



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ELIANN GARCIA FERREIRA

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM
CRONOSEQUÊNCIAS DE PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE
RIO VERDE, GOIÁS**

ELIANN GARCIA FERREIRA

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM
CRONOSEQUÊNCIAS DE PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE
RIO VERDE, GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito.

Londrina
2012

Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

F383e	<p>Ferreira, Eliann Garcia. Estoques de carbono e nitrogênio do solo em cronosequências de plantio direto na região de Rio Verde, Goiás / Eliann Garcia Ferreira. – Londrina, 2012. 50 f.</p> <p>Orientador: Osmar Rodrigues Brito. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Solos – Teor de nitrogênio – Teses. 2. Solos – Teor de carbono – Teses. 3. Cerrados – Teses. 4. Plantio direto – Teses. 5. Solos – Manejo – Teses. 6. Nitrogênio na agricultura – Teses. 7. Solos qualidade – Teses. I. Brito, Osmar Rodrigues. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 631.4</p>
-------	---

ELIANN GARCIA FERREIRA

**ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM
CRONOSEQUÊNCIAS DE PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE RIO
VERDE, GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria de Fátima Guimarães
UEL – Londrina - PR

Dr. Robélio Leandro Marchão
EMBRAPA - Cerrados

Prof. Dr. Osmar Rodrigues Brito
UEL – Londrina - PR

Londrina, 30 de março de 2012.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois foi Nele que encontrei forças para continuar seguindo meu caminho.

Aos meus pais, Hélio Ferreira e Ana Izabel Ramirez Garcia Ferreira, e meu irmão Gustavo Garcia Ferreira, pela família, amor e compreensão nos momentos difíceis. Por estarem sempre presentes, mesmo quando ausentes.

A meu orientador, Osmar Rodrigues Brito e à meu co-orientadora, Robélio Leandro Marchão pela orientação, dedicação, apoio e, principalmente, amizade no decorrer do curso e no desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Estadual de Londrina (UEL), em especial aos professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela formação profissional, conhecimento oferecido e apoio em todas as fases de realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade de realizar esse trabalho e disponibilizar a bolsa de mestrado.

Ao Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA Cerrados), Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (EMBRAPA Arroz e Feijão) e Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), em especial a Dra. Beata Eموke Madari e ao Dr. Marc Corbeels, pela participação na execução deste estudo.

Aos amigos Alessandra Ianckievicz, Matheus Monteiro, César Sbrussi, Fernando Rodini, Mayra Ishikawa, Roger Pereira, Claudio Hoshino, Débora Santiago, Talita Braga, Patricia Mattiello, Rogério Komori, Flavia Correia Zanutto, Roberta Izzo e Marcos Siqueira Neto pelo convívio e pelos momentos inesquecíveis.

Aos pesquisadores, técnicos, funcionários, amigos e colegas de alojamento da EMBRAPA Cerrados, EMBRAPA Arroz e Feijão e da Universidade Estadual de Londrina, pelos ensinamentos, além do exercício da paciência e tolerância e, principalmente, pela amizade.

A todos meus familiares e amigos que me apoiaram incondicionalmente para que eu atingisse minhas metas e por estarem presentes em todos os momentos da minha vida.

A todos que, de forma direta ou indireta, consciente ou não, contribuíram para a execução deste trabalho.

FERREIRA, Eliann Garcia. **Estoques de carbono e nitrogênio do solo em cronosequências de plantio direto na região de Rio Verde, Goiás**. 2012. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

RESUMO

A área ocupada pela região do Cerrado representa aproximadamente 24% do território nacional. É o segundo maior bioma da América do Sul, superado apenas pela floresta amazônica. A expansão desordenada da fronteira agrícola brasileira tem gerado ocupações inadequadas de áreas do cerrado e degradação ambiental. Os sistemas de manejo adotados para manejo dos solos muitas vezes têm levado a uma redução nos teores de carbono e da matéria orgânica dos solos. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as variações nos estoques de C e N do solo em áreas do cerrado sob diferentes manejos. O estudo foi realizado em 10 áreas situadas no município de Rio Verde-GO (17°50' a 18°20' S e 51°43' a 50°19' O), com predominância de Latossolos Vermelho distróficos, com teores de argila+silte entre 500 e 700 gkg⁻¹. As áreas avaliadas foram: cerrado nativo (CE); pastagem com 26 anos (PA 26), e oito áreas sob sistema de plantio direto (SPD) com 3, 9, 13, 14, 16, 17, 19 e 21 anos (SPD 3, SPD 9, SPD 13, SPD 14, SPD 16, SPD 17, SPD 19 e SPD 21, respectivamente). Em cada área foram coletadas amostras de solo nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, para avaliar as seguintes variáveis: densidade aparente do solo, teores e estoques de carbono orgânico total, teores e estoques de nitrogênio total do solo. Os resultados obtidos indicam que uma área de cerrado quando ocupada com pastagem ou cultivada sob sistema de plantio direto aumenta a densidade do solo principalmente nas camadas superficiais. Reduz os teores de carbono e de nitrogênio do solo. Os estoques de carbono do solo aumentam na fase inicial de implantação do sistema e reduzem ao longo do tempo podendo chegar a taxa de acúmulo anual negativa. Ocorre também reduções nos estoques de nitrogênio do solo.

Palavras-chave: Cerrado. Qualidade de solo. Sistema de manejo. Pastagem.

FERREIRA, Eliann Garcia. **Soil carbon and nitrogen stock in chronosequency of no tillage system in Rio Verde region in Goias state.** 2012. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

ABSTRACT

The savanna region represents approximately 24% of the Brazilian territory. It is the second largest biome in South America, surpassed only by the Amazon forest. The disorderly expansion of Brazilian agricultural frontier has generated inadequate areas of cerrado occupations and environmental degradation. The management systems in place to land management often have led to a reduction in carbon levels and soil organic matter. This work was conducted with the objective of assessing changes in inventories of C and N soil in areas of Brazilian savannas under different managements. The study was done in 10 areas located at Rio Verde (Goias state, Brazil) ($17^{\circ} 50'$ to $18^{\circ} 51' 20''$ S and $50^{\circ} 43'$ to $19'$), in a Oxisol (very clayed Red Dystrophic typic Latosol) with clay contents in the range 50 - 70 %. At each site, samples were taken randomly with subdivided parcels; these sites were divided in three sub-areas with six sampling locations and five depths (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm). The areas evaluated were: native cerrado (EC); pasture with 26 years, PA (26), and eight areas under no-tillage system (SPD) with 3, 9, 13, 14, 16, 17, 19 and 21 years (3 SPD, 9 SPD, SPD, SPD, SPD 13 14 16 17, SPD. SPD and SPD 21 19, respectively). In each area were collected soil samples on layers 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm, to evaluate the following variables: levels of soil bulk density and total organic carbon stocks, and stocks of total nitrogen content of the soil. The results obtained indicate that an area of cerrado when occupied with pasture or cultivated under no-tillage system increases the density of the soil mainly in the surface layers. Reduces of the soil nitrogen and carbon levels. Soil carbon stocks increases in initial stage of system deployment and reduces over time to reach the annual accumulation rate negative. Occurs also reductions in stockpiles of nitrogen soil.

Keywords: Savanna. Soil quality. Management system. Pasture

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Identificação, localização e histórico das propriedades selecionadas para coleta de amostras	24
Tabela 1 – Identificação, localização e histórico das propriedades selecionadas para coleta de amostras. Continuação	25
Tabela 2 – Densidade do solo (gcm^{-3}) para as diferentes camadas amostradas no Cerrado (CE), pastagem (PA) com 26 anos e plantio direto (SPD) com 3, 9, 13, 14, 16, 17, 19 e 21 anos em Rio Verde (GO), no ano de 2011.....	29
Tabela 3 – Teores de carbono orgânico (gKg^{-1}) em função da diferentes camadas amostradas e dos sistemas de uso e manejo do solo. Rio Verde (GO). 2011	29
Tabela 4 – Estoques de carbono orgânico (Mg/ha) em função da diferentes camadas amostradas e dos sistemas de uso e manejo do solo. Rio Verde (GO). 2011	31
Tabela 5 – Teores de nitrogênio total (gKg^{-1}) em função da diferentes camadas amostradas e dos sistemas de uso e manejo do solo. Rio Verde (GO). 2011	36
Tabela 6 – Estoques de nitrogênio total (Mg/ha) em função das camadas amostradas e dos sistemas de de uso e manejo dos solos. Rio Verde (GO). 2011.....	38

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Comparação entre os estoques iniciais (2003) e atuais (2011) de carbono do solo, considerando a camada de 0-40cm. Rio Verde (GO). 201132
- Figura 2** – Estoque de carbono do solo em função dos anos de adoção do sistema de plantio direto nas duas épocas de amostragem.....33
- Figura 3** – Taxa anual de acúmulo de carbono no solo em função do tempo de adoção do sistema de plantio direto33
- Figura 4** – Comparação entre os estoques originais de carbono do solo (EC) e os estoques equivalentes de carbono (EEqC) para os diferentes sistemas de uso e manejo do solo. Rio Verde (GO). 201135
- Figura 5** – Estoque total (EN) e estoque equivalente de nitrogênio (EEqN) do solo para os diferentes sistemas de uso e manejo dos solo. Rio Verde (GO). 201139

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 A REGIÃO BRASILEIRA OCUPADA PELA VEGETAÇÃO DE CERRADO	12
2.2 O SISTEMA DE PLANTIO DIRETO	14
2.3 O CARBONO E A MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS.....	15
2.4 O NITROGÊNIO DO SOLO.....	17
2.5 EMISSÕES DE GASES CAUSADORES DO EFEITO ESTUFA E CO ₂ ATMOSFÉRICO.....	19
3 ARTIGO A: ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM UMA CRONOSEQUÊNCIA DE PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE RIO VERDE, GOIÁS	20
3.1 RESUMO E ABSTRACT.....	20
3.2 INTRODUÇÃO.....	21
3.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.3.1 Localização e Descrição da Área de Amostragem	22
3.3.2 Critérios para Escolha dos Pontos de Amostragem.....	23
3.3.3 Caracterização das Áreas Selecionadas	24
3.3.4 Amostragem e Análises dos Solos	26
3.3.5 Determinação da Densidade e Estoques de C e N do Solo	26
3.3.6 Cálculo dos Estoques de Carbono e Nitrogênio no Solo	26
3.3.7 Análises Estatísticas	28
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.4.1 Densidade do Solo	28
3.4.2 Carbono do Solo.....	29
3.4.2.1 Teores de Carbono.....	29
3.4.2.2 Estoque de C do Solo.....	30
3.4.3 Nitrogênio do Solo	36
3.4.3.1 Teores de Nitrogênio	36
3.4.3.2 Estoque de Nitrogênio do Solo.....	37
3.5 CONCLUSÕES.....	39

4 CONCLUSÕES GERAIS40

REFERÊNCIAS.....41

1 INTRODUÇÃO

O cerrado ocupa cerca de um quarto do território nacional é o segundo maior bioma brasileiro, além de ser um rico patrimônio de recursos naturais renováveis. Apesar das restrições edafoclimáticas, o cerrado se transformou em uma das maiores regiões produtoras de grãos do Brasil, além de ser reconhecido como a última grande fronteira agrícola do mundo.

No cerrado, o uso e a ocupação da terra é bastante diversa, porém as atividades relacionadas à agropecuária se destacam por possuir grandes áreas planas aptas para agricultura mecanizada, vastas áreas destinadas à pecuária, pelo baixo custo relativo da terra, pela razoável malha viária e por relativa proximidade de centros consumidores.

O grande impulso para o crescimento da agroindústria no Sudoeste Goiano se deu pelo Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), cujo objetivo era incentivar a abertura de áreas do cerrado para atividades agropecuárias. Esta abertura foi conduzida por agricultores oriundos principalmente da região sul do país, que já dominavam tecnologias de cultivo das principais espécies de grãos, o que garantiu o sucesso da colonização do cerrado.

Além de incentivos econômicos, a região de Rio Verde destaca-se por proporcionar condições agroclimáticas, que favorecem a produção de grãos como soja, milho e feijão, sendo que os dois últimos são cultivados em mais de um período, ou seja, suas produções resultam de suas safras.

No início do processo de ocupação estas áreas, foram desmatadas e mantidas em sistema de plantio convencional (PC), com queima ou incorporação dos resíduos culturais nas camadas superficiais do solo. Com o emprego de técnicas de mecanização com a aração e gradagem, houve um decréscimo da matéria orgânica destes solos. O intenso revolvimento expõe o solo às altas temperaturas no período de seca, o que acelera a decomposição da matéria orgânica do solo. Por outro lado, no período chuvoso, o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo exposto podem ocasionar desestruturação superficial resultando em compactação e em perdas significativas de solos por erosão.

Visando não só uma melhor conservação do solo, mas também uma redução de custos, o sistema de plantio direto (SPD) foi introduzido no cerrado como uma prática conservacionista, em que há menor revolvimento da camada superficial

e a palhada do cultivo anterior é mantida na superfície do solo, preservando e até melhorando suas propriedades.

Com o SPD é possível observar que além de reduzir os processos erosivos há aumentos na matéria orgânica e na conservação da umidade do solo, garantindo o transporte e absorção de nutrientes pelas plantas, bem como a sustentabilidade do sistema de cultivo.

A matéria orgânica do solo está entre os principais indicadores da qualidade do solo em um sistema de cultivo, além de ser altamente sensível às mudanças de manejo. Além disso, ela funciona como importante reservatório de nutrientes e influencia de forma direta a retenção de água, a estrutura, a capacidade de troca de cátions, a adsorção específica de cátions e metais poluentes do solo, bem como na produtividade das culturas.

O sistema de plantio direto apresenta um grande potencial para a mitigação de gases de efeito estufa, como o CO₂, pelo fato de favorecer o incremento de MOS, permitindo um acúmulo de carbono ocasionado pela manutenção dos resíduos culturais das diferentes culturas. Em consequência do acúmulo de MOS e do não revolvimento do solo (SPC) tem-se uma decomposição lenta e gradual dos resíduos orgânicos; menor exposição dos agregados do solo que protegem o carbono, e, finalmente, maior diversidade e fauna edáfica.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A REGIÃO BRASILEIRA OCUPADA PELA VEGETAÇÃO DE CERRADO

Parte das áreas de savana do mundo pode ser encontrada na América do Sul, América Central, África, Austrália, e na Índia. Estas áreas são caracterizadas por apresentarem estações do ano bem definidas (FROST et al, 1986). De acordo com Pivello e Norton (1996) a maior região contínua de savana da América do Sul encontra-se no Brasil e é conhecida localmente como região do Cerrado brasileiro. Esta região corresponde à cerca de 25 % do território nacional. Encontra-se distribuída entre os estados de Minas Gerais, Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e parte dos estados de São Paulo, Bahia, Maranhão e Piauí. Estima-se que esta área de Cerrado seja de aproximadamente 204 milhões de hectares (IBGE, 2004) e ocupa a parte central do território nacional (GARCIA, 1995).

O Cerrado é importante por ser o segundo maior bioma da América do Sul (SANO et al., 2008) e no Brasil é o único bioma que faz fronteira com todos os outros grandes ecossistemas do Brasil (Floresta Amazônica, Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal Mato-Grossense) (Figura 1). De acordo com Borlaug (2002) esta região é considerada como a última fronteira agrícola do planeta.

Para Santos et al. (2006) o cerrado corresponde ao conjunto formado por uma vegetação rasteira (extrato de gramíneas), arbustos e árvores distribuídas de forma esparsa. De acordo com Coutinho (1978), as áreas ocupadas pelo Cerrado podem ser classificadas de forma simplificada em Cerradão com predominância de componentes arbóreos, e campo limpo que é composto por indivíduos de porte herbáceo-subarbusivo. As demais fitofisionomias encontradas como o campo sujo, campo cerrado, cerrado (sentido restrito), podem ser consideradas ecótonos intermediários. Quanto ao relevo as áreas de cerrado podem ser consideradas em sua maioria como planas ou suavemente onduladas com altitudes que variam de 300 e 600 m acima do nível do mar (REATTO et al., 1998) estendendo-se por grandes planaltos ou chapadões.

O clima da região se caracteriza pela existência de estações climáticas bem definidas com inverno seco (abril a setembro) e verão chuvoso (outubro a março), com temperatura média anual variando entre 18 e 28°C (DIAS, 1992).

Os solos predominantes nas regiões ocupadas pelo cerrado brasileiro geralmente apresentam boas características físicas e topografia plana (SANTOS et al., 2006). Entretanto, de acordo com Adamoi et al., (1985) e Reatto e Martins (2005), aproximadamente metade das áreas de Cerrado é formada por solos ácidos com baixa capacidade de troca de cátions (CTC) e alta saturação por alumínio. A baixa CTC destes solos se deve à predominância na sua composição granulométrica de argilas de baixa atividade (caulinita e oxi-hidroxidos de ferro e alumínio), aliada aos baixos teores de carbono (SOUZA e LOBATO, 2004). A acidez pode ser explicada pelo fato de serem solos muito intemperizados, aonde a atividade dos agentes químicos e biológicos, vem atuando há muito tempo, contribuindo com o intemperismo e conseqüentemente com a perda de bases.

Das áreas de Cerrado do Brasil, aproximadamente 117 milhões de hectares são ocupados por pastagens, sendo que deste total cerca de 54 milhões são de pastagens cultivadas (SANO et al., 2008). No entanto, a maior parte destas pastagens apresenta algum grau de degradação dos solos, o que reduz o potencial de produção das mesmas (MACEDO, 1993 e MACEDO e ZIMMER, 1993).

Dentro do contexto de aumento global da produção agropecuária brasileira (alimentos, fibras e biombustíveis), a recuperação das áreas degradadas passa a ter grande importância, visto que o aumento pretendido deverá ser planejando com base no aumento de produtividade das culturas e dos rebanhos, e não mais na expansão da fronteira agrícola. Para Ferreira (2003) e Kluthcouski et al. (2003), as limitações impostas pela baixa fertilidade e qualidade dos solos do Cerrado podem ser em grande parte eliminadas mediante adoção de técnicas de manejo que visem o aumento dos teores de matéria orgânica e a disponibilidade de nutrientes para as plantas mediante emprego de corretivos e de fertilizantes minerais.

A ocupação do cerrado com exploração agrícola de subsistência e pecuária extensiva para abastecimento de mercado local teve início em meados da década de 1960. Porém com o maior crescimento e desenvolvimento das regiões Sul e Sudeste associada à mudança da capital para do Brasil para a região central do país, foram implantados muitos programas de atração de populações e de estímulo ao desenvolvimento da região (RATTER et al., 1997; MAROUELLI, 2003), culminando com o que temos hoje, ou seja, a região dos Cerrados contribui com cerca de 30 % da produção nacional de grãos (50 % de soja, 20 % de milho, 15 %

de arroz e 11 % de feijão) e com 40 % do rebanho bovino do país (FUNDAÇÃO PRÓ-CERRADO, 2003).

2.2 O SISTEMA DE PREPARO CONVENCIONAL E O PLANTIO DIRETO

O sistema de preparo e revolvimento do solo teve início nos países de clima temperado, tendo como objetivo interromper o ciclo entre o inverno e a primavera. No Brasil o sistema de preparo do solo adotado para ocupação de novas áreas constituía basicamente da derrubada e queima da vegetação natural, seguida do preparo convencional, resultando em alterações na dinâmica da matéria orgânica do solo (SIX et al., 2002), redução da fertilidade química, aumento da erosão (LAL, 2003; BERNOUX et al., 2004) e dos custos de produção.

Devido à forte correlação da matéria orgânica do solo com as suas propriedades físicas e químicas a utilização de técnicas de manejo que contribuam para o aumento dos seus teores reveste-se de grande importância, como destacam Grigal e Vance (2000). O preparo excessivo e o manejo inadequado têm promovido alterações nas propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos das áreas ocupadas pelo cerrado e reduzido tanto os teores de matéria orgânica como a produtividade das culturas PULROLNIK (2009), RESCK e SILVA, (1997).

O sistema de plantio direto tem sido uma alternativa para a manutenção e sustentabilidade dos solos (OLIVEIRA et al., 2002). Pela manutenção dos resíduos culturais que oferecem uma proteção ao solo, proporcionando um aumento da matéria orgânica do solo (SÁ et al., 2001), com alterações nas condições químicas (FALLEIRO et al., 2003), físicas (TORMENA et al., 2004) e biológicas do solo (PEREZ et al., 2005).

Sistemas de produção com foco conservacionista como é o caso do sistema de plantio direto (SPD) que tem como fundamentos o não revolvimento do solo, a rotação de culturas e a manutenção da cobertura do solo, promove menor agressão física ao mesmo, melhorando a sua estruturação. Com isso ocorrerão aumentos na porosidade, aeração e na capacidade de retenção d'água do solo (SIQUEIRA NETO, 2006). Estes efeitos somados resultam em menores impactos ambientais além de favorecer o seqüestro e a conservação do carbono no solo (MACHADO et al., 2004; MACHADO, 2005).

Os primeiros experimentos brasileiros com o SPD foram conduzidos em Campinas, SP pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) em 1965, depois já na década de 1970 o SPD foi introduzido em áreas agrícolas de Rolândia (PR) para fins comerciais, com o objetivo de reduzir as perdas de solo por erosão. Mas de acordo com Borges (1993), a introdução do SPD na região do cerrado só ocorreu na década de 1990 com a expansão das áreas de cultivo de milho e soja.

A adoção do sistema plantio direto mantém a integridade estrutural dos agregados, reduzindo a oxidação da MOS e a degradação do solo (CASTRO FILHO et al., 2002). Neste mesmo sentido Sá et al. (2001) verificaram que diferentemente do que se observa no SPC, no SPD normalmente ocorrem aumentos significativos dos teores de MO do solo.

A região centro oeste do país apresenta as estações climáticas bem definidas com verão úmido e inverno seco e quente, isto compromete o cultivo de outono, com relação à produção de fitomassa. A produção de fitomassa é fundamental para o sistema, pois protege o solo da erosão, contribui para melhoria da fertilidade, aumenta a infiltração e disponibilidade de água para as plantas, minimizando os impactos ambientais (ANDRIOLI et al., 2008).

Além dos benefícios para o solo o SPD proporciona reduções no custo de produção devido ao menor número de operações com máquinas, além disso, reduz a erosão do solo em relação ao SPC, aumento no teor de carbono orgânico total do solo (LOVATO et al., 2004) e aumenta a estabilidade dos agregados (SILVA e MIELNICZUK, 1997).

2.3 O CARBONO E MATÉRIA ORGÂNICA DOS SOLOS

Por muito tempo a exploração agrícola rudimentar e de subsistência acabou por reduzir de forma dramática os teores de carbono e matéria orgânica dos solos. Como indica o trabalho de Ehlers (2000) ainda no século XVII teve início o emprego da rotação de culturas com plantas forrageiras (capim e leguminosas) e a integração das atividades de pecuária e agricultura na tentativa de recuperar o potencial produtivo de solos degradados, dando início ao período que ficou conhecido como Primeira Revolução Agrícola (PIANA et al., 1999).

O carbono orgânico tem sua origem na fotossíntese e pode ser incorporado ao solo principalmente por exsudação radicular ou decomposição de

resíduos orgânicos de origem animal ou vegetal, formando um complexo de substâncias orgânicas diversas, normalmente denominadas de matéria orgânica do solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

A matéria orgânica influencia diretamente muitos processos do solo e por isso é considerada como atributo chave para monitoramento e avaliação da qualidade dos solos (GREGORICH et al. 1994). Ela é em grande parte responsável pela modulação das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos.

A maior parte da matéria orgânica encontra-se associada às partículas do solo em todas as profundidades, independente do sistema de cultivo ou rotação de culturas utilizada (BAYER et al., 2002).

A matéria orgânica do solo (MOS) funciona como um reservatório heterogêneo de carbono, formado por uma mistura complexa de materiais orgânicos que diferem quanto à origem, composição e dinâmicas (CHRISTENSEN, 2000; CARTER, 2001). A quantidade de matéria orgânica que acumula no solo depende diretamente do balanço entre a produtividade primária e a taxa de decomposição (PAUL e CLARK, 1989).

Além do manejo adotado pelo agricultor, a dinâmica da matéria orgânica no solo é influenciada pelas condições climáticas, cobertura florestal e tipo de solo. Esses fatores regulam a qualidade e a quantidade da matéria orgânica do solo, uma vez que influenciam tanto a composição como a atividade das comunidades microbianas decompositoras, bem como a taxa de lixiviação de compostos orgânicos e as perdas por erosão (USSIRI e JOHNSON, 2003).

Sendo assim o conteúdo de matéria orgânica do solo pode ser utilizado como indicador do efeito de sistemas de manejo e da qualidade do solo (CONCEIÇÃO et al. 2005), além disso, a MOS representa o maior reservatório de carbono terrestre, cerca de duas vezes a quantidade de C contido na atmosfera e na biomassa vegetal (BRUCE et al., 1999; SWIFT, 2001). Por esta razão este compartimento de C tem papel importante no sequestro de C da atmosfera, como já era considerado por Stevenson (1994).

No solo o carbono encontra-se em dois compartimentos da matéria orgânica, que podem influenciar tanto na durabilidade do sequestro como nos efeitos benéficos nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. O compartimento de matéria orgânica viva não ultrapassa 4% do carbono orgânico total (COT) do solo e é subdividido em três compartimentos: raízes (5% a 10%), fauna do solo (15%-

30%) e microrganismos (60% a 80%), sendo que esta fração é de grande importância no processo de transformação dos compostos orgânicos do solo (SILVA e MENDONÇA, 2007).

A fração não viva da matéria orgânica contribui com cerca de 98% do COT e é dividida em resíduos orgânicos (3% a 20%) e húmus. O húmus é o compartimento representado por substâncias húmicas (70%) e não-húmicas (30%) (SILVA e MENDONÇA, 2007). As substâncias húmicas tem a função de reserva de nutrientes para as plantas e são de grande importância em longo prazo (STEVENSON, 1994). Os resíduos orgânicos são representados pela fração leve que é constituída por resíduos derivados principalmente de restos vegetais em vários estádios de decomposição cujo tempo de permanência no solo pode variar de 1 a 5 anos (JANZEN et al., 1992 ; MOLLOY e SPEIR, 1977).

Alterações na vegetação e nas práticas de manejo influenciam os estoques de C, uma vez que podem alterar a taxa de adição de resíduos orgânicos, e a taxa de decomposição bem como a formação de complexos organominerais que garantem a proteção física da matéria orgânica do solo (POST e KWON, 2000), e controlam a emissão de CO₂ para a atmosfera (SILVA et al., 1994; LAL , 1997).

Por outro lado, a adoção de práticas de manejo que promovam desequilíbrios no balanço de C pode favorecer a liberação de CO₂ para a atmosfera, o que normalmente ocorre nas áreas que adotam o revolvimento como método de preparação para semeadura e cultivo do solo (PULROLNIK, 2009).

2.4 O NITROGÊNIO DO SOLO

Do mesmo modo que o carbono, o nitrogênio está diretamente ligado a MOS, sendo que a dinâmica do N está associada à dinâmica do C (Bayer et al., 2000). Além disso, o nitrogênio é um elemento muito sensível às condições ambientais, cuja disponibilidade e perdas são controladas por inúmeros processos químicos e biológicos (MALUCHE 2004).

Em termos de exigência nutricional o nitrogênio está entre aqueles mais requeridos pelas plantas. Apesar de se encontrar no solo principalmente na forma orgânica, pequenas quantidades são lentamente liberadas durante o ano. Na maioria dos solos as quantidades assim liberadas não são suficientes para atender a

exigências da maioria das culturas, o que exige, por parte dos agricultores, a utilização de adubos nitrogenados.

A mineralização da MOS, compreende os processos de amonificação e nitrificação, que converte anualmente em média de 2 a 5% do N orgânico para formas inorgânicas disponíveis para a imediata absorção para as plantas. As taxas de mineralização do N são influenciadas pelo uso e manejo do solo, e nas áreas de pastagem das áreas de cerrado, como indicam os trabalhos de Moreira e Siqueira (2002) e D'Andréa et al. (2004) é possível observar que a amonificação é favorecida, em detrimento da nitrificação, por substâncias excretadas pelas raízes das gramíneas e pelos baixos valores de pH mais freqüentes nestas condições.

A maioria dos solos agrícolas contém grandes quantidades de N orgânico em todo o seu perfil, porém a maior parte deste N não está disponível (URQUIAGA e ZAPATA, 2000) e não supre toda a demanda de N requerida pelas culturas comerciais. Além disso, em solos degradados com baixos teores de matéria orgânica o suprimento de N é insuficiente para atender a demanda das culturas comerciais (LOVATO et al., 2004).

Por sua alta exigência o N ocupa posição de destaque entre os elementos essenciais e é um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento vegetal e à produtividade da maioria dos sistemas agrícolas (REIS et al. 2006).

Segundo Weber e Mielniczuk (2009), o acúmulo de N total no solo ocorre de forma lenta e por esta razão a observação do impacto de práticas de manejo e da utilização de diferentes sistemas de cultivos na disponibilidade e acúmulo de N no solo demanda a condução de ensaios ou experimento de longa duração.

O entendimento da dinâmica do N em solos agrícolas é importante para garantir o suprimento do mesmo durante os períodos de maiores demandas das culturas a fim de prevenir queda na produtividade e perdas econômicas.

2.5 EMISSÕES DE GASES CAUSADORES DO EFEITO ESTUFA E CO₂ ATMOSFÉRICO

Nas regiões tropicais as transformações dos sistemas nativos em sistemas agrícolas estão relacionadas às alterações climáticas globais, pois, causam aumento da concentração de CO₂ atmosférico. No Brasil, cerca de 70% das emissões de gases causadores do efeito estufa (GEE) esta relacionada ao desmatamento e uso da terra (BRASIL, 2009).

Com a conversão de áreas de vegetação natural com derrubada, e queima dos resíduos, seguido por cultivo do solo, modifica-se a dinâmica da matéria orgânica do solo (MOS) (SIX et al., 2002), aumentando as emissões de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) para atmosfera (BERNOUX et al., 2001) e contribuindo para as mudanças climáticas globais.

No solo as emissões de GEE e principalmente o CO₂ estão diretamente relacionadas com a decomposição dos resíduos vegetais, oxidação da MOS, respiração microbiana e das raízes (RYAN e LAW, 2005). Com o revolvimento do solo para o cultivo há um aumento na aeração, maior exposição da fração lábil da MOS (SIX et al., 1999) o que favorece a oxidação biológica do carbono orgânico com liberando CO₂ para a atmosfera (BEARE et al., 1994).

A adoção do sistema de plantio direto vem contribuindo para a diminuição das taxas de emissão de CO₂ para atmosfera (D'ANDRÉA, 2001; SILVA, 2001) como indicam os estudos desenvolvidos em Latossolo na região do cerrado. Estes autores observaram que o decréscimo nos estoques de carbono orgânico foi menor (20 a 30 % de 0 – 5 cm) nas áreas sob plantio direto do que nas áreas submetidas ao sistema convencional de cultivo (47 % de 0 – 5 cm) que inclui o revolvimento periódico do solo. Segundo Rocha (2000) em comparação com os outros países o Brasil apresenta melhores condições para contribuir com a reversão dos processos associados às mudanças climáticas global, tanto pela redução das emissões como pelo aumento no seqüestro de carbono da atmosfera por meio da ampliação das áreas de cultivo submetidas ao sistema de plantio direto.

3 ARTIGO A

ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO DO SOLO EM CRONOSEQUÊNCIAS DE PLANTIO DIRETO NA REGIÃO DE RIO VERDE, GOIÁS

3.1 RESUMO E ABSTRACT

Resumo: A área ocupada pela região do Cerrado representa aproximadamente 24% do território nacional. É o segundo maior bioma da América do Sul, superado apenas pela floresta amazônica. A expansão desordenada da fronteira agrícola brasileira tem gerado ocupações inadequadas de áreas do cerrado e degradação ambiental. Os sistemas de manejo adotados para manejo dos solos muitas vezes têm levado a uma redução nos teores carbono e da matéria orgânica dos solos. Este trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as variações nos estoques de C e N do solo em áreas do cerrado sob diferentes manejos. O estudo foi realizado em 10 áreas situadas no município de Rio Verde-GO (17°50' a 18°20' S e 51°43' a 50°19' O), com predominância de Latossolos Vermelho distróficos, com teores de argila+silte entre 500 e 700 gkg⁻¹. As áreas avaliadas foram: cerrado nativo (CE); pastagem com 26 anos (PA 26), e oito áreas sob sistema de plantio direto (SPD) com 3, 9, 13, 14, 16, 17, 19 e 21 anos (SPD 3, SPD 9, SPD 13, SPD 14, SPD 16, SPD 17, SPD 19 e SPD 21, respectivamente). De cada área foram coletadas amostras de solo nas camadas 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm, para avaliar as seguintes variáveis: densidade aparente do solo, teores e estoques de carbono orgânico total, teores e estoques de nitrogênio total do solo. Os resultados obtidos indicam que a ocupação das áreas de cerrado com pastagem ou cultivada sob sistema de plantio direto aumenta a densidade do solo e reduz teores de carbono e de nitrogênio do solo, principalmente nas camadas superficiais. De maneira geral os estoques de carbono do solo aumentam na fase inicial de implantação do sistema de plantio direto e reduz ao longo do tempo podendo chegar à taxa de acúmulo anual negativa. Ocorrem também reduções nos estoques de nitrogênio do solo.

Palavras-chave: Cerrado. Qualidade de solo. Sistema de manejo. Pastagem.

SOIL CARBON AND NITROGEN STOCK IN CHRONOSEQUENCY OF NO TILLAGE SYSTEM IN RIO VERDE REGION IN GOIAS STATE.

Abstract: The savanna region represents approximately 24% of the Brazilian territory. It is the second largest biome in South America, surpassed only by the Amazon forest. The disorderly expansion of Brazilian agricultural frontier has generated inadequate areas of cerrado occupations and environmental degradation. The management systems in place to land management often have led to a reduction in carbon levels and soil organic matter. This work was conducted with the objective of assessing changes in inventories of C and N soil in areas of Brazilian savannas under different managements. The study was done in 10 areas located at Rio Verde (Goiás state, Brazil) ($17^{\circ} 50'$ to $18^{\circ} 51' 20''$ S and $50^{\circ} 43'$ to $19'$), in a Oxisol (very clayed Red Dystrophic typic Latosol) with clay contents in the range 50 - 70 %. At each site, samples were taken randomly with subdivided parcels; these sites were divided in three sub-areas with six sampling locations and five depths (0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40 cm). The areas evaluated were: native cerrado (EC); pasture with 26 years, PA (26), and eight areas under no-tillage system (SPD) with 3, 9, 13, 14, 16, 17, 19 and 21 years (3 SPD, 9 SPD, SPD, SPD, SPD 13 14 16 17, SPD. SPD and SPD 21 19, respectively). In each area were collected soil samples on layers 0-5, 5-10, 10-20, 20-30 and 30-40 cm, to evaluate the following variables: levels of soil bulk density and total organic carbon stocks, and stocks of total nitrogen content of the soil. The results obtained indicate that an area of cerrado when occupied with pasture or cultivated under no-tillage system increases the density and reduces the levels of carbon and nitrogen of the soil mainly in the surface layers. Generally the soil carbon stocks increases in initial stage of no-tillage system deployment and reduces over time to reach the annual accumulation rate negative. Occurs also reductions in stockpiles of nitrogen soil.

Keywords: Savanna. Soil quality. Management system. Pasture

3.2 INTRODUÇÃO

A região do cerrado é importante por ser o segundo maior bioma brasileiro e ocupa uma área aproximada a 200 milhões de hectares. A expansão desordenada dessa fronteira agrícola tem gerado a degradação do solo de muitas áreas do cerrado.

A região de Rio Verde se caracteriza por ser um dos principais pólos de produção agropecuária, que reúne a comercialização e o processamento de insumos e bens de produção para a agricultura.

O sistema de plantio direto que atualmente vem sendo adotado por muito proprietários agrícolas da região dos cerrados, favorece a acumulação de matéria orgânica (MOS) e manutenção dos estoques de carbono orgânico no solo, uma vez que, os resíduos vegetais das culturas são deixados na superfície do solo

(SIX et al, 2004). Por outro lado, o sistema de plantio direto favorece a agregação do solo (MADARI et al., 2005) e conseqüentemente reduz as perdas de partículas, nutrientes e do próprio C que normalmente ocorrem por processos de erosão, decomposição, volatilização e lixiviação (LAL et al., 1997), comuns ao sistema convencional.

Avaliando os efeitos das mudanças no estoque de carbono em solos do Rio Grande do Sul com 13 anos de plantio convencional e direto, Machado (2005) verificou que na camada de até 100 cm de profundidade o estoque de carbono orgânico do solo sob SPD (179 Mg C ha^{-1}) era 8,5% superior ao solo sob preparo convencional e 4,7% superior ao solo sob floresta secundária.

A MOS é considerada como importante reservatório de N do solo, chegando a contribuir com até 95 % do N total (RANGEL e SILVA, 2007). E por ser o nitrogênio um dos nutrientes mais requeridos pelas plantas, na maioria dos solos as quantidades que são lentamente liberadas pelo processo da decomposição da MOS não são suficientes para atender as exigências das culturas.

A região dos cerrados funciona como um grande assimilador e acumulador de carbono (MIRANDA e MIRANDA, 2000), mas tanto as entradas quanto o tamanho dos reservatórios de carbono podem ser modificados favorável ou negativamente em função dos sistemas de uso e de manejo dos solos (CORAZZA et al., 1999; RESCK, 2005).

Vários estudos já demonstraram a eficácia do SPD no seqüestro de carbono, gerando aumentos da ordem de 5,2 a $8,5 \text{ Mg C ha}^{-1}$ quando comparado ao solo sob preparo convencional (BAYER e BERTOL, 1999; MACHADO e SILVA, 2001). Desta maneira o SPD contribui para uma melhor conservação e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola do Brasil.

Este trabalho teve como objetivo avaliar as variações nos estoques de C e N do solo em áreas do cerrado sob diferentes manejos.

3.3 MATERIAL E MÉTODOS

3.3.1 Localização e Descrição da Área de Amostragem

O estudo foi realizado em propriedades agrícolas no município de Rio Verde, estado de Goiás ($51^{\circ}43'$ a $50^{\circ}19'$ O e $17^{\circ}50'$ a $18^{\circ}20'$ S), em áreas de

Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa (SANTOS, 2006). O clima da região é do tipo Aw (Tropical) segundo a classificação de Köppen, com chuvas concentradas no verão e com um período seco bem definido durante a estação de inverno. A temperatura média anual é de 23,3 C e a média anual de precipitação pluviométrica é de aproximadamente 1550 mm ano⁻¹.

3.3.2 Critérios para Escolha dos Pontos de Amostragem

Este trabalho consiste na atualização de dados para predição de estoques de carbono dos solos da região dos cerrados. O primeiro levantamento foi realizado por Siqueira Neto (2006) e a escolha dos pontos de amostragem foi feita considerando as mesmas propriedades utilizadas no primeiro estudo. Para maiores detalhes consultar a referência indicada.

Desta forma foram selecionadas dez áreas para a realização das amostragens. Foram selecionadas: uma área sob vegetação nativa de cerrado (CE); uma área sob pastagem de 26 anos (PA), uma área sob plantio convencional (PC), e sete áreas compondo uma cronosseqüência de 3, 9, 13, 14, 16, 17, 19 e 21 anos de implantação do SPD.

3.3.3 Caracterização das Áreas Seleccionadas

Tabela 1 – Identificação, localização e histórico das propriedades seleccionadas para coleta de amostras

Identificação	Localização		Histórico das propriedades
	Latitude	Longitude	
CE	17°39'07" S	51°02'49" O	Cerradão: extrato arbóreo semidecíduo com altura entre 15 e 25 metros (utilizada como referencia)
PA-26	17°38'58" S	51°03'57" O	1978- Desmatamento 1978-1985 SPC (arroz) 1985-2007 Pastagem com braquiária 2007-2011 Pasto reformado
SPD-3	17°41'36" S	51°10'56" O	1977- Desmatamento 1978-1980 SPC (arroz) 1980-2008 SPC (soja/milho e milheto) 2008-2011 SPD (soja/sorgo)
SPD-9	17°36'50" S	51°08'31" O	1990- Desmatamento 1993-1995 SPC (arroz) 1995-1997 Pousio 1997-2001 SPC (soja/milho) 2002-2007 SPD (soja/milho) 2007-2011 SPD (soja/milho/sorgo/milheto)
SPD-13	17°36'57" S	51°08'27" O	1990- Desmatamento 1987-1989 SPC (arroz) 1989-1997 SPC (soja/milho) 1998-2007 SPD (soja/milho) 2007-2011 SPD (soja/milho/sorgo/milheto)

CE: mata nativa Cerrado; PA-26: pastagem com 26 anos; SPD-3: sistema de plantio direto com 3 anos; SPD-9: sistema de plantio direto com 9 anos e SPD-13: sistema de plantio direto com 13 anos.

Tabela 1 – Identificação, localização e histórico das propriedades selecionadas para coleta de amostras. Continuação...

Identificação	Localização		Histórico das propriedades
	Latitude	Longitude	
SPD-14	17°27'54" S	51°19'55" O	1991- Desmatamento 1991-1992 SPC (arroz) 1992-1997 SPC (soja) 1998-2004 SPD (soja/algodão) 2004-2011 SPD (soja/milho)
SPD-16	17°39'00" S	51°03'28" O	1983-Desmatamento 1983-1986 SPC (arroz) 1986-1994 SPC (soja/milho) 1995-2007 SPD (soja/milho/milheto) 2007-2011 SPD (soja/milho)
SPD-17	17°30'11" S	51°09'57" O	1987- Desmatamento 1981-1983 SPC (arroz) 1983-1985 Pousio 1985-1989 SPC (soja) 1989-1990 SPC (milho) 1990-1993 SPC (soja) 1994-2011 SPD (soja/milho/sorgo)
SPD-19	17°28'16" S	51°16'19" O	1977- Desmatamento 1977-1982 Pastagem com braquiária 1982-1984 SPC (arroz) 1984-1991 SPC (soja/milho) 1992-2007SPD (soja/milho ou milheto) 2007-2011 SPD (soja/sorgo/milho)
SPD-21	17°20'12" S	51°15'03" O	1977- Desmatamento 1977-1982 Pastagem com braquiária 1982-1984 SPC (arroz) 1984-1989 SPC (soja/milho) 1990-2007SPD (soja/milho ou milheto) 2007-2011 SPD (soja/sorgo/milho)

SPD-14: sistema de plantio direto com 14 anos; SPD-16: sistema de plantio direto com 16 anos; SPD-17: sistema de plantio direto com 17 anos; SPD-19: sistema de plantio direto com 19 anos e SPD-21: sistema de plantio direto com 21 anos.

3.3.4 Amostragem e Análises dos Solos

A coleta de amostras de solo foi realizada na primeira quinzena de junho de 2011, seguindo os mesmos protocolos empregados na amostragem realizada por Siqueira Neto (2006).

3.3.5 Determinação da Densidade e Estoques de C e N do Solo

As amostras de solo coletadas nas propriedades selecionadas foram encaminhadas para o laboratório da EMBRAPA CERRADOS, onde foram pesadas. Em seguida sub amostras de 5,00 g de terra foram transferidas para recipientes e utilizadas na determinação da umidade gravimétrica. Posteriormente determinou-se a densidade aparente do solo utilizando a metodologia proposta por Blake e Hartge (1986).

A parte restante de cada amostra foi deixada para secar ao ar, homogeneizadas e passadas em peneira de 2,0 mm para separação de resíduos vegetais não decompostos. Na sequência, as amostras foram moídas e passadas totalmente em peneira de 100 mesh (0,149 mm). As determinações dos teores de carbono e nitrogênio foram realizadas por combustão a seco utilizando um analisador elementar CHNS/O modelo 2400 Serie II.

3.3.6 Cálculo dos Estoques de Carbono e Nitrogênio no Solo

Os estoques totais de C orgânico (EC) e de N (EN) foram calculados para cada camada, considerando os teores individuais de C e de N, a densidade aparente do solo e a espessura da camada amostrada (NEILL et al., 1997; BERNOUX et al., 1998) de acordo com a seguinte equação:

$$\mathbf{EC \text{ ou } EN = d \times h \times (C \text{ ou } N) \times 10}$$

Onde:

EC ou EN = estoque total de carbono orgânico (EC) ou de nitrogênio (EN) do solo (Mg ha^{-1}),

d = densidade aparente do solo (gcm^{-3}),

h = espessura da camada amostrada (m).

C ou N = teores totais de carbono orgânico ou nitrogênio do solo (gKg^{-1})

10 = fator para conversão de unidades para Mg ha^{-1}

Para efeito de comparação entre os diferentes sistemas de manejo foram calculados os estoques equivalentes de carbono e nitrogênio (EEqC e EEqN). Os estoques equivalentes foram calculados considerando como referência a massa média de solo de 1 hectare de uma área de cerrado nativo, na camada 0-40 cm, ou seja, 4098 Mg ha^{-1} de solo, mediante o emprego da seguinte equação.

$$\text{EEqC ou EEqN} = \Sigma \text{ECN}_{0-30} + \{ [\text{Mai} - (\Sigma \text{nMa} - \Sigma \text{nMr})] \times (\text{Ci ou Ni}) \}$$

Onde:

EEqC ou EEqN = Estoque equivalente de C ou de N para a massa de 4098 Mg ha^{-1} de solo;

ΣECN_{0-30} = somatório dos estoques de C ou N das camadas 0-5cm, 5-10cm, 10-20cm e 20-30cm;

Mai = massa de solo da última camada de solo amostrado (30-40cm);

ΣnMa = massa total do solo incluindo a camada 30-40cm;

ΣnMr = massa total do solo da área de cerrado incluindo a camada 30-40cm (massa referencia);

Ci ou Ni = teor de C ou N na última camada amostrada.

A taxa de acúmulo ou perdas anuais de C no solo (TC) foi estimada com base nas alterações dos estoques de C ao longo do tempo mediante emprego da seguinte equação:

$$\text{TC} = (\text{Ecf} - \text{Eci}) / t$$

Onde:

TC = Taxa anual de acúmulo ou perda de C no solo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

Ecf = Estoque de C em 2011, avaliado neste estudo;

Eci = Estoque de C em 2003 (Avaliado por Siqueira Neto, et al (2006))

t = tempo de adoção dos sistemas de manejo (anos).

3.3.7 Análises Estatísticas

Os dados de concentrações e estoques de C e N para cada camada de solo foram submetidos ao teste Kolmogorov-Smirnov para avaliação da normalidade de distribuição. Por não apresentarem distribuição normal utilizou-se análise estatística não paramétrica e o teste de comparações múltiplas Student-Newman-Keuls (SNK) foi utilizado para comparação das médias.

As análises foram feitas utilizando o programa Statistical Analysis Systems (SAS INSTITUTE, 1987).

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.4.1 Densidade do Solo

Os valores para a densidade aparente do solo nas diferentes camadas avaliadas (0-5, 5-10, 10-20, 20-30 e 30-40 cm) e para os diferentes sistemas de cultivo encontram-se apresentados na tabela 2.

Verificou-se que independentemente da camada considerada a densidade do solo da área de cerrado nativo (CE) foi sempre menor que nas demais áreas manejadas sob pastagem ou plantio direto com até 21 anos de adoção (Tabela 3). Estes resultados estão de acordo com aqueles apresentados por Beutler et al. (2001) que também observaram menores valores densidade na camada superficial (0-5 cm) de um solo sob vegetação nativa do cerrado.

Na camada superficial de 5-10 cm um maior adensamento do solo foi observado nas áreas com 3 a 14 anos sob SPD. E, a partir da camada de 10-20 cm os maiores valores de densidade também foram encontrados nas áreas manejadas sob SPD com 3 e 9 anos. Estes maiores valores de densidade do solo podem ser atribuídos ao efeito cumulativo do tráfego de máquinas e da ausência de revolvimento do solo, como atribuído por Tormena et al.(2002). Outros autores como Vieira e Muzilli (1984), Centurion e Demattê (1985), Sarvasi (1994), Klein (1996), Urchei e Rodrigues (1996), Silveira et al. (1997), Beutler et al.(2001), Assis e Lanças (2005) e Aratani et al. (2009); também observaram a ocorrência de aumentos da densidade das camadas superficiais do solo, principalmente na fase inicial de implantação do sistema de plantio direto.

Tabela 2 – Densidade do solo (gcm^{-3}) para as diferentes camadas amostradas no Cerrado (CE), pastagem (PA) com 26 anos e plantio direto (SPD) com 3, 9, 13, 14, 16, 17, 19 e 21 anos em Rio Verde (GO), no ano de 2011

PROF (cm)	SISTEMAS DE MANEJO									
	CE	PA 26	SPD 3	SPD 9	SPD 13	SPD 14	SPD 16	SPD 17	SPD 19	SPD 21
0-0.5	0.84 e	1.25 ab	1.16 bc	1.27 a	1.18 bc	1.04 d	1.17 bc	1.05 d	1.14 c	1.05 d
0.5-10	1.00 f	1.20 bcd	1.25 ab	1.26 ab	1.22 abc	1.27 a	1.20 bcd	1.17 cde	1.21 bcd	1.13 e
10-20	1.06 d	1.18 bc	1.32 a	1.30 a	1.22 b	1.17 c	1.23 b	1.16 c	1.23 b	1.15 c
20-30	1.06 e	1.19 cd	1.31 a	1.29 a	1.24 b	1.17 cd	1.22 bc	1.15 d	1.24 b	1.18 cd
30-40	1.06 e	1.21 cd	1.29 a	1.26 ab	1.24 bc	1.18 d	1.18 d	1.18 d	1.23 bcd	1.18 d

As média seguidas da mesmas letras nas linhas não diferem entre si, pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

3.4.2 Carbono do Solo

3.4.2.1 Teores de Carbono

Para todos os tipos de uso e manejos avaliados foi possível observar que o teor de carbono do solo decresceu acentuadamente em função do aumento da profundidade (Tabela 3). Este mesmo comportamento já foi observado em outros estudos realizados por Bernoux et al. (1998) e Sisti et al. (2004).

Tabela 3 – Teores de carbono orgânico (gKg^{-1}) em função da diferentes camadas amostradas e dos sistemas de uso e manejo do solo. Rio Verde (GO). 2011

Camadas (cm)	Sistemas de uso e manejo do solo									
	CE	PA 26	SPD 3	SPD 9	SPD 13	SPD 14	SPD 16	SPD 17	SPD 19	SPD 21
0,0-0,5	37.81 a	24.15 cd	24.50 cd	19.23 e	21.23 de	26.87 bc	23.24 d	26.59 bc	26.74 bc	27.94 b
0,5-10	23.49 a	20.45 bc	18.80 cd	15.43 e	16.59 e	22.18 bc	17.20 de	20.59 bc	18.16 b	21.07 bc
10-20	19.18 a	17.92 ab	16.38 bc	14.24 d	15.07 cd	19.20 a	15.97 c	18.69 a	18.92 a	17.92 ab
20-30	16.42 ab	15.90 ab	15.04 bcd	13.15 e	13.93 ed	17.47 a	14.37 cde	16.42 ab	16.83 ab	16.83 ab
30-40	13.92 b	14.03 b	13.87 b	11.99 c	13.52 c	15.98 a	12.18 c	14.18 b	15.19 ab	14.71 ab

Médias seguidas da mesmas letras nas linhas não diferem entre si, pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

No solo da área de cerrado nativo foi possível observar nas camadas de 0-5 e 5-10 cm os maiores teores de carbono, que diferiram significativamente dos demais sistemas de manejo. Estes maiores valores para os teores de carbono do solo decorrem do acúmulo constante de resíduos vegetais. Porém, segundo Bayer et al.(2000), além das camadas superficiais, a longo prazo os aumentos nos teores de C poderiam ocorrer também nas camadas mais profundas do perfil do solo.

Entretanto, nas camadas de 10-20 e 20-30 cm os teores de carbono entre cerrado, pastagem (PA 26) e SPD (14, 17, 19 e 21 anos) não diferiram significativamente. Resultados que estão parcialmente de acordo com Cerri (2003) e Silva et al. (2004) que verificaram que pastagens bem manejadas, podem manter ou até mesmo aumentar os teores de C do solo. Bayer et al.(2006) trabalhando em áreas manejadas sob SPD verificaram que a distribuição do carbono em profundidade aumenta gradualmente ao longo do tempo, podendo recuperar os teores originais.

Na camada mais profunda (30-40 cm) os teores de C das áreas sob SPD com 14, 19 e 21 anos superaram os valores observados nos demais sistemas de manejo, inclusive o cerrado, corroborando novamente com as observações de Bayer et al.(2006).

3.4.2.2 Estoque de C do Solo

Analisando os dados obtidos para os estoque de carbono orgânico total das diferentes áreas avaliadas foi possível observar que o cerrado nativo (CE), a pastagem com 26 anos e o SPD com 19 anos se destacaram dos demais sistemas de uso e manejo do solo por apresentarem os maiores estoque de carbono nas camadas superficiais de 0-5 e 5-10cm, superando significativamente apenas os tratamentos SPD com 9 e 13 anos (Tabela 4).

Tabela 4 – Estoques de carbono orgânico (Mg/ha) em função da diferentes camadas amostradas e dos sistemas de uso e manejo do solo. Rio Verde (GO). 2011

Camadas (cm)	Sistemas de uso e manejo do solo									
	CE	PA 26	SPD 3	SPD 9	SPD 13	SPD 14	SPD 16	SPD 17	SPD 19	SPD 21
0,0-0,5	15,47 a	15,11 a	14,25 abc	12,18 c	12,49 bc	13,90 abc	13,5 abc	13,88 abc	15,26 a	14,57 ab
0,5-10	11,62 ab	12,30 a	11,73 ab	9,71 d	10,14 cd	12,07 ab	10,97 bc	12,00 ab	12,82 a	11,84 ab
10-20	20,04 cd	21,28 abc	21,53 abc	18,48 d	18,35 d	22,54 ab	19,70 cd	21,62 abc	23,20 a	20,69 bc
20-30	17,22 cd	18,97 abcd	19,60 abc	17,08 d	17,33 cd	20,46 a	17,54 cd	18,94 abcd	20,50 a	19,83 ab
30-40	14,72 cd	16,97abc	17,86 a	15,15 bcd	16,83 abc	18,83 a	14,38 d	16,73 abc	18,73 a	17,38 ab

Médias seguidas da mesmas letras nas linhas não diferem entre si, pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

Nas camadas subsuperficiais de 10-20, 20-30 e 30-40 cm, o destaque foi para o SPD com 14 e 19 que apresentaram os maiores estoques de C. Nesta situação as área de cerrado nativo (CE) e o SPD 9 anos apresentaram os menores estoques de carbono para cada camada considerada separadamente (Tabela 4).

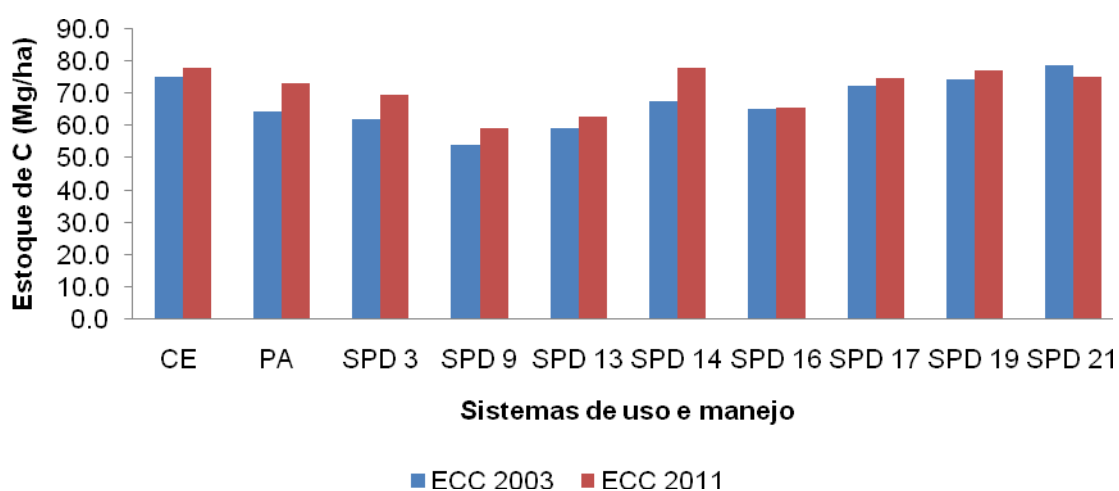
A ausência de diferença significativa entre os estoques de COT do solo da área de pastagem com 26 anos (PA 26) e a área de cerrado nativo (CE), quando se avalia as camadas superficiais 0-5 e 5-10cm, está de acordo com os resultado apresentados por Frazão et al. (2010) que verificaram que uma pastagem de 22 anos apresentou valores de estoques de C semelhantes aos encontrados na área de cerrado. De acordo com os autores este fato decorre do manejo inadequado quanto à reposição dos nutrientes exportados pelo pasto, o que normalmente conduz a uma redução gradual da produção de fitomassa da pastagem ao longo do tempo, e conseqüentemente a uma degradação das áreas de cerrado ocupadas com pastagem. Por outro lado, de acordo com Trumbore et al., (1995), Moraes et al. (2002) e Silva et al. (2004), quando se adota a tecnologia adequada para exploração das áreas com pastagem, normalmente tem se verificado aumentos dos estoques de C no solo.

De acordo com Reicosky et al. (1995) mesmo quando não há aumentos imediatos dos estoques de carbono ou de matéria orgânica da camada arável do solo, a adoção do SPD resulta em efeitos importantes na atividade microbiana e na ciclagem de nutrientes, na agregação de partículas, no movimento e

no armazenamento de água do solo. E conseqüentemente, facilitando trocas gasosas entre o solo e a atmosfera.

Verifica-se pelos resultados apresentado na Figura 1 que para os diferentes sistemas de uso e manejo do solo ocorreram sempre incrementos nos estoques de carbono do solo da camada de 0-40 cm, em relação à avaliação feita em 2003, exceto para o SPD 21 anos.

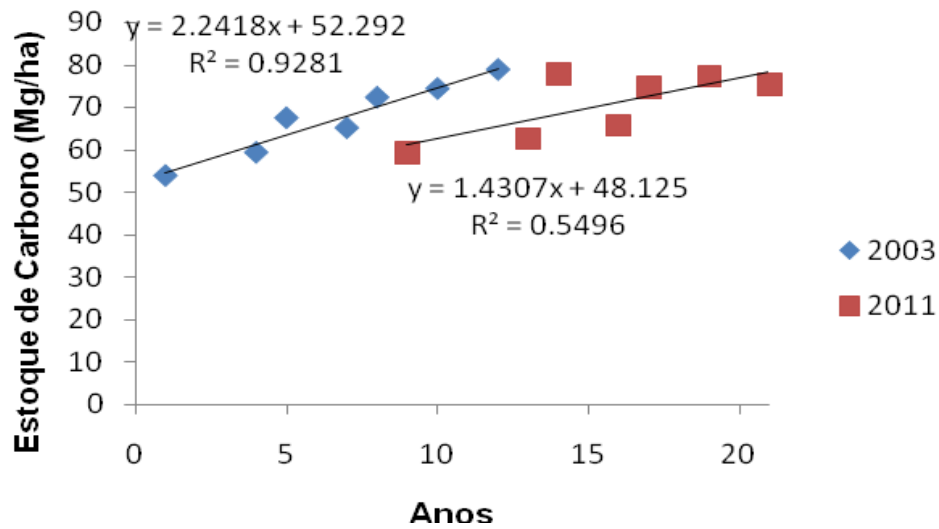
Figura 1 – Comparação entre os estoques iniciais (2003) e atuais (2011) de carbono do solo, considerando a camada de 0-40cm. Rio Verde (GO). 2011



Os valores médios para o estoque de C obtidos na avaliação realizada em 2011 ficaram acima daqueles encontrados em estudos semelhantes (BAYER et al., 2004; WENDLING et al., 2005; CORBEELS et al., 2006; BLANCHART et al., 2007; SIQUEIRA NETO et al., 2009). As diferenças de resultados podem ser atribuídas à variações nas quantidades de resíduo orgânicos adicionadas anualmente a cada um dos sistemas avaliados.

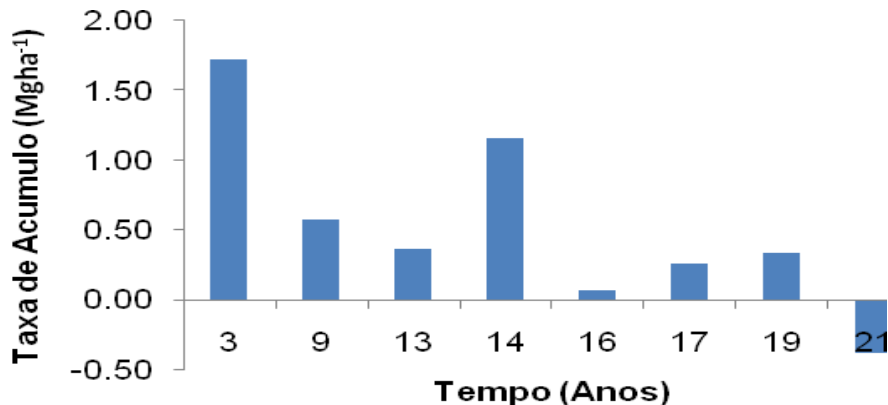
Com relação específica ao manejo com pastagem os resultado obtidos contrariam em parte aqueles apresentados por Silva et al.(2004) que relataram que a substituição da vegetação nativa do cerrado por pastagem reduz os estoques de C do solo.

Figura 2 – Estoque de carbono do solo em função dos anos de adoção do sistema de plantio direto nas duas épocas de amostragem



Na avaliação de 2003, que representa a fase inicial (até 12 anos) de implantação do sistema de plantio direto na região de Rio Verde (GO) a taxa anual média de acúmulo de C do solo, representada pelo coeficiente angular da reta (Figura 2), foi de $2,24 \text{ Mgha}^{-1}$. Entretanto na avaliação de 2011 e que representa a segunda fase, essa taxa caiu para $1,43 \text{ Mgha}^{-1}$. Apesar de positivo, este menor valor da taxa de incremento de C dos solos pode ser um indicativo de provável estabilização dos sistemas avaliados.

Figura 3 – Taxa anual de acúmulo de carbono no solo em função do tempo de adoção do sistema de plantio direto

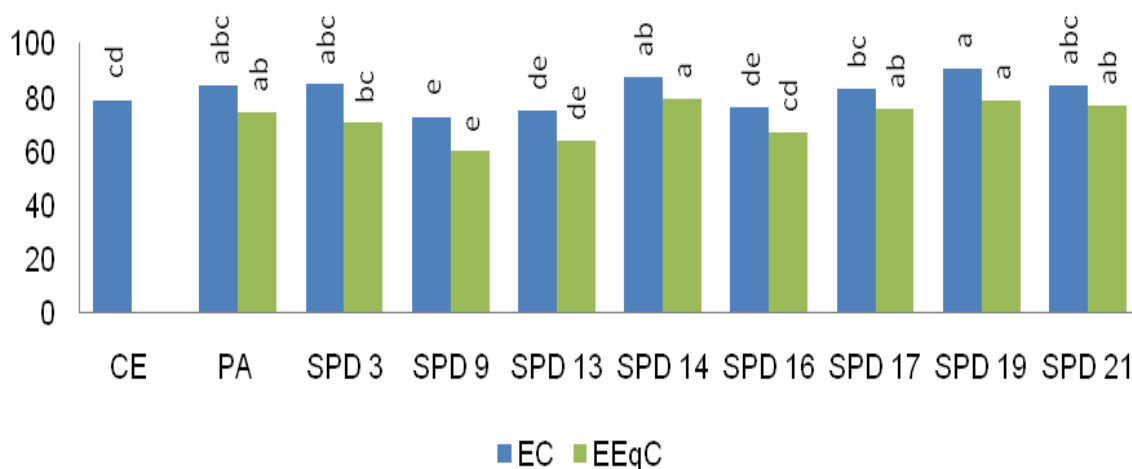


Fazendo uma avaliação isolada da taxa anual de acúmulo de C do solo para o sistema de plantio direto (Figura 3), foi possível verificar que esta taxa variou de ano para ano e foi dependente do tempo de adoção do sistema. A maior taxa anual de acúmulo de C foi observada no SPD com 3 anos, o que está de acordo com os resultados apresentados por outros autores (SIX et al., 1999; BAYER et al., 2000; SÁ et al., 2001; DIEKOW et al., 2005) que indicam que a adoção do SPD resultará sempre no acúmulo superficial de resíduos orgânicos que posteriormente contribuirão para o aumento dos teores de C e da matéria orgânica do solo.

A partir dos 14 anos de adoção do SPD, constata-se a ocorrência não padronizada de reduções na taxa anual de acúmulo de C, chegando aos 21 anos com um valor negativo de $-0,38 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Esta ocorrência atípica para o SPD 21 anos indica que o sistema está degradando mais do que acumulando carbono e que isto pode ter ocorrido em função da interação de diferentes fatores tais como: menores adições recentes de resíduos orgânicos, maior atividade biológica do solo e conseqüentemente maiores taxas de decomposição da matéria orgânica do solo. Bayer e Mielniczuk (1999) e Carvalho et al. (2010) afirmam que o acúmulo de carbono no solo depende ainda do tipo de solo e das condições climáticas locais. Os resultados obtidos para o SPD 21 anos estão de acordo com o que foi observado por Machado e Silva (2001) que trabalhando em uma área manejada sob SPD por 22 anos, também encontraram um valor negativo para a taxa anual de acúmulo de C do solo, equivalente a $-0,17 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Valor que corresponde à apenas 44,7% da taxa observada neste estudo, seguramente por causa das variações edafoclimáticas entre os locais avaliados.

Na figura 4 estão apresentados os valores referentes aos estoques originais de carbono orgânico total de cada solo (EC) e os estoques equivalentes de C do solo (EEqC) que foram calculados considerando a massa real de solo de 1,0 hectare da área do cerrado, na camada superficial de 0-40 cm de profundidade. Isto foi feito visando obter uma variável que possibilitasse comparações adequadas entre os diferentes sistemas de uso e manejo do solo, eliminando o efeito do adensamento do solo determinado pelo sistema de manejo considerado. Em estudo semelhante realizado por Siqueira Neto et al. (2006) somente as comparações baseadas nas estimativas do EEqC permitiram uma distinção efetiva entre os sistemas de uso e manejo do solo.

Figura 4 – Comparação entre os estoques originais de carbono do solo (EC) e os estoques equivalentes de carbono (EEqC) para os diferentes sistemas de uso e manejo do solo. Rio Verde (GO). 2011



Colunas com letras iguais não diferem entre si, pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

De maneira geral os valores calculados para EEqC foram sempre menores que para o estoque original de C (EC), independentemente do sistema de uso ou manejo considerado (Figura 4).

Neste estudo, somente as médias do EEqC serão utilizadas para as comparação entre os sistemas de uso e manejo, por serem mais adequados a este tipo de comparação.

Sendo assim, quando se analisa os dados médios obtidos verifica-se que as áreas manejadas com SPD por 14 e 19 anos apresentaram os maiores estoques equivalentes de carbono, que apesar disso não diferiram da área de cerrado nativo, pastagem e SPD com 17 e 21 anos. Os menores estoques equivalentes de C foram encontrados na área com SPD por 9 e 16 anos. Estes resultados indicam claramente que os estoques de carbono do solo dependem de outros fatores além do tempo de adoção do sistema de uso ou manejo considerado. O tempo é importante, mas não suficiente para prever ou estimar com segurança os estoques de carbono dos solos.

Apesar de alguns autores como Corazza (1999), Roscoe (2001) e D'Andréa (2004) indicarem, por exemplo, que áreas sob pastagem podem acumular mais carbono que o cerrado nativo, neste estudo não foi observado diferenças significativa entre os estoques equivalentes de C das áreas de cerrado, pastagem e até mesmo entre áreas manejadas com SPD por 14, 17, 19 e 21 anos. Em outro

estudo semelhante realizado por Frazão et al. (2010) os autores não encontraram diferenças entre os estoques de C do solo da área cerrado e de uma área manejada sob SPD por cinco anos.

Estas variações e até contradições entre resultados os obtidos neste estudo e aqueles apresentado por outros autores servem para confirmar a necessidade de se adotar modelos mais complexos que incluam outras variáveis além da D_s , teor de C e massa do solo, para se estimar e comparar o estoque de C do solo entre diferentes sistemas de uso e manejo.

3.4.3 Nitrogênio do Solo

3.4.3.1 Teores de Nitrogênio

Os maiores teores de nitrogênio nas camadas superficiais de 0-5 e 5-10 cm foram encontrados no solo do da área de cerrado (CE) (Tabela 5). Estes resultados estão de acordo com Freixo et al. (2002) que em estudo semelhante, verificaram que na camada 0-5 cm os maiores teores de N total foram encontrados nos solos da área do cerrado em comparação com aqueles obtidos em solos submetidos a diferentes sistemas de cultivo.

Tabela 5 – Teores de nitrogênio total (gKg^{-1}) em função da diferentes camadas amostradas e dos sistemas de uso e manejo do solo. Rio Verde (GO). 2011

Prof (cm)	Sistemas de uso e manejo do solo									
	CE	PA 26	SPD 3	SPD 9	SPD 13	SPD 14	SPD 16	SPD 17	SPD 19	SPD 21
0,0-0,5	2.47 a	1.44 cd	1.61 bc	1.28 d	1.46 cd	1.84 b	1.54 bcd	1.79 b	1.74 bc	1.82 b
0,5-10	1.54 a	1.18 c	1.16 c	0.93 d	1.00 d	1.36 b	1.02 d	1.27 bc	1.21 c	1.24 bc
10-20	1.22 a	0.99 cd	0.89 def	0.79 f	0.83 ef	1.16 ab	0.92 de	1.08 bc	0.83 dc	0.93 de
20-30	1.034 a	0.83 cd	0.79 cd	0.69 d	0.76 cd	0.98 ab	0.78 cd	0.90 bc	0.83 cd	0.83 cd
30-40	0.86 ab	0.71 c	0.75 bc	0.62 c	0.76 bc	0.89 a	0.67 c	0.76 bc	0.75 cd	0.69 c

Médias seguidas da mesmas letras nas linhas não diferem entre si, pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

Para as demais camadas avaliadas (10-20, 20-30 e 30-40 cm) os solos da área de cerrado (CE) e o SPD 14 anos, foram os que apresentaram os maiores teores de N, diferindo significativamente dos valores obtidos nos demais sistemas de manejo. Vale destacar que os menores teores de N foram observados na camada de 30-40 cm, entretanto, mantendo a mesma tendência observada anteriormente, os solos do cerrado e sob SPD 14 anos, foram os que apresentarem os maiores teores de N nesta camada. Resultados semelhantes foram observados por Freixo et al. (2002), D'Andrea et al. (2004), Giacomo et al. (2008) e Siqueira Neto et al. (2010) que também verificaram que de forma geral os teores de nitrogênio do solo diminuem com o aumento da profundidade, principalmente nas áreas de cerrado. Esta diminuição pode ser atribuída ao fato dos resíduos orgânicos, principal fonte de reciclagem do N, ficarem acumulados na superfície do solo.

3.4.3.2 Estoque de Nitrogênio do Solo

Os estoques de nitrogênio total na camada de superficial de 0-5 e 5-10 cm foram maiores nas áreas sob cerrado (CE) e SPD com 14 e 19 anos (Tabela 6). A partir da camada de 10-20 cm até 30-40 cm o SPD com 14 anos apresentou os maiores estoques de N total do solo, porém não diferiu significativamente das áreas de CE, SPD 3, SPD 13, SPD 17 e SPD 19, principalmente nas últimas duas camadas mais profundas. Estas variações nos estoques de nitrogênio dos diferem daquelas encontradas por Assis et al. (2006) que relatam que com o cultivo os estoques de nitrogênio do solo são reduzidos quando comparado com uma área de vegetação nativa.

Tabela 6 – Estoques de nitrogênio total (Mg/ha) em função das camadas amostradas e dos sistemas de uso e manejo dos solos. Rio Verde (GO). 2011

Camadas (cm)	Sistemas de uso e manejo									
	CE	PA 26	SPD 3	SPD 9	SPD 13	SPD 14	SPD 16	SPD 17	SPD 19	SPD 21
0,0-0,5	1,01 a	0,90 ab	0,93 ab	0,81 b	0,86 ab	0,95 ab	0,90 ab	0,94 ab	1,00 a	0,94 ab
0,5-10	0,76 a	0,71 abc	0,72 ab	0,59 d	0,61 d	0,78 a	0,645 cd	0,74 ab	0,73 ab	0,70 bc
10-20	1,28 ab	1,17 bcd	1,17 bcd	1,02 e	1,01 e	1,36 a	1,13 cde	1,25 abc	1,22 bcd	1,08 de
20-30	1,09 ab	0,99 bc	1,04 abc	0,89 c	0,95 bc	1,14 a	0,95 bc	1,04 abc	1,02 abc	0,97 bc
30-40	0,91 ab	0,86 b	0,96 ab	0,79 b	0,94 ab	1,05 a	0,79 b	0,89 ab	0,92 ab	0,81 b

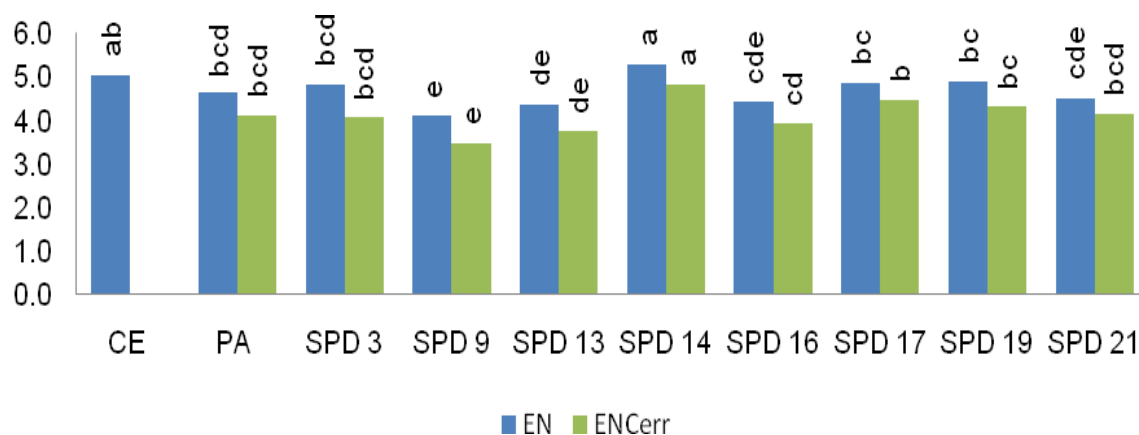
As médias seguidas da mesmas letras nas linhas não diferem entre si, pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

De maneira semelhante ao que foi adotado para discussão dos estoques de C, os estoques de N serão comparados utilizando apenas o valores para EEqN.

Repetindo o que foi observado para os EEqC os estoques equivalentes de N (EEqN) foram sempre inferiores aos estoques naturais de N (EN) (Figura 5).

Os maiores estoques equivalentes de N do solo (EEqN) foram observados nos solos das áreas sob cerrado nativo e SPD 14 anos que diferiram dos demais sistemas avaliados. Os menores valores foram observados no solo da área sob plantio direto por 9 e 13 anos. De forma geral estes resultados diferem daqueles apresentados por Cardoso et al. (2010) que indicaram não haver diferenças entre os estoques de N do solo sob vegetação nativa de cerrado e aqueles encontrados em áreas cultivadas sob pastagem.

Figura 5 – Estoque total (EN) e estoque equivalente de nitrogênio (EEqN) do solo para os diferentes sistemas de uso e manejo dos solo. Rio Verde (GO). 2011



Colunas com letras iguais não diferem entre si, pelo teste SNK (Student-Newman-Keuls) a 5% de probabilidade.

As variações observadas entre os valores obtidos podem ser atribuídas a diferenças nas adições anuais de resíduos orgânicos ou na velocidade de decomposição dos mesmos, que podem apenas manter, aumentar ou até reduzir os estoques de N do solo, como indicado em Pulronik et al., (2009).

3.5 CONCLUSÕES

A densidade aparente do solo é maior nas áreas de pastagem e de cultivo sob sistema de plantio direto do que na área de cerrado nativo.

Em relação à área de cerrado nativo os teores e os estoques de carbono e N do solo reduzem tanto pelo manejo com pastagem, como pelo cultivo sob o sistema de plantio direto.

Em solos manejados sob o sistema de plantio direto os estoques de carbono do solo aumentam na fase inicial de implantação do sistema, reduzem ao longo do tempo podendo chegar a uma taxa anual de acúmulo de valor negativo.

CONCLUSÕES GERAIS

O manejo do solo com pastagem ou sistema de plantio direto tende a aumentar a densidade do solo, principalmente na camada superficial.

Os teores de carbono e nitrogênio diminuem com o aumento da profundidade do solo, e reduzem com o manejo com pastagem e sistema de plantio direto em relação ao cerrado nativo.

Os estoques de C e N do solo reduzem em função do seu uso como pastagem ou cultivo sob sistema de plantio direto. Além disso, a taxa anual de acúmulo de C que é alta na fase inicial de implantação do sistema de plantio direto, reduz com o passar dos anos podendo chegar a uma taxa de valor negativo.

REFERÊNCIAS

- ADAMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L. G.; MADEIRA NETO, J. S. Caracterização da região dos cerrados. In: Goedert, W. J. **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel; Brasília: EMBRAPA-CPAC, p. 33-74, 1985.
- ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, F.F.; COUTINHO, E. L.M. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 1691-1698, 2008.
- ARATANI, R.G.; Freddi, O. S.; Centurion, J. F.; Andrioli, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, v. 3, p. 677-687, 2009.
- ASSIS, R.L. LANÇAS, K.P. Avaliação dos atributos físicos de um Nitossolo Vermelho distroférico sob sistema plantio direto, preparo convencional e mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 29:515-522, 2005.
- ASSIS, C.P.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J.C.L. Carbono e nitrogênio em agregados de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 1541-1550, out. 2006.
- BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:485-752, 1999.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. (eds.), **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo, Ecossistemas Tropicais e Subtropicais. Gênese**, Porto Alegre - RS, p. 1-26, 1999.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J. e CERETTA, C.A. Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. **Soil Tillage. Res.**, 53:95-104, 2000.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; AMADO, T.J.C.; MARTIN NETO, L. & FERNANDES, S.V. Organic matter storage in a sandy clay loam Acrisol affected by tillage and cropping systems in southern Brazil. **Soil Tillage. Res.**, 54:101-109, 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 and Soil**, v. 238, p. 133-140, 2002.
- BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 677-683, 2004.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. e DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil Tillage Res.**, 86:237-245, 2006.

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

BERNOUX, M.; ARROUAYS, D.; CERRI, C.C.; GRAÇA, P.M.A.; VOLKOFF, B. & TRICHET, J. Estimation des stocks de carbone des sols du Rondônia (Amazonie brésilienne). **Études Gestion Sols**, 5:31-42, 1998.

BERNOUX, M.; CERRI, C. C.; CERRI, C. E. P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.; SCOPEL, E.; BLAVET, D.; PICCOLO, M. C. Influence du semis direct avec couverture végétale sur la séquestration du carbone et l'érosion au Brésil. **Bulletin du Réseau Erosion**, v. 23, p. 323-337, 2004.

BERNOUX, M.; CARVALHO, M.C.S.; VOLKOFF, B. & CERRI, C.C. CO₂ emission from mineral soils following land-cover change in Brazil. **Global Change Biology**, 7:779-787, 2001.

BERNOUX, M. & VOLKOFF, B. Soil carbon stock in soil ecoregions of Latin America. In: LAL, R.; CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; ETCHEVERS, J. & CERRI, C.E.P. Carbon sequestration in soils of Latin America. **New York, Haworth**, p. 65-75. 2006.

BEUTLER, A. N.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; FERREIRA, M. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Resistência à penetração e permeabilidade de latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 25, n. 1, pp. 167-177. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo Viçosa, Brasil, 2001.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Pt.1. 2. ed. Madison: ASA, p. 364-367. (Agronomy, 9), 1986.

BLANCHART, E.; BERNOUX, M.; SARDA, X.; SIQUEIRA NETO, M.; CERRI, C.C.; PICCOLO, M.C.; DOUZET, J.M.; SCOPEL, E.; FELLER, C. Effect of direct seeding mulch-based systems on soil carbon storage and macrofauna in Central Brazil. **Agriculturae Conspectus Scientificus**, v. 72, p. 81-87, 2007.

BORGES, G. O. Resumo histórico do Plantio Direto no Brasil. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FECOTRIGO / Fundação ABC / Aldeia Norte, p. 13-18. 1993.

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

BRASIL. Inventário brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa. **Ministério de Ciência e Tecnologia**. Brasília, 19 p. 2009.

BRUCE, J.P.; FROME, M.; HAITES, E.; JANZEN, H.; LAL, R.; PAUSTIAN, K. Carbon sequestration in soils. **Journal Soil Water and Conservation**, v. 54, p. 382-389, 1999.

CARDOSO, E. L.; SILVA, M. L. N.; SILVA, C. A.; CURI, N. E FREITAS, D. A. F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 9, p. 1028-1035, set. 2010

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

CARVALHO, J.L.N.; Avanzi, J, C.; Silva, M.L.N.; Mello, C.R & CERRI, C.E.P Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 34:277-289, 2010.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, .M. F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of Paraná, Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 65, p. 45-51, 2002.

CENTURION, J.F.; DEMATTÊ, J.L.I. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um solo sob cerrado cultivado com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 9:263-266, 1985.

CERRI, C.E.P.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D.S.; BERNOUX, M.; VICTORIA, R.L.; CERRI, C.C. Modeling soil carbon from forest and pasture ecosystems of Amazon, Brazil. **Soil Science**. Soc. Am. J., 67:1879-1887, 2003.

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

CONCEIÇÃO, P. C.; AMADO, T. J.; 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. 9, n. 5, p. 777-788, 2005.

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.

CORBEELS, M.; SCOPEL, E.; CARDOSO, A.; BERNOUX, M.; DOUZET, J.M.; SIQUEIRA NETO, M.S. Soil carbon storage potential of direct seeding mulch-based cropping systems in the Cerrados of Brazil. **Global Change Biology**, v. 12, p. 1773-1787, 2006.

COUTINHO, L. M. O conceito de cerrado. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 1, p. 17-23, 1978. Distribution of carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, New Brunswick, v. 163, n. 12, p. 941-951, 1998.

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

DIAS, B.F.S. Alternativas de desenvolvimento dos Cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama), **Fundação Pró-Natureza (Funatura)**, Brasília. 1992.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P. & KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 year. **Soil Tillage. Res.**, 81:87-95, 2005.

EHLERS, EDUARDO. Agricultura Alternativa: uma perspectiva histórica. **Revista Brasileira de Agropecuária**, ano 01, n. 01, p. 24-37, 2000.

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

FERREIRA, D. F. FERNANDES FILHO, J. F. Análise das transformações Recentes na Atividade Agrícola da Região de Goiás. 1970/1995-6. In: PEREIRA, S.L. XAVIER, C. L. (Org.). **O agronegócio nas terras de Goiás**. Uberlândia: EDUFU, p. 101-138, 2003.

FRAZÃO, L. A., SANTANA, I.K.S.; CAMPOS, D.V.B.; FEIGL, B.J.E CERRI, C.C. Estoques de carbono e nitrogênio e fração leve da matéria orgânica em Neossolo Quartzarênico sob uso agrícola. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 45, n. 10, p. 1198-1204, out. 2010.

FREIXO, A. A.; MACHADO, P. L. O. A ; GUIMARÃES, C. M. ; SILVA, C. A.; FADIGAS, F. S. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição de frações orgânicas de latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, 26:425-434, 2002

FROST, P.; MENAUT, J.C.; WALKER, B.; MEDINA, E.; SOLBRIG, O.T. & SWIFT, M. Response of savannas to stress and disturbance: **A proposal for a collaborative program of research**. Zimbabwe. p. 82, 1986.

FUNDAÇÃO PRÓ-CERRADO. Disponível em: <<http://www.fpc.org.br/>.2003>. Acesso em: 15 dez. 2011.

GARCIA, E. A. C. Desenvolvimento econômico sustentável do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 759-774, 1995.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; BALIEIRO, F. C. Estoques de carbono e nitrogênio e distribuição das frações húmicas no solo sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v. 3, n. 1, p. 42-48, 2008

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**, 74: 367–385. 1994.

GRIGAL, D. F.; VANCE, E. D. Influence of soil organic matter on Forest productivity. **New Zealand Journal of Science**, v. 30, p. 169-205, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Censo Agropecuario**. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/>>. Acesso em: 17 out. 2011.

JANZEN, H. H.; CAMPBELL, C. A.; BRANDT, S. A.; LAFOND, G. P.; HARRISON, A. F. Calculatin net primary production and annual input of organic matter to soil from the amount and radiocarbon content of soil organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, p. 295-308, 1992.

KLEIN, V.A. Densidade do solo em área com plantio direto submetido a diferentes manejos. In: **Congresso latino americano de ciência do solo**, 13., 1996. Águas de Lindóia. Resumos Expandidos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (CD ROM), 1996.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. Integração lavoura pecuária. Santo Antonio de Goiás, **Embrapa Arroz e Feijão**, 2003.

LAL, R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ enrichment. **Soil and Tillage Research**, v. 43, p. 81-107, 1997.

LAL, R. Global potential of soil C sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Science**. 22(2):151-184. 2003.

LOVATO, T.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C. & VEZZANI, C. 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**, 28:175-187, 2004.

MACEDO, M. C. M. Recuperação de áreas degradadas: pastagens e cultivos intensivos. In: **Congresso brasileiro de ciências do solo**, 7, Goiânia, 1993. Anais. Goiânia: SBSC, p. 71-72, 1993.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In Favoretto, V.; Rodrigues, L.R.A.; Reis, R.A. (Org.). **Simpósio sobre ecossistemas de pastagens**, 2, 1993, Jaboticabal. Anais. Jaboticabal: FUNEP, UNESP. p. 216-245, 1993.

MACHADO, P.O.L.A. E SILVA, C.A. Soil management under no-tillage systems in the tropics with special reference to Brazil. **Nutr. Cycling Agroecosyst.**, 61:119-130, 2001.

MACHADO, R. B.; RAMOS NETO, M. B.; PEREIRA, P. G. P.; CALDAS, E. F.; GONÇALVES, D.A.; SANTOS, N. S.; TABOR, K.; STEININGER, M. Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro. Relatório técnico não publicado. **Conservação Internacional**, Brasília, DF, 2004.

MACHADO, P. L. O de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**. v. 28 n. 2, p. 329-334, 2005.

MADARI, B.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; ANDRADE, A.G. & VALENCIA, L.I.O. No tillage and crop rotation effects on soil aggregation and organic carbon in a Rhodic Ferralsol from Southern Brazil. **Soil and Tillage Research.**, 80:185-200, 2005.

MALUCHE, C. R. D. Atributos microbiológicos e químicos do solo em sistema de produção de maçã convencional e orgânico. **Dissertação de Mestrado**, Curso de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, Santa Catarina. 72 p. 2004.

MARQUELI, R.P. O desenvolvimento sustentável da agricultura no cerrado brasileiro. **Monografia *Latu sensu*** Brasília, Universitário de Brasília, p. 54, 2003.

MIRANDA, H. MIRANDA, A. C.O uso da terra e queimadas no ciclo do carbono no Cerrado. In: Moreira, A. G.; SCHWARTZMAN, S. (Org.). **As mudanças climáticas e os ecossistemas brasileiros**. Ed. Foco, Brasília DF.p. 75-81, 2000

MOLLOY, L. F. & SPEIR, T.W. Studies on a climosequence of soil in tussock grasslands. Constituents of the soil light fraction. **New Zealand Journal Soil Science**, v. 20, p. 167-177, 1977.

MORAES, J.F.L.; NEILL, C.; VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; MELILLO, J.; LIMA, V.C.; STEUDLER, P.A. Soil carbon and nitrogen stocks following forest conversion to pastures in the western Brazilian Amazon Basin. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 1369-1376, 2002.

MOREIRA, F.M. & SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 625 p. 2002.

NEILL, C.; MELLILO, J. M.; STEUDLER, P. A.; CERRI, C.C.; MORAES, F. L.; PICCOLO, M. C.; BRITO, M. Soil carbon and nitrogen stocks following forest clearing for pasture in the southern Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, Washington, v. 7, p. 1216-1225, 1997.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; CANTARUTTI, R.B. & BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SCHAEFER, C.E.G.R.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M.; BARROS, N.F. & ALVAREZ V., V.H., (Org.). Tópicos em ciência do solo. Viçosa, MG, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 2. p. 394-371. 2002.

PALM, C.A. & SANCHES, P.A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biol. Biochem.**, 23:83-88, 1991.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. Soil microbiology and biochemistry. **California Academic Press**. 275 p. 1989.

PEREZ, K.S.S.; RAMOS, M.L.G.; McMANUS, C. Nitrogênio da biomassa microbiana em solo cultivado com soja, sob diferentes sistemas de manejo, nos Cerrados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 137-144, 2005.

PIANNA, AIRTON. Agricultura Orgânica: a subjacente construção de relações sociais e saberes. **Dissertação de Mestrado**. Rio de Janeiro: CPDA/UFRRJ, 1999.

PIVELLO, V.R.; NORTON, G.A. FIRETOOL: an expert system for the use of prescribed fire in Brazilian savannas. **Journal of Applied Ecology**, 33: 348-356. 1996.

POST, W.M.; KWON, .K.C. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. **Global Change Biol.**, 6: 317-327, 2000.

PULROLNIK, K. . Transformações do Carbono no Solo. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados ISSN 1517-5111, ISSN Online 2176-5081 ; 264 (**Série Embrapa_ Documentos**), 2009.

PULROLNIK, K.; BARROS, N.F.; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F. & BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e Cerrado no vale do Jequitinhonha – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:1125-1136, 2009.

RANGEL, O.J.P E 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**, 31:1609-1623, 2007.

RATTER, J.A.; RIBEIRO, J.F. & BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Ann. Bot.**, 80:223-230, 1997.

REATTO, A., CORREIA, J.R., SPERA, S.T. & MARTINS, S. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In **Cerrado: ecologia e flora** (S.M. Sano, S.P. Almeida & J.F. Ribeiro, eds.). Embrapa Cerrados, Planaltina, p. 108-149. 1998.

REATTO, A.; MARTINS, E. S. Classes de solos em relação aos controles da paisagem do Bioma Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUZA-SILVA, J.C.; FELFINI, J.M. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação**. 1 ed. Brasília-DF: Ministério do Meio Ambiente, p. 47-59, 2005.

REICOSKY, D.C.; KEMPER, W.D.; LANGDALE, G.W.; DOUGLAS, C.L.; RASMUNSEN, P.E. Soil organic matter changes resulting from tillage and biomass production. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 50, p. 253-261, 1995.

REIS, A.R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZZETI, S.; ANDREOTTI, M.. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, 65: 163-171. 2006.

RESCK, D. V. S. E SILVA, J. E. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos solos do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 467-146, 1997.

RESCK, D.V.S.; VASCONCELLOS, C.A.; VILELA, L.; MACEDO, M.C.M. Impact of conversion of Brazilian Cerrados to cropland and pasture land on soil carbon pool and dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; STEWART, B.A. **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton, CRC Press. p. 169-196, 2000.

RESCK, D. V. S. O potencial seqüestro de carbono em sistema de produção de grãos sob plantio direto no Cerrado. In: **Simpósio sobre Plantio Direto e Meio Ambiente: Seqüestro de Carbono e Qualidade da Água**, 1 Foz do Iguaçu. Foz do Iguaçu: FEBRAPDP/Itaipu Nacional. p. 72-80, 2005.

ROCHA, M. T. Aquecimento e o sequestro de carbono em projetos agroflorestais. **Revista Ecologia**, Rio de Janeiro, n. 151, 2000.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J.; VASCONCELLOS, C.A. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. **Geoderma**, 104:185-202, 2001.

RYAN, M.G. & LAW, B.E. Interpreting, measuring and modeling soil respiration. **Biogeochemistry**, 73:3-27, 2005.

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

SANO, E.E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 43, p. 153-156, 2008.

SANTOS, E. V. A. **Ocupação do bioma cerrado: da expansão da fronteira agrícola aos dias atuais**. 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2006.

SARVASI, F.O.C. **Dinâmica da água, erosão hídrica e produtividade das culturas em função do preparo do solo**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 1994. 147 f. Tese (Mestrado) – 1994.

SAS INSTITUTE. The ANOVA procedure. In: **SAS/stat guide: for personal computers**. 6. ed. Gary. cap. 11, p. 125-154, 1987.

SILVA, I. R. E MENDONÇA, E. S. Matéria Orgânica do Solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS. p. 275-374, 2007.

SILVA, J. E.; LEMAINSKI, J. ; RESCK, D. V. S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrado do este baiano. **Revista Brasileira de Ciências do solo**, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 20:113-117, 1997.

SILVA, R. R. **Qualidade do solo em função de diferentes sistemas de manejo na região Campos das Vertentes, Bacia Alto Rio Grande – MG**. 2001. 97 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S.; CORAZZA, E.J.; VIVALDI, L. Carbon storage in clayey oxisol cultivated pasture in the “Cerrado” region, Brazil. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 357-363, 2004.

SILVEIRA, P.M.; SILVA, J.G.; STONE, L.F. & ZIMMERMANN, F.J.P. Efeito de sistema de preparo na densidade do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 26., 1997, Rio de Janeiro. Resumos. Rio de Janeiro, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. (CD ROM), 1997.

SIQUEIRA NETO, M. **Estoque de carbono e nitrogênio do solo com diferentes usos no Cerrado em Rio Verde (GO)**. 2006. 159 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. de C.; SCOPEL, E.; COSTA JUNIOR, C. da; CERRI, C.C; BERNOUX, M. Carbono total e atributo químicos com diferentes usos do solo no Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, p. 709-717, 2009.

SIQUEIRA NETO, M.; SCOPEL, E. ; CORBEELS, M.; CARDOSO, A. N.; DOUZET, J. M.; FELLER, C.; PICCOLO, M. C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M.. Soil carbon stocks under no-tillage mulch-based cropping systems in the Brazilian Cerrado: an on-farm synchronic assessment. **Soil and Tillage Research**, v. 110, p. 187-195, 2010.

SISTI, C. J.; SANTOS, H. P.; KOHHANN, R.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, p. 39-58, 2004.

SIX, J.; OGLE, S.M., BREIDT, F.J.; CONANT, R.T.; MOSIER, A.R.; PAUSTIAN, K. The potential to mitigate global warming with no-tillage management is only realized when practiced in the long term. **Global Change Biology**. 10:155–160, 2004.

SIX, J.; ELLIOT, E.T. & PAUSTIAN, K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-till systems. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 63:1350-1358, 1999.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SÁ, J.C.M. & ALBRECHT, A. Soil organic matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils – effects of no-tillage. **Agronomie**, 22:755-775, 2002.

SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E., eds. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Planaltina, Embrapa Cerrados, p. 129-144. 2004.

STEVENSON, F. J. Humus Chemistry: Genesis, composition and reactions. 2. ed. New York, **Wiley and Sons Inc.**, 496 p. 1994.

SWIFT, R.S. Sequestration of carbon by soil. **Soil Science**, v. 166, p. 858-871, 2001.

TORMENA, C. A.; BARBOSA, M. C.; COSTA, A. C. S.; GONÇALVES, A. C. A. Densidade, porosidade e resistência à penetração em latossolo cultivado sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 795-801, out./dez. 2002.

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.

TRUMBORE, S.E.; DAVIDSON, E.A.; CAMARGO, P.B.; NEPSTAD, D.C.; MARTINELLI, L.A. Bellow-ground cycling of carbon in forests and pastures of eastern Amazonia. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 9, p. 512-528, 1995.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D. Efeito do plantio direto e do preparo convencional em alguns atributos físicos de um Latossolo Vermelho-Escuro de Cerrado, sob pivô central. In: **Congresso latino americano de ciência do solo**, 13., 1996, Águas de Lindóia. Resumos Expandidos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. (CD ROM), 1996.

URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Fertilización nitrogenada em sistemas de producción agrícola. In: URQUIAGA, S.; ZAPATA, F. Manejo eficiente de la fertilización nitrogenada de cultivos anuales em América Latina y el Caribe. Porto Alegre: **Gênese**; Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, p. 77-88. 2000.

USSIRI, D. A. N. e JOHNSON, C. E. Characterization of organic matter in a Northern hardwood forest soil by C¹³ NMR spectroscopy and chemical methods. **Geoderma**, 111:123-149, 2003.

VIEIRA, M.J. e MUZILLI, O. Características físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 19:873-882, 1984.

WEBER, M. A.; MIELNICZUK, J. Estoque e disponibilidade de nitrogênio no solo em experimento de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 429-437, 2009.

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