 | 15,55 |
| A. REF | 6,61 | 12,09 | 24,65 | 6,61 | 12,09 | 24,65 |

⁽¹⁾ MOP: matéria orgânica particulada; MOM: matéria orgânica mineral; EstMOP: estoque de matéria orgânica particulada; EstMOM: estoque de matéria orgânica mineral; SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha. A.REF: área de referência. (*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

Segundo Nicoloso (2005), mais de 80% do COT do solo é composto pela fração MOM. Contudo, foram encontrados nesse estudo valores variando de 35 a 50% da fração MOM no COT para o sistema SB, evidenciando mais uma vez, um grande aporte de resíduos observados, resultado semelhante ao reportado por Nicoloso (2005), com uma contribuição de 65 a 72% da MOP em relação ao COT.

Os valores da fração MOM diferiram estatisticamente entre os sistemas avaliados em todas as profundidades, sempre com maiores médias para o sistema SS, com valores variando

de 9,40 a 10,10 g kg⁻¹ no SB e de 12,80 a 14,40 g kg⁻¹ no SS para a 1^a coleta e de 7,40 a 9,60 g kg⁻¹ no SB e de 10,90 a 12,30 g kg⁻¹ no SS. Solos de textura argilosa e altos teores de óxidos de ferro promovem uma proteção da matéria orgânica no interior dos microagregados altamente estável (Pinheiro-Dick & Schwertmann, 1996; Muggler et al., 1999). Esse comportamento não foi verificado nesse estudo, onde os maiores teores de MOM foram observados no sistema SS, onde a textura é menos argilosa quando comparada ao sistema SB (Figura 10).

Em estudos de armazenamento de carbono em frações lábeis da MOS em Latossolo Vermelho sob SPD onde analisaram um sistema sob plantio convencional e quatro sistemas de rotação em SPD (I: guandu-anão, milheto/soja, milho; II: crotalária juncea, sorgo/soja, milho; III: girassol, aveia-preta/soja, milho; IV: nabo forrageiro, milho/soja, milho), Bayer et al. (2004) verificaram que o estoque de carbono na MOM não foi afetado pelos diferentes sistemas de manejo nas diferentes camadas do solo.

Para os valores médios de EstMOP e EstMOM, tanto entre coletas (Tabela 5 e Figura 15), como entre tratamentos (Tabela 6 e Figura 15), observou-se o mesmo padrão que o verificado para MOP e MOM, ou seja, onde ocorreram os maiores teores das frações granulométricas, têm-se os maiores valores de estoque correspondentes.

Os valores de EstMOP da área de referência foram mais elevados que os encontrados para os sistemas avaliados, com exceção da profundidade de 0-5 cm para o sistema de SS que apresentou maior valor, demonstrando o equilíbrio em que o sistema se encontra, tendo a maior parte de seus estoques na fração MOM, que é a fração mais estável da MOS.

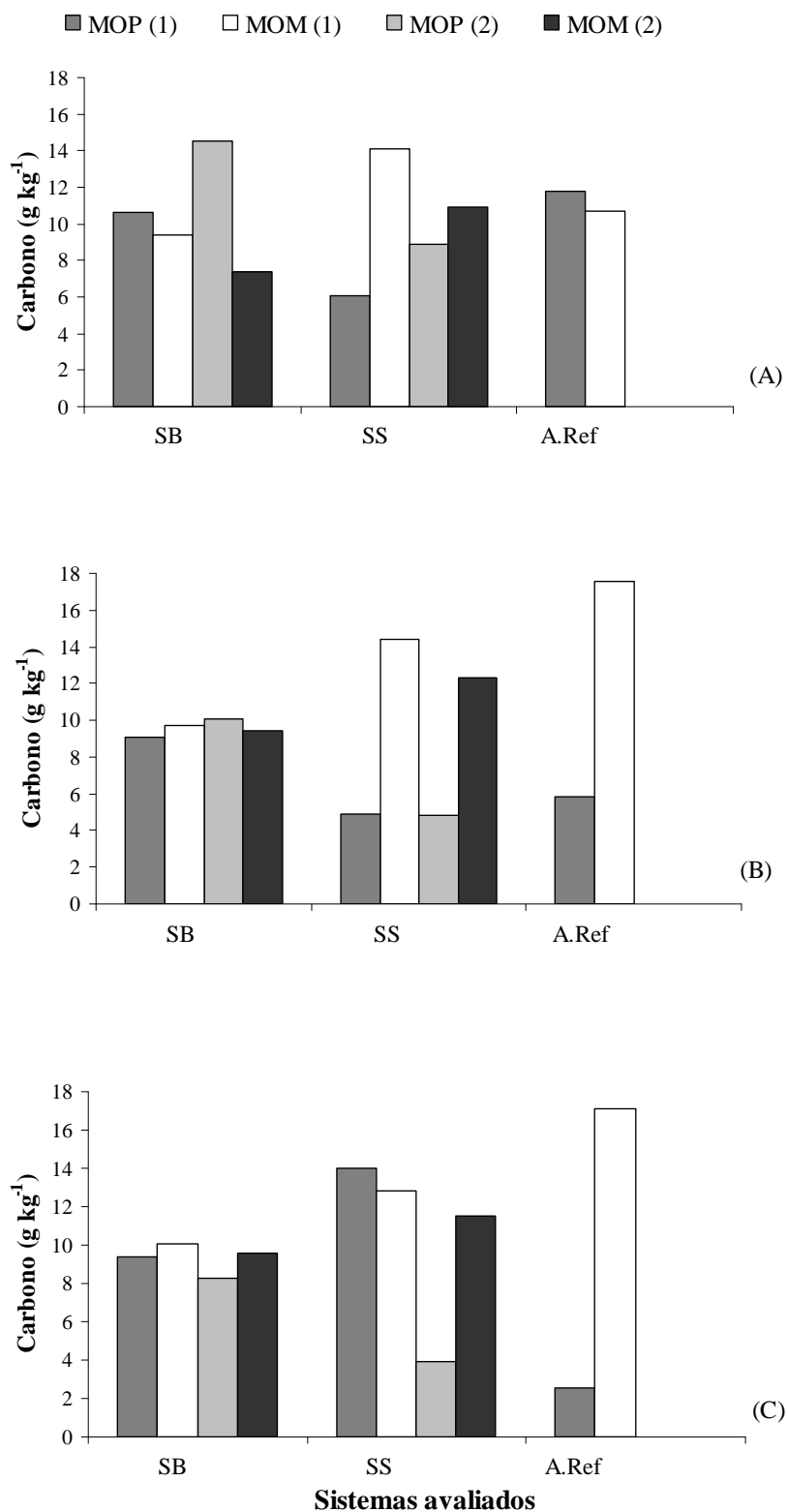


Figura 14. Matéria orgânica particulada (MOP) e matéria orgânica mineral (MOM) em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. Ref). (A) 0-5 cm de profundidade; (B) 5-10 cm de profundidade; (C) 10-20 cm de profundidade.

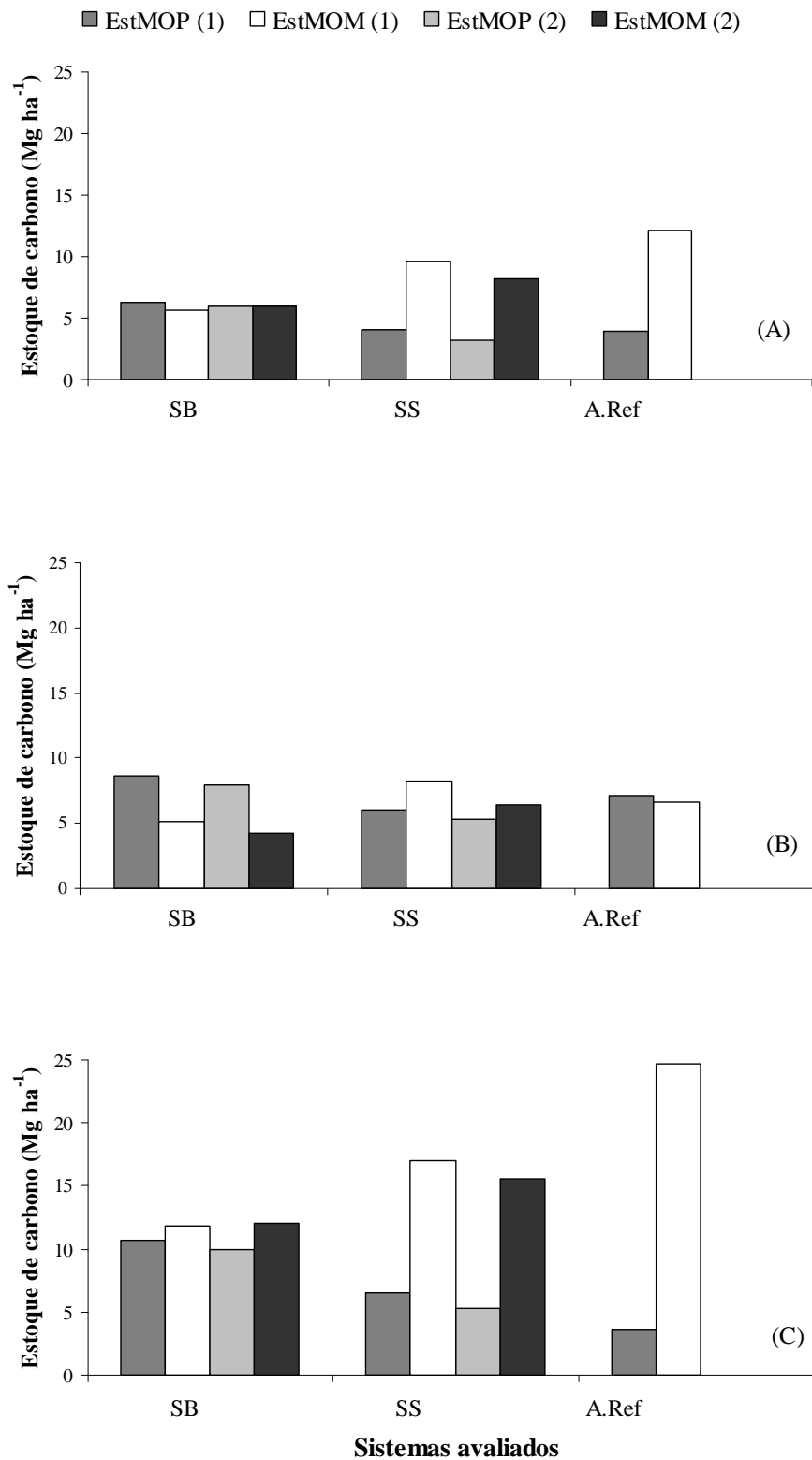


Figura 15. Estoque de matéria orgânica particulada (EstMOP) e Estoque de matéria orgânica mineral (EstMOM) em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. Ref). (A) 0-5 cm de profundidade; (B) 5-10 cm de profundidade; (C) 10-20 cm de profundidade.

4.4.3 Fracionamento Químico da MOS

Quanto às frações químicas da matéria orgânica, verificou-se que houve um predomínio da fração humina (C-HUM), seguida dos ácidos fúlvicos (C-FAF) e dos ácidos húmicos (C-FAH) (Tabela 7 e Figura 16). As huminas são substâncias altamente desenvolvidas e resistentes à degradação microbiana, fortemente combinada à fração mineral do solo, principalmente em solos oxidicos (Stevenson, 1994). Os elevados valores de C-HUM podem estar relacionados ao tamanho das moléculas e ao maior grau de estabilidade desta fração. As frações C-FAF e C-FAH, por apresentarem menor estabilidade, podem ser polimerizadas ou mineralizadas, e diminuir assim, seu teor residual no solo (Fontana et al., 2006).

Para C-HUM foi verificada diferença estatística em todas as profundidades, sendo observados valores de 11,70 a 8,30 g kg⁻¹ para o sistema SB e 10,00 a 3,90 g kg⁻¹ para o sistema SS. Maiores valores de carbono na fração C-HUM, na maioria das vezes implicam numa maior expressão das propriedades da fração coloidal da matéria orgânica, tais como: retenção da umidade, melhor agregação do solo e maior retenção de cátions, características de grande importância quando se trata do cultivo de sistemas sustentáveis de produção (Souza & Melo, 2003).

Entre as coletas, os valores de C-HUM foram maiores na 1^a coleta (Tabela 8). Este comportamento pode ser atribuído ao maior aporte de resíduos culturais nesse período e pelas maiores temperaturas e precipitações, favorecendo a decomposição desse material e posterior formação de substâncias húmicas.

Em estudos sobre atributos edáficos em áreas de pastagem plantada em relevo movimentado no noroeste do Rio de Janeiro, Cordeiro (2006) verificou um incremento da fração C – HUM em áreas de plantio de braquiária na profundidade de 0 - 10 cm com valores variando de 6,30 a 12,44 g kg⁻¹ nas diferentes épocas avaliadas.

Em estudos de frações orgânicas e agregação do solo em diferentes sistemas de produção orgânica, Loss (2008) também observou maiores contribuições de carbono na fração C-HUM nas diferentes épocas e sistemas avaliados. Estudando as propriedades químicas e físicas em solos do Acre em áreas de 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*) Araújo et al. (2004) também encontraram maiores valores de carbono na fração C-HUM em detrimento das frações C-FAF e C-FAH, corroborando aos resultados encontrados nesse estudo.

Avaliando o estoque total de carbono orgânico e seus compartimentos, em Argissolo sob floresta e milho cultivado com adubação mineral e orgânica em Viçosa, MG, Rosales et al. (1999), verificaram maiores valores de C-HUM em todos os sistemas de produção. Os autores atribuem este resultado ao tamanho das moléculas e ao longo tempo de implantação do experimento. Também foi verificada que a fração C-HUM constitui cerca de 60% do COT, resultados que corroboram com os encontrados nesse estudo.

O padrão verificado nesse estudo em relação às substâncias húmicas, principalmente no sistema SB, pode ser devido ao denso sistema radicular das gramíneas, que em contato com as partículas minerais, promove um aumento na qualidade e quantidade da matéria orgânica adicionada ao solo, favorecendo um incremento de frações mais humificadas (Pinheiro et al., 2003).

Tabela 7. Fracionamento químico da MOS entre as coletas nos sistemas de manejo avaliados.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | | |
|--------------------------------------|------------------------|---------|---------|--------------------------|---------|---------|
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 |
| | 1ª coleta (março 2007) | | | 2ª coleta (outubro 2007) | | |
| C-FAF (g kg⁻¹) | | | | | | |
| SB | 3,20* | 3,10* | 3,10* | 3,70* | 3,40* | 3,40* |
| SS | 2,70 | 2,70 | 2,40 | 2,60 | 2,80 | 2,60 |
| A. REF | 2,60 | 2,20 | 1,60 | 2,60 | 2,20 | 1,60 |
| C-FAH (g kg⁻¹) | | | | | | |
| SB | 3,50* | 3,10* | 2,70* | 3,60* | 2,90 | 2,90 |
| SS | 2,90 | 2,70 | 1,70 | 3,20 | 3,20* | 2,90 |
| A. REF | 3,10 | 2,10 | 1,20 | 3,10 | 2,10 | 1,20 |
| C-HUM (g kg⁻¹) | | | | | | |
| SB | 11,70* | 9,70* | 9,20* | 10,20* | 8,40* | 8,30* |
| SS | 10,00 | 8,00 | 6,90 | 6,70 | 4,90 | 3,90 |
| A. REF | 5,40 | 3,50 | 1,80 | 5,40 | 3,50 | 1,80 |
| EstC-FAF (Mg ha⁻¹) | | | | | | |
| SB | 1,76 | 1,82 | 3,60* | 2,06* | 2,03* | 4,11* |
| SS | 1,61 | 1,79 | 3,24 | 1,60 | 1,89 | 3,54 |
| A. REF | 1,64 | 1,52 | 2,30 | 1,64 | 1,52 | 2,3 |
| EstC-FAH (Mg ha⁻¹) | | | | | | |
| SB | 1,91* | 1,81 | 3,15* | 2,02 | 1,76 | 3,45 |
| SS | 1,73 | 1,75 | 2,25 | 1,92 | 2,15* | 3,93* |
| A. REF | 1,90 | 1,45 | 1,70 | 1,9 | 1,45 | 1,70 |
| EstC-HUM (Mg ha⁻¹) | | | | | | |
| SB | 6,48 | 5,73* | 10,81* | 5,65* | 4,97* | 10,05* |
| SS | 5,89 | 5,28 | 9,21 | 4,02 | 3,27 | 5,29 |
| A. REF | 3,32 | 2,41 | 2,60 | 3,32 | 2,41 | 2,60 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha; A.REF: área de referência. C-FAF: carbono na fração ácido fúlvico; C-FAH: carbono na fração ácido húmico; C-HUM: carbono na fração humina; EstC-FAF: estoque de carbono na fração ácido fúlvico; EstC-FAH: estoque de carbono na fração ácido húmico; EstC-HUM: estoque de carbono na fração humina. (*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

Para a fração C-FAH verificaram-se diferenças estatísticas nos sistemas avaliados na 1ª coleta, com valores de 2,70 a 3,50 g kg⁻¹ em SB e de 1,70 a 3,20 g kg⁻¹ em SS. Exceto na 2ª coleta, na profundidade de 10-20 cm, os maiores valores foram encontrados no sistema SB. Em relação ao C-FAF, foi constatada diferença entre os sistemas, com valores de 3,10 a 3,70 g kg⁻¹ em SB e de 2,40 a 2,80 g kg⁻¹ em SS.

Entre as coletas foi verificado um incremento na fração C-FAF no sistema SB e de C-FAH no sistema SS, ambos na 2ª coleta em todas as profundidades avaliadas (Tabela 8 e Figura 17).

Estudando áreas de savanas inundáveis na Colômbia sob solos arenosos, (Andreux & Becerra, 1975) também observaram predomínio da fração ácido fúlvico, verificando que nas

áreas com solos mais arenosos, a alta porosidade favoreceu a translocação dos precursores húmicos em profundidade. Além disso, a baixa disponibilidade de água nas camadas superficiais durante a estação seca é um fator limitante para a polimerização desses precursores, o que é representado por valores altos na relação ácidos fúlvicos.

Os ácidos húmicos são responsáveis pela maior CTC de origem orgânica nas camadas superficiais do solo, onde estão concentrados os resíduos culturais (Benites et al., 2003). Em estudos de alteração da MOS no Pantanal Sul-Matogrossense, Fernandes et al. (1999) constataram a predominância de ácidos fúlvicos no cerrado intacto, representando 82,5% de COT. Neste estudo, foi possível observar nas três profundidades amostradas, pouca redução das frações húmicas entre as coletas e sistemas avaliados.

Em estudos de modificações químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa no horizonte superficial sob SPD, Rheinheimer & Kaminski (1998), encontraram valores de C-FAF na camada de 0-5 cm ($2,38 \text{ g kg}^{-1}$) e na camada de 20-40 cm valores 10 vezes mais baixos ($0,28 \text{ g kg}^{-1}$). Esses autores ressaltam que em sistemas de plantio direto a não incorporação dos resíduos culturais promove um intenso processo biológico nas camadas superficiais do solo, de forma que haja uma grande e constante quantidade de carbono facilmente decomponível, influenciando diretamente na dinâmica do sistema, inclusive na complexação de alumínio e na disponibilidade de nutrientes. Com a atividade microbiana mais equilibrada, os processos de ressíntese das substâncias húmicas são favorecidos, aumentando seus teores, especialmente C-FAF e C-FAH.

Os estoques de C-HUM, C-FAF e C-FAH, seguiram o mesmo padrão que as frações húmicas. Os maiores valores de C-HUM foram verificados na 1ª coleta nos dois sistemas avaliados em todas as profundidades (Tabela 7 e Figura 16). Para a fração C-FAF, os estoques foram superiores na 1ª coleta no sistema SB, mas não foram observadas diferenças entre as coletas nesse sistema. Já para a fração C-FAH os maiores valores foram verificados no sistema SS na 2ª coleta e também não foram constatadas diferenças entre as coletas nesses sistemas.

A área de referência seguiu o mesmo padrão de distribuição de carbono nas frações húmicas do solo encontrados nos sistemas avaliados. Os maiores valores foram verificados na fração C-HUM, seguidos por C-FAF e C-FAH, porém esses valores foram sempre inferiores quando comparados aos sistemas avaliados nesse trabalho (Tabela 7 e Figura 17). Fernandes et al. (1999) verificou padrão diferente ao estudar as alterações da matéria orgânica em Podzol Hidromórfico (Espodossolo), onde a maior fração encontrada no cerrado nativo foi a fração C-FAF. Nesse mesmo estudo os autores verificaram que o cerrado nativo sempre apresentou maiores valores dessa fração quando comparada aos sistemas avaliados.

Tabela 8. Fracionamento químico da MOS de cada sistema de manejo avaliados nas duas coletas.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|---------|---------|-------------------|---------|---------|
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 |
| | Soja - Braquiária - SB | | | Soja - Sorgo - SS | | |
| | C-FAF (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 3,20 | 3,10 | 3,10 | 2,70 | 2,70 | 2,40 |
| 2 ^a coleta | 3,70* | 3,40* | 3,40* | 2,60 | 2,80 | 2,60* |
| A. REF | 2,60 | 2,20 | 1,60 | 2,60 | 2,20 | 1,60 |
| | C-FAH (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 3,50 | 3,10 | 2,70 | 2,90 | 2,70 | 1,70 |
| 2 ^a coleta | 3,60 | 2,90 | 2,90 | 3,20* | 3,20* | 2,90* |
| A. REF | 3,10 | 2,10 | 1,20 | 3,10 | 2,10 | 1,20 |
| | C-HUM (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 11,63* | 9,72* | 9,20* | 10,01* | 7,99* | 6,94* |
| 2 ^a coleta | 10,18 | 8,38 | 8,35 | 6,66 | 4,90 | 3,92 |
| A. REF | 5,40 | 3,50 | 1,80 | 5,40 | 3,50 | 1,80 |
| | EstC-FAF (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 1,76 | 1,83 | 3,60 | 1,61 | 1,79 | 3,24 |
| 2 ^a coleta | 2,06* | 2,03* | 4,11* | 1,60 | 1,89 | 3,54* |
| A. REF | 1,64 | 1,52 | 2,30 | 1,64 | 1,52 | 2,30 |
| | EstC-FAH (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 1,91 | 1,81 | 3,15 | 1,73 | 1,75 | 2,25 |
| 2 ^a coleta | 2,02 | 1,76 | 3,45* | 1,92* | 2,15* | 3,93* |
| A. REF | 1,90 | 1,45 | 1,70 | 1,90 | 1,45 | 1,70 |
| | EstC-HUM (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1 ^a coleta | 6,49* | 5,73* | 10,82* | 5,89* | 5,28* | 9,21* |
| 2 ^a coleta | 5,65 | 4,97 | 10,05 | 4,02 | 3,27 | 5,29 |
| A. REF | 3,32 | 2,41 | 2,60 | 3,32 | 2,41 | 2,60 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha; A.REF: área de referência. C-FAF: carbono na fração ácido fúlvico; C-FAH: carbono na fração ácido húmico; C-HUM: carbono na fração humina; EstC-FAF: estoque de carbono na fração ácido fúlvico; EstC-FAH: estoque de carbono na fração ácido húmico; EstC-HUM: estoque de carbono na fração humina. (*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

▨ C-FAF (1) □ C-FAH (1) ■ C-HUM (1) ▩ C-FAF (2) ■ C-FAH (2) ▩ C-HUM (2)

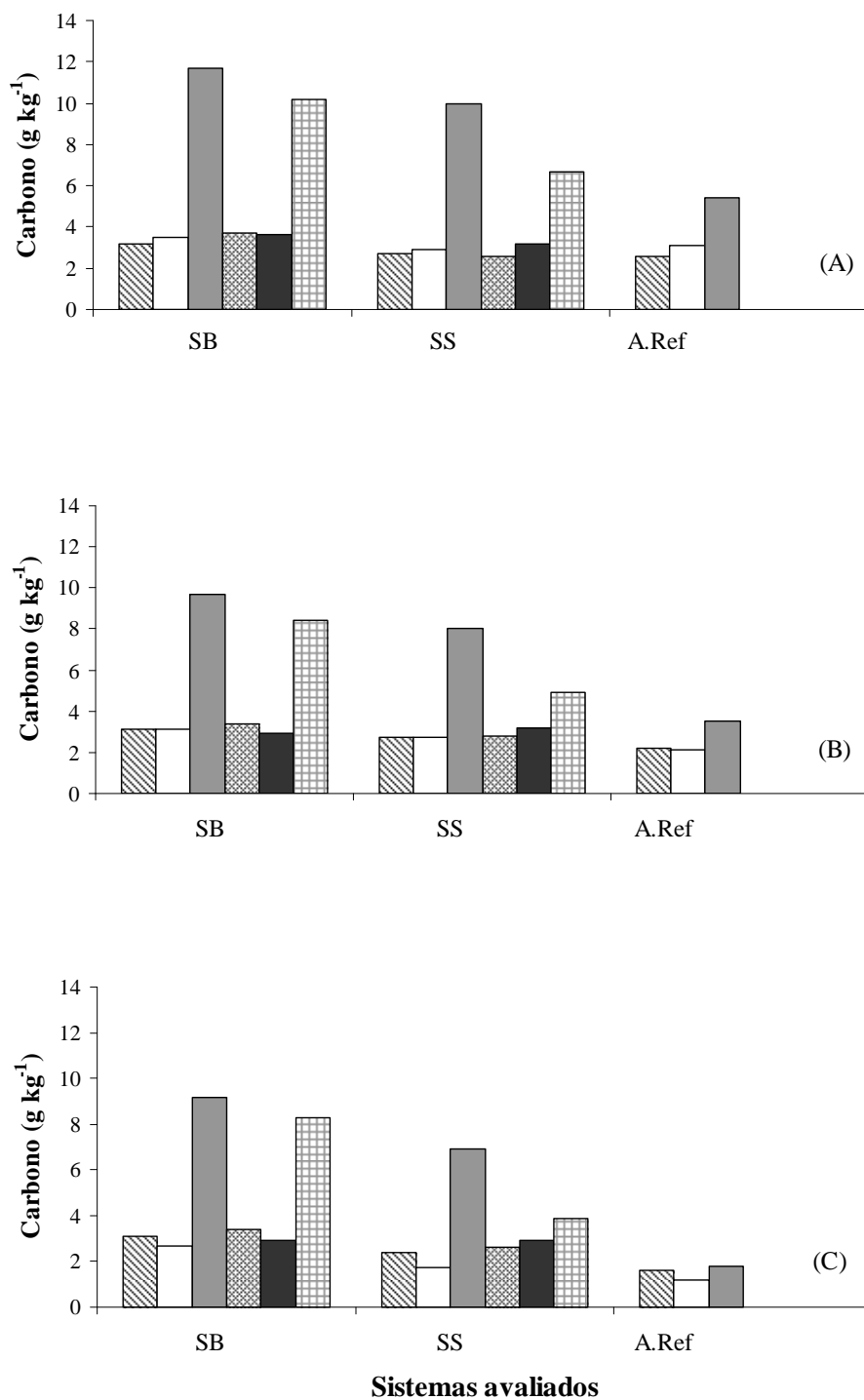


Figura 16. Carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF); carbono da fração ácido húmico (C-FAH); carbono da fração húmica (C-HUM) em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. Ref). (A) 0-5 cm de profundidade; (B) 5-10 cm de profundidade; (C) 10-20 cm de profundidade.

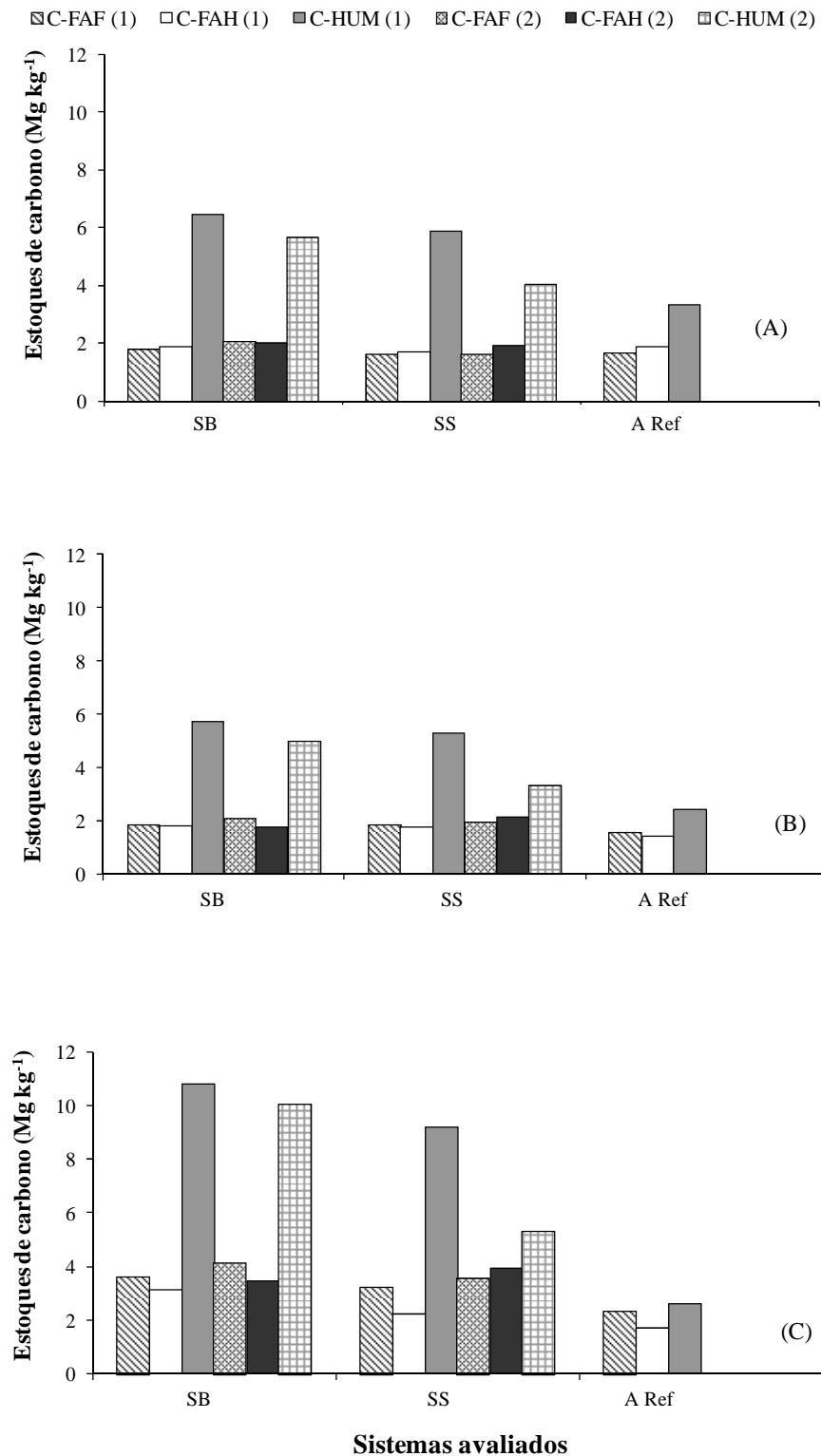


Figura 17. Estoque de carbono da fração ácido fúlvico (C-FAF); estoque de carbono da fração ácido húmico (C-FAH); estoque de carbono da fração humina (C-HUM) em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. Ref). (A) 0-5 cm de profundidade; (B) 5-10 cm de profundidade; (C) 10-20 cm de profundidade.

4.5 Análise de Componentes Principais (ACP)

A análise de componentes principais foi realizada a partir das observações feitas na distribuição dos atributos químicos do solo sob os sistemas estudados para avaliar a correlação entre os teores de argila (Figura 18). Foram consideradas a proporcionalidade do comprimento de cada linha com a sua importância, sendo que os ângulos entre elas refletem as intercorrelações entre as variáveis (Alvarenga & Davide, 1999).

A capacidade dos componentes minerais da fração argila em oferecer maior proteção à MOS contra o ataque biológico, é comumente verificada pela interação positiva entre teores de MOS e óxidos de ferro e alumínio (Baldock & Skjemstad, 2000).

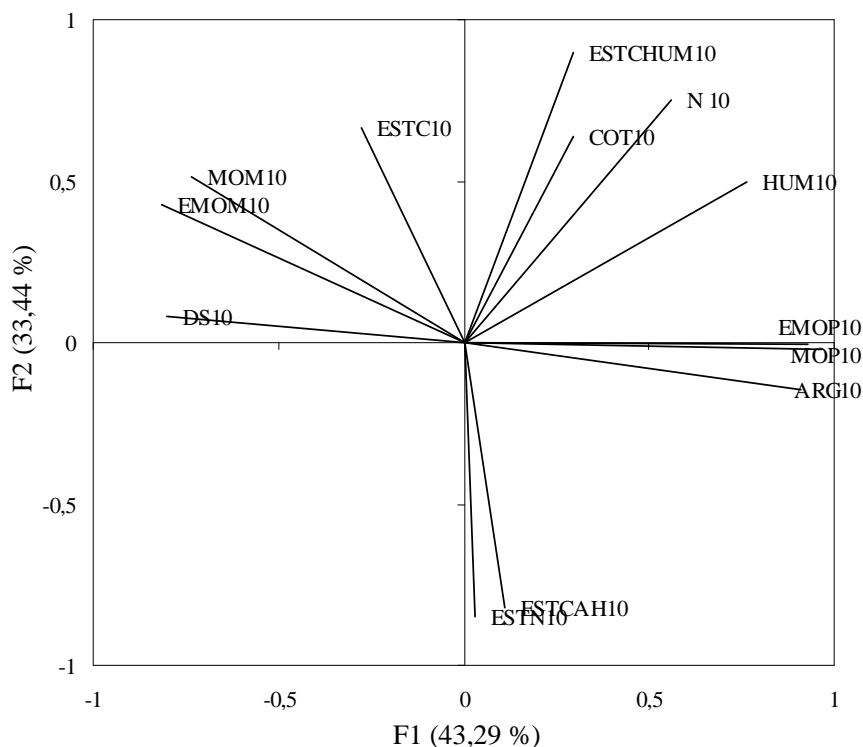


Figura 18. Distribuição das variáveis estudadas pela análise de componentes principais (ACP) dos atributos químicos do solo na profundidade de 5-10 cm.

A textura mais argilosa encontrada no sistema SB em relação ao sistema SS (Figura 5), pode dificultar a perda de C e N orgânico, pela formação de ligações estáveis entre as substâncias húmicas e os constituintes inorgânicos do solo (Stevenson, 1994; Noordwijk et al., 1997; D'Andréa et al., 2004). Essa condição é típica em Latossolos da região do Cerrado, com grande expressão de óxidos de Al (Silva et al., 1996), como no caso dos solos desse estudo. Entretanto foram verificados baixos valores de correlações entre os teores de argila e o COT (Tabela 9) nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, mostrando que a diferença no teor de argila entre as áreas, parece não estar contribuindo fortemente para a elevação dos conteúdos de matéria orgânica no solo. Tal fato parece estar mais relacionado ao aporte de resíduos promovido pelos sistemas. Nas camadas subsuperficiais observa-se o aumento dos valores das correlações entre argila e carbono, sendo o maior valor encontrado na camada de 40-60 cm, demonstrando uma menor influência dos resíduos vegetais nessa profundidade.

Tabela 9. Correlações de Pearson entre os teores de carbono orgânico total (COT) e os teores de argila (ARG) nas profundidades avaliadas.

| | ARG 0-5 | ARG 5-10 | ARG 10-20 | ARG 20-40 | ARG 40-60 |
|-----------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|
| COT 0-5 | 0,286 | | | | |
| COT 5-10 | | 0,272 | | | |
| COT 10-20 | | | 0,447 | | |
| COT 20-40 | | | | 0,474 | |
| COT 40-60 | | | | | 0,655 |

Comparando as propriedades químicas de solos das regiões da floresta Amazônica e do cerrado do Brasil Central, Demattê et al. (1993) verificaram a correlação entre os teores de carbono orgânico e de argila para a região Amazônica é baixa, com grande dispersão dos pontos quanto comparada com a região do cerrado que apresentam r^2 sempre superiores a 0,64.

De maneira geral, tanto os sistemas avaliados quanto as épocas de coleta, tenderam a separar-se pela análise de componentes principais (Figura 19), mostrando que o sistema SB está associado ao COT e as frações mais lábeis da matéria orgânica do solo como a matéria orgânica particulada (MOP), já o sistema SS está associado à densidade de solo e a matéria orgânica ligada aos minerais (MOM). Todas as demais profundidades apresentam o mesmo padrão verificado para a profundidade de 5-10 cm.

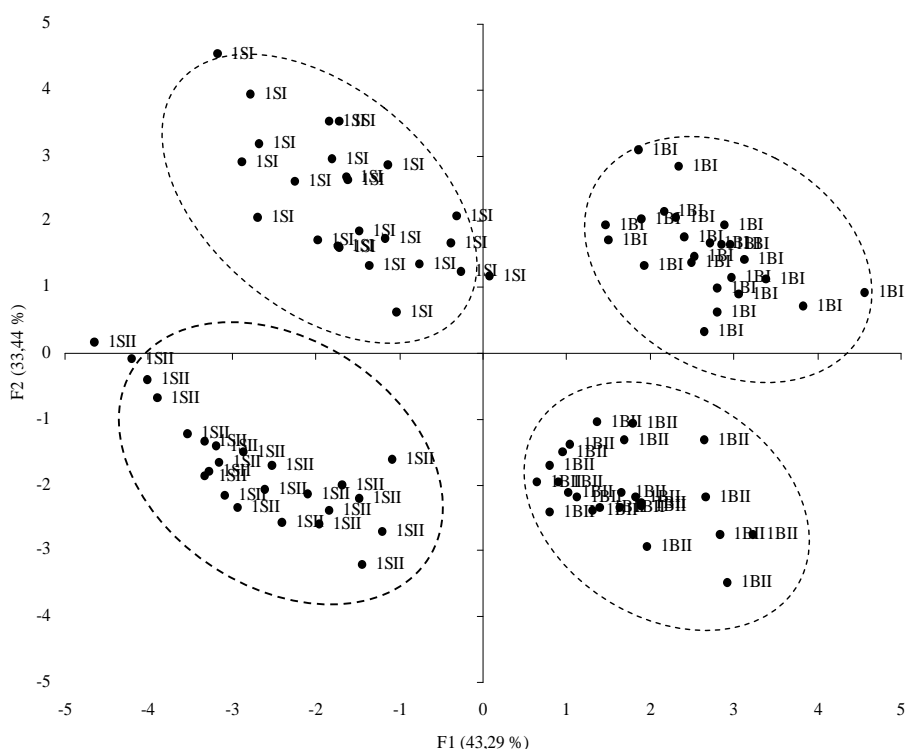


Figura 19. Diagrama de ordenação produzido por análise de componentes principais (ACP) na profundidade de 5-10 cm das características químicas do solo, em que: I – 1º coleta, II – 2º coleta; B: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; (SB); S: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha (SS).

4.6 Nitrogênio Total

Os maiores valores de nitrogênio total (NT) foram verificados, em todas as profundidades no SPD com braquiária (SB) em relação ao SPD com sorgo (SS), valores variando de 0,80 a 1,80 g kg⁻¹ no sistema SB e de 0,70 a 1,30 g kg⁻¹ no SS (Tabela 10). Nos dois sistemas foram observados padrões similares, com maiores teores de NT nas camadas superiores e decrescendo em profundidade (Figura 20). Esses resultados podem ser atribuídos aos maiores valores de COT, encontrados nas camadas superficiais (Figura 13).

Tabela 10. Nitrogênio total (NT), estoque de nitrogênio do solo (EstN) entre as coletas nos sistemas de manejo avaliados.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | |
|-----------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 20 - 40 | 40 - 60 |
| 1ª coleta (março de 2007) | | | | | |
| NT (g kg⁻¹) | | | | | |
| SB | 1,80* | 1,40* | 1,30* | 0,90* | 0,80* |
| SS | 1,30 | 1,10 | 1,00 | 0,70 | 0,70 |
| A. REF | 0,90 | 0,70 | 0,50 | 0,40 | 0,40 |
| EstN (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| SB | 1,00* | 0,81* | 1,42* | 2,09 | 1,77 |
| SS | 0,76 | 0,69 | 1,26 | 1,96 | 1,74 |
| A. REF | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 1,10 | 1,10 |
| 2ª coleta (agosto de 2007) | | | | | |
| NT (g kg⁻¹) | | | | | |
| SB | 1,80* | 1,40* | 1,10* | 0,80* | 0,70* |
| SS | 1,30 | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,50 |
| A. REF | 0,90 | 0,70 | 0,50 | 0,40 | 0,40 |
| EstN (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| SB | 0,99* | 0,81* | 1,38* | 2,03 | 1,70* |
| SS | 0,78 | 0,69 | 1,17 | 1,97 | 1,36 |
| A. REF | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 1,10 | 1,10 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e rotação na safrinha; A.REF: área de referência. ^(*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

Em estudos de pastagens cultivadas no Pantanal Mato-Grossense, Fernandes et al. (1999) não observaram diminuição significativa nos conteúdos de nitrogênio, mesmo após 20 anos de utilização de *Brachiaria decumbens*. Segundo os autores, a ausência de redução do conteúdo de N nesta situação pode estar relacionada com a ocorrência de fixação biológica associada às raízes da gramínea, o que pode compensar parcialmente os processos de perdas desse elemento.

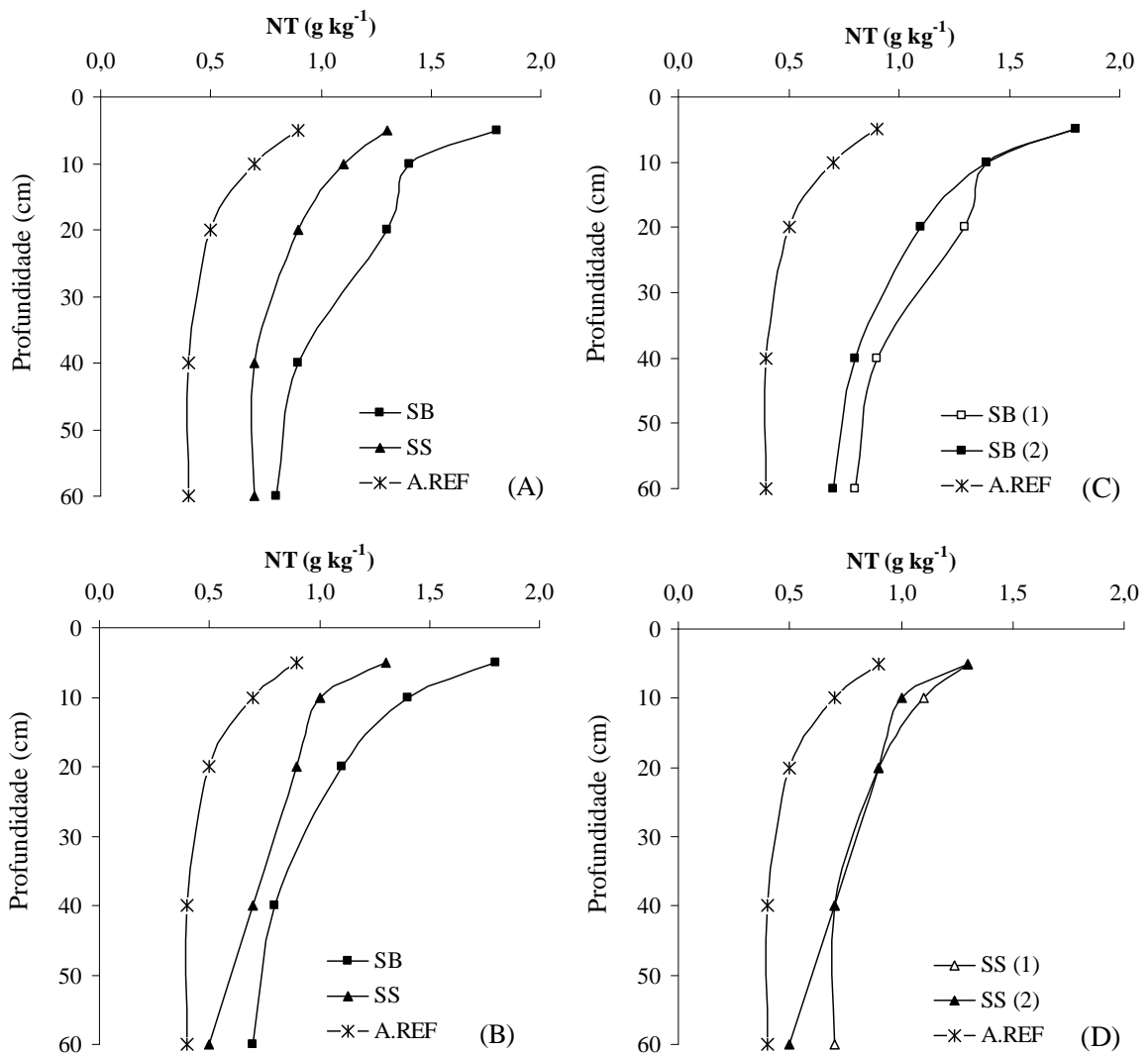


Figura 20. Nitrogênio total (NT) em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. REF). (A) e (B) demonstram o comportamento de NT em profundidade entre os sistemas avaliados em cada coleta; (C) e (D) demonstram o padrão de distribuição do NT em profundidade de cada sistema nas duas coletas.

Em estudos sobre atributos edáficos em áreas de pastagens plantadas no noroeste do Rio de Janeiro, Cordeiro (2006) encontrou valores de NT maiores para área de braquiária do que os encontrados para áreas de Tifton 85 e Suázi, na camada de 0-10 cm, enquanto na profundidade de 10-30 cm não foi observada diferença estatística entre os tratamentos. Os valores encontrados por Cordeiro (2006) na área de braquiária foram menores que os observados no sistema SB. Os maiores valores verificados nesse estudo podem ser justificados pela contribuição de uma leguminosa fixadora de nitrogênio (soja) em rotação com a braquiária.

Comparando cada tratamento entre as coletas, os maiores incrementos de NT foram verificados na 1ª coleta em todas as profundidades e nos dois sistemas avaliados, sendo estatisticamente superiores aos verificados na segunda coleta somente na profundidade de 40 - 60 cm. (Tabela 11).

Tabela 11. Nitrogênio total (NT), estoque de nitrogênio do solo (EstN) de cada sistema de manejo avaliado, nas duas coletas.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | |
|----------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 20 - 40 | 40 - 60 |
| Braquiária - SB | | | | | |
| NT (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1° coleta | 1,80 | 1,40 | 1,30 | 0,90 | 0,80* |
| 2° coleta | 1,80 | 1,40 | 1,10 | 0,80 | 0,70 |
| A. REF | 0,90 | 0,70 | 0,50 | 0,40 | 0,40 |
| EstN (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1° coleta | 1,00 | 0,81 | 1,42 | 2,09 | 1,77* |
| 2° coleta | 0,99 | 0,81 | 1,38 | 2,03 | 1,70 |
| A. REF | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 1,10 | 1,10 |
| Sorgo - SS | | | | | |
| NT (g kg⁻¹) | | | | | |
| 1° coleta | 1,30 | 1,10 | 1,00* | 0,70 | 0,70* |
| 2° coleta | 1,30 | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,50 |
| A. REF | 0,90 | 0,70 | 0,50 | 0,40 | 0,40 |
| EstN (Mg ha⁻¹) | | | | | |
| 1° coleta | 0,76 | 0,69 | 1,26* | 1,96 | 1,74* |
| 2° coleta | 0,78 | 0,69 | 1,17 | 1,97 | 1,36 |
| A. REF | 0,60 | 0,50 | 0,70 | 1,10 | 1,10 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha; A.REF: área de referência. (*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

O nitrogênio apresenta as maiores perdas quando um sistema natural, como o cerrado, é desmatado e preparado para o cultivo (Fernandes et al., 1999). Nesse estudo, verificaram-se maiores incrementos nos teores de N no sistema SB e SS respectivamente, quando comparados à área de referência (A. REF). Choné et al. (1991), observaram aumento de 10% nos conteúdos de N em áreas de pastagem de oito anos em relação aos teores originais em Latossolo Amarelo na Amazônia brasileira.

Os estoques de nitrogênio (EstN) seguiram os mesmos padrões encontrados para NT, com os maiores valores verificados no sistema SB em relação ao sistema SS (Tabela 10 e Figura 21).

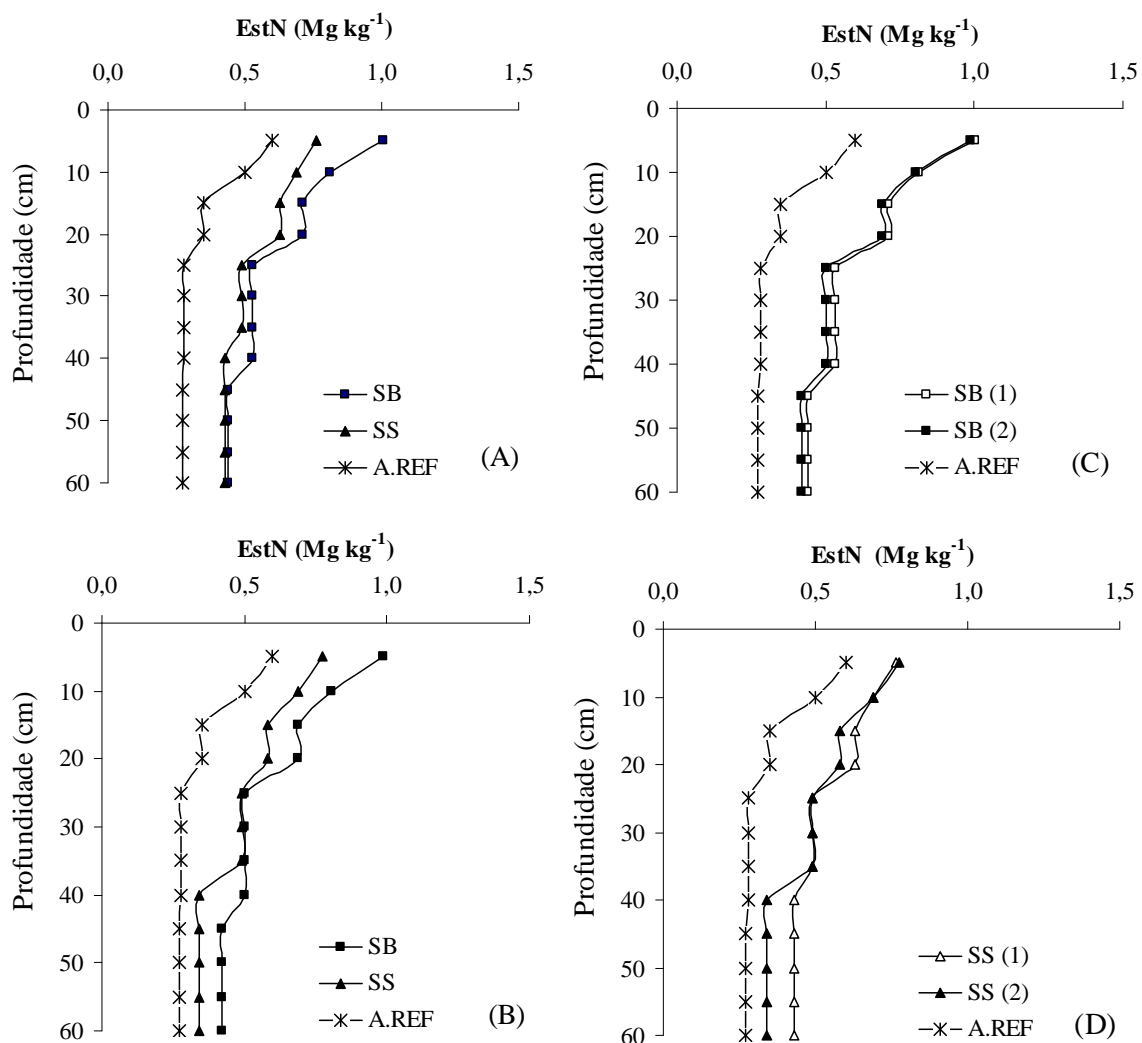


Figura 21. Estoque de Nitrogênio (EstN) em Latossolo Vermelho submetido a dois tipos de manejo: Soja no período chuvoso e braquiária no período seco (SB); Soja na safra e sorgo na safrinha (SS) e área de referência (A. REF). (A) e (B) demonstram o comportamento de EstN em profundidade entre os sistemas avaliados em cada coleta; (C) e (D) demonstram o comportamento de EstN em profundidade de cada sistema nas duas coletas.

O aumento do estoque de NT nesse sistema está provavelmente associado ao maior volume de resíduos vegetais que são retornados ao solo e, dessa forma associado aos maiores estoques de COT nesse sistema. Os maiores valores de COT implicam em maior disponibilidade de NT, uma vez que mais de 95 % do NT do solo está presente na forma orgânica (Camargo et al., 1999).

Ao estudar estoques de carbono e formas de nitrogênio mineral em Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo no cerrado goiano (D'Andrea et al., 2004), verificaram valores de EstN para área de cerrado nativo de 2,81 Mg ha⁻¹ e de 2,23 Mg ha⁻¹ para pastagem com *Brachiaria decumbens* na profundidade de 0-10 cm.

A relação C:N, aumentou em profundidade nos dois sistemas avaliados (Tabela 12), tal fato é decorrente da redução dos teores de N nas camadas mais profundas do solo e pela presença de complexos mais estáveis da matéria orgânica.

Tabela 12. Valores de relação C/N do solo nos dois sistemas avaliados.

| Sistemas ⁽¹⁾ | Profundidade (cm) | | | | |
|------------------------------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| | 0 - 5 | 05 - 10 | 10 - 20 | 20 - 40 | 40 - 60 |
| 1º coleta (março 2007) | | | | | |
| SB | 13,80 | 14,40 | 14,80 | 15,70 | 14,40 |
| SS | 18,30* | 18,30* | 18,70* | 18,50* | 16,25* |
| A. REF | 24,9 | 33,4 | 42,6 | 38 | 28,3 |
| 2º coleta (outubro de 2007) | | | | | |
| SB | 12,20 | 13,90 | 16,30 | 18,50 | 17,70 |
| SS | 15,30* | 17,20* | 18,40* | 17,70 | 18,20 |
| A. REF | 24,9 | 33,4 | 42,6 | 38 | 28,3 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha; A.REF: área de referência. ^(*) Diferem entre si pelo teste F 5% de probabilidade.

4.7 Índice de Manejo de Carbono (IMC)

O IMC mede as alterações nos estoques de COT considerando os aspectos da labilidade do carbono orgânico do solo (Nicoloso, 2005). Valores de IMC inferiores a 100 são indicativos negativos das práticas de manejo sobre a matéria orgânica e a qualidade do solo (Blair et al., 1995; De Bona, 2005).

De modo geral foram observadas diferenças em todos os parâmetros analisados (Índice de estoque de carbono, Labilidade do carbono e Índice de labilidade do carbono) sendo sempre maiores no sistema SB quando comparados ao sistema SS (Tabela 13).

Esses resultados diferem dos encontrados por De Bona (2005) em estudos sobre a dinâmica da MOS em sistemas irrigados por aspersão sob SPD e preparo convencional no município de Eldorado do Sul – RS, e Nicoloso (2005) em estudos de dinâmica da MOS em áreas de integração lavoura-pecuária sob SPD no município de Jarí - RS, onde os autores observaram maiores alterações no índice de labilidade do carbono (ILC) decorrente do manejo adotado, comparativamente ao índice de estoque de carbono (IEC) e labilidade do carbono (LC), em detectar alterações na dinâmica da MOS.

Observou-se que para a profundidade de 0-5 cm ambos os sistemas apresentaram um efeito negativo quando comparadas à área de referência. Já nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, os sistemas apresentaram um efeito positivo no aumento do carbono no solo, com maiores valores de IMC quando comparados à área de referência (Tabela 13).

Em estudos sobre as frações do carbono orgânico oxidável em um Neossolo Flúvico, no perímetro irrigado de Curu-Pentecoste (CE), em áreas com cultivo de banana sob adubação orgânica, sendo uma área cultivada há 15 anos e outra com 30 anos, Oliveira et al. (2007) não observaram valores de IMC superiores a 100 (vegetação natural), ressaltando que o manejo adotado (adubação orgânica nas entrelinhas e restos culturais distribuídos na área) não estava sendo suficiente para manter a sustentabilidade do sistema.

Tabela 13. Índice de manejo de carbono (IMC) em função dos sistemas avaliados.

| Sistemas ⁽¹⁾ | IEC | LC | ILC | IMC |
|-------------------------|--------------------|----------|----------|----------|
| 0 - 5 cm | | | | |
| SB | 0,84 | 1,47** | 1,02** | 78,81** |
| SS | 0,95** | 0,84 | 0,55 | 50,46 |
| A. REF | 1,00 | 1,53 | 1,00 | 100 |
| Fcal (áreas) | 11,08** | 61,29** | 145,54** | 181,36** |
| CV% | 9,34 | 20,56 | 14,97 | 10,24 |
| 5 - 10 cm | | | | |
| SB | 1,44 | 1,26** | 3,27** | 445,5** |
| SS | 1,47 | 0,45 | 0,93 | 131,22 |
| A. REF | 1,00 | 0,4 | 1,00 | 100 |
| Fcal (áreas) | 0,13 ^{ns} | 230,38** | 291,03** | 640,73** |
| CV% | 8,11 | 26,38 | 43,04 | 2,76 |
| 10 - 20 cm | | | | |
| SB | 1,19 | 1,00** | 4,2** | 470,19** |
| SS | 1,27 | 0,45 | 2,11 | 274,95 |
| A. REF | 1,00 | 0,23 | 1,00 | 100 |
| Fcal (áreas) | 1,84 ^{ns} | 232,83** | 69,97** | 123,02** |
| CV% | 16,37 | 16,19 | 25,49 | 2,66 |

⁽¹⁾ SB: cultivo de soja no período chuvoso e braquiária no período seco; SS: cultivo de soja na safra e sorgo na safrinha; A.REF: área de referência. **Significativo pelo teste F a 1%. IEC=Índice de estoque de carbono; LC=Labilidade do carbono; ILC=Índice de labilidade do carbono.

5 CONCLUSÕES

O maior valor de produção de biomassa foi observado no sistema com braquiária, os elevados valores de $T^{1/2}$ vida são explicados pela alta relação C/N dos resíduos avaliados. As taxas de liberação de nitrogênio, fósforo e potássio foram semelhantes nos dois resíduos.

A introdução de braquiária no cultivo da soja em sistema de plantio direto apresentou efeito positivo, favorecendo o acúmulo de carbono orgânico no solo em todas as profundidades avaliadas. Porém, somente foi observada diferença significativa na camada de 10-20 cm. Os EstC apresentaram maiores teores no sistema com sorgo, onde ocorreram os maiores valores de Ds.

A matéria orgânica particulada mostrou-se eficiente para evidenciar diferenças entre os sistemas avaliados. Os valores da fração particulada diferiram estatisticamente entre os sistemas avaliados em todas as profundidades. Quanto às frações químicas da matéria orgânica, verificou-se que houve um predomínio do C da fração humina (C-HUM), seguido pelo de ácidos fúlvicos (C-FAF) e ácidos húmicos (C-FAH) nos dois sistemas avaliados.

O sistema de plantio direto com soja sobre palhada de braquiária ou sorgo na área de Cerrado cultivada apresentou efeito positivo no índice de manejo de carbono, para as profundidades de 5-10 e 10-20 cm, quando comparado com a área de Cerrado nativo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A braquiária pode ser uma alternativa eficiente para ampliar o volume de palhada no solo, para a formação de material orgânico para o plantio de verão, garantindo suporte ao sistema de plantio direto na região do Cerrado goiano.

O fracionamento químico e granulométrico da MOS é uma ferramenta útil para identificar mudanças provenientes das práticas e sistemas agrícolas utilizados sob manejo conservacionista.

7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27 p. 601- 612, 2003.
- ALVARENGA, R.C.; LARA-CABEZAS, W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. *Informe Agropecuário*, v.22, p.25-36, 2001.
- ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um Latossolo Vermelho-Escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 23, n. 4, p. 933-942, 1999.
- ANDREUX, F.; BECERRA, S.P. Fraccionamiento y caracterización del material húmico en algunos suelos de sabana de la Orinoquia Colombiana. *Turrialba, San Jose*, v. 25, p. 191-198, 1975.
- ANDRIULO, A.E.; GALANTINI, J.A.; PECORATI, C.; TORIONI, E. Materia organica del suelo en la región pampeana. I. Un método de fraccionamiento por tamizado. *Agrochimica, Pisa*, v.34, n.5-6, p.475-489, 1990.
- ARAÚJO, A. E.; LANI, J. L.; AMARAL, E. A. & GUERRA, A. Uso da terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo Distrófico na Amazônia ocidental. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.28, p.307-315, 2004.
- BALDOCK, J.A.; SKJEMSTAD, J.O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. *Organic Geochemistry, Oxford*, v.31, p.697-710, 2000.
- BALESDENT, J. The significance of organic separates to carbon dynamics and its modelling in some cultivated soils. *European Journal of Soil Science, Oxford*, v. 47, p. 485-493, 1996.
- BATJES, N. H. Management options for reducing CO₂-concentrations in the atmosphere by increasing carbon sequestration in the soil. Report 410-200-031, Duych National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change & Techinal. Paper 30, Internacional Soil Reference and Information Centre, Wageningen, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). *Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização*. Porto Alegre: Gênese. p.9-26, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTINNETO, L. & FERNANDES, S.A. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*. v. 54, p.101-109, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. & ERNANI, P.R. Stocks and humification degree of organic matter fractions as affected by no-tillage on a subtropical soil. *Plant Soil*, v. 238, p.133-140, 2002.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da material orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v. 39, n.7, p.677-683, 2004.

BEARE, M.H.; CABRERA, M.L.; HENDRIX, P.F. et al., Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. Soil Science Society of America Journal, v. 58, p. 787-795, 1994.

BENITES, V. M.; MADARI, B. & MACHADO, P. L. O. A. Extração e fracionamento quantitativo de substâncias húmicas do solo: um procedimento simplificado de baixo custo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 7p. (Embrapa solos. Comunicado Técnico, 16).

BENITES, V.M; MENDONÇA, E.S.; SCHAEFER, C.E.R.; MARTIN NETO, L. Caracterização dos ácidos húmicos extraídos de um Latossolo Vermelho-Amarelo e de um Podzol por análise termodiferencial e pela espectroscopia de absorção no infravermelho. Revista Brasileira de Ciência Solo, v.23, p. 543-551, 1999.

BLAIR, G. J.; LEFROY, R. D. B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. Australian Journal of Agricultural Research, v. 46, p.1459- 1460, 1995.

BLANCANEAUX, Ph.; FREITAS, P.L. de; AMABILE, R.F.; CARVALHO, A.M. de. Le semis direct comme pratique de conservation des sols des Cerrados du Brésil Central. Cahier ORSTOM: Série Pédologie, Paris, v.28, n.2, p.245-267, 1993.

BORLAUG, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: R. Bailey (ed.). Global warming and other eco-myths. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA. p. 29-60. 2002.

BUCHANAN, M.; KING, L. Carbon and phosphorus losses from decomposing crop residues in no till and conventional till agroecosystems. Agronomy Journal, Madison, v. 85, n. 3, p. 631-638, 1993.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 23, p. 315-327, 1999.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L.P.; COSTA, B.B.; ALCANTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Adubação verde no Sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346p.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E.A.; COSTA, M.B.B.; MIYASAKA, S. & AMADO, T.J.C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M.B.B., org. Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro, AS-PTA, p.1- 55, 1993.

CAMARGO, F.A.C.; GIANELLO, C.; TEDESCO, M.J. & VIDOR, C. Nitrogênio orgânico do solo. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. Porto Alegre, Genesis, p.117-137, 1999.

CAMBARDELLA, C.A.; ELLIOTT, E.T. Carbon and nitrogen dynamics of soil organic matter fractions from cultivated grassland soils. *Soil Science of America Journal*, v. 58, p. 123-130, 1994.

CAMBARDELLA, C. A. & ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil Science Society of America Journal*, v. 56, p. 777-783, 1992.

CAMPOS, B. C. Dinâmica do carbono em Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo de solo e de culturas. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 180f. (Tese de Doutorado).

CARPENEDO, V. & MIELNICZUCK, J. Estado de agregação e qualidade dos agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARTER, M. R. Organic matter and sustainability. In: REES, R. M.; BALL, B. C.; CAMPBELL, C. D.; WATSON, C. A. (Ed.). *Sustainable management of soil organic matter*. New York: CABI Publishing, p. 9-22, 2001.

CASSOL, E.A. Erosão do solo: influência do uso agrícola, do manejo e preparo do solo. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, Instituto de Pesquisa em Recursos Naturais Não Renováveis, 1984. 40p. (Boletim Técnico15).

CECCON, G.; MACHADO, L. A. Z.; Braquiária pode substituir a "grade" do plantio direto no Cerrado. Documento publicado em www.agrosoft.org.br/agropag/102937.htm criado em 22/10/2008 e impresso em 09/12/2008.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.26, p.163-171, 2002.

CHONÉ, T.; ANDREUX, F.; CORREA, J.C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C. Changes in organic matter in an oxisol from the Central Amazonian forest during eight years as pasture, determined by ¹³C isotopic composition. In: BERTHELIN, J. (Ed.). *Diversity of environmental biogeochemistry*. Amsterdam: Elsevier, p.397-405, 1991.

CHRISTENSEN, B. T. Organic matter in soil: structure, function and turnover. Tjele: DIAS,. (DIAS Report. Plant Production, 30). 95 p, 2000.

CHRISTENSEN, B. T. Structure and organic matter storage in agricultural soils. In: CARTER, M. R.; STEWART, B. A. (Ed.). *Structure and organic matter storage in agricultural soils*. Boca Raton: CRC Press, p. 97- 165, 1996.

CHRISTENSEN, B.T. Physical fractionation of soil organic matter in primary particle size and density separates. *Advances in Soil Science*, v. 20, p. 1-9, 1992.

CIOTTA, M.N.; BAYER, C.; ERNANI, P.R.; FONTOURA, S.M.V.; ALBUQUERQUE, J.A. & WOBETO, C. Acidificação de um latossolo sob plantio direto. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v. 26, p.1055-1064, 2002.

CLAPP, C. E.; HAYES, M. H. B. Sizes and shapes of humic substances. *Soil Science*, Baltimore, v. 164, p. 777-789, 1999.

COLEMAN, D.C., OADES, J.M., UEHARA, G. Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. NifTAL Project, University of Hawaii at Manoa, USA, p.173-200, 1989.

COLLINS, H.P.; PAUL, E.A.; PAUSTIAN, K. & ELLIOTT, E.T. Characterization of soil organic carbon relative to its stability and turnover. In: *Soil organic matter in temperate agroecosystems - long-term experiments in North America*. Boca Raton, CRC Press, p.51-72, 1997.

CONCEIÇÃO P. C.; AMADO T. J. C.; MIELNICZUK J. & SPAGNOLLO E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 29, p. 777-788, 2005.

CONCEIÇÃO, P.C.; BAYER, C.; CASTILHOS, Z.M.S.; MIELNICZUK, J.; GUTERRES, D.B.. Estoques de carbono orgânico num CHERNOSSOLO ARGILÚVICO manejado sob diferentes ofertas de forragem no Bioma Pampa Sul-Riograndense. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 31, Gramado, 2007. Anais. Gramado. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. CD-ROM.

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, p.425-432, 1999.

CORDEIRO, C.F. Atributos edáficos em áreas de pastagem plantada em relevo movimentado no Noroeste do estado do Rio de Janeiro. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. 89f. (Tese de Mestrado).

CORNEJO, J.; HERMOSÍN, M. C. Interactions of humic substances and soil clays. In: PICCOLO, A. (Ed.). *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Amsterdam: Elsevier, p. 595-624, 1996.

COSTA, G.S.; GAMA-RODRIGUES, A.C. & CUNHA, G.M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus grandis* no norte fluminense. *Revista Árvore*, v. 29, p. 563-570, 2005.

COUTINHO, L. M. O conceito de Cerrado. *Revista Brasileira de Botânica* v. 1, p.17-23, 1978.

DALAL, R.C. & MAYER, R.J. Long-term trends in fertility of soils under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. I. Overall changes in soil properties and trends in winter cereal yields. *Australian Journal of Soil Research*, v. 24, p. 265-279, 1986.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. GUINARÃES, L.R. Estoque de carbono e nitrogênio e formas de nitrogênio mineral em um solo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.2, p.179-186, 2004.

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Madison: American Society of Agronomy, v. 1, p. 545-556, 1965.

DA ROS, C. O. Plantas de inverno para cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. Universidade Federal de Santa Maria, 1993. 85 f. (Dissertação de Mestrado).

DE BONA, F.D. Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e preparo convencional. Universidade Federal do Rio Grande do Sul 2005. 154f. (Dissertação de Mestrado).

DEMATTE, J.L.I., DEMATTE, J.A.M. Comparações entre as propriedades químicas dos solos das regiões da floresta amazônica e do cerrado do Brasil Central. *Scientia Agrícola*, v. 50, p. 272-286, 1993.

DERPSCH, R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, n.20, v.7, p. 761-773, 1985.

DIEKOW, J. Estoque e qualidade da matéria orgânica solo em função de sistemas de culturas e adubação nitrogenada no sistema plantio direto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 60f. (Tese de Doutorado).

DICK, D. P.; GOMES, J.; BAYER, C.; BODMANN, B. Adsorção de ácidos húmicos em Latossolo Roxo natural e tratado com oxalato de amônio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 285-294, 2000.

DICK, D. P.; GOMES, J.; ROSINHA, P. B. Caracterização de substâncias húmicas extraídas de solos e de lodo orgânico *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 603-611, 1998.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A. eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Science Society of America. p. 3-22. 1994. (Publication Number, 35)

DORAN, J.W. & ZEISS, M.R. Soil health and sustainability; Managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, v. 15, p. 3-11, 2000.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORAN, J.M. Soil organic matter as a source and a sink of plant nutrients. In: *DYNAMICS of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu: University of Hawai, Cap.2, p.33-67, 1989.

ELTZ, F.L.F. Ensino de plantio direto. In: PEIXOTO, R.T. dos G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Eds). *Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável*. Ponta Grossa : IAPAR-PRP/PG. p.39-42, 1997.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2ª Edição. Rio de Janeiro, Embrapa Solos , 2006. 306p.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro , 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

ESPÍNDOLA, J.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G.; URQUIAGA, S. & PERIN, A. *Decomposição in situ* da parte aérea de algumas leguminosas perenes usadas como cobertura viva de solo. FERTBIO 98. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, Caxambu, 1998. Resumos. Caxambu, p.81, 1998.

FELLER, C. Organic inputs soil organic matter and functional soil organic compartments in low-activity clay soils in tropical zones. In: MULONGO, K., MERCKX, R. Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture. Leuven: Willey-Sayce, p. 77-88, 1993.

FELLER, C.; BALESSENT, J.; NICOLARDOT, B.; CERRI, C. Approaching "functional" soil organic matter pools through particle-size fractionation. Examples for tropical soils. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; FOLLETR, R. F.; STEWART, B. (Ed.). Assessment methods for soil carbon pools. Boca Raton: CRC Press. Advances in Soil Science, p. 102-132, 2000.

FELLER, C.; BEARE, M.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. *Geoderma*, v.79, p.69-116, 1997.

FERNANDES, A. F.; CERRI, C.C.; FERNANDES, A.H.B.M. Alterações na matéria orgânica de um Podzol hidromórfico pelo uso com pastagens cultivadas no Pantanal Mato-Grossense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 34, n. 10, 0. 1943-1951. 1999.

FONTANA, A.; PEREIRA, M. G.; LOSS, A.; CUNHA, T. J. F.; SALTON, J. C. Atributos de fertilidade e frações húmicas de um Latossolo Vermelho no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.5, p.847-853. 2006.

FREITAS, P. L.; BLANCANEAUX, P. H.; GAVINELLI, E.; LARRÉ-LARROUY, M. C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de Latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 35, n. 1, p. 157-170. 2000.

FREIXO, A.A. Caracterização da matéria orgânica de Latossolos sob diferentes sistemas de cultivo através de fracionamento físico e espectrografia de infravermelho. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. 86f. (Tese de Mestrado).

FREIXO, A.A.; CANELLAS, L.P. & MACHADO, P.L.O.A. Propriedades espectrais da matéria orgânica leve livre e leve intra-agregado de dois Latossolos sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 26, p. 445-453, 2002.

FROSSARD, E.; FROSSARD, M.; HEDLEY, M. J.; MATHERELL, A. Reactions controlling the cycling of P in soil. In: TIESSNM, H. (Org.). Phosphorus in the global environment: transfers, cycles and management. Chichester: J. Wiley, p. 107-146, 1995.

GREGORICH, E.G.; DRURY, C.F.; ELLERT, B.H. et al., Fertilization effects on physical protected light fraction organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, v.61, p.482-484, 1997.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M. & ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal of Soil Science*, v. 74, p. 367-375, 1994.

GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura do solo, *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 27, p. 325-334, 2003.

HASSINK, J.; WHITMORE, A. P. A model of the physical protection of organic matter in soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 61, p. 131-139, 1997.

HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. and SWIFT, M.J. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: CADISCH G.; GILLER, K.E. *Driven by nature. Plant litter quality and decomposition*, CABI, 3-32, 1997.

HÉNIN, S. & DUPUIS, M. Essai de bilan de la matière organique du soil. *Ann. Agron.*, v.15, p. 17-29, 1945.

HILDEBRAND, C. Manual de métodos de análises químicas de solo e plantas. Curitiba, Universidade Federal do Paraná. 1976, 225p. Não publicado.

ISLAM, K.R. & WEIL, R.R. Soil quality indicator properties in mid-atlantic soils as influenced by conservation management. *Journal Soil Water Conservation*, v. 55, p. 69-78, 2000.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade*, v.1 n.1, p.147-155, 2005.

KLEPKER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de aplicação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, n.3, p.395-401, 1995.

KLIEMANN, J. H, BRAZ, A.J.P.B., SILVEIRA, P.M. Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 36, n. 1 p. 21-28, 2006.

JANZEN, H.H.; CAMPBELL, C.A.; BRANDT, S.A.; LAFOND, G.P.; TOWNLEY-SMITH, L. Light-fraction organic matter in soils from longterm crop rotations. *Soil Science Society of America Journal*, v.56, p.1799-1806, 1992.

JORDÃO, C. P.; COSTA, E. D.; BRUNE, W.; GOURLART, A. T. Adsorção de cátions metálicos em ácidos húmicos de Latossolo. *Química Nova*, v. 16, n.6, p. 517-520, 1993.

LAL, R.; LOGAN, T.J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; LEVINE, E.; STEWART, B.A. (Ed.). *Soil management greenhouse effect*. Boca Raton: CRC Press, p.293-307. 1995.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O. A.; GALVÃO, J. C. C. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em Argissolo

sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, n. 5, p. 821-832, 2003.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F. Adição de carbono e nitrogênio e sua relação com os estoques no solo e com o rendimento do milho em sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.175-187, 2004.

LOSS, A. Frações Orgânicas e Agregação do Solo em Diferentes Sistemas de Produção Orgânico. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2008. 52 p. (Dissertação de Mestrado).

MACHADO, R.B., M.B. RAMOS NETO, P. PEREIRA, E. CALDAS, D. GONÇALVES, N. SANTOS, K. TABOR & M. STEININGER. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Brasília: Conservação Internacional, 2004.

MENDONZA, H.N.S.; LIMA, E.; ANJOS, L.H.C.; SILVA, L.A.; ANTUNES, M.V.A.M. Propriedades químicas e biológicas de solos de Tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 201-207- 2000.

MIELNICZUK, J. Importância do estudo de raízes no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis. In: WORKSHOP SOBRE SISTEMA RADICULAR: metodologias e estudo de caso, 1999, Aracaju, SE. Anais. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, p.13-17, 1999.

MONEGAT, C. Plantas de cobertura do solo. 2.ed. Chapecó: Ed. do autor. 1991, 337 p

MORAES, J. F. L.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M. Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 70, p. 63-81, 1996.

MOREIRA, F.M. de S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 626p. 2002.

MOREIRA, V.F. Produção de biomassa de guandu a partir de diferentes densidades de plantio e cultivo de brócolos em faixas intercalares sob manejo orgânico. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2003. 66f. (Dissertação de Mestrado).

MUGGLER, C.C.; GRIETHUYSEN, C. van; BUURMAN, P.; PAPE, T. Aggregation, organic matter, and iron oxide morphology in oxisols from Minas Gerais. *Brazilian Soil Science*, v.164, p.759-770, 1999.

NASCIMENTO, V.M.; ALMENDROS, G.; FERNANDES, F.M. Evolution patterns of the soil organic matter in some agricultural systems in the Brazilian "Cerrado" region. *European Journal of Soil Biology*, v.29, p.177-182, 1993.

NEVES, C. M. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; MACEDO, R. L. G.; TOKURA, A. M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região Noroeste do estado de Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 5, p. 1038-1046, 2004.

NICOLOSO, R.S. Dinâmica da matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto. Universidade Federal de Santa Maria, 2005. 150f. (Dissertação de Mestrado).

NOORDWIJK, M. van; CERRI, C.; WOOMER, P.L.; NUGROHO, K.; BERNOUX, M. Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. *Geoderma*, v.79, p.187-225, 1997.

OADES, J.M.; GILLMAN, G.P.; UEHARA, G.; HUE, N.V.; van NOORDWIJK, M.; ROBERTSON, G.P. & WADA, K. Interactions of soil organic matter and variable-charge clays. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M. & UEHARA, G., eds. *Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems*. Honolulu, University of Hawaii Press. p.69-95, 1989.

OLIVEIRA-FILHO, A.T.; SHEPHERD, G.J.; MARTINS, F.R. & STUBBLEBINE, W.H. Environmental factors affecting physiognomic and floristic variation in an area of cerrado in central Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, v.5, p.413-451, 1990.

OLIVEIRA, C.L.; OLIVEIRA, T.S.; LACERDA, N.B.; COSTA, P.A. Frações do carbono orgânico oxidável em solos sob diferentes sistemas de manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 31, Gramado, 2007. *Anais. Gramado Sociedade Brasileira de Ciência do Solo*, 2007. CD-ROM.

PAUSTIAN, K.; ELLIOTT, E.T.; CARTER, M.R. Tillage and crop management impacts on soil C storage: use of long-term experimental data. *Soil & Tillage Research*, v. 47, p.07-12 1998.

PICCOLO, A. Humus and soil conservation. In: PICCOLO, A. (Ed.). *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Amsterdam: Elsevier, p. 225- 264. 1996.

PILLON, C. N. Alteração no conteúdo e qualidade da matéria orgânica do solo induzidas por sistemas de culturas em plantio direto. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 232 f. (Tese de Doutorado).

PINHEIRO, E.F.M.; PEREIRA, M.G.; ANJOS, L.H.C.; PALMIERI; SOUZA, R.C.; Matéria orgânica em LATOSSOLO VERMELHO submetido a diferentes sistemas de manejo e cobertura do solo. *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 9, n. 1, p. 53-56, 2003.

PINHEIRO-DICK, D.; SCHWERTMANN, U. Microaggregates from Oxisols and Inceptisols: dispersion through selective dissolutions and physico-chemical treatments. *Geoderma*, v.74, p.49-63, 1996.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo*, Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. 285p.

RANGEL, O. J.P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 609-1623, 2007

REID, J.B., GOSS, M.J. Changes in the aggregate stability of a sandy loam effected by growing roots of perennial ryegrass (*Lolium perene*). *Journal of the Science of Foods and Agriculture*, v. 31, p. 325-328, 1980.

REINERT D. J. & REICHERT. J. Propriedades físicas de solos em sistema plantio direto Irrigado. In : CARLESSO, R.; PETRY, M.; ROSA, G. & CERETTA, C. A. Irrigação por Aspersão no Rio Grande do Sul, Santa Maria, p. 114-131, 2001.

REZENDE, J. O. Conseqüências da aplicação de vinhaça sobre algumas propriedades físicas de um solo Aluvial (estudo de um caso). Universidade de São Paulo, 1979. 112f. (Tese de Doutorado).

REZENDE, C. DE P., R. B. CANTARUTTI, J. M. BRAGA, J. A. GOMIDE, J. M. PEREIRA, E. FERREIRA, R. TARRÉ, B. J. R. MACEDO, ALVES, S. URQUIAGA, G. CADISCH, K. E. GILLER & R. M. BODDEY. Litter deposition and disappearance in Brachiaria pastures in the Atlantic Forest region of South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, v. 54, n.2, p. 99- 112, 1999.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C. & SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 713-721, 1998.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado.. In: S.M. Sano & S.P. Almeida (eds.). *Cerrado: ambiente e flora*. Planaltina, EMBRAPA-CPAC. p. 98-166 1998.

ROSALES, M.A.; OLIVEIRA, O.S.; MOURA, M.A.; LOURES, E.G. Influência das adubações orgânica e mineral contínuas sobre as características das frações das substâncias húmicas do solo. *Revista Ceres*, v.46, p.67-81, 1999.

RODRIGUES, A.C.; GAMA-RODRIGUES, E.F., BRITO, E.C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO na Região Noroeste Fluminense (RJ). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

ROTH, C. H.; WILCZYNSKI, W.; CASTRO FILHO, C. C. Effect of tillage and liming on organic matter composition in a Rhodic Ferralsol from southern Brazil. *Zeitschrift Pflanzenernaehrung und Bodenkunde*, Weinheim, v. 155, p. 175-179, 1992.

SÁ, J.C.M.; CERRI,C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C. & FEIGL, B.E. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. *Soil Science Society American Journal* v.65, p.1486-1499, 2001.

SAIZ-JIMENEZ, C. The chemical structure of humic substances: recent advances. In: PICCOLO, A. (Ed.). *Humic substances in terrestrial ecosystems*. Amsterdam: Elsevier, p. 1-44, 1996.

SANCHEZ, P. *Properties and management of soils in the tropics*. New York: John Wiley, Soil organic matter, 1976. 618 p.

SANTOS, E.A.; KLIEMANN, H.J. Disponibilidade de fósforo de fosfatos naturais em solos de cerrado e sua avaliação por extratores químicos. *Revista Agropecuária Tropical*, v. 35, n.3, p.139-146, 2005.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A.A; SILVA. E.F. F; NETO, J.A.L. Perdas de carbono orgânico, potássio e solo em Neossolo Flúvico sob diferentes sistemas de manejo no semi-árido. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 2, n. 2, p. 143-149, 2007.

SILVA Jr., M. C.; BATES, J. M. Biogeographic patterns and conservation in South American Cerrado: a tropical savanna hotspot. *Bioscience*, v. 52, n. 3, p. 225- 233, 2002.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. *Biologia dos solos dos cerrados*, capítulo 9, p. 467-524, EMBRAPA, 1997.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; MARQUES, J.J.G. de S. e M.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M. de. Ponto de efeito salino nulo e suas relações com propriedades mineralógicas e químicas de Latossolos brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.31, p.663-671, 1996.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P.; LIMA, J.M. & CARVALHO, A.M. Rotação adubo verde – milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.32, p.649-654, 1997.

SIQUEIRA NETO, S.M. Estoque de carbono e nitrogênio do solo com diferentes usos no Cerrado em Rio Verde (GO). Universidade de São Paulo. 2006. 159p. (Tese de Doutorado).

SOARES, J.L.N.; ESPÍNDOLA, R.C.; CASTRO, S.S. Alteração física e morfológica em solos cultivados sob sistema tradicional de manejo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.1005-1014, 2005.

SOHI, S.; MAHIEU, N.; ARAH, J.R.M.; POLWSON, D.S.P.; MADARI, B. & GAUNT, J.L. A procedure for isolating soil organic matter fractions suitable for modeling. *Soil Science Society American Journal*, v. 65, p.1121-1128, 2001.

SOLLINS, P.; HOMMAN, P. & CALDWELL, B.A. Stabilization and destabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. *Geoderma*, v. 74, p.65-105, 1996.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distroférico de cerrado sob diferentes usos e manejos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, p.133-139, 2003.

SOUZA, W.J.O. & MELO, W.J. Matéria orgânica de um Latossolo submetido a diferentes sistemas de produção de milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 27, p. 1113-1122, 2003.

STEVENSON, F. J. *Humus chemistry*. Wiley & Sons; New York, 1982. 198p.

STEVENSON, F. J.; In: *Humic Substances in soil, sediment and water*; Aiken, G. R.; Mcknight, D. M.; Wershaw, R. L., Eds. Wiley & Sons; New York, p.13, 1985.

STEVENSON, F. J. *Cycles of Soil. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. John Wiley & Sons, New York, 1986. 380 p.

- STEVENSON, F.J. Humus chemistry: genesis, composition, reactions. New York: J. Wiley, 1994. 496p.
- STOUT, J.D.; GOH, K.M.; RAFTER, T.A. Chemistry and turnover naturally occurring resistant organic compounds in soil. In: PAUL, E.A; LADD, J.N (Eds) Soil biochemistry. New York: Marcel Dekker, p. 1-73, 1985.
- SWIFT, R.S. Organic matter characterization. In: SPARKS, D.L.; PAGE, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T.; SUMNER, M.E. (Eds.). Methods of soil analysis. Madison: Soil Science Society of America: American Society of Agronomy, (Soil Science Society of America Book Series, 5). Part 3. Chemical methods. p.1011-1020, 1996.
- TARRÉ, R.; MACEDO, R.; CANTARURI, R. B.; REZENDE, C. de P.; PEREIRA, J.,M.; FERREIRA, E.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. The effect of the presence of legume on a Brachiaria humidicola pasture. Plant and Soil, v.234, p. 15-26, 2001.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J. & BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 188p, 1985. (Boletim técnico de solos, 5).
- TEIXEIRA, L.A.J.; TESTA, V.M. & MIELNICZUK, J. Nitrogênio do solo, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de cultura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 18, p.207-214, 1994.
- TEIXEIRA NETO, M. L. Efeito de espécies vegetais para cobertura, no sistema plantio direto na região dos cerrados, sobre as propriedades do solo. Universidade Federal de Goiás, 2002. 151 p. (Dissertação de Mestrado).
- THENG, B.K.G.; TATE, K.R.; SOLLINS, P. Constituents of organic matter in temperate and tropical soils. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Eds.). Dynamics of soil organic matter in tropical ecosystems. Honolulu, University of Hawaii, NIFTAL Project, p. 5-32, 1989.
- TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J. & MIELNICZUK, J Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de cultura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, n. 16, p. 107-114, 1992.
- THOMAS, R.J. & ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. Soil Biology & Biochemistry, v. 25, p. 1351-1361, 1993.
- TOGNON, A.A.; DEMATTÊ, J.A.M.; MAZZA, J.A. Alterações nas propriedades químicas de Latossolos Roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.271-278, 1997.
- TORMENA, C.A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo Vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.28, p.1023-1031, 2004.

TORRES, R.J.L.; PEREIRA, M.G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J.C.; FABIAN, A.J., Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 29, p. 609-618, 2005.

VALLE, C.B. do; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. *Anais do 17º Simpósio sobre Manejo da Pastagem*, 133-176p. PEIXOTO, A.M.; PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P (Eds). Piracicaba: FEALQ, 2001. 458p.

VEZZANI, F.M. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. 184f. (Tese de Doutorado).

WALKLEY, A.; BLACK, I.A. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v.37, p.29-38, 1934.

WOODRUFF, C.M. Estimating the nitrogen delivery of soil from the organic matter determination as reflected by Sanborn field. *Soil Science Society of America Proceedings*, v.14, p. 208-212, 1949.

YOEMANS, J.C. & BREMNER, J.M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. *Communications. Soil Science and Plant Analysis*, v.19, p.1467-1476, 1988.

ZOTARELLI, L. Balanço de nitrogênio na rotação de culturas em sistema de plantio direto e convencional na região de Londrina-PR. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000. 134p. (Dissertação de Mestrado).

8 ANEXOS

Resumo das Análises Estatísticas:

Tabela anexo 1. Análise de variância (ANOVA) dos atributos avaliados na 1ª coleta.

| Variáveis | Média Geral | Coefficiente de Variação | F | Significância |
|-----------|-------------|--------------------------|---------|---------------|
| COT5 | 24,6097 | 3,222 | 6,065 | 0,02170 |
| COT10 | 20,1916 | 9,558 | 0,118 | ***** |
| COT20 | 18,4875 | 8,955 | 9,547 | 0,00517 |
| COT40 | 14,0520 | 12,350 | 3,755 | 0,06502 |
| COT60 | 11,2145 | 10,350 | 3,620 | 0,06969 |
| DS5 | 1,1412 | 14,100 | 2,112 | 0,15969 |
| DS10 | 1,2504 | 5,195 | 58,416 | 0,00000 |
| DS20 | 1,2502 | 3,994 | 124,360 | 0,00000 |
| DS40 | 1,2414 | 4,190 | 175,192 | 0,00000 |
| DS60 | 1,2106 | 4,524 | 109,454 | 0,00000 |
| ESTC5 | 14,0304 | 13,234 | 0,947 | ***** |
| ESTC10 | 12,5125 | 9,431 | 20,261 | 0,00016 |
| ESTC20 | 23,0291 | 8,621 | 3,464 | 0,07557 |
| ESTC40 | 34,8187 | 14,606 | 4,519 | 0,04448 |
| ESTC60 | 27,0992 | 10,607 | 6,846 | 0,01543 |
| MOP5 | 12,9604 | 16,253 | 77,291 | 0,00000 |
| MOP10 | 8,3770 | 17,057 | 116,605 | 0,00000 |
| MOP20 | 7,0375 | 20,830 | 97,341 | 0,00000 |
| MOM5 | 11,7104 | 28,511 | 23,402 | 0,00007 |
| MOM10 | 7,3479 | 20,871 | 42,476 | 0,00000 |
| MOM20 | 5,1530 | 16,429 | 24,314 | 0,00006 |
| EMOP5 | 8,5998 | 20,078 | 37,627 | 0,00000 |
| EMOP10 | 5,1895 | 17,677 | 69,558 | 0,00000 |
| EMOP20 | 7,6106 | 19,604 | 71,612 | 0,00000 |
| EMOM5 | 14,4872 | 15,092 | 0,517 | ***** |
| EMOM10 | 2,9489 | 20,737 | 75,164 | 0,00000 |
| EMOM20 | 2,8997 | 17,825 | 47,099 | 0,00000 |
| AF5 | 2,7363 | 10,598 | 20,769 | 0,00015 |
| AF10 | 3,2125 | 15,582 | 9,509 | 0,00543 |
| AF20 | 2,8674 | 16,610 | 21,370 | 0,00013 |
| AH5 | 2,1668 | 13,929 | 17,483 | 0,00039 |
| AH10 | 10,7808 | 19,571 | 7,933 | 0,01005 |
| AH20 | 2,3730 | 16,491 | 81,213 | 0,00000 |
| HUM5 | 8,8404 | 5,910 | 70,574 | 0,00000 |
| LNHUM5 | 2,2121 | 2,421 | 73,335 | 0,00000 |
| HUM10 | 8,0106 | 7,088 | 89,914 | 0,00000 |
| LNHUM10 | 2,0637 | 4,180 | 18,593 | 0,00028 |
| HUM20 | 1,6809 | 14,221 | 41,876 | 0,00000 |
| LNHUM20 | 1,8117 | 6,650 | 43,737 | 0,00000 |
| ESTAF5 | 3,3993 | 16,636 | 2,265 | 0,14653 |

| | | | | |
|----------|---------|--------|--------|---------|
| ESTAF10 | 1,8211 | 17,680 | 0,141 | ***** |
| ESTAF20 | 1,7818 | 17,050 | 4,023 | 0,05733 |
| ESTCAH5 | 2,6695 | 15,759 | 4,795 | 0,03943 |
| ESTCAH10 | 6,1610 | 18,121 | 0,645 | ***** |
| ESTCAH20 | 5,5025 | 15,747 | 48,273 | 0,00000 |
| ESTCHUM5 | 9,9328 | 16,209 | 3,583 | 0,07162 |
| ESTCHUM1 | 10,0159 | 7,988 | 11,615 | 0,00252 |
| ESTCHUM2 | 1,5500 | 14,642 | 11,782 | 0,00238 |
| N 5 | 1,0895 | 15,803 | 60,500 | 0,00000 |
| N 10 | 0,8291 | 10,342 | 95,998 | 0,00000 |
| N 20 | 0,7270 | 10,737 | 81,116 | 0,00000 |
| N 40 | 0,8837 | 13,464 | 26,744 | 0,00003 |
| N 60 | 0,7512 | 7,205 | 55,337 | 0,00000 |
| ESTN5 | 1,3381 | 16,108 | 34,108 | 0,00000 |
| ESTN10 | 2,0220 | 9,247 | 36,307 | 0,00000 |
| ESTN20 | 1,7514 | 11,904 | 13,072 | 0,00145 |
| ESTN40 | 2,0220 | 14,528 | 2,441 | 0,13184 |
| ESTN60 | 1,7514 | 8,380 | 0,488 | ***** |
| C/N5 | 15,9165 | 10,491 | 88,201 | 0,00000 |
| C/N10 | 16,3802 | 8,808 | 99,819 | 0,00000 |
| C/N20 | 16,7695 | 4,796 | 25,543 | 0,00007 |
| C/N40 | 17,0850 | 6,924 | 56,104 | 0,00000 |
| C/N60 | 15,3235 | 10,957 | 12,418 | 0,00227 |

Tabela anexo 2. Análise de variância (ANOVA) dos atributos avaliados na 2ª coleta.

| Variáveis | Média Geral | Coefficiente de Variação | F | Significância |
|-----------|-------------|--------------------------|---------|---------------|
| COT5 | 20,8354 | 4,254 | 63,929 | 0,00000 |
| COT10 | 18,3333 | 7,923 | 29,868 | 0,00001 |
| COT20 | 16,6979 | 10,221 | 23,812 | 0,00006 |
| COT40 | 13,6020 | 6,465 | 92,187 | 0,00000 |
| COT60 | 10,7708 | 6,522 | 263,498 | 0,00000 |
| DS5 | 1,1612 | 8,086 | 13,838 | 0,00112 |
| DS10 | 1,2616 | 4,319 | 85,952 | 0,00000 |
| DS20 | 1,2777 | 3,656 | 114,937 | 0,00000 |
| DS40 | 1,2710 | 4,048 | 86,207 | 0,00000 |
| DS60 | 1,2141 | 4,412 | 86,926 | 0,00000 |
| ESTC5 | 12,0623 | 7,525 | 0,300 | ***** |
| ESTC10 | 11,4747 | 9,190 | 0,307 | ***** |
| ESTC20 | 20,9483 | 9,469 | 4,133 | 0,05375 |
| ESTC40 | 34,4079 | 8,131 | 9,788 | 0,00471 |
| ESTC60 | 25,9135 | 6,896 | 88,132 | 0,00000 |
| MOP5 | 11,6812 | 22,229 | 54,558 | 0,00000 |
| MOP10 | 7,4812 | 18,064 | 182,545 | 0,00000 |
| MOP20 | 6,1291 | 31,688 | 59,966 | 0,00000 |
| MOM5 | 9,1541 | 26,701 | 24,723 | 0,00005 |
| MOM10 | 10,8520 | 20,837 | 20,828 | 0,00014 |
| MOM20 | 10,5687 | 22,060 | 8,287 | 0,00848 |

| | | | | |
|----------|---------|--------|---------|---------|
| EMOP5 | 6,6608 | 19,967 | 46,212 | 0,00000 |
| EMOP10 | 4,6190 | 18,629 | 125,625 | 0,00000 |
| EMOP20 | 7,6675 | 33,176 | 40,426 | 0,00000 |
| EMOM5 | 4,5283 | 11,141 | 46,452 | 0,00000 |
| EMOM10 | 5,1104 | 25,735 | 19,071 | 0,00022 |
| EMOM20 | 13,7885 | 21,939 | 16,345 | 0,00050 |
| AF5 | 3,1854 | 10,762 | 120,754 | 0,00000 |
| AF10 | 3,1250 | 10,051 | 42,579 | 0,00000 |
| AF20 | 3,0166 | 11,356 | 64,086 | 0,00000 |
| AH5 | 3,4104 | 15,772 | 9,194 | 0,00592 |
| AH10 | 3,0916 | 14,083 | 3,956 | 0,05871 |
| AH20 | 2,8895 | 15,859 | 0,120 | ***** |
| HUM5 | 8,4187 | 14,741 | 96,129 | 0,00000 |
| HUM10 | 6,6437 | 10,470 | 300,174 | 0,00000 |
| HUM20 | 6,1312 | 12,736 | 386,062 | 0,00000 |
| ESTAF5 | 1,8322 | 13,146 | 44,789 | 0,00000 |
| ESTAF10 | 1,9616 | 11,230 | 5,018 | 0,03503 |
| ESTAF20 | 3,8244 | 11,879 | 18,531 | 0,00026 |
| ESTCAH5 | 1,9700 | 15,906 | 1,294 | 0,26703 |
| ESTCAH10 | 1,9541 | 14,882 | 20,720 | 0,00014 |
| ESTCAH20 | 3,6919 | 15,333 | 8,525 | 0,00771 |
| ESTCHUM5 | 4,8332 | 15,945 | 53,273 | 0,00000 |
| ESTCHUM1 | 4,1208 | 8,710 | 270,185 | 0,00000 |
| ESTCHUM2 | 7,6658 | 12,044 | 319,096 | 0,00000 |
| N 5 | 1,5354 | 10,474 | 114,082 | 0,00000 |
| N 10 | 1,1916 | 9,300 | 103,195 | 0,00000 |
| N 20 | 1,0083 | 9,626 | 102,262 | 0,00000 |
| N 40 | 0,7875 | 9,878 | 23,275 | 0,00007 |
| N 60 | 1,5283 | 11,141 | 46,452 | 0,00000 |
| ESTN5 | 0,8812 | 9,664 | 74,708 | 0,00000 |
| ESTN10 | 0,7464 | 9,972 | 29,687 | 0,00002 |
| ESTN20 | 1,2758 | 8,398 | 47,568 | 0,00000 |
| ESTN40 | 1,9956 | 11,307 | 0,860 | ***** |
| ESTN60 | 1,5283 | 11,141 | 46,452 | 0,00000 |
| C/N5 | 13,4432 | 2,170 | 121,001 | 0,00000 |
| C/N10 | 15,1240 | 10,682 | 14,853 | 0,00107 |
| C/N20 | 16,3300 | 2,481 | 37,115 | 0,00000 |
| C/N40 | 16,8342 | 7,673 | 3,304 | 0,08490 |
| C/N60 | 16,8830 | 7,957 | 0,644 | ***** |

Tabela anexo 3. Análise de variância (ANOVA) dos atributos avaliados para o tratamento SB.

| Variáveis | Média Geral | Coefficiente de Variação | F | Significância |
|-----------|-------------|--------------------------|---------|---------------|
| COT5 | 23,3750 | 3,952 | 129,391 | 0,00000 |
| COT10 | 19,8833 | 8,687 | 2,628 | 0,11862 |
| COT20 | 18,5645 | 11,500 | 4,651 | 0,04172 |
| COT40 | 14,6791 | 11,098 | 0,363 | ***** |

| | | | | |
|----------|---------|--------|--------|---------|
| COT60 | 11,9750 | 9,379 | 7,437 | 0,01201 |
| DS5 | 1,1091 | 12,184 | 0,007 | ***** |
| DS10 | 1,1837 | 3,623 | 0,652 | ***** |
| DS20 | 1,1881 | 3,853 | 6,849 | 0,01541 |
| DS40 | 1,1720 | 3,946 | 20,195 | 0,00016 |
| DS60 | 1,1350 | 3,729 | 1,345 | 0,25810 |
| ESTC5 | 12,9516 | 11,772 | 13,800 | 0,00114 |
| ESTC10 | 11,6525 | 8,146 | 0,464 | ***** |
| ESTC20 | 22,0131 | 10,036 | 2,291 | 0,14371 |
| ESTC40 | 34,4647 | 13,025 | 3,467 | 0,07543 |
| ESTC60 | 27,1902 | 10,176 | 8,678 | 0,00725 |
| MOP5 | 15,0458 | 16,352 | 2,737 | 0,11162 |
| MOP10 | 10,3604 | 12,004 | 1,844 | 0,18767 |
| MOP20 | 8,7125 | 19,408 | 2,857 | 0,10451 |
| MOM5 | 8,3895 | 38,381 | 4,533 | 0,04416 |
| MOM10 | 9,5208 | 21,172 | 0,296 | ***** |
| MOM20 | 9,8583 | 20,467 | 0,787 | ***** |
| EMOP5 | 8,3100 | 19,459 | 2,174 | 0,15388 |
| EMOP10 | 6,1303 | 12,078 | 1,245 | 0,27594 |
| EMOP20 | 10,3305 | 19,588 | 1,265 | 0,27223 |
| EMOM5 | 5,7650 | 19,756 | 0,908 | ***** |
| EMOM10 | 8,9241 | 16,647 | 0,120 | ***** |
| EMOM20 | 11,9253 | 19,756 | 0,908 | ***** |
| AF5 | 3,4489 | 9,653 | 34,000 | 0,00000 |
| AF10 | 3,2604 | 12,516 | 7,418 | 0,01211 |
| AF20 | 3,2435 | 13,004 | 7,702 | 0,01076 |
| AH5 | 3,5618 | 14,969 | 1,190 | 0,28657 |
| AH10 | 3,0266 | 21,754 | 0,405 | ***** |
| AH20 | 2,7785 | 13,851 | 2,517 | 0,12629 |
| HUM5 | 10,9416 | 7,992 | 36,898 | 0,00000 |
| HUM10 | 9,0500 | 6,059 | 70,940 | 0,00000 |
| HUM20 | 8,7708 | 9,396 | 12,766 | 0,00161 |
| ESTAF5 | 1,9147 | 14,664 | 13,747 | 0,00116 |
| ESTAF10 | 1,9304 | 13,568 | 7,337 | 0,01253 |
| ESTAF20 | 3,8521 | 13,138 | 12,148 | 0,00200 |
| ESTCAH5 | 1,9674 | 13,294 | 2,050 | 0,16568 |
| ESTCAH10 | 1,7879 | 19,779 | 0,239 | ***** |
| ESTCAH20 | 3,3001 | 14,058 | 5,233 | 0,03168 |
| ESTCHUM5 | 6,0667 | 14,717 | 10,701 | 0,00335 |
| ESTCHUM1 | 5,3500 | 5,363 | 83,112 | 0,00000 |
| ESTCHUM2 | 10,4318 | 10,379 | 6,088 | 0,02148 |
| N 5 | 1,8041 | 9,664 | 0,685 | ***** |
| N 10 | 1,3791 | 9,798 | 1,643 | 0,21270 |
| N 20 | 1,1958 | 13,497 | 3,871 | 0,06131 |
| N 40 | 0,8770 | 9,353 | 8,946 | 0,00652 |
| N 60 | 0,7625 | 4,670 | 16,429 | 0,00049 |

| | | | | |
|--------|--------|--------|-------|---------|
| ESTN5 | 0,9956 | 10,315 | 0,300 | ***** |
| ESTN10 | 0,8083 | 10,515 | 0,074 | ***** |
| ESTN20 | 1,4018 | 13,605 | 0,495 | ***** |
| ESTN40 | 2,0570 | 11,058 | 0,906 | ***** |
| ESTN60 | 1,7310 | 5,815 | 5,872 | 0,02365 |

Tabela anexo 4. Análise de variância (ANOVA) dos atributos avaliados para o tratamento SS.

| Variáveis | Média Geral | Coefficiente de Variação | F | Significância |
|-----------|-------------|--------------------------|---------|---------------|
| COT5 | 22,0702 | 3,927 | 325,665 | 0,00000 |
| COT10 | 18,6416 | 9,567 | 31,910 | 0,00000 |
| COT20 | 16,6208 | 10,846 | 18,695 | 0,00025 |
| COT40 | 12,9750 | 13,510 | 5,468 | 0,02842 |
| COT60 | 10,0104 | 9,460 | 41,964 | 0,00000 |
| DS5 | 1,1933 | 7,997 | 1,771 | 0,19624 |
| DS10 | 1,3283 | 4,277 | 0,581 | ***** |
| DS20 | 1,3397 | 3,161 | 2,789 | 0,10846 |
| DS40 | 1,3404 | 4,578 | 0,002 | ***** |
| DS60 | 1,2897 | 5,169 | 0,135 | ***** |
| ESTC5 | 13,1411 | 9,981 | 36,937 | 0,00000 |
| ESTC10 | 12,3347 | 10,711 | 24,523 | 0,00005 |
| ESTC20 | 21,9643 | 12,267 | 16,887 | 0,00043 |
| ESTC40 | 34,7618 | 14,624 | 4,858 | 0,03779 |
| ESTC60 | 25,8226 | 9,889 | 41,077 | 0,00000 |
| MOP5 | 9,5958 | 26,064 | 3,671 | 0,06787 |
| MOP10 | 5,4979 | 23,698 | 12,023 | 0,00209 |
| MOP20 | 4,4541 | 39,679 | 3,761 | 0,06483 |
| MOM5 | 12,4750 | 29,215 | 8,869 | 0,00672 |
| MOM10 | 13,3750 | 20,125 | 7,074 | 0,01400 |
| MOM20 | 12,1666 | 21,168 | 2,865 | 0,10405 |
| EMOP5 | 5,6987 | 25,638 | 2,644 | 0,11755 |
| EMOP10 | 3,6417 | 24,241 | 10,596 | 0,00349 |
| EMOP20 | 5,9368 | 38,706 | 3,314 | 0,08173 |
| EMOM5 | 7,8570 | 20,666 | 6,633 | 0,01691 |
| EMOM10 | 8,5670 | 20,585 | 2,090 | 0,16178 |
| EMOM20 | 16,2872 | 21,585 | 2,090 | 0,16178 |
| AF5 | 2,6927 | 11,335 | 1,342 | 0,25850 |
| AF10 | 2,7622 | 11,558 | 2,106 | 0,16024 |
| AF20 | 2,5285 | 12,137 | 4,341 | 0,04850 |
| AH5 | 3,0608 | 9,147 | 7,981 | 0,00960 |
| AH10 | 2,9383 | 14,150 | 21,510 | 0,00011 |
| AH20 | 2,3054 | 15,636 | 136,135 | 0,00000 |
| HUM5 | 8,3375 | 7,304 | 363,120 | 0,00000 |
| HUM10 | 6,4458 | 8,079 | 420,724 | 0,00000 |
| HUM20 | 5,4291 | 11,938 | 261,379 | 0,00000 |
| ESTAF5 | 1,6040 | 14,786 | 0,017 | ***** |
| ESTAF10 | 1,8400 | 13,679 | 1,928 | 0,17830 |

| | | | | |
|----------|--------|--------|---------|---------|
| ESTAF20 | 3,3905 | 13,519 | 5,252 | 0,03141 |
| ESTCAH5 | 1,8251 | 12,313 | 8,299 | 0,00844 |
| ESTCAH10 | 1,9498 | 14,010 | 24,538 | 0,00005 |
| ESTCAH20 | 3,0914 | 15,071 | 155,675 | 0,00000 |
| ESTCHUM5 | 4,9540 | 11,844 | 121,273 | 0,00000 |
| ESTCHUM1 | 4,2753 | 8,956 | 331,384 | 0,00000 |
| ESTCHUM2 | 7,2499 | 11,005 | 291,036 | 0,00000 |
| N 5 | 1,2812 | 15,294 | 0,049 | ***** |
| N 10 | 1,0375 | 8,683 | 0,411 | ***** |
| N 20 | 0,9020 | 10,460 | 6,762 | 0,01599 |
| N 40 | 0,7395 | 15,522 | 0,142 | ***** |
| N 60 | 0,6000 | 10,337 | 62,121 | 0,00000 |
| ESTN5 | 0,7693 | 15,836 | 0,102 | ***** |
| ESTN10 | 0,6893 | 10,250 | 0,020 | ***** |
| ESTN20 | 1,2120 | 9,251 | 7,031 | 0,01425 |
| ESTN40 | 1,9606 | 13,937 | 0,015 | ***** |
| ESTN60 | 1,5487 | 11,986 | 49,187 | 0,00000 |