

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no
solo e no ambiente**

João Luís Nunes Carvalho

**Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e
Nutrição de Plantas**

**Piracicaba
2006**

João Luís Nunes Carvalho
Engenheiro Agrônomo

Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no ambiente

Orientador:
Prof. Dr. CARLOS CLEMENTE CERRI

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas

Piracicaba
2006

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Carvalho, João Luís Nunes

Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no ambiente / João Luís Nunes Carvalho. - - Piracicaba, 2006.
95 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Cerrado 2. Desmatamento 3. Efeito estufa 4. Impactos ambientais 5. Manejo do solo
6. Matéria orgânica do solo 7. Química do solo 8. Uso do solo I. Título

CDD 631.4

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

A Deus pela vida

DEDICO

Aos meus pais Antônio e Vera Lúcia, à minha madrinha Chiquinha,
aos meus irmãos e sobrinhos pelo apoio irrestrito e incentivo
em todos os momentos de minha vida.

OFEREÇO.

Agradecimentos

A Deus, por me proporcionar esta vida maravilhosa;

Aos meus pais, por todos os ensinamentos, amor e apoio irrestrito em todos os momentos de minha vida;

Ao Prof. Dr. Carlos Clemente Cerri, por todo ensinamento, apoio, amizade e orientação em todas as fases deste trabalho;

À minha madrinha Chiquinha, pelo carinho incondicional em todos os momentos;

Aos meus tios Raul (em memória), Pedro César, Neuza e Marisa pelo apoio concedido;

Aos meus irmãos, sobrinhos e demais familiares pelo incentivo nessa jornada;

Ao Dr. Carlos Eduardo Cerri, pelas longas horas de conversa e participação direta na realização deste trabalho;

À Dra. Brigitte Josefina Feigl e à Dra. Marisa de Cássia Pícolo, por todo auxílio e pelas informações e esclarecimentos oferecidos para a condução deste trabalho;

À coordenação do curso de Pós-Graduação do Departamento de Solos e Nutrição de Plantas (ESALQ/USP), pela oportunidade concedida;

À FAPESP pelo apoio financeiro na execução desse projeto de pesquisa;

Ao CNPq pela bolsa de estudo concedida;

Aos proprietários da Fazenda União, Adailton Sawaris e Nivaldo dos Santos, pela área cedida para realização do estudo e ainda por todas facilidades prontamente oferecidas;

Ao Engenheiro Agrônomo Dr. Vicente Godinho da Embrapa Rondônia (Vilhena) por toda colaboração nessa pesquisa;

Ao Dr. Boris Volkoff pesquisador do IRD, França e à Dra. Eleanor Milne da Colorado State University pelo auxílio na fase inicial desse trabalho;

Aos engenheiros agrônomos e amigos Carolina Lisboa e Marcos Siqueira pelas horas de conversa e amizade concedida;

Aos funcionários do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental: Mara Casarin; Lílian Campos, Sandra Nicolleti, Luiz Hiroshi e Dagmar Marchesoni por todo auxílio nas análises laboratoriais;

Aos companheiros de CENA: Chico, Stoécio, Cristiane, Mariana, Norberto, Limão, Gabor, Marcelo, Cláudia, Susian, Junior, Leidivan, Karina, Ciniro e Sandra Sá pela convivência e amizade;

Aos grandes companheiros de república: Barizon, Anderson, Marcelo, Carlitos, Jackson, Davi, Adriano e Érica;

Aos companheiros de pós-graduação de Departamento de Solos e Nutrição de Plantas;

Aos amigos de São Gonçalo de Sapucaí, os quais eu tenho a honra de conviver nesta vida;

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, muito obrigado!

“O solo não é uma herança que recebemos de nossos pais,
mas sim um patrimônio que tomamos
emprestados de nossos filhos”.

L. Brown

“Ninguém ignora tudo, ninguém sabe tudo.
Por isso, aprenderemos sempre”

Paulo Freire

SUMÁRIO

RESUMO	10
ABSTRACT	11
1 INTRODUÇÃO.....	12
Referências	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Características químicas do solo	16
2.2 O uso agrícola do Cerrado	17
2.4 Relação entre o uso agrícola do Cerrado e a emissão de gases do efeito estufa	20
Referências	22
3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB CERRADO E CULTIVO AGRÍCOLA EM VILHENA (RO)	27
Resumo	27
Abstract.....	28
3.1 Introdução.....	29
3.2 Material e Métodos.....	30
3.2.1 Descrição da área de estudo.....	30
3.2.2 Delineamento da área e coleta de amostras de solo.....	33
3.2.3 Análises químicas do solo	33
3.3 Resultados e Discussão.....	34
3.4 Conclusões.....	40
Referências	40
4 CONVERSÃO DO CERRADO EM AGRICULTURA EM RONDÔNIA: ESTOQUES DE CARBONO E SUAS CORRELAÇÕES COM A FERTILIDADE DO SOLO.....	44
Resumo	44
Abstract.....	45
4.1 Introdução.....	46
4.2. Material e Métodos.....	47
4.2.1 Descrição da área de estudo.....	47
4.2.2 Delineamento da área e coleta de amostras de solo.....	48

	8
4.2.3 Análises químicas do solo	48
4.2.4 Cálculo dos estoques de carbono e de nutrientes corrigidos pela densidade do solo.....	48
4.2.5 Cálculo das camadas equivalentes de solo	49
4.3 Resultados e Discussão.....	49
4.3.1 Densidade aparente do solo	49
4.3.2 Camada equivalente de solo	50
4.3.3 Estoques de carbono do solo	51
4.3.4 Estoques de nutrientes do solo	52
4.3.5 Acidez do solo	54
4.3.6 Cálculo da CTC potencial (T) e saturação por bases (V%).....	54
4.3.7 Correlação entre estoques de carbono e parâmetros ligados à fertilidade do solo	55
4.4 Conclusões.....	57
Referências	58
5 DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NA CONVERSÃO DO CERRADO EM AGRICULTURA EM RODÔNIA	61
Resumo	61
Abstract.....	62
5.1 Introdução.....	63
5.2 Material e Métodos.....	65
5.2.1 Descrição da área de estudo.....	65
5.2.2 Delineamento da área, coleta de amostras de solo e de gases do efeito estufa.	65
5.2.3 Análises de C e N total	66
5.2.4 Cálculo dos estoques de carbono e nitrogênio do solo e das camadas equivalentes de solo..	66
5.2.5 Metodologia de análise do fluxo dos gases	67
5.2.6 Cálculo dos fluxos de N ₂ O e CH ₄ em C-equivalente	68
5.2.7 Metodologia para a determinação da biomassa microbiana do solo	69
5.2.8 Determinação do N mineral e das taxas líquidas de mineralização e nitrificação do N do solo	69
5.3 Resultados e Discussão.....	70
5.3.1 Estoques de carbono do Solo.....	70
5.3.2 Estoques de nitrogênio do Solo	73

	9
5.3.3 Nitrogênio mineral do solo	75
5.3.4 Taxas líquidas de mineralização e de nitrificação do N no solo	77
5.3.5 Fluxos de gases do efeito estufa	79
5.3.6 Seqüestro de carbono pelo solo na seqüência Cerrado, cultivo convencional, sistema plantio direto	81
5.3.7 Biomassa microbiana do solo	84
5.3.8 Relação entre estoque de C e N microbiano e de C e N orgânico total do solo	86
5.4 Conclusões	88
Referências	89
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	94

RESUMO

Conversão do Cerrado para fins agrícolas na Amazônia e seus impactos no solo e no ambiente

Condições de topografia e clima fazem do Cerrado a fronteira agrícola mais promissora do mundo. A derrubada e queima da vegetação natural, seguida do cultivo convencional do solo resulta na diminuição do estoque de matéria orgânica do solo (MOS) e aumento da emissão dos gases do efeito estufa. Práticas conservacionistas, tal como o sistema de plantio direto (SPD), podem ser estratégias eficientes de mitigação desses efeitos. O objetivo deste estudo foi avaliar as alterações nas características químicas e na MOS nas principais fases de conversão do Cerrado da Amazônia em área agrícola, envolvendo cultivo convencional e SPD. O estudo foi realizado na Fazenda União em Vilhena (RO). O solo avaliado foi um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico muito argiloso. As amostragens de solos e de gases foram realizadas em julho de 2004 e janeiro de 2005 em seis situações: Cerrado (CE), áreas sob cultivo convencional (1PC e 2PC) e áreas sob plantio direto (1PD, 2PD e 3PD), após o período de dois anos cultivado com a cultura do arroz em cultivo convencional. O delineamento foi inteiramente casualizado e com cinco repetições. As amostras de solo foram seccionadas nas seguintes camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. As amostras de gases foram submetidas à análise de CO₂, N₂O e CH₄. O SPD associado à mudança de uso da terra aumentou pH e reduziu a acidez potencial do solo. Obtiveram-se somente valores negativos de ΔpH, e estes foram maiores nas camadas mais profundas. Os maiores valores de CTC potencial foram obtidos nas situações sob SPD e no Cerrado, onde também se observaram maiores teores de carbono total. O plantio direto associado à aplicação de fertilizantes fosfatados no sulco de plantio, aumentou os teores de P disponível do solo, entretanto, foi observada grande variabilidade espacial. Observaram-se maiores teores de bases trocáveis nas situações sob SPD, no entanto, somente na situação 3PD foi obtida a saturação por bases desejada. Após a conversão do Cerrado em agricultura observou-se tendência de aumento da densidade aparente do solo. O aumento do estoque de carbono no solo correlacionou positivamente com aumento do estoque de P disponível, do estoque de bases trocáveis, do pH do solo, da CTC potencial, da saturação por bases e com redução da acidez potencial do solo. A conversão do Cerrado em área agrícola em sistema de plantio direto resultou em taxa anual de acúmulo positiva nos estoques de carbono e nitrogênio do solo. Praticamente todo N mineral obtido, nas duas épocas de amostragem, estava na forma de N-NH₄⁺. Na estação chuvosa a quantidade de N mineral obtida foi de 2 a 4 vezes maior do que na estação seca. Na estação seca ocorreu mineralização do N no solo enquanto que na chuvosa foi verificada imobilização do N no solo pela biomassa microbiana do solo. Nas situações sob SPD foram obtidas as menores taxas de emissões de CO₂ e as maiores emissões de N₂O para atmosfera. Ocorreu absorção de CH₄ em todas as situações avaliadas. No Cerrado ocorreu equilíbrio entre as taxas de emissão e consumo em C-equivalente, pois os valores de emissão de N₂O foram semelhantes aos de absorção de CH₄ em C-equivalente. Subtraindo a quantidade de C-equivalente emitido do estoque de carbono total do solo, com exceção 1PC, nas demais situações verificou-se ocorrência de seqüestro de carbono no solo, e este carbono seqüestrado corresponde ao somatório de várias fontes. A mudança do uso terra associada aos sistemas de manejo do solo, reduziu a quantidade de carbono e nitrogênio microbiano do solo. Nas situações sob plantio direto foram obtidas as menores quantidades de biomassa microbiana do solo.

Palavras-chave: Propriedades químicas; matéria orgânica do solo; Cerrado; efeito estufa.

ABSTRACT

Conversion of the Cerrado into agricultural land in the Amazon and its impacts in the soil and the environment

Topographic and climatic conditions make the Cerrado the more promising agricultural frontier of the world. The slash-and-burn of natural vegetation followed by conventional tillage of the soil results in the reduction of the soil organic matter (SOM) stocks and in an increase in greenhouse gas emissions. Conservational practices, such as the no-till system (NTS), can be efficient mitigation strategy of these effects. The objective of this study was to evaluate the changes in the chemical characteristics and the SOM in the main stages of the Amazon Cerrado conversion into agricultural land, involving conventional tillage and NTS. The study was carried out at the União Farm, in the city of Vilhena, Rondonia State, Brazil. The studied soil was an Oxisol (very clayed Red Yellow Dystrofic typic Latosol). The soil and gas sampling were carried through in July of 2004 and January of 2005 in six situations: Cerrado (CE), two areas under conventional tillage cultivated with rice for 1 year (1 PC) and 2 years (2PC), and 3 areas under no-till system cultivated with soybean for 1 (1PD), 2 (2PD) and 3 years (3PD) after a 2-year period of rice crop cultivated under conventional tillage. At each site samples were taken randomly with five replications. The soil samples were taken in the following layers: 0-5, 5-10, 10-20 and 20-30 cm. The gas samples were analyzed for CO₂, N₂O and CH₄. The NTS, associated with the land use change, increased pH and reduced the potential acidity of the soil. The ΔpH was generally negative and showed increasing values with depth at all sites. The highest values of potential CEC, as well as the highest total carbon content, were observed in the situations under NTS and the Cerrado. The no-till system, associated with phosphate fertilizer application in the planting furrow, led to increased levels of available P in the soil. However, there was high spatial variability. The situations under NTS had a higher content of exchangeable bases. Nevertheless, the targeted base saturation was only obtained in the 3PD situation. There was a trend for a gradual increase in the soil bulk density after the conversion of the Cerrado into agricultural land. The increase in soil carbon stocks were positively correlated to increases in available P stocks, exchangeable base stocks, soil pH, potential CEC, base saturation and to the reduction of the soil potential acidity. The conversion of Cerrado into agricultural land under the no-till system resulted in positive annual accumulation rates of soil carbon and nitrogen stocks. Practically all the mineral N in the soil, in both samplings, was in the N-NH₄⁺ form. The amount of mineral N determined in the soil was 2 to 4 times higher in the rainy season than in the dry season. The soil N mineralization was observed in the dry season, while soil N immobilization by the microbial biomass was observed in the rainy season. There were lower CO₂ emission rates and higher N₂O emission rates in the situations under no-till system. There was CH₄ absorption in all the evaluated situations. Moreover, there was a balance in emission and consumption rates in C-equivalent in the Cerrado, since the values of N₂O emission were similar to the ones of CH₄ absorption in C-equivalent. Deducting the amount of C-equivalent emitted from the total soil carbon stocks, there was soil carbon sequestration - with exception of the first year after conversion of the Cerrado into agricultural land (1PC). This sequestered carbon can be originated from several sources. The land use change, associated with the soil management systems, reduced the amount of soil microbial carbon and nitrogen. The soil microbial biomass amounts were smaller in the situations under the no-till system.

Key words: Chemical properties, soil organic matter, Cerrado, greenhouse effect.

1 INTRODUÇÃO

A vegetação natural da Amazônia brasileira vem sendo substituída por culturas agrícolas e pastagens cultivadas. Na Amazônia Ocidental, em especial no estado de Rondônia, 5% da vegetação natural é classificada como Cerrado, que varia desde campo limpo até cerradão (SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA - SEDAM, 2002).

O Cerrado é uma das últimas fronteiras agrícolas do mundo e representa um grande potencial para a expansão da agricultura brasileira.

A conversão deste Cerrado através da derrubada e queima da vegetação natural, seguida do cultivo do solo resulta na diminuição do estoque de MOS (DETWILLER, 1986; BROWN; LUGO, 1990; LAL, 2003) e aumento da emissão de CO₂. Em regiões de clima temperado, metade do conteúdo inicial de carbono é perdido durante os primeiros 50 a 100 anos de cultivo, enquanto que em ambiente tropical as perdas podem ser muito maiores (FELLER; BEARE, 1997; CHRISTENSEN, 2000). Em regiões de clima tropical a decomposição da matéria orgânica é bastante acelerada, havendo situações que os estoques de carbono do solo são reduzidos em mais de 50% em menos de 10 anos de cultivo (SHANG; TIESSEN, 1997).

A complexidade de um ecossistema como a Amazônia, exige que se tenha um bom conhecimento do solo (MORAES et al., 1996; NEILL et al., 1997; CUEVAS, 2001), para que se possa sugerir apropriadamente, alternativas de manejo viáveis para a região (CERRI, 2003).

O uso de novas áreas para a agricultura é responsável por um dos maiores problemas de ordem global, aumentando a transferência de CO₂, N₂O e CH₄ da biosfera para a atmosfera. Solos manejados da maneira tradicional, com uso de grade e arado, propiciam a redução da matéria orgânica do solo pelo rompimento dos agregados e aumento da oxidação do carbono orgânico em CO₂. O uso de práticas conservacionistas, baseadas no revolvimento mínimo do solo e na manutenção dos resíduos das culturas no campo, tal como o sistema de plantio direto (SPD), são estratégias eficientes na recuperação dos teores de matéria orgânica e de nutrientes do solo.

Técnicas agrícolas que visam o manejo conservacionista do solo e a busca constante da redução dos custos devem ser analisadas também do ponto de vista do impacto ambiental. A importância ambiental e socioeconômica do domínio Cerrado torna a compreensão da mudança do uso da terra muito importante, uma vez que a magnitude das alterações depende do tipo de solo, clima e sistema de manejo adotado. As pesquisas direcionadas à obtenção desse tipo de

informação são relativamente intensas em florestas temperadas, mas incipientes em Cerrado de regiões tropicais.

Em resumo a pesquisa baseia-se na hipótese de que a conversão de um sistema nativo em agrossistema tem por consequência modificações nas características químicas e nos estoques de matéria orgânica do solo. Tais alterações implicam mudanças climáticas globais.

O objetivo geral deste trabalho foi avaliar as alterações nas características químicas e na matéria orgânica do solo nas principais fases de conversão do Cerrado da Amazônia em área agrícola, envolvendo sistema de cultivo convencional com a cultura do arroz e sistema de plantio direto com a cultura da soja.

Para tanto este trabalho foi dividido em quatro partes descritas a seguir:

- A primeira parte consta de uma revisão de literatura diretamente relacionada com os temas abordados nesta pesquisa.
- A segunda parte trata da caracterização química do solo, que tem como título: CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB CERRADO E CULTIVO AGRÍCOLA EM VILHENA (RO). Este capítulo engloba os resultados apresentados no artigo científico:

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J.; PÍCCOLO, M.C.; GODINHO, V.P.; HERPIN, U. Changes of chemical properties in an Oxisol after clearing of Cerrado vegetation for agricultural use in Vilhena, Rondonia State, Brazil. Enviado para publicação na revista **Soil & Tillage Research**, em abril de 2006.

- A terceira parte desta dissertação avalia as correlações existentes entre os estoques de carbono e a fertilidade do solo e tem como título: CONVERSÃO DO CERRADO EM AGRICULTURA EM RONDÔNIA: ESTOQUES DE CARBONO E SUAS CORRELAÇÕES COM A FERTILIDADE DO SOLO. Este capítulo engloba os resultados apresentados no artigo científico:

CARVALHO, J.L.N.; CERRI, C.E.P.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J.; PÍCCOLO, M.C.; GODINHO, V.P. Conversion of the Cerrado in agriculture in Rondonia: carbon stocks and their correlations with soil fertility. Enviado para publicação na revista **Plant and Soil**, em maio de 2006.

- E por fim a quarta parte desta dissertação engloba os estoques de carbono e nitrogênio do solo e os fluxos de gases do efeito estufa, e tem como título: DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NA CONVERSÃO DO CERRADO EM AGRICULTURA EM RONDÔNIA.

Referências

BROWN, S.; LUGO, A.E. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen contents of soil in Porto Rico and U.S. Virgin Islands. **Plant and Soil**, The Hague, v. 124, p. 53-64, 1990.

CERRI, C.E.P. **Variabilidade espacial e temporal do carbono do solo na conversão de floresta em pastagens na Amazônia Ocidental (Rondônia)**. 2003. 159 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

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

CUEVAS, E. Soil versus biological controls on nutrient cycling in terra firme forests. In: MCCLAIN, M.E.; VICTORIA, R.L.; RICHEY, J.E. (Ed.). **The biogeochemistry of the Amazon basin**. New York: Oxford University Press, 2001. p. 53-67.

DETWILER, R.P. Land use change and global carbon cycle: the role of tropical soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 2, p. 67-93, 1986.

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

LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.

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

NEILL, C.; CERRI, C.C.; MELILLO, J.; FEIGL, B.J.; STEUDLER, P.A.; MORAES, J.F.L.; PICCOLO, M.C. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondônia. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. (Ed.). **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 9-28.

SHANG, C.; TIESSEN, H. Organic matter lability in a tropical Oxisol: evidence from shifting cultivation, chemical oxidation, particle size, density, and magnetic fractionations. **Soil Science**, Baltimore, v. 162, p. 795-807, 1997.

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, 2002. v. 2, 74 p.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão de literatura é dividida em três partes. A primeira abordará as características químicas do solo. A segunda parte abordará o uso agrícola dos solos sob Cerrado. Na última parte serão abordadas as relações entre o uso agrícola do Cerrado e a emissão de gases do efeito estufa.

2.1 Características químicas do solo

A vegetação natural da Amazônia brasileira vem sendo substituída por culturas agrícolas e pastagens cultivadas. Na Amazônia Ocidental, em especial no estado de Rondônia, 5% da vegetação natural é classificada como Cerrado, que varia desde campo limpo até cerradão (SEDAM, 2002).

O processo de mudança de uso da terra na região Amazônica, através da derrubada e queima do Cerrado, para a implantação de um agrossistema, geralmente resulta em diminuição dos estoques de carbono no solo. Entretanto, esta variação no estoque de carbono do solo vai depender de uma série de fatores, tais como: tipo de solo, clima, estoque inicial e principalmente do tipo de manejo adotado. Esta mudança de uso da terra provoca alterações nas características químicas do solo e muitas vezes propiciando a sua degradação.

A complexidade de um ecossistema como a Amazônia, exige que se tenha um bom conhecimento do solo (MORAES et al., 1996; NEILL et al., 1997) para que se possa sugerir apropriadamente alternativas de manejo viáveis para a região (CERRI, 2003).

O estudo de transformações resultantes do uso e manejo do solo é de grande importância na escolha do sistema mais adequado para que se recupere a potencialidade do solo (FERNANDES, 1982). Bayer e Mielniczuk (1997), estudando as características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas, verificaram que a utilização de sistemas de manejos do solo sem revolvimento e a alta adição de resíduos culturais por cinco anos promoveram aumento nos teores de carbono orgânico total (COT) e na capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, com reflexos na maior retenção de cátions. Nas décadas de 70 e 80, o questionamento quanto ao manejo da fertilidade do solo, envolvendo áreas sob sistema de plantio direto (SPD) foi intenso em diversos segmentos da pesquisa e assistência técnica, principalmente sobre aplicação de fertilizantes e correção da acidez do solo (SÁ et al., 2001).

Os efeitos do sistema de manejo sobre a matéria orgânica do solo (MOS) têm apresentado direta ou indiretamente reflexos nas características químicas. O incremento de MOS resulta no aumento da CTC do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997a) e em maior disponibilidade de nutrientes. Bayer e Bertol (1999) relataram que o efeito da MOS nas propriedades químicas do solo depende da quantidade de resíduos e da composição da rotação de culturas.

A matéria orgânica é de fundamental importância na CTC do solo de origem tropical (RAIJ, 1969; SILVA, 1994). Esses autores sugerem que em solos com carga variável, tal como o do presente estudo, a MOS é responsável por 70 a 85 % da CTC total. Apesar de esta MOS ser a principal responsável pela CTC nos solos de origem tropical, quando se trata de SPD, a melhoria das condições de fertilidade do solo se restringe à camada superficial (DICK, 1983).

Normalmente, observa-se maior teor de fósforo e de bases trocáveis nas camadas superficiais do solo sob SPD em relação ao sistema de cultivo convencional (SPC). Fato atribuído a pouca mobilização do solo, que mantém o fertilizante residual na profundidade de aplicação, e da baixa solubilidade dos compostos fosfatados, sobretudo em solos de natureza ácida e com alto teor de argila e de metais como o ferro e o alumínio (MUZILLI, 1983; DE MARIA; CASTRO, 1993; SELLES et al., 1997).

Com isso, a realização de trabalhos envolvendo MOS e a fertilidade do solo na mudança do uso da terra em Latossolos sob Cerrado, envolvendo manejo conservacionista, tal como o SPD, é de fundamental importância visando a sustentabilidade desta mudança de uso da terra.

2.2 O uso agrícola do Cerrado

A vegetação da região Amazônica pode ser agrupada em 30 classes diferentes, ou seis categorias principais. A floresta representa cerca de 74% ($3.7 \cdot 10^6 \text{ km}^2$) do total, incluindo os rios e várzeas. Os outros tipos cobrem $1,2 \cdot 10^6 \text{ km}^2$ ou 24,2 %, dos quais 52,6% são “Savana” ou “Cerrado” (GRAÇA, 1997).

O domínio morfo-climático “Cerrado” ocupa 200 milhões de hectares do território brasileiro nos estados de Goiás, Minas Gerais, Tocantins, Bahia, Maranhão, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Ceará, Rondônia e Distrito Federal, além de áreas restritas de Roraima, Amapá, Pará e São Paulo (RIBEIRO; WALTER, 1998).

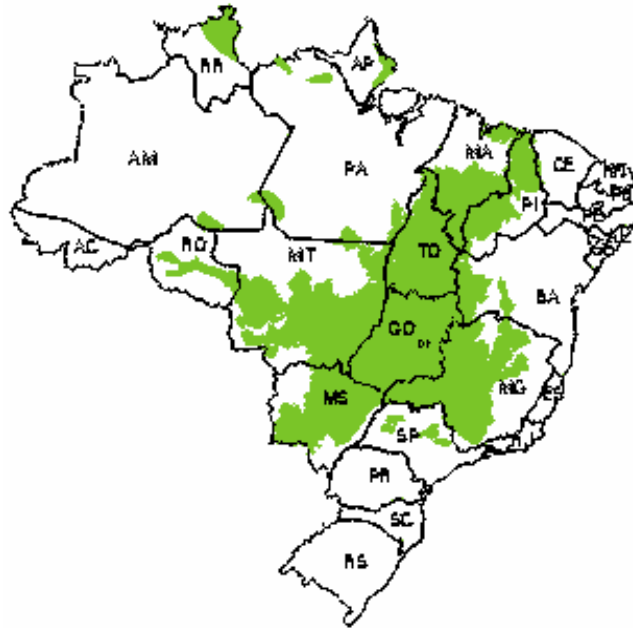


Figura 1 - Distribuição do domínio “Cerrado” no Brasil de acordo com a EMBRAPA Cerrado (www.cpac.embrapa.br/Cerrado)

Perfis de solo profundos e topografia plana, associados a estações secas e chuvosas bem definidas favorecem o planejamento do plantio e da colheita. Essas condições fazem do Cerrado uma das fronteiras agrícolas mais promissoras do mundo (ALMEIDA, 1998).

Entretanto, a conversão através da derrubada e queima da vegetação natural, seguida do cultivo do solo resulta na diminuição do estoque de MOS (DETWILLER, 1986; BROWN; LUGO, 1990; LAL, 2003) e aumento da emissão de CO₂. Em clima temperado, metade do conteúdo inicial de carbono é perdido durante os primeiros 50 a 100 anos de cultivo, enquanto que em ambiente tropical as perdas podem ser muito maiores (FELLER; BEARE, 1997; CHRISTENSEN, 2000).

O sistema convencional de manejo, onde se aplica aração e gradagem, é considerado mais agressivo para o solo, com grande poder de degradação e redução da MOS (BAYER; MIELNICZUK, 1999; RESCK et al., 2000). As perdas de MOS são estimuladas pelo revolvimento do solo, por maiores variações de temperatura, umidade e aeração, pela quebra de agregados, pelo aumento do grau de fracionamento e incorporação dos resíduos vegetais, e pela diminuição da cobertura do solo. Silva et al. (1994), mostraram que o cultivo contínuo de soja no Cerrado por 5 anos usando grades pesadas em três tipos de solo diminuiu a MOS em 80% nos arenosos e em 41% naqueles com mais de 30% de argila. Outros estudos mostraram que o

sistema de cultivo convencional reduz significativamente a biomassa microbiana e a atividade enzimática no solo (ROSCOE et al., 2000b). A redução da fração mais ativa da MOS afeta diversas funções no solo, como, por exemplo, a manutenção da produção de polissacarídeos, fundamentais ao processo de agregação (GOLCHIN; BALDOCK; OADES, 1997). Esses compostos são transientes no solo, pois são rapidamente degradados (STEVENSON; COLE, 1999) e seu teor no solo depende, portanto, da atividade biológica. Desta forma, a redução da biomassa microbiana pode resultar em menor estabilidade de agregados e desencadear o processo de degradação do solo.

Outros autores, no entanto, não observaram redução da MOS com o sistema de cultivo convencional. Roscoe e Burman (2003) relataram estoques de carbono semelhantes sob vegetação natural do Cerrado sensu-stricto e após 30 anos de rotação milho/soja em um Latossolo Vermelho distrófico com alto teor de argila. A alta estabilidade da matéria orgânica nos Latossolos argilosos foi atribuída à alta concentração de oxi-hidróxidos de ferro e alumínio (RESENDE et al., 1997; ROSCOE; BUURMAN; VELTHORST, 2000a) que complexam a MOS.

Pelo fato do solo não ser revolvido, o SPD interfere menos na taxa de decomposição da MOS, favorecendo sua manutenção e acúmulo (BAYER; MIELNICZUK, 1999; RESCK et al., 2000), e ainda garantindo fluxo contínuo de matéria e energia no solo (ROSCOE, 2005).

A prática do SPD aumentou 132 vezes entre 1974 e 1992 no Brasil. Durante a década de 90 a expansão foi de cerca de 11 milhões de hectares (ha), atingindo 14,3 milhões em 2000. No período de 2000 a 2006, a expansão do SPD foi ainda maior, a área cultivada foi de aproximadamente 23 milhões de hectares. Considerando somente o Cerrado, dos 14,6 milhões de hectares plantados com culturas anuais na safra 2004/ 2005 (dados de 2005 da CONAB), cerca de 8 milhões de hectares, aproximadamente 55%, foram em SPD, segundo estimativa da Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha – FEBRAPDP.

Não revolvendo o solo, o SPD mantém os resíduos na superfície, sendo este gradativamente incorporado ao solo pela atividade da macrofauna e favorecendo a manutenção e até o acúmulo de C (BAYER; MIELNICZUK, 1999). Resck e Silva (1994), compararam a taxa de decomposição da MOS sob diferentes sistemas de manejo em Planaltina – DF. Os autores observaram taxas de perda do C orgânico de 0,005 a 1,6% ao ano, em sistemas convencionais,

envolvendo escarificador, arado de disco e de aiveca. Em SPD, os autores observaram taxas positivas de acúmulo de C orgânico, entre 0,001 e 0,002 % ao ano.

Os resultados de pesquisa, no entanto, não são conclusivos quanto ao acúmulo de C em SPD. Alguns estudos relatam incrementos nos teores de MOS (CORAZZA et al., 1999; BAYER et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004), enquanto outros trabalhos não mostraram diferenças significativas em relação ao sistema natural ou ao SPC (FREITAS et al., 2000; ROSCOE; BUURMAN, 2003). As diferenças nos resultados podem ser atribuídas às condições específicas de cada sistema (tipo de solo e rotação/sucessão de culturas). Além disso, como discutido anteriormente, os trabalhos de Freitas et al. (2000) e de Roscoe e Buurman (2003) foram realizados em solos com elevado teor de argila e de óxidos, o que lhes confere grande estabilidade à maior parte da MOS, em razão da formação de complexos organo-minerais no solo (ROSCOE, 2005).

Como pode ser observado, o sistema conservacionista tende a reduzir a taxa de decomposição da MOS, o que garantiria uma maior permanência do carbono no ambiente (ROSCOE, 2005). A prática do SPD, associada à rotação de culturas de alto rendimento de matéria seca, com mais de um cultivo por ano, pode garantir grandes aportes de resíduos e menor taxa de decomposição dos mesmos, o que geraria o acúmulo de C no solo. Mielniczuk et al. (2003) ressaltam, no entanto, que o nitrogênio representa fator limitante para o acúmulo de C no solo. Evidências para tal vêm sendo publicadas para solos de região subtropical (LOVATO et al., 2004; SISTI et al., 2004), mas faltam informações para as condições de Cerrado.

2.4 Relação entre o uso agrícola do Cerrado e a emissão de gases do efeito estufa

O aumento global dos gases do efeito estufa na atmosfera, principalmente CO₂, CH₄ e N₂O, alertou a comunidade científica durante as últimas décadas. O relatório publicado pelo Intergovernmental Panel of Climatic Changes (IPCC, 2001) reafirma as evidências de que as ações antropogênicas são responsáveis pelo aquecimento global de 0,6°C observado durante os últimos 140 anos. Previsões científicas indicam que pode haver um aumento de mais 5,5°C durante os próximos 100 anos (COX et al., 2000), com sérias conseqüências para a vida na Terra.

Diante de problemática, faz-se necessário a utilização de sistemas de manejo do solo que possam ser utilizados como agentes mitigadores destas ações antropogênicas. O SPD pode ser

considerado uma das atividades com potencial para seqüestrar carbono no solo, abrindo oportunidades para que, no futuro, possa haver negociação dos direitos à emissão (créditos em carbono). Nesse contexto, a compreensão dos processos associados à dinâmica da MOS após a conversão do Cerrado em SPD se torna essencial para a elaboração de inventários no Brasil e estratégico para futuras negociações internacionais.

O seqüestro de carbono no solo compreende o C fixado via fotossintética e incorporado nas frações estáveis em quantidade maior do que o CO₂ respirado somado a outros gases (como o N₂O) do efeito estufa produzidos. Entretanto, as pesquisas ainda não são conclusivas sobre o acúmulo de C durante o plantio direto. Diversos estudos documentaram aumento significativo de MOS em comparação com as práticas convencionais (SÁ et al., 2001; BAYER; MIELNICZUK, 1997a,b; BAYER; MIELNICZUK, 1999; RESCK et al., 2000; BAYER et al., 2000 a,b), enquanto outros não detectaram nenhuma diferença (FREITAS et al., 2000; ROSCOE et al., 2000b; ROSCOE; BUURMAN, 2003). A divergência nos resultados foi atribuída às condições experimentais e a quais tipos de sistema podem ser considerados de plantio direto. Diversas investigações avaliaram sistemas de idades diferentes. O acúmulo de MOS no SPD ocorre muito lentamente, levando vários anos para se tornar expressivo (BAYER; MIELNICZUK, 1999). Aumentos do teor de C no solo sob plantio direto tendem a ser mais significativos na região sul do Brasil (BAYER; MIELNICZUK, 1997 a,b; 1999) devidos à condição de clima subtropical, onde as taxas de decomposição são menores (FELLER; BEARE, 1997; BAYER; MIELNICZUK, 1999). A comparação do sistema convencional e plantio direto na região do Cerrado geralmente não mostra diferenças significativas, fato atribuído à maior intensidade do processo de decomposição sob altas temperaturas (FREITAS et al., 2000; ROSCOE et al., 2000b; ROSCOE; BUURMAN, 2003).

No entanto, alguns estudos que apontam aumento do estoque de C do solo, conseqüentemente aumento de N, e aumento dos agregados no solo podem implicar no incremento das emissões de N₂O dos solos cultivados sob SPD em relação ao cultivo convencional (GROFFMAN, 1985).

A desnitrificação é o processo de redução biológica do NO₃⁻, ou NO₂⁻ para N₂O, NO, ou até mesmo N₂. O aumento dos agregados do solo e, conseqüentemente, da microporosidade e do conteúdo de água do solo, criam sítios de baixa oxigenação que aliados à elevação da população

de desnitrificadores no SPD pode, potencialmente, facilitar as emissões de N₂O neste sistema (AITA, 1997).

A diferença de emissão de N₂O entre o SPD e o cultivo convencional é de 3 kg N-N₂O ha⁻¹ ano⁻¹, este valor parece baixo quando comparado às entradas de N via fertilizantes e resíduos culturais (SIX et al., 2002). Porém, para o meio ambiente isto pode ser muito elevado se considerarmos que o potencial global de aquecimento do N₂O é 296 vezes maior que o CO₂ (IPCC, 2001). Diversos estudos (DOBBIE; MCTAGGART; SMITH, 1999; DOBBIE; SMITH, 2001) evidenciaram a importância dos fatores que determinam o aumento da emissão do óxido nitroso em solos cultivados, sendo os principais causados pela disponibilidade de N-NO₃⁻, o grau de saturação de água no solo e ainda a qualidade da MOS.

A MOS constitui um reservatório heterogêneo de C, sendo uma complexa combinação de materiais, diferindo em origem, composição e dinâmica (CHRISTENSEN, 2000; CARTER, 2001). A recalcitrância dos materiais constituintes, a formação de complexos organo-minerais com partículas de argila e a oclusão em agregados constituem os principais fatores de estabilização (CHRISTENSEN, 2000). Portanto, a qualidade da matéria orgânica formada necessita ser mais bem investigada, mesmo que as perdas da MOS derivada da vegetação original sejam compensadas. A qualidade da matéria orgânica é um importante controlador das taxas de ciclagem de C e N do solo, o qual é usado como substrato pelos microrganismos que controlam os ciclos biogeoquímicos de nutrientes (N e P, principalmente) e as trocas gasosas solo-atmosfera.

Referências

ALMEIDA, S.P. de. **Cerrado: aproveitamento alimentar**. Planaltina: EMBRAPA, CPAC, 1998. 188 p.

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**, Viçosa, v. 23, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 21, p. 105-112, 1997a.

BAYER, C.; MEILNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 235-239, 1997b.

BAYER, C.; MEILNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo, ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 1–26.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; 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 Research**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 95-104, Jan. 2000a.

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**, Brasília, v.39, p. 677-683, 2004.

BAYER, C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Tillage and cropping system effects on organic matter storage in Acrisol soil in southern Brazil. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam, v. 54, p. 101-109, 2000b.

BROWN, S.; LUGO, A.E. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen contents of soil in Porto Rico and U.S. Virgin Islands. **Plant and Soil**, The Hague, v.124, p. 53-64, 1990.

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

CERRI, C.E.P. **Variabilidade espacial e temporal do carbono do solo na conversão de floresta em pastagens na Amazônia Ocidental (Rondônia)**. 2003. 159 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

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

CORAZZA, E.J.; SILVA, J.E.D; 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 da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.

COX, P.M.; BETTS, R.A.; JONES, C.D.; SPALL, S.A.; TOTTERDELL, I.J. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. **Nature**, London, v.408, p. 184-187, 2000.

- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, p. 471-477, 1993.
- DETWILER, R.P. Land use change and global carbon cycle: the role of tropical soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 2, p. 67-93, 1986.
- DICK, W.A. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p. 102-107, 1983.
- DOBBIE K.E.; SMITH K.A. Impact of different forms of N fertilizer on N₂O emissions from intensive grassland. In: N 2001 CONFERENCE, 2001, Maryland. **Poster presentation ...** Maryland, 2001. 1 CD-ROM.
- DOBBIE, K.E.; MCTAGGART, I.P.; SMITH, K.A. Nitrous oxide emissions from intensive agricultural systems: Variations between crops and seasons, key driving variables, and mean emission factors. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 104, p. 891-899, 1999.
- EMBRAPA. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/Cerrado>. Acesso em: 20 jul. 2004.
- FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br>. Acesso em: 24 jul. 2005.
- FELLER, C.; BEARE, N.H. Physical control of soil organic matter dynamics in the tropics. **Geoderma**, Amsterdam, v. 79, p. 69-116, 1997.
- FERNANDES, M.R. **Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase Cerrado, decorrentes da mobilidade de uso e manejo**. 1982. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Federal de Viçosa, Viçosa, 1982.
- FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRE-LARROUY, M.C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 157-170, 2000.
- GOLCHIN, A.; BALDOCK, J.A.; OADES, J.M. A model linking organic matter decomposition, chemistry, and aggregate dynamics. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton, CRC Press, 1997. p. 245-266.
- GRAÇA, P.M.L. **Conteúdo de carbono na biomassa florestal da Amazônia e alterações após a queima**. 1997. 105 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.
- GROFFMAN, P.M. Nitrification and denitrification in conventional and no-tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, p. 329-334. 1985.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001:** synthesis report: third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.

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

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e a relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, p. 209-248, 2003.

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

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p. 95-102, 1983.

NEILL, C.; CERRI, C.C.; MELILLO, J.; FEIGL, B.J.; STEUDLER, P.A.; MORAES, J.F.L.; PICCOLO, M.C. Stocks and dynamics of soil carbon following deforestation for pasture in Rondônia. In: LAL, R.; KIMBLE, J.M.; FOLLETT, R.F.; STEWART, B.A. **Soil processes and the carbon cycle**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 9-28.

OLIVEIRA, O.C.; OLIVEIRA, I.P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, n.2, p. 289-300, 2004.

RAIJ, B.van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral dos solos. **Bragantia**, Campinas, v. 28, n. 8, p. 85-112, 1969.

RESCK, D.V.S.; SILVA, J.E. da. Efeito de diferentes sistemas de preparo do solo no teor e na meia vida da matéria orgânica de um Latossolo argiloso na região dos Cerrados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa. **Anais ...** Viçosa: SBCS, 1995. v. 4, p. 1837-1839.

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. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 169-196.

- RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S.B.; CORRÊA, G.F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 2.ed. Viçosa, NEPUT, 1997. 367 p.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de. (Ed.). **Cerrado**: ambiente e flora. Brasília: Embrapa, 1998. p. 89-166.
- ROSCOE, R. Dinâmica da matéria orgânica em solos de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam, v. 70, p. 107-119, 2003.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J. Disruption of soil aggregate by different amounts of ultrasonic energy in SOM fractionation of a clay Latosol: carbon, nitrogen, and $\delta^{13}\text{C}$ distribution in particle-size fractions. **European Journal of Soil Science**, Oxford, v. 51, p. 445-454, 2000a.
- ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J.; PEREIRA, J.A.A. Effects of fire on soil organic matter in a “Cerrado sensu-stricto” from Southeast Brazil as revealed by changes in $\delta^{13}\text{C}$. **Geoderma**, Amsterdam, v. 95, n. 1/2, p. 141-160, Mar. 2000b.
- SÁ, J.C.; CERRI, C.C.; DICK, W.A.; LAL, R.; VENZKE FILHO, S.P.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J. Organic matter dynamics and carbon sequestration rates for a tillage chronosequence in a Brazilian oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1486-1499, 2001.
- SELLES, F.; KOCHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; ZENTNER, R.P.; FAGANELLO, A. Distribution of phosphorus fractions in a Brazilian Oxisol under different tillage systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 44, p. 23-34, 1997.
- SILVA, J.E.; LEMANSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca de catiônica em solos da região de Cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.18, p.541-547, 1994.
- 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 & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, p. 39-58, 2004.
- SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SÁ, J.C.M.; ALBRECHT, A. Soil carbon matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils: effects of no-tillage. **Agronomie**, Paris, v. 22, p. 755-775, 2002.
- STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. **Cycles of soils**: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients. 2nd ed. New York: Wiley, 1999. 427 p.
- SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, 2002. v. 2, 74 p.

3 CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE UM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO SOB CERRADO E CULTIVO AGRÍCOLA EM VILHENA (RO)

Resumo

A vegetação natural de Cerrado na Amazônia vem sendo convertida para agricultura, modificando as características químicas do solo e a magnitude destas depende do manejo o qual o solo é submetido. O objetivo deste trabalho foi avaliar as modificações das propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo muito argiloso, submetido à mudança do uso da terra em Vilhena (RO). O estudo foi realizado na Fazenda União, no município de Vilhena (RO). A amostragem de solo foi realizada em julho de 2004 nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade em seis situações: Cerrado (CE), áreas sob plantio convencional (1PC e 2PC) e áreas sob plantio direto (1PD, 2PD e 3PD), após o período de dois anos cultivado com a cultura do arroz em cultivo convencional. O delineamento foi inteiramente casualizado e com cinco repetições. As amostras de solo foram submetidas à análises de pH, Δ pH, $H^+ + Al^{3+}$, carbono orgânico total (COT), P disponível, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocável e foram calculados CTC potencial e V%. Os valores mais elevados de pH em $CaCl_2$ foram encontrados na camada superficial de 2PD e 3PD. Em CE os valores de pH foram significativamente menores em todas as camadas em relação às demais situações que receberam calagem. Obtiveram-se somente valores negativos de Δ pH, e estes foram maiores nas camadas mais profundas em todas as situações avaliadas. Os maiores valores $H^+ + Al^{3+}$ foram encontrados em CE. Em 2PD e 3PD observou-se menores valores de $H^+ + Al^{3+}$ nas camadas superficiais. Apesar de em alguns casos não terem sido encontradas diferenças significativas, a mudança de uso da terra associada à utilização de fertilizantes e corretivos propiciou aumento considerável dos teores de P disponível, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo. Maiores teores destes nutrientes foram encontrados nas situações sob plantio direto. Com a implantação do SPD, observou-se tendência de aumento do COT, no entanto, não diferiram estatisticamente, com exceção da situação 1PC.

Palavras-chave: Amazônia, propriedades químicas, sistema plantio direto, uso da terra.

CHEMICAL CHARACTERIZATION OF AN RED YELLOW LATOSOL UNDER CERRADO AND AGRICULTURAL LAND IN VILHENA (RO)

Abstract

Clearing of native vegetation in the Amazon Cerrado region for agricultural purposes may be modifying soil chemical characteristics whereas the extent of the changes depends on the subsequent management practices applied. The objective of this study was to evaluate changes of chemical properties of an Oxisol (very clayed Red Yellow Latosol) due to the land use change in Vilhena. The study was carried out at the União Farm, in the city of Vilhena, Rondonia State, Brazil. Soil sampling was carried out in July 2004 at 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm depths at six sites: Cerrado native vegetation (CE), two areas under conventional tillage system cultivated with rice for 1 year (1 PC) and 2 years (2PC), and 3 areas under no tillage system cultivated with soybean for 1 (1PD), 2 (2PD) and 3 years (3PD) after a 2-year period of rice crop cultivated under conventional tillage. At each site samples were taken randomly with five repetitions. Soil samples were analysed for: pH in CaCl_2 , ΔpH , $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, Total Organic Carbon (TOC), available P, exchangeable K, Ca, Mg, potential Cation Exchange Capacity and base saturation were also calculated. The highest pH values were determined in the topsoil layers at 2PD and 3PD. At CE pH values were significantly lower at all depths due to absence of lime application. ΔpH was generally negative and showed increasing values with depth at all sites. Increased values of $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ were found in the CE. In 2PD and 3PD areas, in the surface layers, lower values of $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ were observed. Although statistic differences were not found in some cases, alterations in the land use associated with fertilizers and soil amendments use, generated considerable increase of available levels of P, K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+} in the soil. Higher concentrations of these nutrients were found under no-tillage systems. With the implantation of SPD, a trend of increase in TOC was observed, however, measured values were not statistically different from each other, with exception of 1PC condition. The highest content were measured in the topsoil layer at CE.

Key words: Amazon, chemical properties, no-till system, land use.

3.1 Introdução

A vegetação natural da Amazônia Brasileira vem sendo substituída por culturas agrícolas e pastagens cultivadas. Na Amazônia Ocidental, em especial no estado de Rondônia, 5% da vegetação natural é classificada como Cerrado, que varia desde campo limpo até cerradão (SEDAM, 2002).

A mudança de uso da terra no Cerrado provoca alterações nas características químicas do solo e muitas vezes propiciam a sua degradação. Os solos de Cerrado apresentam limitações químicas ao cultivo, devido à sua baixa fertilidade natural (LOPES, 1983). No entanto, estes solos apresentam elevado potencial para a agricultura, uma vez que corrigido as suas limitações.

O estudo de transformações resultantes do uso e manejo do solo é de grande importância na escolha do sistema mais adequado para que se recupere a potencialidade do solo (FERNANDES, 1982). Bayer e Mielniczuk (1997b), estudando as características químicas do solo afetadas pelo preparo e sistemas de cultivo, verificaram que a utilização de sistemas de manejo do solo sem revolvimento e a alta adição de resíduos culturais por cinco anos promoveram aumento nos teores de carbono orgânico total (COT) e na capacidade de troca de cátions (CTC), com reflexos na maior retenção de cátions.

Efeitos do manejo sobre a matéria orgânica do solo (MOS) apresentam direta ou indiretamente reflexos nas características químicas. O incremento de MOS resulta no aumento da CTC do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997a) e em maior disponibilidade de nutrientes. Bayer e Bertol (1999) relataram que o efeito da MOS nas propriedades químicas do solo dependem da quantidade de resíduos e rotação de culturas.

A MOS é de fundamental importância na CTC dos solos originários de clima tropical (RAIJ, 1969; SILVA; LEMANSKI; RESCK, 1994). Esses autores sugerem que em solos com carga variável, tal como o do presente estudo, a MOS é responsável por 70 a 85 % da CTC total. Todavia, quando se trata de sistema de plantio direto (SPD), a melhoria das condições de fertilidade do solo se restringe à camada superficial (DICK, 1983).

Geralmente, observa-se maior teor de fósforo e de bases trocáveis nas camadas superficiais do solo sob SPD em relação ao sistema de cultivo convencional (SPC). Tal fato é atribuído a pouca movimentação do solo, que mantém o fertilizante residual na profundidade de aplicação e da baixa solubilidade dos compostos fosfatados, sobretudo em solos de natureza ácida

e com alto teor de argila e de metais como o ferro e o alumínio (MUZILLI, 1983; DE MARIA; CASTRO, 1993; SELLES et al. 1997).

Com relação à acidez do solo, pesquisas têm evidenciado acidificação do solo nas camadas mais superficiais em áreas cultivadas sob SPD (POTTKER; BEN, 1998; CIOTTA, 2001).

Por tais razões, o desenvolvimento de pesquisas sobre o manejo da fertilidade do solo na mudança do uso da terra, em solos sob Cerrado na Amazônia, envolvendo manejo conservacionista, tal como o SPD, é de fundamental importância visando a sustentabilidade do sistema.

O objetivo desse estudo foi avaliar as modificações nas características químicas de um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico ocasionadas pela mudança do uso da terra no Cerrado da Amazônia, envolvendo áreas sob SPC e SPD.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Descrição da área de estudo

Esta pesquisa foi realizada no município de Vilhena (RO) na Fazenda União (60°00'W, 12°29'S), propriedade privada de 3.700 ha, distante cerca de 720 km da capital Porto Velho ao longo da BR 364, dentro da Chapada dos Parecis. A vegetação natural classificada como do tipo arbórea densa, com altura do extrato arbóreo/arbustivo de 8 a 15 m e densidade do dossel de 50 a 95 % da área total (RIBEIRO; WALTER, 1998), 3.000 indivíduos.ha⁻¹ e área basal de 300.000 cm².ha⁻¹.

O clima regional é classificado como Aw (Tropical Chuvoso) de acordo com a classificação de Köppen, com a temperatura média do ar de 23,1 °C e superior a 18,0°C durante o mês mais frio. Apresenta um período seco bem definido durante a estação de inverno, com índices pluviométricos inferiores a 10 mm por mês (Figura 1). A média anual da precipitação aproxima-se de 2170 mm por ano. A altitude média da região é de 600 m e o relevo é classificado como suave ondulado. O solo avaliado é um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico muito argiloso.

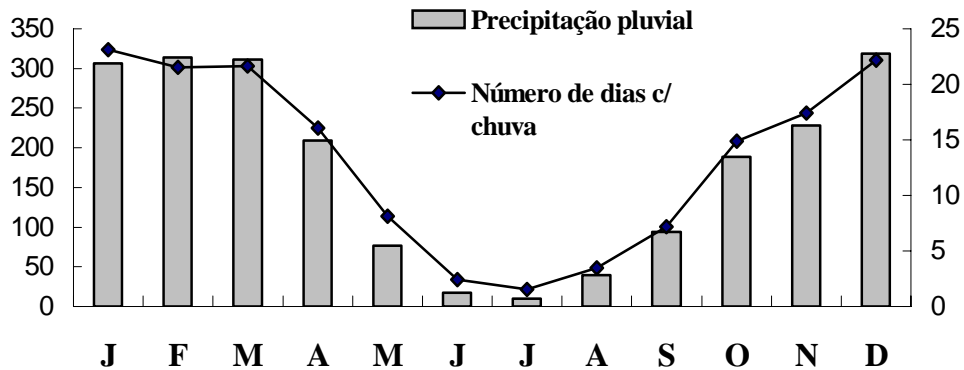


Figura 1 - Variação da média mensal de precipitação e número de dias com chuva em Vilhena (RO) durante o período de 1971 a 2000. Dados do SEDAM/NUSERC

A área da fazenda está sendo desmatada anualmente desde 1999 para a implantação de culturas anuais. O desmatamento foi realizado por trator com garfo e lâmina dentada, no final do período chuvoso (maio/junho). Após um período para secagem (20 dias) a biomassa vegetal aérea foi queimada. Depois se realizou o enleiramento e desenleiramento dos restos vegetais com um trator com garfo e lâmina, seguido por catação manual e destruição dos resíduos de caules e raízes por queima e ou remoção do material restante. No preparo do solo foi efetuada uma gradagem com grade aradora, seguida por aplicação e incorporação de calcário dolomítico, de acordo com as necessidades para atingir 50% de saturação de bases na camada de 0–20 cm de solo, com auxílio de outra gradagem aradora seguida por uma niveladora (Figura 2).

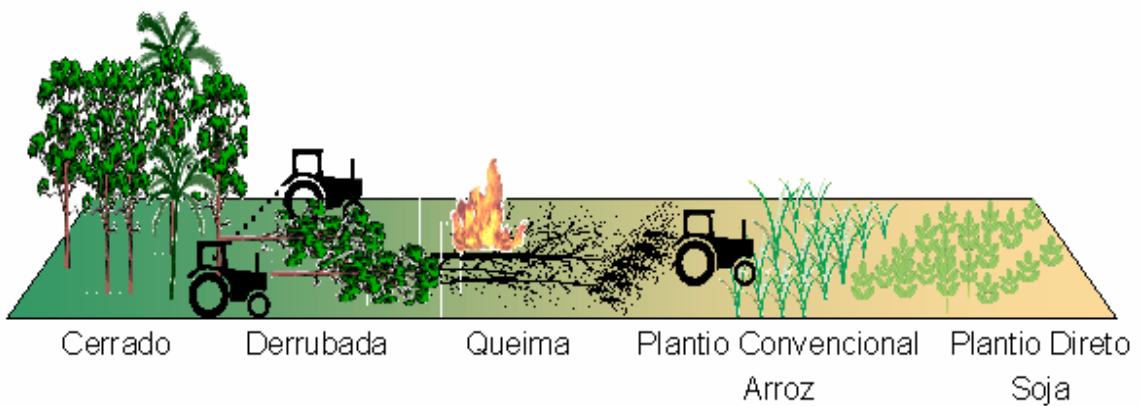


Figura 2 - Fase de conversão do Cerrado em agricultura em Vilhena (RO)

Após desmatamento, limpeza e nivelamento da área, inicialmente a área foi cultivada arroz sob SPC por dois anos. Após esses dois anos de SPC, a área passou a ser cultivada sob SPD com a cultura da soja por três anos. Dessa forma se constituiu uma cronosequência com seis situações: Cerrado, adjacente às áreas cultivadas (CE), áreas com 1 e 2 anos de SPC com a cultura do arroz (1 PC e 2 PC) e áreas com 1, 2 e 3 anos sob SPD com a cultura da soja em rotação com outras culturas e ou pousio (1 PD, 2 PD e 3 PD) após os dois anos sob SPC. Essas situações constituem uma cronosequência, pois se encontram em distâncias relativamente próximas no terreno, pertencem à mesma classe de declividade (topografia homogênea) e ainda apresentam condições de clima e solo semelhantes, ou seja, se diferem apenas no ano de desmatamento. A descrição das culturas implantadas na área no período de estudo, bem com aplicação de fertilizantes e corretivos está relacionada na tabela 1.

Tabela 1 - Histórico das culturas principais e de inverno, a aplicação de fertilizantes e calcário em seus respectivos anos agrícolas, nas situações estabelecidas após a mudança de uso da terra

Situação	Ano Agrícola	Calagem Mg ha ⁻¹	Cultura Principal	Cultura Inverno	Adubação Anual Aplicada		
					N	P ₂ O ₅	K ₂ O
					————— kg ha ⁻¹ —————		
1PC	2003 – 2004	6	Arroz	Pousio	7	94	50
2PC	2002 – 2003	2	Arroz	Pousio	15	99	53
	2003 – 2004	4	Arroz	Pousio	15	99	53
1PD	2001 – 2002	2	Arroz	Pousio	33	86	66
	2002 – 2003	2	Arroz	Pousio	35	99	73
	2003 – 2004	2	Soja	Milho	16	157	112
2PD	2000 – 2001	2	Arroz	Pousio	13	86	46
	2001 – 2002	2	Arroz	Pousio	14	88	48
	2002 – 2003	1	Soja	Sorgo	0	132	120
	2003 – 2004	1	Soja	Milheto	0	101	96
3PD	1999 – 2000	1	Arroz	Pousio	14	88	48
	2000 – 2001	2	Arroz	Pousio	10	100	90
	2001 – 2002	1	Soja	Pousio	11	110	92
	2002 – 2003	0	Soja	Milho	16	160	136
	2003 – 2004	2	Soja	Milho	16	157	112

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz).

3.2.2 Delineamento da área e coleta de amostras de solo

A análise estatística dos dados foi efetuada considerando o experimento com delineamento inteiramente casualizado, pelo fato da área estudada estar sob mesmas condições edafo-climáticas. No trabalho foram avaliadas seis situações com cinco repetições.

A amostragem do solo foi realizada em julho de 2004. Para tal selecionou-se uma área com aproximadamente 1 ha (100 x 100 m) em cada situação. Foram coletadas amostras de solo em cinco trincheiras até 30 cm de profundidade em cada área, seccionada nas seguintes camadas (0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 30 cm).

3.2.3 Análises químicas do solo

As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas a 2 mm para posterior análise. Uma porção da amostra foi moída e passada completamente em peneira de 60 mesh (0,250 mm) e encaminhadas ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental (CENA-USP) para determinação do conteúdo de carbono orgânico total (COT). As demais amostras foram enviadas ao Departamento de Solos e Nutrição de Plantas (ESALQ-USP) para análise. Determinou-se o pH do solo na solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹. As cargas do solo foram estimadas pela relação do pH em KCl e o pH em água, conforme descrito por Mekarú e Uehara (1972). De acordo com os mesmos autores o valor de ΔpH (pH em KCl – pH em água), quando negativo corresponde à ocorrência de cargas negativas, enquanto que valores positivo corresponde a cargas positivas. Para obtenção do COT, utilizou-se método de combustão seca (NELSON; SOMMERS, 1982) utilizando o Carbon Analyzer – LECO[®] CN 2000. O fósforo (P) e os cátions trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+) foram extraídos pelo método da resina trocadora de cátions e ânions, de acordo com a descrição de Raij e Quaggio (1983). Na determinação da acidez potencial do solo utilizou-se o método descrito pela Embrapa (1979), extraindo o $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ com uma solução de $\text{Ca}(\text{OAc})_2$ 1 N tamponada a pH 7,0. A CTC potencial a pH 7,0 (T) e saturação por bases (V%) foram obtidas a partir de cálculos.

Os resultados das análises foram submetidos à análise variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %.

3.3 Resultados e Discussão

Na tabela 2 estão apresentados as medidas de pH em solução de CaCl_2 . Encontraram-se maiores pH em CaCl_2 nas situações 2PD e 3PD em relação às demais. Houve uma tendência de aumento do pH em superfície com o tempo de implantação do SPD. Nas situações sob SPD os maiores valores de pH foram obtidos nas camadas superficiais e reduzindo com a profundidade (Tabela 2). Ao contrário do relatado por alguns autores (SHEAR; MOSCHLER, 1969; BLEVINS et al., 1978; CASTRO, 1995) não se constatou ocorrência de acidificação mais acentuada nas camadas superficiais nos solos sob SPD. Estes resultados corroboram com os obtidos por De Maria; Nnabude; Castro, (1999) na região sul do Brasil e associa às características tamponantes da MOS, e ou ao aumento da força iônica da solução do solo, devido ao incremento dos teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ na superfície do solo (FRANCHINI et al., 1999) provenientes da aplicação superficial de fertilizantes e corretivos. Souza e Alves (2003) estudando métodos de preparo do solo em um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso encontraram resultado similar ao do presente estudo. Em todas as profundidades avaliadas das situações 1PC e 2PC praticamente não houve diferenças significativas de pH. Resultados semelhantes aos obtidos por Muzilli (1983) e Centurion (1988). Na área sob vegetação nativa (CE) observou-se o menor valor de pH, fato atribuído a não ter sido realizado a aplicação de calcário nesta área.

Em todas as situações estudadas, foram observados valores negativos de ΔpH , ou seja, presença de cargas negativas no solo. Verificou-se tendência das maiores quantidades de cargas negativas (ΔpH) nas camadas mais profundas. Nas camadas superficiais não foram encontradas diferenças significativas entre as situações avaliadas. No entanto, houve uma tendência de aumento dos valores de ΔpH nas situações sob SPD na camada de 0–30 cm, obtendo na situação 3PD a maior quantidade de cargas negativas, o que provavelmente é atribuído a maior conteúdo de COT nas situações sob SPD. Trabalhos de Raij (1969) e Silva (1994), atribuem à MOS a fundamental importância na formação de cargas negativas em Latossolos de regiões tropicais.

Os valores de acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) foram maiores em CE, corroborando aos menores valores de pH e à baixa quantidade de bases trocáveis. Com a mudança de uso da terra e correção da acidez do solo, os valores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ reduziram e apresentaram diferenças significativas em todas as situações avaliadas em relação à CE. Em 2PD e 3PD observou-se menores valores de $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ nas camadas superficiais, que provavelmente é atribuído à maior

concentração de bases trocáveis. Por outro lado, Almeida et al. (2005) encontraram valores mais elevados de $H^+ + Al^{3+}$ na camada de 0–2,5 cm em solos sob SPD em relação a solos sob SPC, e atribuíram esse aumento ao maior conteúdo de COT no solo.

Como era de se esperar, os teores de COT foram maiores nas camadas superficiais em relação as mais profundas em todas as situações avaliadas. O menor teor de COT na camada de 0–5 cm foi encontrado no primeiro ano de SPC. Tal fato pode ser atribuído ao processo de mudança do uso da terra, movimentação excessiva do solo no preparo, limpeza e nivelamento da área, os quais reduziu a proteção física da MOS, expondo-a ao ataque de microorganismos. Em 2PC houve aumento nos teores de COT em relação à 1PC. Com a implantação do SPD, observou-se tendência de aumento dos teores de COT, no entanto, não diferiram estatisticamente das demais situações, com exceção da situação 1PC. Em concordância aos dados obtidos nesse estudo, Silva, Curi e Blancaneaux (2000) e Beutler et al. (2001) e Oliveira et al. (2004) observaram que o teor de COT em todo o perfil do solo sob SPD não diferiu significativamente ao da situação CE, e associam tal fato aos resíduos ali depositados. Nas camadas abaixo de 10 cm, os teores de COT não apresentaram diferenças significativas em relação às situações, ou seja, a mudança de uso da terra, influenciou os teores de COT somente até 10 cm de profundidade.

Segundo Testa (1992), os incrementos de COT no solo em anos iniciais do estabelecimento do SPD restringem-se às camadas superficiais do solo, mas com o tempo, os incrementos ocorrem nas camadas mais profundas, possivelmente devido ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas e através da atividade de organismos no solo.

A capacidade de troca de cátions a pH 7 (T) foi afetada pela profundidade de amostragem em todas as situações. Obtiveram-se maiores valores nas camadas 0–5 e 5–10 cm das situações CE e 1, 2 e 3PD, ou seja, nas situações onde não houve movimentação do solo. Após a mudança de uso da terra para SPC observou-se redução desta CTC. Com a introdução do plantio direto verificou-se um aumento gradativo da CTC corroborando com aumento dos teores do carbono do solo. Rheinheimer et al. (1998) em um estudo dos atributos químicos em solos arenosos, encontraram valores superiores de CTC potencial na camada superficial em áreas sob SPD, em relação às de SPC. Este aumento da CTC pode ser atribuído ao aumento de MOS. Bayer e Bertol (1999) atribuíram o aumento da CTC à elevação dos teores de MO, principalmente da fração ácidos húmicos, responsáveis pela formação de muitas cargas negativas no solo.

Tabela 2 - Valores de pH em CaCl₂, ΔpH, H + Al, COT e CTC potencial (T) num Latossolo Vermelho Amarelo, submetidos a diferentes usos da terra e profundidades de amostragem

Prof.	Situações ⁽¹⁾						CV(%)	DMS ⁽²⁾
	CE	1PC	2PC	1PD	2PD	3PD		
Cm	pH (CaCl₂)							
0 – 5	3,7 Cc	4,5 Ba	4,5 Ba	4,7 Ba	5,4 Aa	5,7 Aa	4,78	0,44
5 – 10	3,8 Cbc	4,5 Ba	4,5 Ba	4,7 Ba	5,0 ABab	5,4 Aab	6,09	0,55
10 – 20	3,9 Cab	4,5 Bab	4,5 BCa	4,6 Ba	4,7 ABb	5,2 Aab	6,00	0,53
20 – 30	4,0 Ca	4,3 BCa	4,3 BCa	4,3 BCb	4,6 ABb	4,8 Ab	5,15	0,44
	ΔpH (pH KCl – pH água)							
0 – 5	-0,66 Ab	-0,66 Aa	-0,82 Aa	-0,68 Aa	-0,60 Aa	-0,70 Ab	45,47	0,61
5 – 10	-0,62 Ab	-0,52 Aa	-0,66 Aa	-0,86 Aa	-0,96 Aa	-0,94 Aab	35,27	0,52
10 – 20	-0,56 Bb	-0,50 Ba	-0,70 Ba	-0,90 ABa	-0,74 Ba	-1,34 Aa	28,73	0,44
20 – 30	-1,12 Aa	-0,78 Aa	-0,92 Aa	-1,12 Aa	-0,96 Aa	-1,22 Aab	27,38	0,55
	H⁺ + Al⁺ (mmol_c dm⁻³)							
0 – 5	100,4 Aa	44,2 BCa	49,4 Bab	46,4 Ba	33,2 BCa	23,2 Cb	23,28	22,51
5 – 10	74,0 Aab	40,6 BCa	56,0 ABa	49,6 BCa	41,4 BCa	30,6 Cab	22,39	21,31
10 – 20	52,6 Ab	39,8 Ba	41,6 ABb	45,0 ABa	41,6 ABa	37,4 Ba	13,44	11,29
20 – 30	52,4 Ab	39,0 Ba	46,0 ABab	42,6 ABa	41,8 ABa	33,0 Bab	13,86	11,70
	COT (g kg⁻¹)							
0 – 5	38,9 Aa	25,3 Ba	32,8 ABa	35,1 Aa	32,0 ABa	35,7 Aa	13,63	8,84
5 – 10	25,3 ABb	22,1 Bab	29,8 Bab	32,3 Aa	29,1 ABa	29,3 ABab	14,29	7,85
10 – 20	19,4 Abc	20,1 Ab	22,7 Ab	23,7 Ab	19,6 Ab	25,4 Ab	22,51	9,74
20 – 30	14,2 Ac	14,1 Ac	13,2 Ac	14,3 Ac	13,0 Ac	15,0 Ac	19,73	5,43
	T (mmol_c dm⁻³)							
0 – 5	103,0 Aa	67,6 Ba	67,3 Ba	80,7 ABa	87,4 ABa	111,6 Aa	20,04	33,79
5 – 10	76,8 ABab	58,1 Bab	71,2 ABa	78,3 ABa	78,6 ABa	98,4 Aa	20,29	30,49
10 – 20	54,9 ABb	48,2 Bab	49,6 Bb	62,3 ABb	54,9 ABb	74,2 Aab	19,40	21,74
20 – 30	54,9 Ab	41,7 Ab	49,6 Ab	48,1 Ab	51,7 Ab	52,8 Ab	17,90	17,42

⁽¹⁾CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %, sendo que as letras maiúsculas comparam os valores na horizontal e as minúsculas comparam valores na vertical. ⁽²⁾ Diferença mínima significativa

Na tabela 3 estão apresentados os teores de P disponível para as seis situações avaliadas a suas respectivas camadas de amostragem. Os teores de P disponível foram maiores nas camadas superficiais até 10 cm em relação às camadas inferiores, mesmo nas situações onde não se obteve diferenças significativas. Altos teores de P na camada superficial do solo em relação a camadas mais profundas tem sido frequentemente observado em sistemas em SPD (ELTZ; PEIXOTO; JASTER, 1989; DE MARIA; CASTRO, 1993; BAYER; MIELNICZUK, 1997).

Nas situações sob SPD encontrou-se maior teor de P no solo em todas as camadas avaliadas em comparação às sob SPC. Sisti et al. (2004) obteve maiores de P na camada de 0 – 5 cm de solo no SPD em comparação ao SPC e associou esta diferença a imobilização deste nutriente em solos de natureza ácida. Esta maior concentração de P disponível na superfície do SPD em relação ao SPC resulta numa maior eficiência de utilização do nutriente em SPD (SISTI et al., 2004). O P é um elemento pouco móvel no solo, permanecendo no local onde foi depositado (FALLEIRO et al., 2003). A ausência de revolvimento, a manutenção de resíduos culturais na superfície do solo e o tempo de implantação do SPD contribuem para aumento dos teores deste nutriente no solo. Esta ausência de revolvimento diminui a superfície do contato P-argilas, o que reduz a adsorção de P pelos óxidos de ferro e alumínio e, conseqüentemente a sua imobilização no solo (ADDISCOTT; THOMAS, 2000). Entretanto, apesar dos teores de P encontrados nas situações sob SPD terem sido muito maiores em relação às demais, não foi encontrado diferença significativa entre as situações em estudo. A grande variabilidade espacial encontrada do elemento no solo, provavelmente é resultado do pouco tempo de implantação do SPD, oriundo da aplicação localizada de fertilizantes fosfatados no sulco de plantio, da baixa mobilidade do elemento no solo e ainda pode ser atribuído ao pequeno número de amostras de solo coletadas em cada situação.

Houve uma tendência de aumento dos teores de K^+ trocável com a implantação do SPD, entretanto, só foram encontradas diferenças significativas na camada 0–5 cm onde CE se mostrou menor às demais situações. Os maiores teores de K^+ foram sempre encontrados nas camadas mais superficiais, mesmo não sendo verificadas diferenças significativas. Considerando a camada de 0–30 cm de solo, a maior quantidade de K^+ trocável $8 \text{ mm}_c \text{ dm}^{-3}$ foi encontrada em 3PD. Houve grande variação nos teores de K^+ nas situações. Esta variação provavelmente é resultado da aplicação localizada do fertilizante potássico e do pouco tempo de implantação do SPD, que ainda não foi capaz de homogeneizar o nutriente em toda superfície.

Os maiores teores de Ca^{2+} foram encontrados nas camadas superficiais das situações sob SPD. Resultados semelhantes aos obtidos por De Maria, Nnabude e Castro (1999a) e Falleiro et al. (2003). Na camada de 0–5 cm observou-se o maior teor de Ca^{2+} na situação 3PD, seguida por 2PD, 1PD e pelas situações sob SPC. Nas demais camadas, as situações 3PD e 2PD não diferenciaram significativamente, e estas obtiveram maiores teores em relação às demais. Com exceção de CE, que não recebeu calagem, todas as demais apresentaram uma tendência de aumento do teor de Ca na superfície.

Com relação ao Mg^{2+} , os maiores teores foram encontrados nas camadas superficiais, exceto nas situações CE e 1PC. Nas situações sob SPD foram encontrados os maiores teores de Mg^{2+} , entretanto não foram encontradas diferenças significativas. Esta tendência de maior teor de Ca^{2+} e Mg^{2+} nas situações sob SPD pode ser explicada pela melhor reciclagem destes elementos, pelo aumento da CTC efetiva do solo capaz de reter mais cátions no solo (SOUZA; ALVES, 2003) e ainda pela adição superficial do corretivo. A mudança de uso da terra para SPD associada à prática da calagem proporcionou acúmulo de Ca^{2+} e Mg^{2+} em todas as camadas de solo.

Os valores de saturação por bases (V%) foram maiores nas situações sob SPD. O maior valor de V% foi encontrado em 3PD, valores intermediários encontrados nas demais áreas sob SPD e, por fim, nas áreas de SPC. Em todas as situações que receberam calagem, os valores de V% seguiram a mesma tendência de serem maiores nas camadas superficiais. Considerando que a calagem foi calculada para elevar o V para 50% em uma camada de 20 cm de solo, as situações obtiveram valores de saturação por bases de 59, 39, 33, 20 e 24 % para as situações 3PD, 2PD, 1PD, 2PC e 1PD, respectivamente, ou seja, apenas a situação 3PD conseguiu alcançar o patamar desejado para este parâmetro. Os cálculos de necessidade de calagem foram realizados utilizando-se de fórmulas que visam corrigir uma camada de 20 cm de solo, o que na maioria das vezes não é conseguido em SPD, devido à baixa mobilidade no solo dos elementos Ca^{2+} e Mg^{2+} .

Tabela 3 - Valores de fósforo disponível, potássio, cálcio e magnésio trocáveis e saturação por bases (V%) num Latossolo Vermelho Amarelo, submetidos a diferentes usos da terra e profundidades de amostragem

Prof.	Situações ⁽¹⁾						CV(%)	DMS ⁽²⁾
	CE	1PC	2PC	1PD	2PD	3PD		
Cm	Fósforo disponível (mg dm⁻³)							
0 – 5	6,6 Aa	9,8 Aa	7,0 Aa	14,2 Aa	23,4 Aa	25,8 Aab	87,84	24,86
5 – 10	5,0 Bb	7,0 Bab	6,4 Bab	10,2 Bab	23,4 ABa	48,4 Aa	90,78	29,69
10 – 20	3,6 Bbc	4,6 Bab	4,6 Bab	6,6 Bab	7,4 Ba	22,2 Aab	72,82	11,62
20 – 30	3,0 ABc	2,2 Bb	2,4 Bb	2,8 Bb	3,2 ABa	8,4 Ab	77,70	5,57
	Potássio trocável (mmol_c dm⁻³)							
0 – 5	0,6 Ba	1,2 ABa	1,3 Aba	1,5 ABa	2,0 ABa	3,0 Aa	65,70	2,04
5 – 10	0,8 ABa	0,3 Ba	1,2 Aba	0,9 ABa	1,4 ABab	2,2 Aa	72,44	1,60
10 – 20	0,3 ABa	0,2 Ba	1,2 Aba	0,7 ABa	1,1 ABab	1,8 Aa	93,24	1,61
20 – 30	0,5 Aa	0,3 Aa	1,0 Aa	0,5 Aa	0,5 Ab	1,0 Aa	89,61	1,09
	Cálcio trocável (mmol_c dm⁻³)							
0 – 5	1,0 Ca	12,6 Ca	9,8 Ca	18,6 BCa	33,8 Ba	58,2 Aa	52,23	22,29
5 – 10	1,0 Ba	9,6 Ba	7,6 Bab	15,8 Bab	23,8 ABa	45,2 Aab	69,28	23,24
10 – 20	1,0 Ba	4,0 Ba	3,2 Bbc	8,6 Bbc	7,2 Bb	24,4 Aab	86,04	13,56
20 – 30	1,0 Ba	1,0 Ba	1,0 Bc	2,2 Bc	5,4 ABb	12,0 Ab	126,63	9,32
	Magnésio trocável (mmol_c dm⁻³)							
0 – 5	1,0 Da	9,6 BCDA	6,8 Cda	14,2 BCa	18,4 ABa	27,2 Aa	42,45	10,80
5 – 10	1,0 Ca	7,6 BCa	6,4 Bca	12,0 ABa	12,0 ABab	20,4 Aab	55,92	10,82
10 – 20	1,0 Ca	4,2 BCa	3,6 BCab	8,0 ABab	5,0 ABCbc	10,6 Abc	55,97	5,91
20 – 30	1,0 Ba	1,4 Ba	1,6 Bb	2,8 ABb	4,0 ABc	6,8 Ac	80,55	4,62
	V (%)							
0 – 5	2,4 Db	30,8 Ca	26,4 Ca	42,2 Bca	61,2 ABa	78,0 Aa	29,12	22,86
5 – 10	3,6 Dab	30,0 BCa	21,4 Cdab	36,2 BCa	47,2 ABa	65,0 Aab	33,51	22,20
10 – 20	4,2 Ca	17,2 BCab	16,2 Bcab	26,8 Bab	24,0 Bb	46,2 Abc	44,02	19,30
20 – 30	4,4 Ba	6,2 Bb	7,2 Bb	11,6 Bb	18,2 ABb	34,4 Ac	63,96	17,08

⁽¹⁾CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %, sendo que as letras maiúsculas comparam os valores na horizontal e as minúsculas comparam valores na vertical. ⁽²⁾ Diferença mínima significativa.

3.4 Conclusões

1. A magnitude das alterações nas propriedades químicas do solo, no processo de conversão do Cerrado na região amazônica em agricultura, depende do manejo o qual o solo é submetido.
2. O sistema plantio direto, associado ao processo de mudança de uso da terra, aumentou pH e reduziu a acidez potencial do solo.
3. Os maiores valores de CTC potencial foram obtidos nas situações sob plantio direto e no Cerrado, onde também foram observados maiores teores de carbono orgânico total.
4. Os teores de carbono orgânico total foram afetados pela mudança de uso da terra até 10 cm de profundidade.
5. O sistema plantio direto associado à aplicação de fertilizantes fosfatados no sulco de plantio, aumentou consideravelmente os teores de P disponível do solo, entretanto, foi observada grande variabilidade espacial do elemento no solo.
6. Os maiores teores de bases trocáveis foram observados nas situações sob plantio direto, no entanto, somente na situação 3PD foi obtida a saturação por bases almejada.

Referências

ADDISCOTT, T.M.; THOMAS, D. Tillage, mineralization and leaching: phosphate. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, p. 255-273, 2000.

ALMEIDA, J.A.; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 437-445, 2005.

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**, Viçosa, v. 23, p. 687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 105-112, 1997a.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 235-239, 1997b. Colocar b no texto

- BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. Agregação de Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos Cerrados no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p. 129-136, 2001.
- BLEVINS, R.L.; THOMAS, G.W.; SMITH, M.S.; FRYE, W.W.; CORNELIUS, P.L. Changes in soils properties after 10 years continuous non-tilled and conventionally tilled corn. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 3, p. 135-146, 1978.
- CASTRO, O.M. **Comportamento físico e químico de um Latossolo Roxo em função do seu preparo na cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 174 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- CENTURION, J.F. **Efeito de sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas de um Argissolo sob Cerrado e na cultura do milho implantada**. 1988. 125 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.
- CIOTTA, M.N. **Componentes químicos do solo influenciados por sistemas de preparo e modos de calagem em experimento de longa duração**. 2001. 102 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2001.
- DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um Latossolo Roxo sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, p. 471-477, 1993.
- DE MARIA, I.C.; NnABUDE, P.C.; CASTRO, O.M. Long-term tillage and crop rotation effects on soil chemical proprieties of a Rholic Ferrasol in southern Brazil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 51, p. 71-79, 1999.
- DICK, W.A. Organic carbon, nitrogen and phosphorus concentrations and pH profiles as affected by tillage intensity. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p. 102-107, 1983.
- ELTZ, F.L.F.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 13, p. 259-267, 1989.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro, 1979. 58 p.
- FALLEIRO, R.M.; SOUZA, C.M.; SILVA, C.S.W.; SEDIYAMA, C.S.; SILVA, A.A.; FAGUNDES, J.L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 1097-1104, 2003.

- FERNANDES, M.R. **Alterações em propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase Cerrado, decorrentes da mobilidade de uso e manejo.** 1982. 65 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Federal de Viçosa, 1982.
- FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 533-542, 1999.
- LOPES, A.S. **Solos sob “Cerrado”: características, propriedades e manejo.** Piracicaba: POTAFOS, 1983. 162 p.
- MEKARU, T.; UEHARA, G. Anion adsorption in ferruginous tropical soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 36, p. 296-300, 1972.
- MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 7, p. 95-102, 1983.
- NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Ed) **Methods of soil analysis.** 2nd ed. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 539-579.
- OLIVEIRA, G.C.; DIAS JUNIOR, M.S.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 327-336, 2004.
- POTTKER, D.; BEN, J.R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 589-597, 1998.
- RAIJ, B.van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral dos solos. **Bragantia**, Campinas, v. 28, n. 8, p. 85-112, 1969.
- RAIJ, B.van; QUAGGIO, J. A. **Métodos de análise de solo para fins de fertilidade.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1983. 16 p. (IAC. Circular, 63).
- RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solos arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p. 713-722, 1998.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. de (Ed.). **Cerrado: ambiente e flora.** Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 89-166.
- SELLES, F.; KOCHANN, R.A.; DENARDIN, J.E.; ZENTNER, R.P.; FAGANELLO, A. Distribution of phosphorus fractions in a Brazilian Oxisol under different tillage systems. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 44, p. 23-34, 1997.

SHEAR, G. M.; MOSCHLER, W. W. Continuous corn by the no tillage and conventional tilled methods. **Agronomy Journal**, Madison, v. 61, p. 524-526, 1969.

SILVA, J.E.; LEMANSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca de catiônica em solos da região de Cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 541-547, 1994.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; BLANCANEUX, P. Sistemas de manejo e qualidade estrutural de Latossolo Roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2485-2492, 2000.

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 & Tillage Research**, Amsterdam, v. 76, p. 39-58, 2004.

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

SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA. **Atlas geoambiental de Rondônia**. Porto Velho, 2002. v. 2, 74 p.

TESTA, V.M. **Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de culturas**. 1989. 134 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

4 CONVERSÃO DO CERRADO EM AGRICULTURA EM RONDÔNIA: ESTOQUES DE CARBONO E SUAS CORRELAÇÕES COM A FERTILIDADE DO SOLO

Resumo

O manejo do solo sob Cerrado na Amazônia após a sua conversão em agricultura apresenta efeitos sobre o estoque de carbono no solo e este tem apresentado direto ou indiretamente reflexos nas características químicas do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar os estoques de carbono e de nutrientes do solo e obter correlações entre os estoques de carbono e os parâmetros ligados à fertilidade do solo em um Latossolo Vermelho Amarelo muito argiloso, ocasionadas pela mudança do uso da terra no Cerrado da Amazônia. O estudo foi realizado na Fazenda União, no município de Vilhena (RO). A amostragem de solo foi realizada em julho de 2004 nas camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade em seis situações: Cerrado (CE), áreas sob plantio convencional (1PC e 2PC) e áreas sob plantio direto (1PD, 2PD e 3PD), após o período de dois anos cultivado com a cultura do arroz em cultivo convencional. O delineamento foi inteiramente casualizado e com cinco repetições. Para cálculo da densidade aparente do solo foram coletadas amostras de solo indeformado com auxílio de um cilindro de aço inox (5 x 5 cm). As amostras de solo foram submetidas a análises de pH em CaCl_2 , $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$, COT, P disponível, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocável e foram calculados CTC potencial e V%. Calcularam-se os estoques de carbono e nutrientes corrigidos pela densidade aparente do solo, para se obter a mesma massa de solo e fazer comparação adequada entre as diferentes situações avaliadas. Após a conversão do Cerrado em agricultura foi observada tendência de aumento gradativo na densidade aparente do solo. As camadas de solo equivalentes em massa obtidas foram 30,0; 23,3; 24,9; 20,9; 23,6 e 20,3 cm para as situações CE, 1PC, 2PC, 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente. Os estoques de C do solo foram alterados com a mudança de uso da terra. Nas situações sob plantio direto obteve-se tendência de aumento dos estoques de C do solo. Os maiores estoques de P disponível, K, Ca e Mg trocáveis foram obtidos nas situações sob sistema plantio direto. Os valores de pH CaCl_2 nas camadas equivalentes de solo aumentaram no processo de mudança do uso da terra. Foi obtida uma taxa de aumento anual de 0,25 unidades de pH por ano de cultivo. A acidez potencial do solo apresentou comportamento inverso ao do pH, maiores valores foram obtidos no Cerrado e menores na situação 3PD. A CTC potencial do solo apresentou tendência de aumento com evolução do tempo de uso da terra com agricultura. Devido ao aumento do estoque de bases trocáveis no solo foi verificado maior valor de saturação por bases nas situações sob plantio direto. Quando foram avaliadas todas as situações, obtiveram-se correlações positivas e significativas entre os estoques de carbono e estoques de P disponível, K, Ca e Mg trocáveis, pH CaCl_2 , CTC potencial e saturação por bases. Apesar de não ter sido significativo, foi obtido correlação inversa entre o estoque de carbono e acidez potencial do solo.

Palavras-chave: Estoques de carbono, estoque de nutrientes, sistema plantio direto, Amazônia.

CONVERSION OF THE CERRADO IN AGRICULTURE IN RONDÔNIA: CARBON STOCKS AND THEIR CORRELATIONS WITH SOIL FERTILITY

Abstract

Management practices in the Amazon Cerrado soil after its conversion in agriculture lead not only to effects on soil carbon stocks but also direct or indirect reflexes in soil chemical characteristics. The objective of this study was to evaluate soil carbon and nutrient stocks in order to obtain correlations between the carbon stocks and fertility soil parameters in an Oxisol (very clayed Red Yellow Latosol), originated by the changes in land use in the Amazon Cerrado. The study was carried out at the União Farm, in the city of Vilhena, Rondonia State, Brazil. Soil sampling was carried out in July 2004 at 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm depths at six sites: Cerrado native vegetation (CE), two areas under conventional tillage system cultivated with rice for 1 year (1 PC) and 2 years (2PC), and 3 areas under no-till system cultivated with soybean for 1 (1PD), 2 (2PD) and 3 years (3PD) after a 2-year period of rice crop cultivated under conventional tillage. At each site samples were taken randomly with five repetitions. For calculating soil bulk density undeformed samples were collected using a steel metal cylinder (5 x 5 cm). Soil samples were analyzed for pH in CaCl₂, H⁺ + Al³⁺, Total Organic Carbon (TOC), available P, exchangeable K, Ca, Mg, potential Cation Exchange Capacity and base saturation were also calculated. For each soil layer we calculated the corrected carbon and nutrients stocks, adjusted by using soil bulk density data, in order to compare the same soil mass for all the studied situations. After the native Cerrado vegetation conversion in agriculture a trend of gradual increase in soil bulk density was observed. The soil layers, in mass equivalents, were 30,0; 23,3; 24,9; 20,9; 23,6 and 20,3 cm for situations CE, 1PC, 2PC, 1PD, 2PD and 3PD, respectively. The soil C stocks have been modified with the change in land use. For instance, in the situations under no-tillage it was observed a trend of increase in soil C stocks. The highest stocks of available P, exchangeable K, Ca and Mg were found for the situations under no-till system. The values of pH CaCl₂ in the soil equivalents layers increased due to land use change process. An increase rate of 0.25 units of pH per year of agricultural use was reported. The soil potential acidity presented inverse behavior to the one of pH, greater values were found in the Cerrado and lower ones in the 3PD condition. The potential CEC of the soil presented a trend of increase with evolution of the time under agricultural land use. Due to the increase of soil exchangeable bases stocks it was verified higher values of base saturation for the situations under no-tillage. When all situations were evaluated together, we found a positive (statistically significant) correlations between carbon stocks and available P stocks, exchangeable K, Ca and Mg stocks, pH CaCl₂, potential CTC and base saturation. Despite the fact it was not statistically significant, we found inverse correlation between carbon stocks and potential acidity of the soil.

Key words: Carbon stocks, nutrients stocks, no-till system, Amazon.

4.1 Introdução

A região dos Cerrados ocupa posição de destaque no contexto agrícola brasileiro, por apresentar diversas características desejáveis à produção de grãos (LANGE et al., 2006). Entretanto, a conversão do Cerrado da Amazônia através da derrubada e queima da vegetação natural, seguida do cultivo do solo resulta geralmente na diminuição do estoque de matéria orgânica do solo (MOS) (DETWILLER, 1986; BROWN; LUGO, 1990; LAL, 2003) e aumento da emissão de CO₂.

Em solos de clima temperado, metade do conteúdo inicial de carbono é perdido durante os primeiros 50 a 100 anos de cultivo, enquanto que em ambiente tropical as perdas podem ser muito maiores (FELLER; BEARE, 1997; CHRISTENSEN, 2000).

Os solos da região tropical armazenam 32% do carbono orgânico mundial (ESWARAN; BERG; REICH, 1993). E neste contexto, os solos tropicais da região amazônica têm papel importante no sequestro e liberação de carbono para a atmosfera (CERRI; BERNOUX; BLAIR, 1994). Porém, são poucas as estimativas de carbono estocado nos solos deste ecossistema (MORAES, 1995), e faltam estimativas precisas de densidade do solo (BERNOUX et al., 1998). Geralmente as medidas de densidade do solo são bastante escassas, quando se tratam de solos de regiões tropicais (BERNOUX et al., 1998) e estas são de fundamental importância para cálculo dos estoques de C do solo. A variação no estoque de carbono orgânico do solo depende de uma série de fatores, tais como: tipo de solo, clima, estoque inicial e principalmente do tipo de manejo a qual este solo é submetido.

O manejo do solo apresenta efeitos sobre o estoque de C e este tem apresentado direta ou indiretamente reflexos nas características químicas do solo. O incremento de MOS resulta no aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1997a) e conseqüentemente em maior disponibilidade de nutrientes.

Neste contexto, o sistema convencional de uso da terra, onde se aplica aração e gradagem é considerado agressivo para o solo, com grande poder de degradação e redução da MOS (BAYER; MIELNICZUK, 1999; RESCK et al., 2000). As perdas de MOS são estimuladas pelo revolvimento do solo, maiores variações de temperatura, umidade e aeração, pela quebra de agregados, aumento do grau de fracionamento dos resíduos vegetais.

Entretanto, os solos sob Cerrado são em sua maioria dominados por argilas de baixa atividade (caulinita e oxi-hidróxidos de ferro e alumínio), com baixa disponibilidade de nutrientes e elevada acidez, o que lhes confere uma ampla dependência da MOS para um funcionamento adequado e sustentável (ROSCOE, 2005). Em razão disso, existe a necessidade de sistemas de manejo que aumentem os estoques de carbono no solo.

Devido à ausência de revolvimento do solo, o sistema de plantio direto (SPD) interfere menos na taxa de decomposição da MOS, favorecendo sua manutenção e acúmulo (BAYER; MIELNICZUK, 1999; RESCK et al., 2000), e ainda garantindo fluxo contínuo de matéria e energia no solo (ROSCOE, 2005). A prática do SPD, associada à rotação de culturas com alto rendimento de matéria seca e mais de um cultivo por ano, pode garantir maior aporte de resíduos e menor taxa de decomposição, o que acarretaria acúmulo de C no solo.

Os resultados de pesquisa ainda não são conclusivos quanto ao acúmulo de C em SPD. Alguns estudos relatam incrementos nos teores de MOS (CORAZZA et al., 1999; BAYER et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2004), enquanto outros trabalhos não mostraram diferenças significativas em relação ao sistema natural ou ao sistema de cultivo convencional (SPC) (FREITAS et al., 2000; ROSCOE; BUURMAN, 2003). As diferenças nos resultados podem ser atribuídas às condições específicas de cada sistema (tipo de solo e rotação/sucessão de culturas).

O objetivo desse estudo foi avaliar os estoques de carbono e de nutrientes do solo e obter correlações entre os estoques de carbono e os parâmetros ligados à fertilidade do solo em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico típico, ocasionadas pela mudança do uso da terra no Cerrado da Amazônia, envolvendo áreas sob SPD e SPC.

4.2. Material e Métodos

4.2.1 Descrição da área de estudo

A descrição da área de estudo já foi apresentada no item 3.2.1 desta dissertação.

4.2.2 Delineamento da área e coleta de amostras de solo

A análise estatística dos dados foi efetuada considerando um estudo com delineamento inteiramente casualizado, pelo fato da área estudada estar sob mesmas condições edafo-climáticas. Neste estudo foram avaliadas seis situações com cinco repetições.

A amostragem do solo foi realizada em julho de 2004. Selecionou-se uma área com aproximadamente 1 ha (100 x 100 m) em cada situação. Coletaram-se amostras de solo em cinco trincheiras até 30 cm de profundidade, seccionada nas seguintes camadas (0-5; 5-10; 10-20; 20-30 cm). Para cálculo da densidade aparente do solo foram coletadas amostras de solo indeformado com auxílio de um cilindro de aço inox (5 x 5 cm). Nas camadas de 10-20 e 20-30 cm, as amostras para cálculo densidade do solo foram retiradas na porção média da camada.

4.2.3 Análises químicas do solo

A descrição das análises químicas do solo deste estudo está apresentada no item 3.2.3 desta dissertação

4.2.4 Cálculo dos estoques de carbono e de nutrientes corrigidos pela densidade do solo.

Para cada camada de solo amostrada (0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm de profundidade) calculou-se os estoques (em Mg ha^{-1}), multiplicando a concentração de C ou de nutrientes (em %) pela densidade aparente do solo (g cm^{-3}) e pela espessura da camada (cm). Como as amostras foram coletadas em campo sempre em camadas fixas, pode-se incorrer em erros no cálculo dos estoques, em razão da variação nos valores de densidade do solo devido à mudança de uso da terra (MORAES et al., 1996). Nesse caso, os estoques foram corrigidos usando como base o solo sob Cerrado. Portanto, os estoques foram corrigidos para comparar a massa de solo equivalente à camada 30 cm do solo sob Cerrado (referência) de acordo com a seqüência de cálculo que corrige a equivalência de massa total de solo (DAVIDSON; ACKERMAN, 1993; VELDKAMP, 1994; ELLERT; BETTANY, 1996).

4.2.5 Cálculo das camadas equivalentes de solo

As camadas equivalentes em massa à 30 cm de solo sob Cerrado, foram calculadas da seguinte forma: fixou-se a camada de solo de referência (Cerrado), calculou-se a média ponderada da densidade do Cerrado em relação as suas respectivas camadas de solo (M_{CE}), calculou-se a média ponderada da densidade de cada situação em relação as suas respectivas camadas de solo (M_{SIT}) e por último determinou-se a camada de solo equivalente para cada situação (Equação 1).

Camada Equivalente de Solo (cm)	$= (M_{CE} / M_{SIT}) \times 30$	Equação (1)
--	----------------------------------	-------------

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Densidade aparente do solo

Os valores de densidade do solo mostrados a seguir (Figura 1), tratam-se da média ponderada da densidade do solo para a camada de 0–30 cm de solo. Foram observadas alterações na densidade aparente com a mudança do uso da terra.

Em CE o valor de densidade média na camada de 0–30 cm foi $0,77 \text{ g cm}^{-3}$. Bayer et al. (2006) avaliando dois Latossolos com diferentes teores de argila sob Cerrado, obtiveram valores mais elevados de densidade média para a camada de 0 – 20 cm de solo. Em Luziânia (GO), num solo textura média argilosa ($350 \text{ g de argila kg}^{-1}$) os autores obtiveram densidade de $0,89 \text{ g dm}^{-3}$ enquanto que em Costa Rica (MS) em um solo muito argiloso ($650 \text{ g de argila kg}^{-1}$) obtiveram $0,98 \text{ g dm}^{-3}$. Resck et al. (2000) avaliando a densidade em um Latossolo Vermelho Escuro argiloso sob Cerrado *stricto sensu* obteve valor de $0,97 \text{ g cm}^{-3}$ na camada de 0 – 30 cm de solo.

Nas situações sob cultivo convencional houve aumento na densidade do solo, provavelmente devido ao tráfego de máquinas e desestruturação do solo oriundo de práticas de cultivo convencional. No entanto, os valores de densidade encontrados em 1PC e 2PC ($1,0$ e $0,93 \text{ g cm}^{-3}$; respectivamente) são considerados baixos quando se trata de solos muito argilosos. Bayer et al. (2006) obteve em um Latossolo muito argiloso após 20 anos sob cultivo convencional em

Costa Rica (MS) densidade $1,06 \text{ g cm}^{-3}$. Com a implantação do SPD observou-se tendência de aumento na densidade média do solo. Os valores de densidade foram $1,11$; $0,98$ e $1,14 \text{ g cm}^{-3}$ nas situações 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente. Apesar de ter sido observado esta tendência de aumento na densidade na camada de 0–30 cm de solo (Figura 1), estes valores ainda não são considerados restritivos ao desenvolvimento do sistema radicular das culturas implantadas.

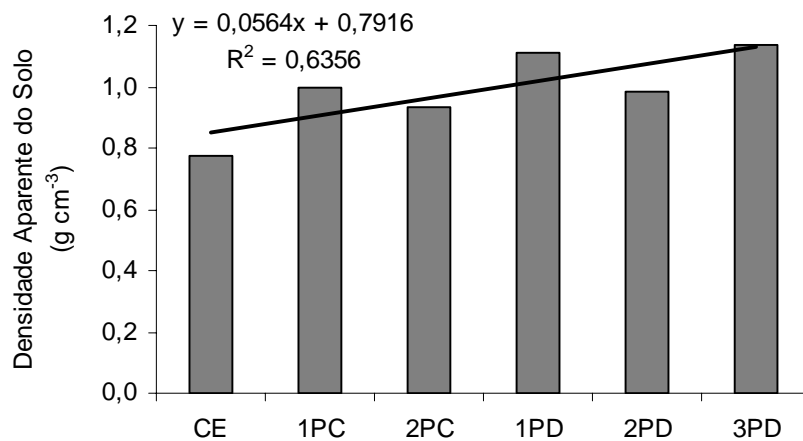


Figura 1 - Valor médio de densidade aparente, ponderada pela camada equivalente de solo nas situações de mudança anual do uso da terra. Médias de 5 repetições

Os valores de densidade aparente do solo apresentado anteriormente serão utilizados para o cálculo das profundidades equivalentes de solo, para que se compare a mesma massa de solo.

4.3.2 Camada equivalente de solo

Tomando como referência 30 cm de solo do Cerrado (CE), estão relacionadas a seguir (Figura 2), as camadas equivalentes de solo, as quais serão utilizadas para se obter os estoques de C e de nutrientes e demais parâmetros ligados à fertilidade do solo. As camadas equivalentes de solo obtidas foram 23,3; 24,9; 20,9; 23,6 e 20,3 cm para as situações 1PC, 2PC, 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente.

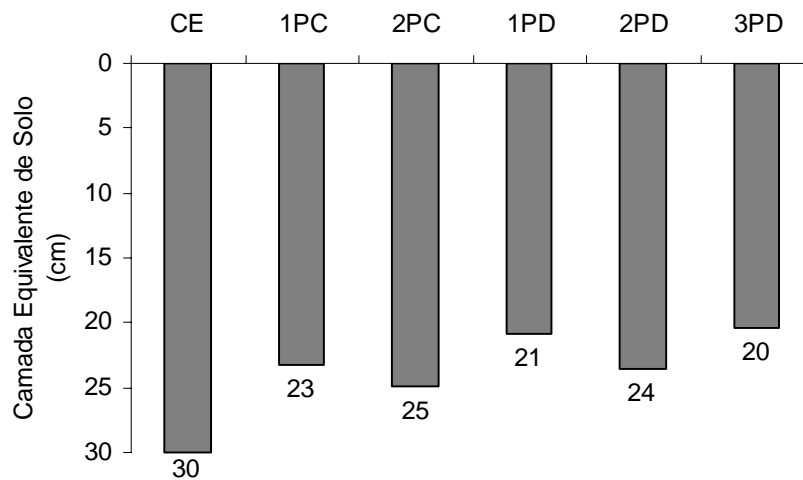


Figura 2 - Camadas equivalentes de solo para comparar a mesma massa de solo nas situações de mudança anual do uso da terra

4.3.3 Estoques de carbono do solo

Os estoques foram calculados levando em consideração às camadas equivalentes de solos apresentadas anteriormente, ilustradas na figura 2.

Em CE (referência) o estoque de C na camada de 0 – 30 cm de solo foi 49 Mg ha^{-1} . Bayer et al. (2006) avaliando o estoque de C na camada de 0 – 20 cm de solo sob Cerrado, com diferentes teores de argila, obtiveram estoques de C de 54 Mg ha^{-1} para um Latossolo muito argiloso. Já Resck et al. (2000) obteve em um Latossolo Vermelho Escuro argiloso sob Cerrado *stricto sensu* estoque de 61 Mg C ha^{-1} . Entretanto nesses dois estudos citados acima, os valores de densidade aparente do solo obtidos foram maiores em relação ao presente estudo, o que provavelmente está associado às diferenças nos estoques de C do solo.

A mudança de uso da terra provocou alterações nos estoques de C do solo. Em 1PC observou-se redução do estoque de C para $47,6 \text{ Mg ha}^{-1}$, provavelmente resultante do processo de desmatamento, queima de material vegetal e preparo solo. A conversão do Cerrado através da derrubada e queima da vegetação natural, seguida do cultivo do solo resulta na diminuição do estoque de MOS (DETWILLER, 1986; BROWN; LUGO, 1990; LAL, 2003) e aumento da emissão de CO_2 . Já em 2PC ocorreu um aumento deste estoque para $55,4 \text{ Mg de C ha}^{-1}$, provavelmente derivado do aporte de material vegetal fornecido pela cultura implantada. Com a

introdução da cultura da soja em SPD observou-se tendência de aumento nos estoques de C, aos quais os valores obtidos foram 66,5; 54,5 e 67,5 Mg ha^{-1} , para as situações 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente. Pelo fato do solo não ser revolvido, o SPD interfere menos na taxa de decomposição da MOS, favorecendo sua manutenção e acúmulo (BAYER; MIELNICZUK, 1999; RESCK et al., 2000), e ainda garantindo fluxo contínuo de matéria e energia no solo (ROSCOE, 2005), contribuindo aumento do estoque de C.

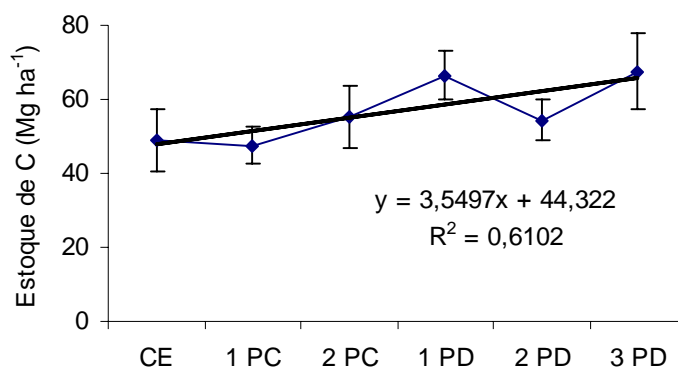


Figura 3 - Correlação entre os estoques de C e as situações de mudança anual do uso da terra. As barras referem-se ao desvio padrão da média

4.3.4 Estoques de nutrientes do solo

Os estoques de P disponível no solo foram significativamente maiores nas situações sob SPD. Na vegetação nativa (CE) obteve-se estoque de 9,3 kg de P disponível ha^{-1} na camada de 0-30 cm de solo. Após um ano de cultivo convencional observou-se aumento do estoque para 13,3 kg de P disponível por hectare, o que provavelmente é atribuído ao processo mineralização da MOS após a queima dos restos vegetais e ou resultante da aplicação de fertilizantes fosfatados no sulco de plantio da cultura do arroz. O fogo afeta a mineralização da MOS, havendo perda de energia, carbono, nitrogênio e enxofre para a atmosfera, mas acumulando fósforo, potássio, cálcio e magnésio nos primeiros cinco centímetros de profundidade (COUTINHO, 1982). Com a introdução do sistema de plantio direto, observou-se aumento dos estoques de P disponível. Com esse aumento, os estoques de P disponível nas camadas equivalentes de solo foram 21,7; 32,1 e 68,4 kg ha^{-1} para as situações 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente. O não revolvimento, a

manutenção de resíduos culturais na superfície do solo, ocasionando melhor ciclagem de P e o tempo de implantação do SPD contribuem para aumento dos estoques deste nutriente no solo. A ausência de revolvimento diminui a superfície do contato P-argilas, o que reduz a adsorção de P pelos óxidos de ferro e alumínio e, conseqüentemente reduzem a sua imobilização no solo (ADDISCOTT; THOMAS, 2000), resultando em maior disponibilidade de P no solo e conseqüentemente maior eficiência de utilização do fertilizante. Gassen e Gassen (1996) relataram que após alguns anos de plantio direto, a demanda de fertilizante fosfatado é mais que 50 % menor, para uma mesma quantidade de P disponível para as plantas.

A mudança do uso terra influenciou positivamente o aumento do estoque de bases trocáveis do solo (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}). A melhor ciclagem de nutrientes, resultante do preparo conservacionista, o uso periódico de fertilizantes e corretivos, associado às menores perdas de nutrientes foram capazes de aumentar sobremaneira os estoques destes nutrientes no solo. Os estoques de Ca^{2+} e Mg^{2+} seguiram tendência de acúmulo semelhante. Verificou-se acúmulo destes cátions trocáveis em função tempo de cultivo e das práticas de manejo adotadas. Os maiores estoques de bases trocáveis sempre foram obtidos nas situações que se encontravam a mais tempo sob SPD.

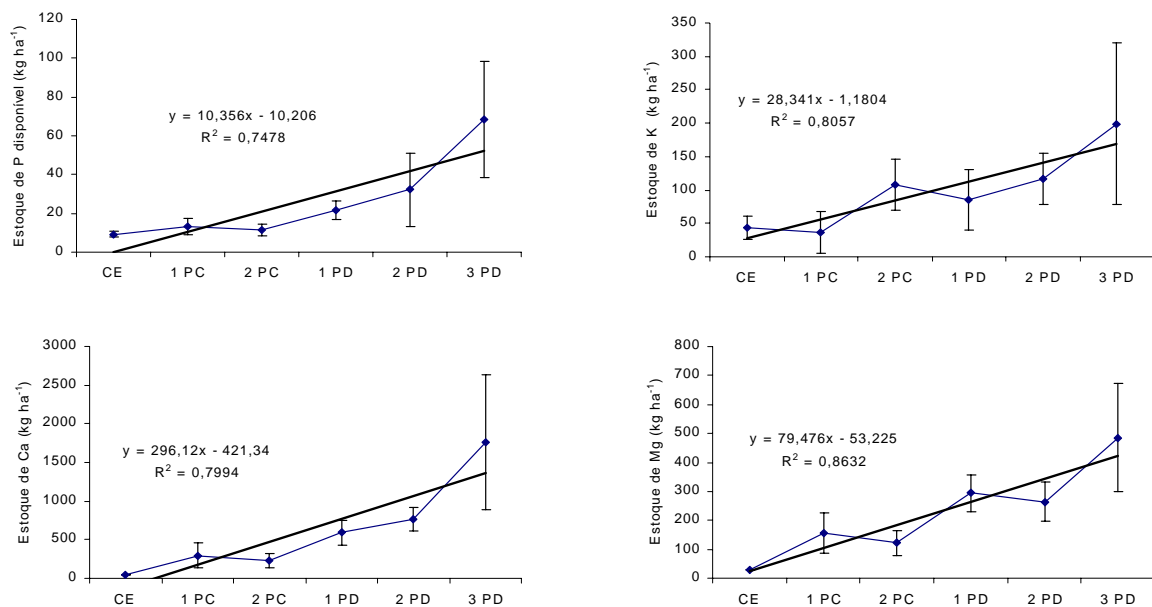


Figura 4 - Correlação entre os estoques de macronutrientes (P disponível, K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) e as situações de mudança anual do uso da terra. As barras referem-se ao desvio padrão da média

4.3.5 Acidez do solo

Os dados relativos à acidez do solo, apresentados a seguir (Figura 5), são médias relativas às camadas equivalentes do solo, calculadas no item 4.3.2.

No Cerrado, considerando a camada de 30 superficiais de solo, o pH médio foi 3,89. Com a mudança de uso da terra, correção das restrições químicas e aumento do estoque de bases trocáveis do solo, observou incremento de uma taxa de 0,25 unidades de pH para cada ano de uso. No quinto ano de cultivo (3PD) o pH obtido na camada equivalente de solo foi 5,3.

Com relação à acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) da camada equivalente de solo foi verificada tendência inversamente proporcional ao aumento de pH e ao de bases trocáveis no solo. Os cinco anos de cultivo deste solo sob Cerrado reduziram a acidez potencial pela metade. De acordo com a equação da figura 5, observou-se redução anual de $4,66 \text{ mmol}_e \text{ dm}^{-3}$ de $H^+ + Al^{3+}$.

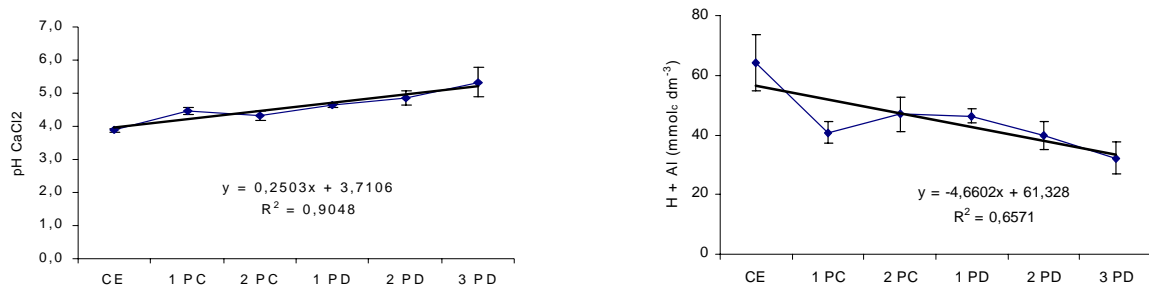


Figura 5 - Correlação entre pH em CaCl_2 e $H + Al$ e as situações de mudança anual do uso da terra. As barras referem-se ao desvio padrão da média

4.3.6 Cálculo da CTC potencial (T) e saturação por bases (V%)

Os valores de CTC potencial na camada equivalente de solo se comportaram inversamente proporcional à redução da acidez potencial. Houve aumento da CTC potencial com a evolução de uso da terra, o que indica um aumento na capacidade do solo em reter cátions.

A prática da calagem associada ao manejo do solo praticado aumentou substancialmente a saturação por bases do solo na camada equivalente de solo. Na vegetação nativa (CE), o solo apresentava um V % praticamente nulo (4 %). A aplicação de calcário e fertilizante, associada ao manejo conservacionista do solo, que proporciona menor perda de bases trocáveis, aumentou a saturação por bases do solo. Entretanto, apenas na situação 3PD foi conseguido alcançar o valor de V % desejado, pois a calagem foi realizada em todas as situações visando uma saturação por

bases de 50 %. Isto indica que, apesar ter ocorrido um acúmulo gradual de bases trocáveis no solo, são necessários alguns anos de correção das restrições químicas para que se consiga atingir a saturação por bases almejada, principalmente quando se trata de solos de natureza ácida e sob plantio direto, tal como o presente estudo.

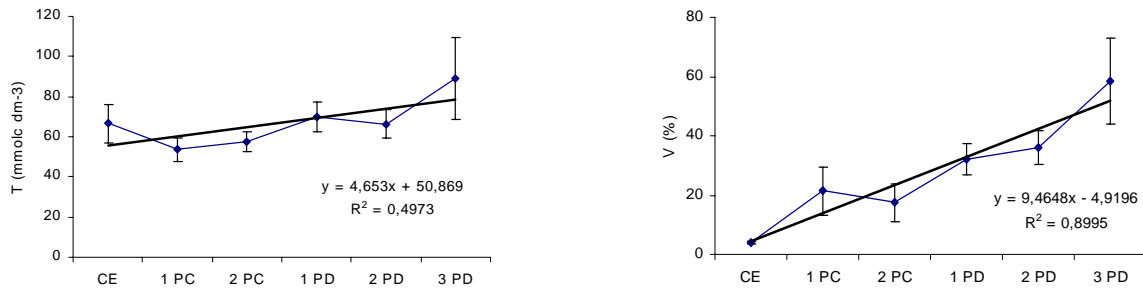


Figura 6 - Correlação entre CTC potencial (T) e saturação por bases (V %) e as situações de mudança anual do uso da terra. As barras referem-se ao desvio padrão da média

4.3.7 Correlação entre estoques de carbono e parâmetros ligados à fertilidade do solo

O coeficiente de correlação de Pearson (Quadro x.) entre estoques de carbono e de P disponível do solo se avaliaram todos os dados ($n = 30$) foi altamente significativo ($p < 0,01$). Os resultados indicaram uma correlação moderada ($r = 0,58$). Por um outro lado, observando todas as situações de uso da terra separadamente, foi obtida correlação significativa entre os estoques de C e de P disponível apenas em CE ($r = 0,81$). Isto pode ser explicado pelo fato da maioria do estoque de fósforo em solos sob Cerrado ser originário da MOS. Nas demais situações avaliadas não foram obtidas correlações significativas. A aplicação de fertilizantes fosfatados mascarou esta correlação, pois nesse caso a maior fonte de P deixa de ser a MOS, para ser o fertilizante fosfatado. Em 2PC, apesar de não ter sido constatado diferença significativa, o coeficiente de correlação de Pearson foi negativo, mostrando existir uma relação inversa entre estoques de C e P do solo.

Foi observada correlação significativa ($p < 0,05$) entre os estoques de C e de K trocável do solo, quando foram considerados todos os dados. Embora tenha sido significativo esta interação, o coeficiente foi de 0,38 demonstrando que ocorreu fraca correlação. Em CE obteve-se correlação significativa entre os estoques de C e de K ($p < 0,1$), evidenciando o alto grau de dependência entre estoque de K e a MOS em ecossistemas naturais. Após a mudança de uso da terra para sistema convencional (1PC), observou um coeficiente de correlação positivo ($p < 0,1$)

entre os estoques. Estas correlações encontradas em CE e 1PC, corroboram com as situações as quais foram obtidos os menores estoques de K no solo, o que pode ser atribuído à maior participação da MOS no fornecimento de K para o solo. Nas demais situações avaliadas, onde existe maior concentração de K provenientes de fertilizantes potássicos, não foram encontradas correlações significativas entre os estoques de C e de K trocável, e em algumas situações estas foram inversas.

O coeficiente de correlação de Pearson entre os estoques de C e de Ca trocável, quando foram considerados todos os dados foi 0,64 ($p < 0,01$), indicando correlação entre estes parâmetros. Após a mudança de uso da terra e correção das restrições químicas do solo, resultantes da aplicação de calcário dolomítico, foram observadas correlações significativas entre estoques de C e de Ca somente nas situações 1PD e 2PD, sendo 0,87 ($p < 0,1$) e 0,99 ($p < 0,01$) seus respectivos coeficientes de correlação. De maneira geral, as correlações entre estoques de C e Mg trocável seguiram a mesma tendência do estoque de Ca trocável, com exceção da situação 2PC, onde foi observada correlação significativa negativa ($r = 0,80$).

O coeficiente de correlação de Pearson entre estoques de C e pH do solo foi altamente significativo ($p < 0,01$) quando se compararam todos os dados. Em CE apesar de não ter encontrado diferença significativa, obteve-se correlação negativa entre os parâmetros, isso devido ao alto teor de MOS e ao seu poder acidificação do solo. Em 1PD foi observado forte correlação entre os estoques de C e pH do solo ($p < 0,05$). Nessa situação, onde o solo já havia sido corrigido, ocasionando aumento do pH e da produção da cultura e conseqüentemente aumentando a quantidade de resíduos incorporada ao solo, elevando assim o estoque de C. Em 3PD o coeficiente de correlação foi 0,82 ($p < 0,1$).

A correlação entre estoques de C e acidez potencial ($H + Al$), quando se consideraram todos os dados, apesar de não ter sido significativa, apresentou-se inversa. Isto provavelmente foi resultado da reação do calcário e do deslocamento do Al^{3+} dos sítios de troca e conseqüente ocupação pelas bases trocáveis (Ca, Mg e K) (SÁ, 2001). Na vegetação nativa (CE), foi observada forte correlação entre os estoques de C e acidez potencial ($p < 0,05$). Essa correlação pode ser atribuída ao fato da decomposição da MOS ocasionar acidificação do solo. Nas demais situações após a mudança de uso da terra e incorporação de corretivos não foram encontradas diferenças significativas.

Foi observada correlação positiva e altamente significativa entre o estoque de C do solo e a CTC potencial, quando foram considerados todos os dados ($r = 0,73$), evidenciando a influência da MOS na CTC dos solos de origem tropical. A MOS é de fundamental importância na CTC dos solos originários de clima tropical (RAIJ, 1969; SILVA; LEMANSKI; RESCK, 1994). Esses autores sugerem que em solos com carga variável, tal como o do presente estudo, a MOS é responsável por 70 a 85 % da CTC total. Quando foram comparadas as situações de maneira isolada, foram obtidas correlações positivas e significativas em CE ($p < 0,05$), 1PD ($p < 0,05$) e 2PD ($p < 0,1$).

Com relação à saturação por bases, quando foram comparados todos os dados, foi obtida correlação positiva e altamente significativa ($p < 0,01$). No entanto, quando se comparou cada situação de forma individual foi verificada correlação somente em 2PD ($p < 0,1$). Em CE e 2PC apesar de não ter sido encontradas diferenças significativas foram evidenciadas correlação inversa.

Tabela 1 - Coeficiente de correlação de Pearson entre os estoques de C e de macronutrientes (P, K, Ca e Mg), entre estoques de C e acidez do solo (pH CaCl₂ e H + Al) e entre estoques de C e CTC potencial (T) e saturação por bases (V%), envolvendo todos os dados e dentro de cada situação

Parâmetros	Todos dados ⁽¹⁾	Situações ⁽²⁾					
		CE	1PC	2PC	1PD	2PD	3PD
C x P	0,58 ***	0,81*	0,43 ^{NS}	-0,46 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,56 ^{NS}
C x K	0,38 **	0,82*	0,85*	-0,59 ^{NS}	-0,25 ^{NS}	0,56 ^{NS}	-0,21 ^{NS}
C x Ca	0,64 ***	-	0,11 ^{NS}	-0,67 ^{NS}	0,87*	0,99***	0,73 ^{NS}
C x Mg	0,68 ***	-	-0,04 ^{NS}	-0,8*	0,85*	0,84*	0,71 ^{NS}
C x pH CaCl ₂	0,58 ***	-0,71 ^{NS}	0,11 ^{NS}	-0,62 ^{NS}	0,91**	0,40 ^{NS}	0,82*
C x H+Al	-0,22 ^{NS}	0,91 **	0,64 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,73 ^{NS}	0,17 ^{NS}	-0,41 ^{NS}
C x T	0,73 ***	0,91 **	0,51 ^{NS}	-0,12 ^{NS}	0,88**	0,86*	0,77 ^{NS}
C x V%	0,62 ***	-0,34 ^{NS}	0,05 ^{NS}	-0,68 ^{NS}	0,86*	0,58 ^{NS}	0,77 ^{NS}

⁽¹⁾ Refere-se a todos os dados (n = 30); ⁽²⁾ Refere-se aos dados de cada situação (n = 5). ^{NS}, *, **, *** referem-se ao nível de significância para o teste-t em $p < 0,1$; $p < 0,05$ e $p < 0,01$, respectivamente.

4.4 Conclusões

1. A conversão do Cerrado amazônico em área agrícola, com a cultura da soja sob sistema plantio direto, resultou em aumento dos estoques de carbono do solo.

2. A implantação do sistema do sistema plantio direto, associado à aplicação de fertilizantes e corretivos resultou em aumento nos estoques de P disponível, K, Ca e Mg trocáveis no solo.
3. O aumento do pH na camada equivalente de solo, após a mudança do uso da terra, ocorreu de forma gradual, com taxa de 0,25 unidades de pH por ano. Devido a isso, para que se obtenha correção da acidez do solo, principalmente quando se trata de sistema de plantio direto, a calagem deve ser realizada em doses menores e em anos consecutivos.
4. A acidez potencial na camada equivalente de solo teve uma redução de 4,66 mmol_c dm⁻³ por ano de cultivo. Paralelamente à redução acidez potencial ocorreu aumento da CTC potencial do solo.
5. O aumento do estoque de carbono no solo correlacionou positivamente com aumento do estoque de P disponível, do estoque de bases trocáveis, do pH do solo, da CTC potencial, com aumento da saturação por bases e com redução da acidez potencial do solo. Evidenciando a grande importância da matéria orgânica em Latossolos com cargas variáveis em regiões sob clima tropical.

Referências

ADDISCOTT, T.M.; THOMAS, D. Tillage, mineralization and leaching: phosphate. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 53, p. 255-273, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 105-112, 1997a.

BAYER, C.; MEILNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p. 1-26.

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**, Brasília, v. 39, p. 677-683, 2004.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A.; DIECKOW, J. Carbon sequestration in two Brazilian Cerrado soils under no-till. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 86, p. 237-245, 2006.

BERNOUX M., ARROUAYS D., CERRI C.C. BOURENNANE H. Modeling vertical distribution of carbon in Oxisols of the Western Brazilian Amazon (Rondônia). **Soil Science**, Baltimore, v. 163, p. 941-951, 1998.

BROWN, S.; LUGO, A.E. Effects of forest clearing and succession on the carbon and nitrogen contents of soil in Porto Rico and U.S. Virgin Islands. **Plant and Soil**, The Hague, v. 124, p. 53-64, 1990.

CERRI, C.C.; BERNOUX, M.; BLAIR, G.J. Carbons pools and fluxes in Brazilian natural and agricultural systems and the implication for the global CO₂ balance. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 1994, Acapulco. **Transactions** Acapulco: Mexican Society of Soil Science, 1994. v. 5, p. 399-406.

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

CORAZZA, E J; SILVA, J E D; 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 da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.

COUTINHO, L.M. Ecological effects of fire in Brazilian Cerrado. In: HUNTLEY, B.J.; WALKER, B.H. (Ed.). **Ecology of tropical savannas**. New York: Springer-Verlag, 1982. p. 273-291. (Ecological Studies, 42).

DAVIDSON, E.A.; ACKERMAN, I.L. Changes in soil carbon inventories following cultivation of previously untilled soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 20, p. 161-193, 1993.

DETWILER R.P. Land use change and the global carbon cycle: the role of tropical soils. **Biogeochemistry**, Dordrecht, v. 2, p. 67-93, 1986.

ELLERT, B.H.; BETTANY, J.R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, p. 529-538, 1996.

ESWARAN, H.; BERG, E.V.D.; REICH, P. Organic carbon in soils of the world. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 57, p. 192-194, 1993.

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

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

GASSEN, D.; GASSEN, F. **Plantio direto, o caminho do futuro**. Passo Fundo: Aldeia Sul, 1996. 207 p.

LAL, R. Global potential of carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 22, n. 2, p. 151-184, 2003.

LANGE, A.; CARVALHO, J.L.N.; DAMIN, V.; CRUZ, J.C.; MARQUES, J.J. Alterações em atributos do solo decorrentes da aplicação de nitrogênio e palha em sistema semeadura direta na cultura do milho. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 2, p. 460-467, 2006.

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

MORAES, J. F. L. **Propriedades do solo e dinâmica da matéria orgânica associada às mudanças do uso da terra em Rondônia (RO)/Brasil**. 1995. 69 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

OLIVEIRA, O.C.; OLIVEIRA, I.P.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of Brachiaria pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 289-300, 2004.

RAIJ, B.van. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral dos solos. **Bragantia**, Campinas, v. 28, n. 8, p. 85-112, 1969.

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

ROSCOE, R. Dinâmica da matéria orgânica em solos de Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 70, p. 107-119, 2003.

SÁ, J.C.M. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejo convencional e plantio direto**. 2001. 141 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SILVA, J.E.; LEMANSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca de catiônica em solos da região de Cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 541-547, 1994.

VELDKAMP, E. Organic carbon turnover in three tropical soils under pasture after deforestation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, p. 175-180, 1994.

5 DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO NA CONVERSÃO DO CERRADO EM AGRICULTURA EM RODÔNIA

Resumo

O aquecimento global e o aumento das concentrações de gases do efeito estufa na atmosfera, têm levantado questionamentos sobre o papel dos solos como fonte ou dreno de carbono (C). Toda mudança de uso e manejo do solo pode induzir alterações no estoque do C do solo e aumento da emissão de gases para a atmosfera. Nesse contexto, sistemas de manejo que visam o aumento dos estoques de C e a redução de perdas do C do solo são fundamentais para que possa estabelecer um desenvolvimento sustentável. O objetivo deste estudo foi determinar as alterações do estoque de C e N no solo e o fluxo de gases do efeito estufa (CO_2 , N_2O e CH_4) no processo de conversão do Cerrado em agricultura na região amazônica, envolvendo áreas sob cultivo convencional e sistema plantio direto. O estudo foi realizado na Fazenda União, no município de Vilhena (RO). O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Amarelo muito argiloso. As amostragens de solos e de gases foram realizadas em julho de 2004 e janeiro de 2005 em seis situações: Cerrado (CE), áreas sob cultivo convencional (1PC e 2PC) e áreas sob plantio direto (1PD, 2PD e 3PD), após o período de dois anos cultivado com a cultura do arroz em cultivo convencional. O delineamento foi inteiramente casualizado e com cinco repetições. As amostras de solo foram seccionadas nas seguintes camadas 0-5, 5-10, 10-20 e 20-30 cm. Para cálculo da densidade aparente do solo foram coletadas amostras de solo indeformado com auxílio de um cilindro de aço inox (5 x 5 cm). As amostras de solo foram submetidas à análise de C e N total, N mineral, C e N microbiano. As amostras de gases foram submetidas à análise de CO_2 , N_2O e CH_4 . Calcularam-se os estoques de carbono e nitrogênio corrigidos pela densidade aparente do solo, para se obter a mesma massa de solo e fazer comparação adequada entre as diferentes situações avaliadas. A conversão do Cerrado em área agrícola em sistema de plantio direto resultou em taxa anual de acúmulo positiva nos estoques de carbono e nitrogênio do solo. Praticamente todo N mineral obtido, nas duas épocas de amostragem, estava na forma de N-NH_4^+ . Na estação chuvosa a quantidade de N mineral obtida foi de 2 a 4 vezes maior do que na estação seca. Na estação seca ocorreu mineralização do N no solo enquanto que na chuvosa foi verificada imobilização do N no solo pela biomassa microbiana do solo. Nas situações sob SPD foram obtidas as menores taxas de emissões de CO_2 e as maiores emissões de N_2O para atmosfera. Ocorreu absorção de CH_4 em todas as situações avaliadas. No Cerrado ocorreu equilíbrio entre as taxas de emissão e consumo em C-equivalente, pois os valores de emissão de N_2O foram semelhantes aos de absorção de CH_4 em C-equivalente. Nas outras situações avaliadas foram relatadas emissões em C-equivalente. Subtraindo a quantidade de C-equivalente emitido do estoque de carbono total do solo, com exceção do primeiro ano após conversão do Cerrado em agricultura (1PC), nas demais situações foi observado seqüestro de carbono no solo, e este carbono seqüestrado corresponde ao somatório de várias fontes. A mudança do uso terra associada aos sistemas de manejo do solo, reduziu a quantidade de carbono e nitrogênio microbiano do solo. Nas situações sob plantio direto foram obtidas as menores quantidades de biomassa microbiana do solo, comparadas com as demais situações avaliadas.

Palavras Chave: Carbono, nitrogênio, gases do efeito estufa, sistema plantio direto, Amazônia.

SOIL ORGANIC MATTER DYNAMICS IN THE CONVERSION OF THE CERRADO IN AGRICULTURE LAND IN RODONIA

Abstract

Global warming and increasing greenhouse gas concentrations in the atmosphere, have been raising speculations about the role of soils as sink or source of carbon (C). Any changes of land use and soil management practices can induce alterations in soil carbon stocks and increase of gas emissions to the atmosphere. In this context, management systems with the purpose of increasing carbon stocks and reducing carbon losses in the soil are fundamental in order to establish a sustainable development. The objective of this study was to determine alterations of the carbon and nitrogen (N) stocks in the soil and determine the fluxes of the greenhouse gases (CO₂, N₂O and CH₄) in the conversion process of the Cerrado areas into agriculture lands in the Amazon region, involving areas under conventional tillage and no-till system (NTS). The study was carried out at the União Farm, in the city of Vilhena, Rondonia State, Brazil. The studied soil was an Oxisol (very clayed Red Yellow Latosol). Soil and gas samplings were carried out in July of 2004 and January of 2005 in six situations: Cerrado (CE), two areas under conventional tillage cultivated with rice for 1 year (1 PC) and 2 years (2PC), and 3 areas under no-till system cultivated with soybean for 1 (1PD), 2 (2PD) and 3 years (3PD) after a 2-year period of rice crop cultivated with conventional tillage. At each site samples were taken randomly with five replications. The soil samples were taken in the following layers: 0-5, 5-10, 10-20 and 20-30 cm. For calculating soil bulk density undeformed samples were collected by using a steel metal cylinder (5 x 5 cm). Soil samples were analysed for: total C and N, mineral N, microbial biomass C and N. Gas samples were analyzed for CO₂, N₂O and CH₄. For each soil layer we calculated the corrected carbon and nitrogen stocks, adjusted by using soil bulk density data, in order to compare the same soil mass for all the studied situations. The conversion of Cerrado into agriculture under the no-till system resulted in positive annual accumulation rates of soil carbon and nitrogen stocks. Practically all the soil mineral N, in both sampling periods, was in the N-NH₄⁺ form. . The amount of mineral N determined in the soil was 2 to 4 times higher in the rainy season than in the dry season. The soil N mineralization was observed in the dry season, while soil N immobilization by the microbial biomass was observed in the rainy season. There were lower CO₂ emission rates and higher N₂O emission rates in the situations under no-till system. There was CH₄ absorption in all the evaluated situations. We found a balance between emission and consumption rates in C-equivalent in the Cerrado, since the values of N₂O emission were similar to the ones of CH₄ absorption in C-equivalent. Deducting the amount of C-equivalent emitted from the total soil carbon stocks, there was soil carbon sequestration - with exception of the first year after conversion of the Cerrado into agricultural land (1PC). This sequestered carbon can be originated from several sources. The land use change, associated with the soil management systems, reduced the amount of soil microbial biomass carbon and nitrogen. The soil microbial biomass amounts were smaller in the situations under the no-till system compared to native vegetation and conventional tillage.

Key words: Carbon, nitrogen, greenhouse gases, no-till system, Amazon

5.1 Introdução

O aquecimento global e ao aumento das concentrações de gases do efeito estufa (CO_2 , CH_4 e N_2O) na atmosfera têm levantado questionamentos sobre o papel dos solos como fonte ou dreno de carbono (HOUGHTON, 2003). O solo é o segundo maior reservatório terrestre de carbono (C), com aproximadamente 1500 Pg, equivalente a quase três vezes a quantidade estimada para a biomassa terrestre e duas vezes a quantidade estimada para a atmosfera. Conseqüentemente, toda mudança de uso e manejo do solo podem induzir alterações no seu estoque de carbono (LAL et al., 1997; SIX et al., 2002) e o aumento da emissão de gases para a atmosfera (BERNOUX et al., 2001).

Os sistemas de manejo que visam o aumento dos estoques de C e a redução de suas perdas no solo são fundamentais para que se estabeleça um desenvolvimento sustentável. A utilização do sistema convencional de cultivo, baseado em aração e gradagens sucessivas, propiciam maiores perdas de matéria orgânica do solo (MOS) e aumentam os fluxos de CO_2 para a atmosfera. A adoção de sistemas de manejo conservacionistas mantém a integridade estrutural dos agregados, reduzindo a oxidação da MOS, a degradação do solo (CASTRO FILHO et al., 2002) e, conseqüentemente, a redução da emissão de CO_2 para a atmosfera.

O sistema plantio direto (SPD) apresenta potencial para mitigar a emissão CO_2 . A rotação de culturas e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo proporcionam a decomposição lenta e gradual do material orgânico que associado a fração mineral do solo favorece o acúmulo da MOS e o estoque de C (BAYER et al., 2000c; AMADO et al., 2001; SÁ et al., 2001). Diversos estudos documentaram aumento significativo de MOS em SPD comparado com os sistemas que utilizam práticas convencionais (SÁ et al., 2001; BAYER; MIELNICZUK, 1997a,b; BAYER; MIELNICZUK, 1999a; RESCK et al., 2000; BAYER et al., 2000a,b), enquanto outros não detectaram nenhuma diferença (FREITAS et al., 2000; ROSCOE et al., 2000; ROSCOE; BUURMAN, 2003). No Brasil Central, Corazza et al. (1999) obtiveram aumento de $1,43 \text{ Mg de C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ em solos sob SPD, contrastando com perdas médias de $0,5 \text{ Mg de C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no sistema convencional de cultivo.

O tempo de adoção do SPD associado à rotação de culturas com deposição dos resíduos culturais sobre o solo tendem a aumentar o C total (BAYER et al., 2000c; SIQUEIRA NETO, 2003) e, conseqüentemente, os estoques de nitrogênio (N) nos solos. Quase todo N do solo está

ligado a MOS, o teor total desse elemento encontra-se entre 0,05 a 0,5% (WHIETHÖLTER, 2000). Mielniczuk et al. (2003) ressaltam que o nitrogênio representa fator limitante para o acúmulo de C no solo.

Contudo alguns estudos indicam que o aumento da MOS e do N, aliado a maior estabilidade dos agregados no solo, implica no incremento das emissões de N₂O (oriundos da desnitrificação) em solos cultivados sob SPD em relação ao cultivo convencional (GROFFMAN, 1985).

O aumento dos agregados, da microporosidade e do conteúdo de água do solo favorecem a criação de sítios com baixa oxigenação, que juntamente à elevação da população de organismos desnitrificadores, podem facilitar as emissões de N₂O (AITA, 1997). A diferença de emissão de N₂O entre o SPD e o cultivo convencional foi de 3 kg N-N₂O ha⁻¹ ano⁻¹, este valor parece baixo quando comparado às entradas de N via fertilizantes e resíduos culturais (SIX et al., 2002). Porém, para o meio ambiente esta quantidade pode ser muito elevada, se considerarmos que o potencial de aquecimento global do N₂O é 296 vezes maior que o CO₂ (IPCC, 2001).

A utilização de sistemas conservacionistas de manejo do solo afetam também a distribuição horizontal e vertical da biota do solo (ARSHAD et al., 1990). Nas últimas décadas, a avaliação da biomassa microbiana de carbono (BMC) tem sido utilizada como um sensível indicador das primeiras alterações da MOS em sistemas agrícolas (SPARLING, 1992). A BMC é o compartimento que responde mais rapidamente as alterações na MOS provocadas pelo manejo do solo, antes que possam ser detectadas no carbono orgânico total do solo (CARTER, 1992).

Entretanto, a maioria dos dados encontrados na literatura são referentes a solos de clima sub-tropicais e temperado. Existem poucos trabalhos que avaliam o balanço de carbono e de nitrogênio no solo comparando o SPD com cultivo convencional, nas regiões de clima tropical e principalmente na região do Cerrado.

O objetivo deste trabalho foi quantificar as alterações do estoque de C e N no solo e o fluxo de gases do efeito estufa (CO₂, N₂O e CH₄) no processo de conversão do Cerrado em agricultura na região amazônica, envolvendo áreas sob cultivo convencional e sistema plantio direto.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Descrição da área de estudo

A descrição da área de estudo está apresentada no item 3.2.1 desta dissertação.

5.2.2 Delineamento da área, coleta de amostras de solo e de gases do efeito estufa.

A análise estatística dos dados foi efetuada considerando um estudo com delineamento inteiramente casualizado, pelo fato da área estudada estar sob mesmas condições edafo-climáticas. Nessa pesquisa foram avaliadas seis situações: Cerrado (CE), áreas com um e dois anos sob sistema de cultivo convencional com a cultura do arroz (1PC e 2PC) e áreas com um, dois e três anos em sistema plantio direto com a cultura da soja, após os dois anos de cultivo convencional (1PD, 2PD e 3PD).

As amostragens do solo foram realizadas em julho de 2004 (estação seca) e em janeiro de 2005 (estação chuvosa). Para tal, selecionou-se uma área com aproximadamente 1 ha (100 x 100 m) em cada situação. Foram coletadas amostras de solo, em cinco trincheiras, até 30 cm de profundidade em cada área. Para quantificação de C e N total, a amostragem foi realizada nas camadas 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 30 cm (Figura 1). Para quantificação do N mineral e da biomassa C e N as amostras foram coletadas até 20 cm de profundidade, seccionadas nas mesmas camadas citadas acima. Para o cálculo da densidade aparente do solo foram coletadas amostras indeformadas nas camadas 0 – 5; 5 – 10; 10 – 20; 20 – 30 cm, com auxílio de um cilindro de aço inox (5 x 5 cm). Nas camadas de 10-20 e 20-30 cm as amostras foram retiradas na porção média de cada camada. A coleta de gases (CO₂, N₂O e CH₄) foi realizada com três câmaras estáticas, em cada situação (Figura 1). A amostragem dos gases foi realizada em dois dias consecutivos em cada época de amostragem, resultando em seis repetições para cada situação avaliada.

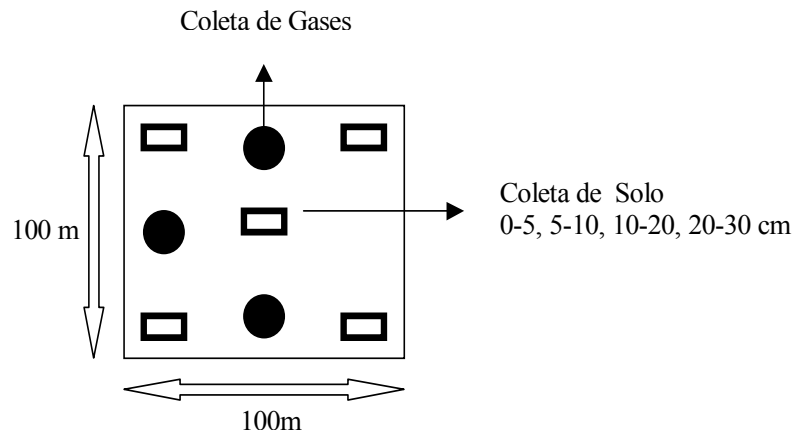


Figura 1 - Esquema dos pontos de amostragem de solo e gases nas situações estudadas em Vilhena (RO)

5.2.3 Análises de C e N total

As amostras destinadas às análises de C e N total, foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas em peneira de 2 mm. Uma porção desta amostra foi moída e passada completamente em peneira de 60 mesh (0,250mm). Para determinação do conteúdo de C e N total, empregou-se o método de combustão seca (NELSON; SOMMERS, 1982) utilizando o equipamento – LECO® CN 2000.

5.2.4 Cálculo dos estoques de carbono e nitrogênio do solo e das camadas equivalentes de solo.

A descrição do cálculo dos estoques de C e N total corrigidos pela densidade do solo e o cálculo da camada de solo equivalente à 30 cm de profundidade, sob Cerrado, estão apresentados nos itens 4.2.4 e 4.2.5 dessa dissertação, respectivamente.

Na tabela 1 encontram-se os valores de densidade aparente do solo, camadas equivalentes de solo e teores de carbono e nitrogênio total do solo usados para o cálculo dos estoques de carbono e nitrogênio do solo na estação seca (julho de 2004) e na estação chuvosa (janeiro de 2005).

Tabela 1 – Valores de densidade aparente do solo, camadas equivalentes de solo, teores de carbono e nitrogênio total do solo usados no cálculo dos estoques de carbono e nitrogênio na estação seca (julho de 2004) e na chuvosa (janeiro de 2005)

Situação	Prof.	Densidade Aparente do Solo	Camada Equivalente de Solo	Julho 2004 (Estação Seca)		Janeiro 2005 (Estação Chuvosa)	
				Carbono Total*	Nitrogênio Total*	Carbono Total*	Nitrogênio Total*
	Cm	g cm ⁻³	cm	%			
CE	0 - 5	0,63 ± 0,04	5,00	3,82 ± 0,59	0,23 ± 0,03	3,90 ± 0,16	0,26 ± 0,01
	5 - 10	0,73 ± 0,12	5,00	2,60 ± 0,48	0,17 ± 0,02	2,47 ± 0,13	0,16 ± 0,01
	10 - 20	0,79 ± 0,05	10,00	2,01 ± 0,44	0,13 ± 0,02	1,82 ± 0,22	0,11 ± 0,01
	20 - 30	0,85 ± 0,08	10,00	1,49 ± 0,19	0,09 ± 0,01	1,46 ± 0,10	0,08 ± 0,01
1PC	0 - 5	0,90 ± 0,08	5,00	2,53 ± 0,30	0,15 ± 0,02	2,63 ± 0,59	0,16 ± 0,03
	5 - 10	0,96 ± 0,10	5,00	2,21 ± 0,35	0,14 ± 0,02	2,70 ± 0,73	0,16 ± 0,04
	10 - 20	1,04 ± 0,05	10,00	2,01 ± 0,26	0,14 ± 0,02	1,75 ± 0,33	0,10 ± 0,02
	20 - 30	1,02 ± 0,07	3,25	1,41 ± 0,14	0,08 ± 0,01	1,34 ± 0,11	0,07 ± 0,01
2PC	0 - 5	0,89 ± 0,06	5,00	3,28 ± 0,48	0,19 ± 0,03	3,62 ± 1,02	0,20 ± 0,03
	5 - 10	0,95 ± 0,06	5,00	2,98 ± 0,37	0,17 ± 0,02	3,56 ± 0,84	0,20 ± 0,03
	10 - 20	0,90 ± 0,04	10,00	2,27 ± 0,62	0,13 ± 0,03	1,90 ± 0,41	0,11 ± 0,02
	20 - 30	0,97 ± 0,05	4,86	1,32 ± 0,06	0,07 ± 0,00	1,77 ± 0,66	0,10 ± 0,04
1PD	0 - 5	1,16 ± 0,11	5,00	3,51 ± 0,43	0,18 ± 0,02	3,64 ± 0,98	0,21 ± 0,06
	5 - 10	1,20 ± 0,05	5,00	3,23 ± 0,48	0,18 ± 0,02	3,40 ± 0,99	0,19 ± 0,06
	10 - 20	1,08 ± 0,11	10,00	2,37 ± 0,48	0,15 ± 0,03	2,07 ± 0,54	0,11 ± 0,03
	20 - 30	1,08 ± 0,03	0,87	1,43 ± 0,17	0,08 ± 0,01	2,01 ± 1,34	0,10 ± 0,07
2PD	0 - 5	1,03 ± 0,10	5,00	3,20 ± 0,29	0,19 ± 0,02	2,89 ± 0,85	0,19 ± 0,05
	5 - 10	1,02 ± 0,02	5,00	2,91 ± 0,32	0,18 ± 0,02	2,46 ± 0,48	0,15 ± 0,04
	10 - 20	0,95 ± 0,08	10,00	1,96 ± 0,39	0,12 ± 0,03	1,64 ± 0,23	0,09 ± 0,01
	20 - 30	0,98 ± 0,05	3,56	1,30 ± 0,04	0,07 ± 0,00	1,27 ± 0,09	0,07 ± 0,01
3PD	0 - 5	1,16 ± 0,04	5,00	3,56 ± 0,54	0,21 ± 0,03	2,89 ± 0,94	0,16 ± 0,05
	5 - 10	1,11 ± 0,12	5,00	2,93 ± 0,38	0,17 ± 0,02	2,54 ± 1,23	0,14 ± 0,06
	10 - 20	1,19 ± 0,04	10,00	2,54 ± 0,57	0,15 ± 0,03	2,33 ± 0,70	0,12 ± 0,04
	20 - 30	1,10 ± 0,03	0,34	1,50 ± 0,61	0,09 ± 0,04	1,42 ± 0,29	0,08 ± 0,02

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). * Os resultados representam média de 5 repetições e seu respectivo desvio padrão

5.2.5 Metodologia de análise do fluxo dos gases

A amostragem do fluxo dos gases do efeito estufa (CO₂, N₂O e CH₄) foi realizada com três câmaras estáticas em cada situação, de acordo com metodologia descrita por Steudler et al. (1991). As câmaras são constituídas de duas partes, sua base foi fixada ao solo para permitir repetidas amostragens no mesmo local. Para coletar as medidas do fluxo de gases foi colocada uma tampa fechada hermeticamente sobre a base. As amostras foram tomadas em intervalos

regulares de tempo (0, 5, 10 e 20 minutos), em seringas BD de 20 ml. As medidas foram realizadas em dois dias consecutivos em cada época de amostragem.

As seringas com as amostras foram remetidas ao Laboratório de Biogeoquímica Ambiental do CENA/USP, para posterior análise dos gases. A determinação das concentrações de CO₂, N₂O e CH₄ foi realizada por cromatografia gasosa (Shimadzu, GC-14A), sendo que os dois primeiros em detector ECD (Electron Capture Detector), enquanto que o CH₄ foi analisado em detector FID (Flame Ionization Detector). O fluxo de cada gás foi calculado pela alteração das concentrações em função do tempo de incubação.

5.2.6 Cálculo dos fluxos de N₂O e CH₄ em C-equivalente

A estimativa do cálculo dos fluxos de N₂O e CH₄ em C-equivalente, está apresentada nas equações 1 e 2, a seguir.

O equivalente em carbono para o N₂O é dado por:

$$\text{Ceq (N}_2\text{O)} = \text{N}_2\text{O} * (44/28) * (12/44) * 296 \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: N₂O = fluxo de N₂O na situação

(44/28) = relação entre o peso molecular do N₂O e do nitrogênio

(12/44) = relação entre o peso molecular do carbono e do CO₂

296 = potencial de aquecimento global do N₂O em relação ao CO₂

Enquanto que o equivalente em carbono para o CH₄ é dado por:

$$\text{Ceq (CH}_4\text{)} = \text{CH}_4 * (16/12) * (12/44) * 23 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: CH₄ = fluxo de CH₄ na situação

(16/12) = relação entre o peso molecular do CH₄ e do carbono

(12/44) = relação entre o peso molecular do carbono e do CO₂

23 = potencial de aquecimento global do CH₄ em relação ao CO₂

De posse dos resultados dos fluxos de gases em C-equivalente, pode se então calcular o seqüestro de carbono pelo solo em Mg ha⁻¹.

5.2.7 Metodologia para a determinação da biomassa microbiana do solo

As estimativas do C e N microbiano foram determinadas pelo método da Fumigação-Extração (VANCE; BROOKES; JENKINSON, 1987). As amostras foram passadas em peneiras de 2 mm para retirada de raízes. A seguir foi acondicionado em sacos plástico com respiro, de modo a facilitar a troca gasosa com o ambiente externo, e mantidas sob refrigeração a 5°C.

Dois dias após a retirada das amostras de solo da câmara fria foi determinada a umidade, ajustando-a quando necessário para aproximadamente 55 % da sua capacidade de campo. Duas subamostras pesando 25 g de terra fina seca ao ar (fumigadas e não fumigadas) foram submetidas à extração com K_2SO_4 0,5 M. A concentração de C-microbiano foi estimada no equipamento Shimadzu – TOC 5000A, enquanto que o N-microbiano foi determinado pelo método de N ninhydrina (JOERGENSEN; BROOKES, 1990; JOERGENSEN, 1996). A leitura foi feita no espectrofotômetro a 570 nm, nos mesmos extratos (fumigado e não-fumigado) utilizados para estimar o C. As concentrações de C e N-microbiano foram determinadas em relação a uma curva padrão.

5.2.8 Determinação do N mineral e das taxas líquidas de mineralização e nitrificação do N do solo

O nitrogênio mineral do solo foi determinado de junho de 2004 e janeiro de 2005. As amostras de solo para as determinações do N inorgânico (amônio e nitrato) foram preparadas no mesmo dia da coleta, removendo-se as raízes. As concentrações de N inorgânico foram determinadas em extratos de solo, os quais foram obtidos em 10 g de terra fresca com 50 mL de KCl (2 mol L^{-1}), por 24 horas. Estes extratos foram filtrados e preservados com fenil acetato de mercúrio a uma concentração final de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$ (tempo = 0 dia de incubação, t_0). Uma segunda subamostra de 5 g foi seca ($105 \text{ }^\circ\text{C}$) até massa constante, para determinação da umidade gravimétrica. Uma terceira subamostra com aproximadamente 100 g de terra foi incubada por 7 dias em temperatura ambiente (PICCOLO; NEILL; CERRI, 1994), e outro extrato de KCl foi obtido (tempo = sete dias de incubação, t_7), conforme o descrito para o tempo zero de incubação do solo.

As concentrações de N-NH_4^+ e N-NO_3^- nos extratos do tempo zero e sete dias, foram determinadas usando um sistema automático de injeção de fluxo contínuo - FIA (RUZICKA; HANSEN, 1981) acoplado a um condutivímetro e a um espectrofotômetro. O N-NH_4^+ foi medido por condutivimetria pelo método de Solorzano e o N-NO_3^- foi determinado colorimetricamente na forma de N-NO_2^- , após a redução com o catalisador cádmio. Os limites de detecção foram de $0,10 \text{ mg L}^{-1}$ para N-NH_4^+ e $0,010 \text{ mg L}^{-1}$ para N-NO_3^- .

A taxa líquida de mineralização do N foi calculada pela alteração na concentração de N ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$) durante a incubação (t_7-t_0) (Equação 3). A taxa líquida de nitrificação do N corresponde à variação do teor de N-NO_3^- final menos o inicial, durante o período de incubação (Equação 4).

$$\text{Taxa Líquida de Mineralização} = \frac{(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)_{\text{final}} - (\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-)_{\text{inicial}}}{\text{Tempo de incubação (dias)}} \dots\dots \text{Equação (3)}$$

$$\text{Taxa Líquida de Nitrificação} = \frac{\text{NO}_3^-_{\text{final}} - \text{NO}_3^-_{\text{inicial}}}{\text{Tempo de incubação (dias)}} \dots\dots\dots \text{Equação (4)}$$

O N mineral do solo foi expressos em kg N ha^{-1} e as taxas líquidas de mineralização e nitrificação foram expressas em $\text{kg N ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ para as diferentes camadas estudadas no perfil do solo.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Estoques de carbono do Solo

O cálculo dos estoques de carbono do solo foram realizados levando em consideração os teores e as camadas equivalentes de solo, calculado em função da densidade aparente do solo, conforme descrito na tabela 1.

Os estoques de carbono do solo foram obtidos em duas épocas (julho de 2004 e janeiro de 2005) e calculados em duas camadas equivalentes de solo (0 - 10 e 0 - 30 cm). Os resultados são apresentados na tabela 2.

Na estação seca (julho de 2004), os estoques de C do solo apresentaram diferenças significativas em função da mudança de uso da terra. Na camada de 0 – 10 cm, na situação CE o

estoque é de 21,5 Mg de C ha⁻¹. Com a mudança do uso da terra (1PC), o estoque de C foi reduzido significativamente para 16,3 Mg ha⁻¹. O estoque de MOS é reduzido quando o solo é submetido a sistemas e preparo com intenso revolvimento (SILVA; LEMANSKI; RESCK, 1994) decorrente do aumento da oxidação microbiana e ainda pela utilização do fogo para destruição dos restos vegetais. No segundo ano de cultivo (2PC) obteve-se um estoque de 21,3 Mg C ha⁻¹, praticamente igual ao do Cerrado. Os estoques de C na camada de 0 – 10 cm das áreas sob SPD foram 23,3; 21,3 e 23,9 Mg ha⁻¹, para as situações 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente. Nas áreas sob SPD os estoques de C nesta camada de solo apresentaram tendência de aumento em relação à condição inicial (CE). No entanto, observou-se oscilação nestes estoques, o que provavelmente está associado ao pouco tempo de adoção do SPD.

Na camada de 0-30 cm de solo, o estoque de C exibiu tendência um pouco diferente em relação à camada de 0-10 cm, em todas as situações avaliadas. No Cerrado (CE) obteve-se estoque de 50 Mg C ha⁻¹ e este foi significativamente menor que as situações 1PD e 3PD. Nas demais situações, observou-se comportamento semelhante em relação à camada de 0 – 10 cm. Nas situações sob cultivo convencional, apesar de ter sido observado oscilações nos estoques de C, não foram encontradas diferenças significativas.

Tabela 2 - Estoque de carbono do solo (Mg ha⁻¹) nas camadas equivalentes 0 – 10 e 0 – 30 cm em junho de 2004 e janeiro de 2005. Os resultados representam média de 5 repetições e seu respectivo desvio padrão

Situações	Estoques de Carbono do Solo (Mg ha ⁻¹)			
	Camada Equivalente 10 cm de solo		Camada Equivalente 30 cm de solo	
	Julho 2004	Janeiro 2005	Julho 2004	Janeiro 2005
CE	21,5 ± 3,2 a	21,3 ± 0,7 a	50,0 ± 7,4 b	48,1 ± 2,6 a
1PC	16,3 ± 1,7 b	17,8 ± 4,3 a	47,6 ± 4,9 b	47,4 ± 7,2 a
2PC	21,3 ± 2,6 ab	24,2 ± 6,4 a	55,4 ± 8,5 ab	58,5 ± 11,0 a
1PD	23,3 ± 2,9 a	24,2 ± 6,6 a	66,5 ± 6,5 a	65,6 ± 15,4 a
2PD	21,3 ± 2,0 ab	19,0 ± 5,2 a	54,5 ± 5,6 ab	47,4 ± 7,9 a
3PD	23,9 ± 3,0 a	19,5 ± 6,8 a	67,5 ± 10,3 a	59,0 ± 18,5 a
DMS	5,14	10,57	14,49	22,87
CV%	12,4	25,7	13,0	21,5

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Decorridos seis meses após a primeira coleta, não foram encontradas diferenças significativas entre as situações avaliadas, tanto na camada de 0 – 10 cm como na de 0 – 30 cm

de solo. Entretanto, os estoques foram muito semelhantes aos obtidos na primeira amostragem. O fato de não terem sido obtidas diferenças significativas se deveu ao maior coeficiente de variação dos dados na segunda amostragem. Devido a esta pequena variação nas duas épocas de amostragem, calculou-se o estoque médio de carbono do solo na camada 0 – 30 cm, com dados relativos as duas épocas de amostragem de solo. Este estoque médio calculado foi utilizado para obtenção da taxa anual de acúmulo de carbono no processo de mudança do uso da terra de Cerrado para soja em SPD.

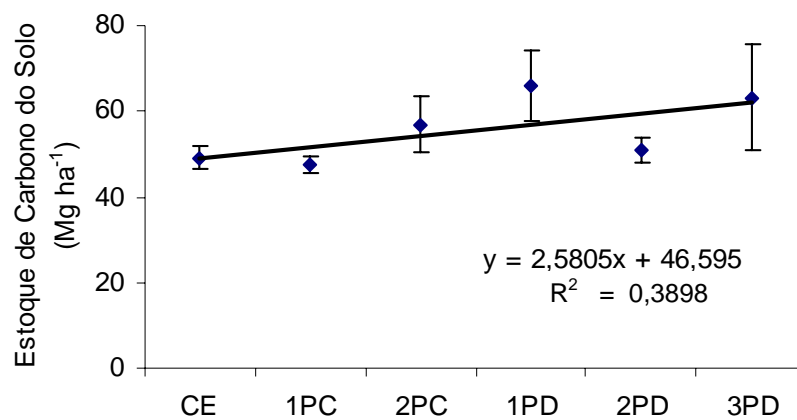


Figura 2 - Taxa anual de acúmulo de carbono no solo nas situações de mudança do uso da terra em Vilhena (RO). CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Dados relativos à média dos estoques de C na camada equivalente a 30 cm do Cerrado. Média de 10 repetições e as barras referem-se ao desvio padrão da média

A taxa anual de acúmulo de C estimada para as situações avaliadas foi de 2,58 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. O acúmulo anual de C no solo pode apresentar variabilidade entre regiões devido a condições de clima, solo, manejo adotado e, principalmente, pelo tempo de implantação da agricultura e adoção do SPD. Corazza et al. (1999) estudando um Latossolo Vermelho em Planaltina (DF) encontrou uma taxa de acúmulo de 1,43 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para a camada de 0 – 40 cm de solo. Entretanto, tratava-se de um experimento com 15 anos de duração, no qual a mudança de uso da terra de Cerrado para agricultura já não exercia muita influência nos estoques de C do solo.

A taxa anual de acúmulo de C obtido neste estudo mostrou-se maior quando comparado a dados publicados na literatura. Entretanto, a maioria dos trabalhos tratavam-se de experimentos de longa duração com menor influência do sistema nativo.

Em sistemas de manejo onde a mudança de uso da terra é recente, tal como o presente estudo, a alta taxa anual de acúmulo de carbono no solo pode ser atribuída ao somatório de diversos “pools” de carbono, (tais como a) C na forma de MOS remanescente da vegetação do Cerrado; b) C derivado da decomposição do sistema radicular do Cerrado, esse “pool” de C não é computado na vegetação nativa, pois quando é realizada a coleta de solos no Cerrado nativo as raízes são evitadas. Devido à mudança de uso da terra, quando se retira a vegetação nativa parte do sistema radicular remanescente é decomposto e incorporado à MOS, resultando em aumento do estoque de carbono do solo, até que se esgote esta fonte de carbono no solo; c) um terceiro “pool” de C no solo é aquele introduzido pelos restos culturais da atividade atual (no caso, agricultura); d) também deve ser levado em consideração carbono derivado da queima da vegetação nativa (carvão e cinzas); e) e por fim o carbono derivado da aplicação do calcário dolomítico no solo. Nesse estudo, em todas as situações, com exceção da vegetação nativa, receberam 6 Mg de calcário por hectare e considerando que esse calcário tem 15 % MgO, esse “pool” de C contribuiu com aproximadamente 540 kg de C por hectare.

5.3.2 Estoques de nitrogênio do Solo

Os estoques de N obtidos nas duas épocas de amostragem apresentaram-se muito semelhantes, entretanto, obteve-se diferenças significativas entre algumas situações apenas na primeira amostragem (julho 2004).

Por ocasião da primeira coleta, na camada 0 – 30 cm de solo, os estoques de N obtidos de maneira geral, apresentaram-se maiores nas situações sob SPD. O maior estoque de N na camada 0 – 30 cm foi obtido na situação com mais tempo de implantação do sistema plantio direto (3PD).

Para o estoque de N da camada de 0 – 10 cm observou-se tendência um pouco diferente daquela encontrada na camada de 0 – 30 cm. Em CE observou-se um estoque de 1,3 Mg ha⁻¹, com a mudança de uso da terra este estoque foi reduzido significativamente, corroborando com a redução dos estoques de C nesta situação (tabela 2). Nas demais situações não obtiveram

diferenças significativas. De acordo com Whiethölter (2000), a maior parte do N no solo se apresenta ligado a compostos orgânicos, portanto alterações na MOS alteram significativamente os teores deste elemento no solo. Esta redução obtida no estoque de N do solo na camada de 0 – 10 cm em 1PC não foi observada na camada de 0 – 30 cm.

Em janeiro de 2005 (estação chuvosa), os estoques não diferiram estatisticamente tanto na camada de 0 – 10, como na 0 – 30 cm de profundidade.

Tabela 3 - Estoque de nitrogênio do solo (Mg ha^{-1}) nas camadas equivalentes 0 – 10 e 0 – 30 cm em junho de 2004 e janeiro de 2005. Os resultados representam média de 5 repetições e seu respectivo desvio padrão

Situações	Estoques de Nitrogênio do Solo (Mg ha^{-1})			
	Camada Equivalente 10 cm de solo		Camada Equivalente 30 cm de solo	
	Julho 2004	Janeiro 2005	Julho 2004	Janeiro 2005
CE ⁽¹⁾	1,3 ± 0,2 a	1,4 ± 0,1 a	3,1 ± 0,1 b	3,0 ± 0,2 a
1PC	0,9 ± 0,3 b	1,1 ± 0,2 a	3,1 ± 0,3 b	2,6 ± 0,5 a
2PC	1,2 ± 0,2 ab	1,3 ± 0,2 a	3,2 ± 0,4 b	3,3 ± 0,4 a
1PD	1,2 ± 0,1 ab	1,4 ± 0,4 a	3,8 ± 0,1 ab	3,7 ± 0,9 a
2PD	1,3 ± 0,2 a	1,2 ± 0,3 a	3,3 ± 0,4 ab	2,9 ± 0,5 a
3PD	1,4 ± 0,2 a	1,1 ± 0,3 a	4,0 ± 0,6 a	3,2 ± 0,9 a
DMS	0,38	0,53	0,86	1,26
CV%	16,0	21,8	12,9	21,7

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Devido à pequena variação obtida nos estoques de N nas duas amostragens, calculou-se o estoque médio de N do solo na camada 0 – 30 cm, com dados relativos as duas épocas de amostragem de solo. Utilizou-se este estoque médio para se obter a taxa anual de acúmulo de nitrogênio no processo de mudança do uso da terra de Cerrado para soja em SPD.

A taxa anual de acúmulo de N, estimada para todas as situações avaliadas, foi de 113 kg $\text{N ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Essa tendência de aumento do N, verificada na mudança de uso da terra de Cerrado para soja em sistema de plantio direto, pode ser considerada como o somatório de diversas fontes de N, tais como: a) N remanescente na MOS oriunda da vegetação do Cerrado; b) N derivado da decomposição do sistema radicular do Cerrado, nos anos subseqüentes ao desmatamento; c) a terceira fonte de N para o solo, são os restos culturais da atividade atual (no caso, agricultura); d) e o nitrogênio derivado da aplicação de fertilizantes nitrogenados no solo.

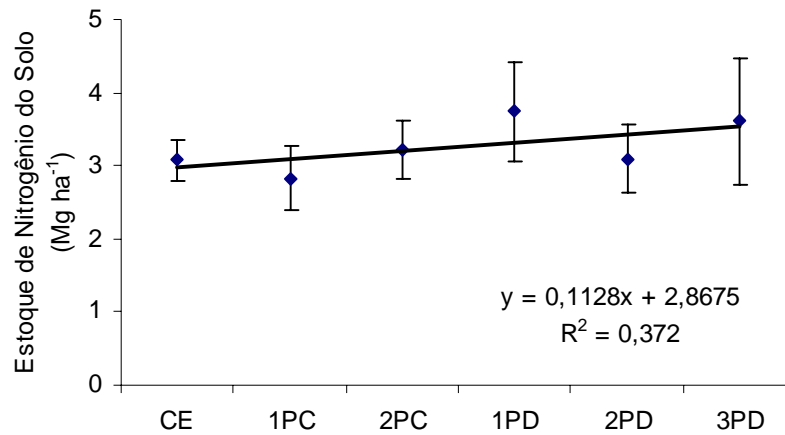


Figura 3 - Taxa anual de acúmulo de nitrogênio no solo nas situações de mudança do uso da terra em Vilhena (RO). CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Dados relativos à média dos estoques de C na camada equivalente a 30 cm do Cerrado. Média de 10 repetições e as barras referem-se ao desvio padrão da média

5.3.3 Nitrogênio mineral do solo

Nesta pesquisa a quantidade de $N-NO_3^-$ observada foi praticamente nula em todas as situações e profundidades avaliadas nas duas épocas de amostragens. Por isso, quando nos referirmos ao N mineral total do solo trata-se da quantidade de $N-NH_4^+$.

Por ocasião da primeira coleta, a distribuição da quantidade de N mineral em CE mostrou-se praticamente homogênea até 20 cm de profundidade. A mudança de uso da terra afetou a quantidade de N mineral do solo. Com a implantação do SPD, devido ao não revolvimento do solo, observou-se a tendência da maior parte do N mineral estar localizado na camada de 0 - 10 cm de solo (Figura 4).

No primeiro ano de mudança do uso da terra (1PC) apesar de não ter sido encontrada diferença significativa, observou-se tendência de redução da quantidade de nitrogênio mineral de 3,80 para 1,99 kg N ha⁻¹ (Figura 4). No segundo ano de cultivo convencional (2PC) a quantidade de N mineral na camada de 0 – 20 cm foi praticamente igual à vegetação nativa. No início da implantação do plantio direto observou-se uma redução na quantidade de N mineral. Nas demais situações sob SPD não foram verificadas variações significativas.

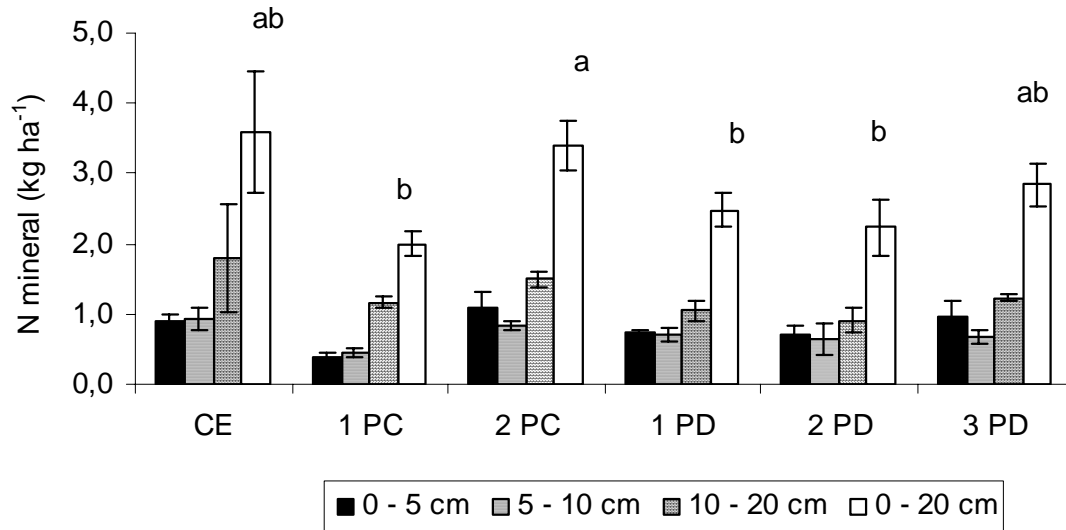


Figura 4 - N mineral ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) do solo (kg ha^{-1}) coletado em julho de 2004, nas camadas de solo (0 - 5, 5 - 10, 10 - 20 cm) e na camada 0 - 20 cm para situações estudadas. CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Os resultados representam média de 5 repetições e seu respectivo desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %

Seis meses após a primeira coleta, a quantidade de N mineral apresentou-se de 2 a 4 vezes maior em relação à julho de 2004 em todas as situações estudadas. A menor quantidade de N mineral foi obtida em 1PC, o que corrobora com a primeira época de amostragem. Observou-se diferença estatística ($p < 0,05$) entre a quantidade de N mineral, na camada de 0 - 20 cm de solo, apenas entre as situações 2PC e 2PD.

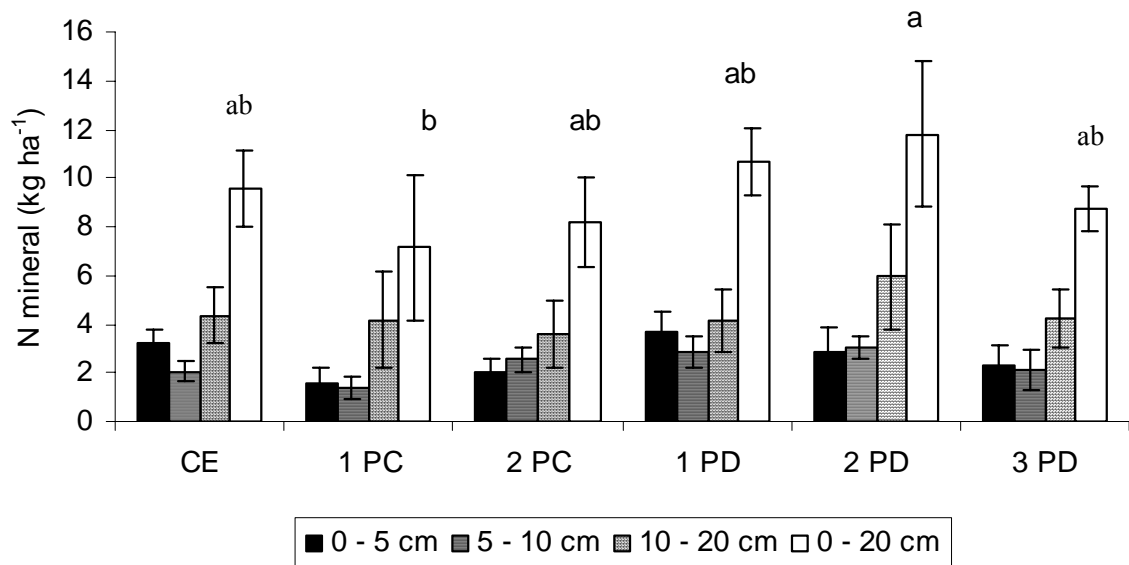


Figura 5 - N mineral ($\text{N-NO}_3^- + \text{N-NH}_4^+$) do solo (kg ha^{-1}) coletado em janeiro de 2005, nas camadas de solo (0 - 5, 5 - 10, 10 - 20 cm) e na camada 0 - 20 cm para situações estudadas. CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Os resultados representam média de 5 repetições e seu respectivo desvio padrão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %

5.3.4 Taxas líquidas de mineralização e de nitrificação do N no solo

Neste tópico, será discutida apenas a taxa líquida de mineralização, pelo fato dos valores de taxas líquidas de nitrificação obtidos terem sido insignificantes em todas as situações e profundidades nas duas épocas de coleta.

Em julho de 2004 (período seco), de maneira geral, observou-se a menor taxa líquida de mineralização do N na camada de 20 cm de solo no Cerrado. Após a mudança do uso da terra verificou-se um aumento na taxa de mineralização em todas as camadas estudadas em 1PC. No segundo ano de cultivo convencional (2PC), observou-se redução nessas taxas. Nas situações 1PD, 2PD e 3PD houve aumento nas taxas de mineralização de N do solo (Tabela 4). Este aumento provavelmente se deveu a implantação da cultura da soja na área e da melhor ciclagem do N no solo, pois o material vegetal proveniente dessa cultura é rico em N e apresenta baixa relação C/N.

A taxa líquida de mineralização, ou seja, a velocidade de decomposição de resíduos vegetais e a transformação de N em NH_4^+ e NO_3^- depende da temperatura, relação C/N dos resíduos vegetais, pH, tipo de argila e umidade do solo (LOPES et al., 2004).

Tabela 4 - Taxa líquida de mineralização do nitrogênio do solo ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) nas camadas de solo (0 - 5, 5 - 10, 10 - 20 cm) e a soma da camada 0 - 20 cm, respectivamente. Os resultados representam média de 5 repetições e seu respectivo desvio padrão

Situações	Profundidade cm	Taxa Líquida de Mineralização ($\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)	
		Julho de 2004 (Estação Seca)	Janeiro de 2005 (Estação Chuvosa)
CE	0 - 5	0,14 ± 0,06	0,05 ± 0,08
	5 - 10	0,06 ± 0,02	-0,04 ± 0,03
	10 - 20	0,07 ± 0,02	-0,07 ± 0,04
	0 - 20	0,27	-0,06
1PC	0 - 5	0,18 ± 0,02	-0,03 ± 0,03
	5 - 10	0,18 ± 0,03	-0,02 ± 0,02
	10 - 20	0,18 ± 0,04	-0,05 ± 0,05
	0 - 20	0,54	-0,10
2PC	0 - 5	0,15 ± 0,08	-0,04 ± 0,04
	5 - 10	0,09 ± 0,02	-0,06 ± 0,01
	10 - 20	0,06 ± 0,01	-0,02 ± 0,03
	0 - 20	0,30	-0,12
1PD	0 - 5	0,20 ± 0,03	-0,03 ± 0,02
	5 - 10	0,14 ± 0,05	-0,07 ± 0,04
	10 - 20	0,16 ± 0,03	-0,05 ± 0,01
	0 - 20	0,50	-0,15
2PD	0 - 5	0,20 ± 0,05	-0,04 ± 0,02
	5 - 10	0,16 ± 0,08	-0,06 ± 0,04
	10 - 20	0,14 ± 0,04	-0,06 ± 0,03
	0 - 20	0,50	-0,16
3PD	0 - 5	0,21 ± 0,04	-0,03 ± 0,03
	5 - 10	0,18 ± 0,05	-0,03 ± 0,03
	10 - 20	0,19 ± 0,04	-0,03 ± 0,02
	0 - 20	0,58	-0,09

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz).

Em janeiro de 2005, as taxas líquidas de mineralização média na camada 0 - 20 cm de solo foram negativas em todas as situações avaliadas, indicando a ocorrência de imobilização do N do solo.

De acordo com Caíres (2000), o processo de mineralização predomina no caso da presença de resíduos que possuem relação C/N ao redor de 15/1 a 20/1, tais como nas culturas de soja, feijão, tremoço, nabo forrageiro e ervilhaca, dentre outros. Em uma relação C/N mais ampla, superior a 30/1, ou seja, quando existe falta de N no sistema, em decorrência da presença de resíduos vegetais ricos em carbono, tais como: aveia, centeio, milho, milheto e trigo, dentre outros, resulta na imobilização temporária de N mineral pela biomassa microbiana do solo. Nesse caso, para decompor o resíduo vegetal, os microrganismos precisam incorporar N em suas células na forma de proteínas, aminoácidos e outros compostos e, estando em quantidades insuficientes no resíduo, o N passa a ser obtido através de formas minerais (NH_4^+ e NO_3^-) existentes no solo.

5.3.5 Fluxos de gases do efeito estufa

Em julho de 2004 (estação seca), o solo sob Cerrado apresentou taxas de emissão de CO_2 e N_2O de, respectivamente, $97,8 \text{ mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hora}^{-1}$ e $11,74 \text{ } \mu\text{g N}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{hora}^{-1}$.

Observaram-se as menores taxas de emissão de CO_2 nas situações 1PD e 3PD. Calculando uma taxa de emissão de CO_2 média para as situações sob vegetação nativa, cultivo convencional e plantio direto obtiveram-se os seguintes valores: 97,8; 67,8 e 56,5 para o Cerrado, cultivo convencional e SPD, respectivamente. O SPD apresenta potencial para mitigar a emissão CO_2 , uma vez que a rotação de culturas e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo proporcionam a decomposição lenta e gradual do material orgânico que associado com a fração mineral do solo favorece o acúmulo da MOS e, conseqüentemente, aumento do estoque de C do solo (BAYER et al., 2000c; AMADO et al., 2001; SÁ et al., 2001).

Após a mudança do uso da terra, observou-se que a taxa de emissão de N_2O manteve-se próxima à do Cerrado, apesar de ter reduzido o estoque de C do solo. Isto pode ser atribuído ao desmatamento da área associado ao cultivo convencional do solo, que acelerou o processo de mineralização da MOS e aumentou a emissão de N_2O do solo para atmosfera. No segundo ano de SPC (2PC) obteve-se a menor taxa de emissão de N_2O . A introdução do plantio direto propiciou aumento gradativo das taxas de emissão N_2O , sendo que em 3PD, foi praticamente a mesma da vegetação nativa, corroborando com os maiores estoques de C e N do solo.

A taxa de oxidação de metano, evidenciada pelos fluxos negativos obtidos, apresentou tendência a ser mais intensa sob condições naturais, onde as bactérias metanotróficas encontram condições mais propícias para seu desenvolvimento (DUXBURY; SMITH; DORN, 1994).

Tabela 5 - Fluxo de gases do efeito estufa (CO₂, N₂O e CH₄) nas situações estudadas em julho de 2004. Os resultados representam média de seis repetições e seu respectivo desvio padrão.

Situações	Emissão de Gases do Efeito Estufa		
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
	mg C m ⁻² hora ⁻¹	µg N m ⁻² hora ⁻¹	mg C m ⁻² hora ⁻¹
CE	97,80 ± 25,9	11,74 ± 19,9	-0,056 ± 0,026
1PC	76,48 ± 30,2	12,41 ± 20,9	-0,052 ± 0,021
2PC	59,06 ± 13,4	2,30 ± 6,7	-0,035 ± 0,013
1PD	54,04 ± 42,1	7,49 ± 6,8	-0,036 ± 0,018
2PD	74,39 ± 17,8	7,81 ± 7,1	-0,043 ± 0,021
3PD	40,93 ± 19,2	11,56 ± 9,7	-0,010 ± 0,048

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz).

Em julho de 2005 (período chuvoso), a emissão de CO₂ foi aproximadamente duas vezes maior do que ao da estação seca. Houve uma tendência de redução fluxo de CO₂ com a evolução da mudança de uso da terra. Calculando os fluxos médios de CO₂ para as situações sob SPC e SPD obteve-se os fluxos médios de 156,3 e 128,2 mg C m⁻² hora⁻¹, respectivamente. A mesma tendência da primeira amostragem, ou seja, o SPD minimizou as emissões CO₂.

As emissões de N₂O em janeiro de 2005 diferiram da primeira amostragem. Na situação CE, foi observado fluxo negativo (redução do N₂O a N₂ no solo). Nas situações sob plantio direto obtiveram-se as maiores emissões de N₂O e estas se mostraram bem maiores em relação à primeira amostragem. Matson, Maylor e Ortiz-Monasterio (1998), citam que o aumento da umidade poderia aumentar as emissões de N₂O significativamente. Estas maiores emissões de N₂O nas situações sob SPD podem estar ligadas às taxas de imobilização do N no solo (Tabela 4) ou associada a fixação biológica de N pela cultura da soja. Em solos tropicais, Nobre (1994) observou que as emissões de N₂O aumentaram durante os primeiros 100 dias do estabelecimento da cultura da soja, provavelmente resultado de maior fixação de N pela cultura.

Já os fluxos de metano não apresentaram grandes variações sazonais climáticas, pois obteve-se fluxos negativos nas duas épocas de amostragens. Entretanto, em janeiro de 2005 (estação chuvosa) os valores obtidos foram mais próximos de zero, indicando uma tendência de maior equilíbrio entre metanogênese e metanotrofia no solo.

Tabela 6 - Fluxo dos gases do efeito estufa (CO₂, N₂O e CH₄) nas situações estudadas em janeiro de 2005. Os resultados representam média de seis repetições e seu respectivo desvio padrão.

Situações	Emissão de Gases do Efeito Estufa		
	CO ₂	N ₂ O	CH ₄
	mg C m ⁻² hora ⁻¹	µg N m ⁻² hora ⁻¹	mg C m ⁻² hora ⁻¹
CE	183,59 ± 96,9	-7,32 ± 14,8	-0,011 ± 0,038
1PC	146,37 ± 46,8	6,88 ± 3,3	-0,014 ± 0,011
2PC	166,25 ± 66,5	12,09 ± 7,8	-0,012 ± 0,006
1PD	171,93 ± 35,0	31,17 ± 16,6	-0,010 ± 0,016
2PD	117,15 ± 23,6	21,63 ± 26,2	-0,011 ± 0,014
3PD	95,54 ± 54,4	19,27 ± 17,1	-0,003 ± 0,017

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz).

5.3.6 Seqüestro de carbono pelo solo na seqüência Cerrado, cultivo convencional, sistema plantio direto

O solo é considerado um compartimento importante no processo de emissão e seqüestro de carbono. Em razão disso, a compreensão da dinâmica do carbono no solo em diferentes sistemas de manejo e culturas é um fator imprescindível.

É importante salientar a diferença entre os termos balanço e seqüestro de C no solo. O primeiro está relacionado à diferença de estoques entre dois sistemas ou manejos agrícolas. O segundo envolve a diferença de estoques, mas também as variações nas emissões de N₂O e CH₄, uma vez que o CO₂ já está embutido na diferença dos estoques de carbono no solo (CERRI et al., 2004). A diferença entre estoque de carbono no solo e fluxo de gases é normalmente expressa em equivalentes de carbono, onde se leva em consideração o potencial de aquecimento global dos gases envolvidos, sendo que N₂O e CO₂ apresentam capacidade de aquecimento 296 e 23 vezes maior que o CO₂, respectivamente.

Conversão dos fluxos de N₂O e CH₄ em C-equivalente

Na tabela 7 estão apresentados os valores dos fluxos de N₂O e CH₄ convertido em C-equivalente (kg ha⁻¹ ano⁻¹).

Na vegetação nativa (CE) foi observado equilíbrio entre as taxas de emissão e consumo em C-equivalente, pois os valores de emissão de N₂O em C-equivalente se mostraram semelhantes aos de absorção de CH₄ em C-equivalente. O valor praticamente nulo de C-equivalente obtido no Cerrado corrobora com a consideração de que o estoque de C na vegetação nativa não se altera com o tempo, ou seja, se encontra em equilíbrio dinâmico. Se não houvesse a mudança de uso da terra o balanço entre a entrada e saída e a saída de C no sistema seria praticamente zero. Weigert e Evans (1964) citam que um ecossistema em equilíbrio a decomposição de material vegetal durante o ano é equivalente à produção primária líquida do sistema. Nesse sentido, para os autores, um sistema em “equilíbrio” significa que a biomassa pode variar durante o ano sem que se observem alterações ao longo dos anos.

Tabela 7. Conversão do fluxo de N₂O e CH₄ em C-equivalente (kg ha⁻¹ ano⁻¹) no sistema solo-atmosfera, médias dos dois períodos amostrados e a média anual calculada

Épocas de Coleta	Situações					
	CE	1PC	2PC	1PD	2PD	3PD
N ₂ O em C-equivalente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)						
Julho 2004	130,46	137,91	25,56	83,23	86,79	128,46
Janeiro 2005	-81,34	76,46	134,35	346,38	240,37	214,14
Média Anual	24,56	107,18	79,96	214,81	163,58	171,30
CH ₄ em C-equivalente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)						
Julho 2004	-41,03	-38,10	-25,64	-26,38	-31,50	-7,33
Janeiro 2005	-8,06	-10,26	-8,79	-7,33	-8,06	-2,20
Média Anual	-24,54	-24,18	-17,22	-16,85	-19,78	-4,76
Emissão total em C-equivalente (kg ha ⁻¹ ano ⁻¹)						
Julho 2004	89,43	99,81	-0,08	56,86	55,29	121,14
Janeiro 2005	-89,40	66,20	125,56	339,06	232,31	211,94
Média Anual	0,02	83,00	62,74	197,96	143,80	166,54

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz).

Entretanto, após a mudança de uso da terra, houve modificações nos conteúdos de C do solo. As emissões anuais em C-equivalente foram 83,00; 62,74; 197,96; 143,80 e 166,54 kg de C-equivalente ha⁻¹ respectivamente para as situações 1PC, 2PC, 1PD, 2PD e 3PD. Considerando que os valores obtidos em C-equivalente apresentados na tabela 7, foram os mesmos durante

todos os anos após a mudança do uso da terra, temos os seguintes valores em C-equivalente para as situações: 83,00; 145,74; 343,70; 487,50 e 654,04 kg de C-equivalente ha⁻¹ para as situações 1PC, 2PC, 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente. Para que se obtenha a taxa de acúmulo real de C do solo (seqüestro), esses valores obtidos de emissão de C-equivalente devem ser descontados dos estoques de carbono apresentados da figura 2.

Cálculo do seqüestro de carbono pelo solo

Subtraindo as taxas de emissão em C-equivalente do estoques médios de C do solo, obtem-se a quantidade de carbono real seqüestrado ou emitida pelo solo nas situações avaliadas nesta pesquisa. As porcentagens de acúmulo (valores positivos) ou emissão (valores negativos) de carbono em relação ao Cerrado nesse estudo foram de: - 3,38; 15,73; 33,88; 2,81 e 27,65 %, nas situações 1PC, 2PC, 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente. Com exceção da situação 1PC, nas demais situações foram observados aumentos nos estoques de C (seqüestro), sendo que este carbono seqüestrado corresponde ao somatório de várias fontes, já citados no item 5.3.1 desta dissertação.

Tabela 8. Cálculo do C seqüestrado no solo, e da taxa de seqüestro de C no solo em relação ao estoque de C no Cerrado. Os resultados representam a média dos dois períodos amostrados

Situações	Estoque de C do solo	Emissão em C-equivalente	Carbono seqüestrado no solo	Taxa de seqüestro de C no solo
	Mg ha ⁻¹	kg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹	%
CE	49,10	0,02	49,08	-
1PC	47,50	83,00	47,42	-3,38
2PC	56,95	145,74	56,80	15,73
1PD	66,05	343,70	65,71	33,88
2PD	50,95	487,50	50,46	2,81
3PD	63,30	654,04	62,65	27,65

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz).

Após cinco anos de mudança de uso terra (3PD), obteve-se seqüestro de 13,57 Mg de C ha⁻¹. Entretanto, nesse estudo foram avaliadas somente as variações nos estoques de C do solo. Na verdade, para que se possa realizar um balanço global de C no sistema solo-planta-atmosfera

seria necessário computar a quantidade de C na vegetação do Cerrado que foi retirada ou queimada no processo desmatamento realizado na área.

De acordo com dados contidos na literatura, pode-se fazer uma estimativa aproximada da quantidade de C que foi exportado da área no processo de desmatamento e retirada dos restos vegetais, tais como parte aérea e sistema radicular. Castro e Kauffmann (1998) citam que a vegetação de um Cerrado *stricto sensu* denso (o qual apresenta menor quantidade de fitomassa em relação ao Cerradão avaliado nessa pesquisa) contém em sua biomassa aérea aproximadamente 25 Mg C ha⁻¹. Considerando que o sistema radicular do Cerrado apresenta a mesma quantidade de biomassa aérea, e que no processo de desmatamento e retirada dos restos vegetais do solo, metade do sistema radicular é removido, pode-se fazer uma estimativa do balanço de C no sistema solo-planta-atmosfera. Fazendo esta estimativa provavelmente encontrará balanço negativo de C no sistema solo-planta-atmosfera. Ou seja, obteve-se seqüestro de C no solo após a mudança de uso da terra, entretanto, este seqüestro se deu às custas de uma grande emissão de C no processo desmatamento do Cerrado.

5.3.7 Biomassa microbiana do solo

Em julho de 2004, a média do C-microbiano na camada 0 – 5 cm, mostrou-se maior na vegetação nativa (CE) em relação às demais situações. Entretanto somente 1PC e 1PD foram estatisticamente menores. Na camada 5 – 10 cm de solo novamente em CE obteve-se o maior conteúdo de C-microbiano, seguido por 2PC e 1PD. Já na camada de 10 - 20 cm não obtiveram-se diferenças significativas entre as situações.

O conteúdo de C-microbiano alterou-se com a mudança de umidade na vegetação nativa (CE). Na estação chuvosa o C-microbiano obtido mostrou-se maior na situação CE, em relação à estação seca. Na camada de 0 – 5 cm os conteúdos de C-microbiano obtidos foram maiores na situação CE, seguidos 1PD, 1PC, 3PD, 2PC e 2PC. Nas camadas 5 – 10 cm e 10 – 20 cm obtiveram os maiores conteúdos de C-microbiano no Cerrado.

Calculando-se a quantidade média de C-microbiano - camada de 20 cm de solo - na estação seca (julho de 2004), obtêm-se 550, 423 e 356 µg de C g⁻¹ de solo seco, sob Cerrado (CE), cultivo convencional (1PC + 2PC) e plantio direto (1PD + 2PD + 3PD), respectivamente.

Tabela 9 - Carbono da biomassa microbiana do solo em julho de 2004 e janeiro de 2005. Os resultados representam média de cinco repetições e seu respectivo desvio padrão.

Prof. (cm)	Carbono da biomassa microbiana ($\mu\text{g de C g}^{-1}$ de solo seco)					
	Julho 2004 (Estação Seca)			Janeiro 2005 (Estação Chuvosa)		
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	0 - 5	5 - 10	10 - 20
CE	713 \pm 147 a	644 \pm 69 a	421 \pm 118 ab	1262 \pm 310 a	993 \pm 263 a	840 \pm 212 a
1PC	354 \pm 118 b	342 \pm 57 c	338 \pm 69 ab	312 \pm 146 bc	467 \pm 323 bc	679 \pm 217 bc
2PC	535 \pm 209 ab	521 \pm 135 ab	479 \pm 61 a	200 \pm 25 c	470 \pm 103 bc	352 \pm 167 bc
1PD	367 \pm 87 b	367 \pm 91 bc	310 \pm 49 b	543 \pm 141 b	657 \pm 118 ab	655 \pm 250 bc
2PD	465 \pm 104 ab	307 \pm 80 c	280 \pm 116 b	228 \pm 28 c	307 \pm 97 c	239 \pm 133 c
3PD	641 \pm 183 ab	346 \pm 76 c	299 \pm 75 b	292 \pm 110 bc	244 \pm 93 c	364 \pm 127 bc

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Seis meses após a primeira coleta, observou-se a mesma tendência de redução do C-microbiano com a evolução da mudança de uso da terra e as quantidades médias obtidas foram 984, 439 e 399 $\mu\text{g de C g}^{-1}$ de solo seco, respectivamente para o Cerrado, cultivo convencional e plantio direto. Chaga (2000), quando estudou solos da região do Cerrado, não obteve diferenças significativas entre os valores de carbono da biomassa microbiana da mata nativa em relação ao SPD. Por outro lado, Hungria (1996), em um estudo no estado do Paraná, obteve resultados nos quais o carbono microbiano mostrou-se 50 % mais elevado no solo sob plantio direto em relação ao cultivo convencional. A possível explicação para a redução da biomassa-C no plantio direto pode estar relacionada ao pouco tempo de implantação do sistema plantio direto no presente estudo.

O conteúdo de N-microbiano modificou-se com a alteração da umidade do solo, nas situações avaliadas. De modo geral, a média do N-microbiano apresentou tendência de ser maior no Cerrado. Em julho de 2004 (estação seca), na camada de 0 - 5 cm de solo, foi observada a tendência de maiores conteúdos de N-microbiano em 3PD seguido por CE e 2PD. Os menores conteúdos de N-microbiano foram obtidos em 1PD. Calculando o conteúdo médio de N-microbiano, na camada de 0 - 20 cm de solo, foram obtidos os valores 33, 27 e 22 $\mu\text{g de N g}^{-1}$ de solo seco, em Cerrado (CE), cultivo convencional (1PC + 2PC) e plantio direto (1PD + 2PD + 3PD), respectivamente.

Na estação chuvosa (janeiro de 2005), camada de 0 - 5 cm de solo, não houve diferença significativa entre as situações. Já na camada de 5 - 10 cm de solo o maior conteúdo de N-

microbiano foi obtido em CE, e na camada de 10 – 20 cm observou tendência dos maiores conteúdos em CE e 1PC.

Tabela 10 - Nitrogênio da biomassa microbiana do solo em julho de 2004 e janeiro de 2005. Os resultados representam média de cinco repetições e seu respectivo desvio padrão.

Prof. (cm)	Nitrogênio da biomassa microbiana ($\mu\text{g de N g}^{-1}$ de solo seco)					
	Julho 2004 (Estação Seca)			Janeiro 2005 (Estação Chuvosa)		
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	0 - 5	5 - 10	10 - 20
CE	47 ± 16 ab	32 ± 9 a	27 ± 8 abc	36 ± 28 a	75 ± 19 a	58 ± 11 a
1PC	21 ± 4 cd	20 ± 4 bc	23 ± 12 ab	27 ± 22 a	35 ± 25 ab	43 ± 22 ab
2PC	28 ± 8 bcd	31 ± 4 ab	33 ± 4 a	22 ± 10 a	24 ± 25 b	32 ± 14 abc
1PD	15 ± 4 d	11 ± 4 c	14 ± 6 d	44 ± 20 a	42 ± 20 ab	47 ± 13 a
2PD	38 ± 5 abc	19 ± 5 bc	20 ± 4 bcd	24 ± 26 a	20 ± 10 b	18 ± 14 bc
3PD	55 ± 17 a	23 ± 8 abc	16 ± 4 cd	28 ± 15 a	22 ± 23 b	14 ± 8 c

CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 %.

Calculando o conteúdo de N-microbiano na estação chuvosa para a camada de 0 – 20 cm de solo para as situações sob Cerrado (CE), cultivo convencional (1PC + 2PC) e plantio direto (1PD + 2PD + 3PD), obteve-se a mesma tendência da amostragem anterior, quando os valores obtidos foram 57, 33 e 28 $\mu\text{g de N g}^{-1}$ de solo seco, respectivamente. Contrariamente aos resultados obtidos nesse estudo, Fernandes et al. (1998), em um estudo na região de Sete Lagoas (MG), obtiveram quantidade de N-microbiano duas vezes maior no sistema de plantio direto em relação ao cultivo convencional.

5.3.8 Relação entre estoque de C e N microbiano e de C e N orgânico total do solo

A relação $C_{mic}:C_{org}$ pode ser considerada um bom indicador das alterações da MOS na avaliação de sistemas de manejo do solo (SÁ, 2001) e reflete a quantidade de C disponível para o crescimento da biomassa microbiana.

Esta relação entre $C_{mic}:C_{org}$ variou nas duas épocas de coleta de solo, estação seca e chuvosa. Em todas as situações avaliadas e nas duas épocas de amostragem as maiores quantidades de C-microbiano foram obtidas na camada de 0 – 10 em relação à de 10 – 20 cm de solo. Haynes (1999) em um estudo em solos de clima temperado relatou redução da relação $C_{mic}:C_{org}$ com aumento da profundidade do solo. Em julho de 2004, considerando a camada de

0 – 20 cm de solo, a vegetação nativa foi a situação que apresentou maior conteúdo de Cmic no estoque de C total (1,6 %). Para as demais situações, a relação Cmic:Corg, variou de 1,4 a 0,9 % em 2PC e 1PD, respectivamente.

Na estação chuvosa (janeiro de 2005), a relação entre Cmic:Corg, considerando a camada de 0 – 20 cm de solo foi 2,5; 1,6; 0,8; 2,4; 0,6 e 1,5 %, para CE, 1PC, 2PC, 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente.

Anderson e Domsch (1989) em uma extensa avaliação da relação Cmic:Corg, realizada em 134 parcelas de experimentos agrícolas de longa duração, em regiões de clima temperado, encontraram valores na faixa 0,27 a 7,0 % e atribuíram estas diferenças ao tipo de solo e manejo, à cobertura vegetal, à época de amostragem e às condições analíticas. Esses autores sugeriram valores de equilíbrio para a relação Cmic:Corg de 2,3 % para monoculturas e 2,9 onde se utiliza rotação de culturas.

Entretanto, valores da relação Cmic:Corg para regiões tropicais são muito inferiores e a discussão é ainda mais intensa (SÁ, 2001). Cerri et al. (1985) obtiveram em um Latossolo na região Amazônica, valores de Cmic:Corg de 0,73% sob floresta natural e 0,04% em área recém desmatada e queimada. Um outro estudo realizado no estado do Paraná, Colozzi-Filho et al. (2005) obtiveram em solos cultivados com soja orgânica em SPD, valores de Cmic:Corg de 1,59 a 0,79.

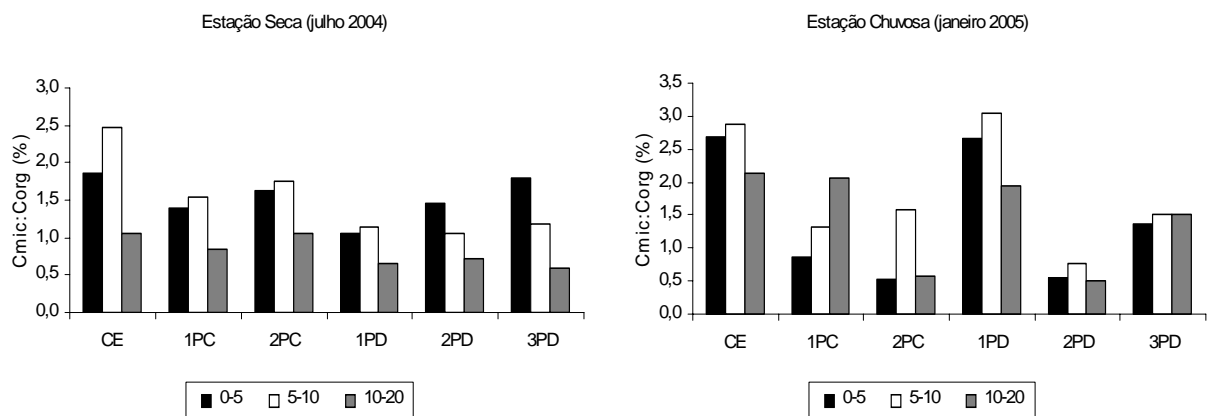


Figura 6 – Relação entre o estoque de Cmic:Corg (%) nas camadas de solo (0 - 5, 5 - 10, 10 - 20 cm) na estação seca e na chuvosa. CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz) Os resultados representam média de 5 repetições

A relação Nmic:Norg variou nas duas épocas de amostragens. Na estação seca (julho de 2004) na camada de 0 – 5 cm de solo. As maiores relações foram observadas em 3PD, CE e 2PD. Nas situações sob plantio direto (3PD e 2PD) os maiores conteúdos de N-mic foram observados na camada de 0 – 5 cm. Considerando a relação entre Nmic:Norg, na camada de 0 – 20 cm de solo foi 1,5; 1,1; 1,5; 0,6; 1,2 e 1,3 %, para as situações CE, 1PC, 2PC, 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente. Em todas as situações foi observado redução da relação Nmic:Norg na camada de 10 – 20 cm em relação as camadas mais superficiais.

Em janeiro de 2005, de maneira geral, foi observado maior contribuição do N microbiano no estoque de N total do solo. Entretanto, houve oscilação entre as situações em relação à estação seca. A relação entre Nmic:Norg, considerando a camada de 0 – 20 cm de solo, foi 2,5; 2,0; 1,1; 2,9; 0,8 e 1,5 %, para as situações CE, 1PC, 2PC, 1PD, 2PD e 3PD, respectivamente.

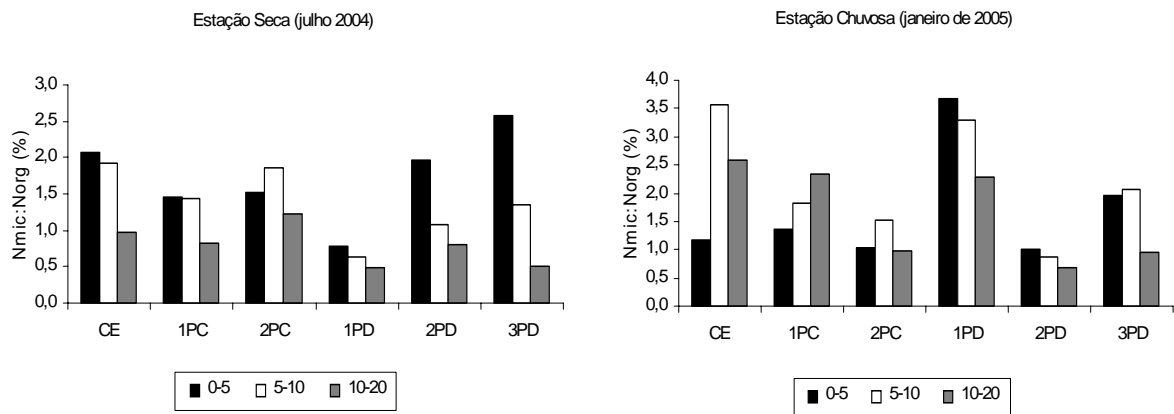


Figura 7 – Relação entre o estoque de Nmic:Norg (%) nas camadas de solo (0 - 5, 5 - 10, 10 - 20 cm) na estação seca e na chuvosa. CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz). Os resultados representam média de 5 repetições

5.4 Conclusões

1. A conversão do Cerrado em área agrícola com a cultura da soja em sistema de plantio direto resultou em taxa anual de acúmulo 2,58 Mg ha⁻¹ nos estoques de carbono e 113 kg ha⁻¹ nos de nitrogênio do solo. Nos primeiros anos após a conversão do Cerrado em agricultura, os restos vegetais, principalmente partes do sistema radiculares remanescente

são decompostas e incorporadas à MOS, contribuindo para aumento dos estoques de C e N do solo.

2. Nas situações sob plantio direto obteve-se as menores emissões de CO₂ e as maiores emissões de N₂O para atmosfera. Ocorreu absorção de CH₄ em todas as situações avaliadas, e esta foi maior na estação seca.
3. No Cerrado ocorreu equilíbrio entre as taxas de emissão e consumo em C-equivalente, pois os valores de emissão de N₂O em C-equivalente foram semelhantes aos de absorção de CH₄ em C-equivalente. Nas demais situações avaliadas foram relatadas emissão em C-equivalente.
4. Com exceção do primeiro ano após conversão do Cerrado em agricultura, nas demais situações foi observado seqüestro de carbono no solo, e este carbono seqüestrado corresponde ao somatório de várias fontes.
5. Praticamente todo nitrogênio mineral obtido nesse estudo, nas duas épocas de amostragem estava na forma de N-NH₄⁺. Na estação chuvosa a quantidade de N mineral obtida foi de 2 a 4 vezes maior do que na estação seca. Na estação seca ocorreu mineralização do N do solo enquanto que na chuvosa foi verificado imobilização do N pela biomassa microbiana do solo.
6. A mudança do uso terra associada aos sistemas de manejo do solo, reduziu a quantidade de carbono e nitrogênio microbiano do solo. Nas situações sob obtidos sob plantio direto foram obtidas as menores quantidades de biomassa microbiana do solo.

Referências

AITA, C. Dinâmica do nitrogênio no solo durante a decomposição de plantas de cobertura: efeito sobre a disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão. In: FRIES, M.R.; DALMOLIN, R.S.D. **Atualização em recomendação de adubação e calagem: ênfase em plantio direto**. Santa Maria: Pallotti, 1997. p. 76-111.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, Viçosa, v. 25, p. 189-197, 2001.

ANDERSON, D.W.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology & Biochemistry**, New York, v. 21, p. 471-479, 1989.

ARSHAD, M.A., SCHNITZER, M., ANGERS, D.A. AND RIPMEESTER, J.A. Effects of till vs no-till on the quality of soil organic matter. **Soil Biology & Biochemistry**, New York, v. 22, p. 595-599, 1990.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 21, p. 105-112, 1997a.

BAYER, C.; MEILNICZUK, J. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 21, p. 235-239, 1997b.

BAYER, C.; MEILNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999a. p. 1–26.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; 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 Research**, Amsterdam, v. 53, p. 95-104, 2000a.

BAYER, C.; AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L.; FERNANDES, S.V. Tillage and cropping system effects on organic matter storage in Acrisol soil in southern Brazil. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam, v. 54, p. 101-109, 2000b.

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 Research**, Amsterdam, v. 54, p. 101-109, 2000c.

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**, Amsterdam, v. 7, p. 779-787, 2001

CAIRES, E.F. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto: experiências no Estado do Paraná. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24., 2000, Santa Maria. **Fertbio 2000**. Santa Maria: SBCS, 2000. 1 CD-ROM.

CARTER, M.R. Influence of reduced tillage systems on organic matter, microbial biomass, macro-aggregate distribution and structural stability of surface soil in humid climate. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 23, p. 361-372, 1992.

CASTRO, E.A.; KAUFFMANN, J.B. Ecosystem structure in Brazilian Cerrado: a vegetation gradient of aboveground biomass, root biomass and consumption by fire. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 14: p. 263-283, 1998.

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

CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; DAVIDSON, E.A.; BERNOUX, M.; FELLER, C. A ciência do solo e o sequestro de carbono. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Boletim Informativo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 29-37, 2004.

CERRI, C.C.; FELLER, C.; BALESSENT, J.; VICTORIA, R.; PLENECASSAGNE, A. Application du traçage isotopique naturel en ^{13}C , à l'étude de la dynamique de la matière organique dans sols. **Comptes Rendu Academic Seances Paris**, Paris, v. 9, p. 423-428, 1985.

CHAGA, R.C.S. **Alterações de parâmetros microbiológicos do solo em função do sistema de produção sob plantio direto na região dos cerrados**. 2000. 90 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo no agrossistema soja orgânica em plantio direto. In: SIMPÓSIO SOBRE PLANTIO DIRETO E MEIO AMBIENTE, 2005, Fox do Iguaçú, **Anais...** p. 153-156, 2005.

CORAZZA, E J; SILVA, J E D; 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 da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, p. 425-432, 1999.

DUXBURY, J.M.; SMITH, M.S.; DORN, J.W. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. In: COLEMAN, D.C.; OADES, J.M.; UEHARA, G. (Coord.). **Dynamics of soil matter in tropical ecosystems**. Honolulu: University of Hawaii Press, 1989. p. 33-67.

FERNANDES, M.F.; FERNANDES, R.P.M.; ANJOS, J.L.; SOBRAL, L.F ARAÚJO, A.S. Efeito da saturação por bases sobre a atividade de fosfatases em um solo de tabuleiro costeiro cultivado com citros. II. Constantes cinéticas das enzimas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 403-410, 1998.

FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P.; GAVINELLI, E.; LARRE-LARROUY, M.C.; FELLER, C. Nível e natureza do estoque orgânico de latossolos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 157-170, 2000.

GROFFMAN, P. M. Nitrification and denitrification in conventional and no-tillage soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 49, p. 329-334, 1985.

HAYNES, R.J. Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management. **Biology & Fertility Soils**, New York, v. 47, p. 245-251, 1999.

HOUGHTON, R.A. Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different? **Global Change Biology**, Oxford, v. 9, p. 500-509, 2003.

HUNGRIA, M. O emprego de técnicas de biotecnologia nos estudos de microbiologia do solo. In: **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa: UFV, 1996. p. 489-504.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate change 2001:** synthesis report: third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge: Cambridge University Press, 2001.

JOERGENSEN, R.G. The fumigation-extraction method to estimate soil microbial biomass: calibration of the K_{EC} factor. **Soil Biology and Biochemistry**, New York, v. 28, p. 25-31, 1996.

JOERGENSEN, R.G.; BROOKES, P.C.C. Ninhydrin-reactive nitrogen measurements of microbial biomass in 0.5 M K_2SO_4 soil extracts. **Soil Biology & Biochemistry**, New York, v. 22, p. 1031-1038, 1990.

LAL R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO_2 -enrichment, **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 43, p. 81-107, 1997.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto:** bases para o manejo da fertilidade do solo. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos, 2004. 110 p.

MATSON, P.A.; MAYLOR, R.; ORTZ-MONASTERIO, I. Integration of environmental, agronomic and economic aspects of fertilizer management. **Science**, San Francisco, v. 280, p. 112-115, 1998.

MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e a relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. **Tópicos em Ciência do Solo**, Viçosa, v. 3, p. 209-248, 2003.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1982. p. 539-579.

PICCOLO, M. C.; NEILL, C.; CERRI, C.C. Net mineralization and net nitrification along a tropical forest-to-pasture chronosequence. **Plant and Soil**, The Hague, v. 162, p. 61-71, 1994.

NOBRE, A.D. **Nitrous oxide emissions from tropical soils**. 1994. Thesis (Ph.D), University of New Hampshire, New Hampshire, 1994.

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. (Ed.). **Global climate change and tropical ecosystems**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 169-196.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P. Tillage effects on soil organic matter in density fractions of a Cerrado Oxisol. **Soil Tillage & Research**, Amsterdam, v. 70, p. 107-119, 2003.

ROSCOE, R.; BUURMAN, P.; VELTHORST, E.J.; PEREIRA, J.A.A. Effects of fire on soil organic matter in a “Cerrado sensu-stricto” from Southeast Brazil as revealed by changes in $\delta^{13}\text{C}$. **Geoderma**, Amsterdam, v. 95, p. 141-160, 2000.

RUZICKA, J.; HANSEN, E.H. **Flow injection analysis**. New York: Wiley Interscience, 1981. 395p.

SÁ, J.C.M. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas de manejo convencional e plantio direto**. 2001. 141 p. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

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

SILVA, J.E.; LEMANSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca de catiônica em solos da região de Cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 18, p. 541-547, 1994.

SIQUEIRA NETO, M. **Estoques de carbono e nitrogênio do solo e emissão de gases do efeito estufa no sistema plantio direto em Tibagi (PR)**. 2003. 83 p. Dissertação (Mestrado em Ciências), Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba 2003.

SIX, J.; FELLER, C.; DENEFF, K.; OGLE, S.M.; SÁ, J.C.M.; ALBRECHT, A. Soil carbon matter, biota and aggregation in temperate and tropical soils - Effects of no-tillage. **Agronomie**, Paris, v. 22, p. 755-775, 2002.

SPARLING, P.G. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Victoria, v. 30, p. 195-207, 1992.

STEUDLER, P.A.; MELILLO, J.M.; BOWDEN, R.; CASTRO, M.; LUGO, A. The effects of natural and human disturbances on soil nitrogen dynamics and trace gas fluxes in a Puerto Rican wet forest. **Biotropica**, Washington, v. 23, p. 356-363, 1991.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, New York, v. 19, p. 703-107, 1987.

WEIGERT, R.G.; EVANS, F.C. Primary production and the disappearance of dead vegetation of dead vegetation on old field in Southeastern Michigan. **Ecology**, Tempe, v. 45, p. 49-63, 1964.

WHIETHÖLTER, S. Nitrogênio no solo sob plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, v. 58, p. 38-42, 2000.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da demanda de alimentos para suprir uma população mundial cada dia maior tem acarretado mudanças no cenário agrícola brasileiro.

O Cerrado brasileiro é dentro deste cenário de expansão agrícola a mais importante fronteira agrícola mundial. A combinação de topografia favorável e estações secas e chuvosas bem definidas confere ao Cerrado condições para o desenvolvimento para as principais culturas anuais cultivadas no país.

O estudo de caso da Fazenda União, propriedade privada com 3700 hectares, localizada no município de Vilhena (RO), representa de maneira geral os aspectos ligados às mudanças do uso da terra associada ao aumento da produção de alimentos no Cerrado da região amazônica.

A fazenda vem sendo desmatada desde 1999 para implantação de culturas anuais. O desmatamento realizado com uso de tratores, correntes, associado à utilização fogo para queima de biomassa vegetal resulta em grande agressão ao sistema. Em seguida o solo é cultivado com arroz em sistema convencional de cultivo por dois anos para correção das restrições química do solo, retirada dos restos vegetais e nivelamento da área, para que em seguida possa ser cultivada a cultura da soja sob sistema de plantio direto.

Este processo de conversão provocou alterações nas características químicas do solo e na dinâmica da MOS. Nas características químicas do solo as mudanças se mostraram benéficas, aumentando os valores de pH do solo, carbono total, fósforo disponível, teores de bases trocáveis e ainda reduzindo a acidez potencial do solo.

Já a dinâmica da MOS precisa ser melhor investigada, em experimentos de longa duração, onde o solo já encontre em um novo equilíbrio. Devido ao pouco tempo de conversão do Cerrado em agricultura, a taxa de acúmulo de $2,58 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ não representa somente o carbono derivado do agrossistema, mas sim um somatório de várias fontes de carbono para o solo, esquematizados na figura 1, onde X representa o C na forma de MOS remanescente da vegetação do Cerrado; e Y representa o somatório de várias fontes de C para o sistema, tais como: C derivado da decomposição do sistema radicular do Cerrado após o desmatamento, C introduzido ao solo pelos restos culturais da atividade atual (no caso, agricultura), C derivado da queima da vegetação nativa (carvão e cinzas) e o C derivado da aplicação do calcário dolomítico ao solo (neste estudo correspondeu à 540 kg de C por hectare).

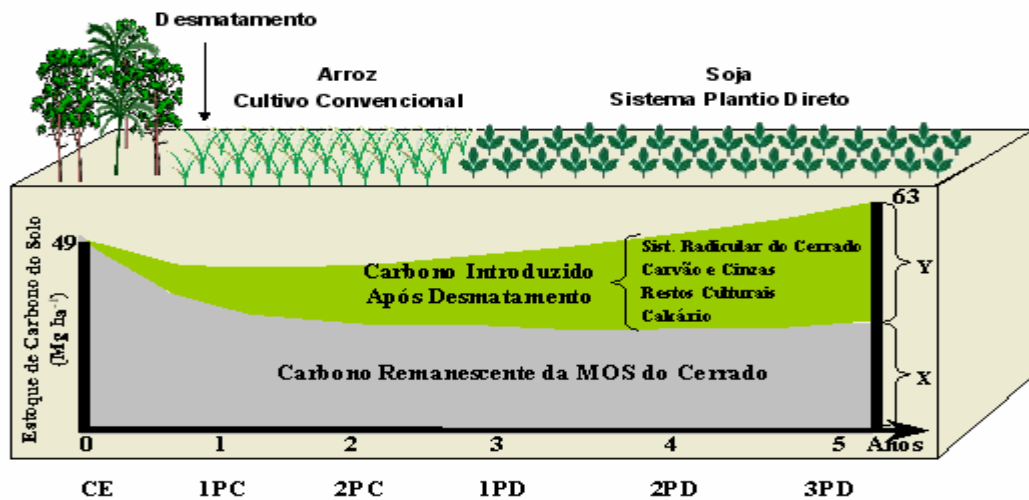


Figura 1 – Fluxograma esquemático do carbono estocado no solo na mudança do uso da terra em Vilhena (RO). CE (Cerrado); 1PC e 2PC (1 e 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz); 1PD, 2PD e 3PD (1, 2 e 3 anos de plantio direto com a cultura da soja, após 2 anos de cultivo convencional com a cultura do arroz)

Após esta mudança de uso da terra, a fazenda vem exibindo sustentabilidade e eficiência na produção de grãos. Essas áreas se manejadas de forma correta em sistema de plantio direto ou até em uma fase posterior em sistema de integração lavoura pecuária sob SPD, podem aumentar consideravelmente a capacidade dos solos seqüestrarem carbono e com isso aumentar produtividade. Futuramente estas práticas de manejo poderão se reverter em benefício complementar ao agricultor na forma de mercado de carbono e com isso aumentar as receitas das fazendas e ainda preservar o solo e os recursos hídricos.

Entretanto, por essa área se situar num ecossistema tão complexo e visado mundialmente, como é o caso da Amazônia, o processo de conversão do Cerrado em agricultura precisa ser bem avaliado. O Brasil contém milhões de hectares de áreas potencialmente agricultáveis, onde já foi realizada a mudança de uso da terra e se encontram em processo de degradação, como por exemplo, as imensas áreas de pastagens extensivas e degradadas na região Centro Oeste do país.

Com isso, fica a mensagem que apesar dessas áreas avaliadas serem aptas a implantação de agricultura, deve-se fazer melhor uso das áreas que já se encontram em processo de exploração e degradação, ao invés de realizar a abertura de novas áreas. Dessa forma preserva-se os recursos naturais e minimiza a agressão ao ambiente e ainda colaborando para a mitigação do efeito das mudanças climáticas globais.