

## **EVIDÊNCIAS DE SATURAÇÃO DE CARBONO EM SOLOS SOB PLANTIO DIRETO EM AGRO-ECOSISTEMAS SUBTROPICAL E TROPICAL NO BRASIL**

**Daiani Da Cruz Hartman, João Carlos De Moraes Sá, Clever Briedis, Juliane Zuffo Dos Santos, Rafael Schimiguel**

Universidade Estadual De Ponta Grossa <hartman\_dai@hotmail.com>

**Resumo** - Atualmente, a variação de C no solo ao longo do tempo é estimada baseando-se em modelos que assumem a linearidade entre o aporte de resíduos e o sequestro de C, considerando a afirmativa de que o acúmulo de C no solo ocorre por tempo indeterminado. O objetivo deste trabalho foi fracionar o solo, dos diferentes locais de coleta, visando separar em dois compartimentos de proteção do C. E em seguida identificar o melhor ajuste (linear ou quadrático) entre o C da amostra integral e o C nos compartimentos fracionados, com isso identificar possíveis evidências de saturação de C no solo. A coleta de solo foi realizada em dois experimentos de longa duração envolvendo tratamentos de manejo de solo (PD e PC) e rotações de culturas. Em cada local coletou amostras de solo em áreas sob vegetação natural (VN) adjacentes aos experimentos. Nos dois locais (Ponta Grossa, estação experimental do IAPAR e Lucas do Rio Verde, Fundação Rio Verde) a profundidade de amostragem foi: 0-5, 5-10, 10-20 cm. Nos dois ambientes observamos que a fração particulada do C (COP) mostrou uma maior variação, e é a que tem a principal influência sobre o C orgânico total (COT). Em ambiente subtropical o tratamento PD foi o que apresentou tendência de saturação e na região tropical os tratamentos PD2, PD5 e VN foram os que apresentaram a mesma tendência, esta ocorreu no compartimento estável do solo, e assim o aumento do COT nestes tratamentos provém do compartimento lábil.

**Palavras-Chave:** Compartimento Lábil, estável, fracionamento.

## **EVIDENCES OF SOIL CARBON SATURATION UNDER NO-TILL IN SUBTROPICAL AND TROPICAL AGRO- ECOSYSTEMS IN BRAZIL**

**Abstract** - Currently, the variation in soil C over time is estimated based on models that assume linearity between residue inputs and C sequestration, considering the assertion that the accumulation of soil C occurs indefinitely. The objective of this work was fractionate the soil of different sampling sites, to separate into two compartments of carbon protection. In sequence identify the best fit (linear or quadratic) between the C of the sample and C in the fractionated compartments, thereby was possible identify evidences of saturation of soil carbon. The soil sampling was carried out in two long-term experiments involving soil tillage treatments (NT and CT) and crop rotations. At each site soil samples collected in areas under natural vegetation (NV) adjacent to the experiments. In both places (Ponta Grossa, experiment station IAPAR and Lucas do Rio Verde, Rio Verde Foundation) the sampling depth was: 0-5, 5-10, 10-20 cm. In both environments, we observed that the particulate fraction of the C (COP) showed greater variation, and it has the major influence on the total organic carbon (TOC). In subtropical environment treating PD showed the saturation trend in tropical and treatments PD2, PD5 and VN were the ones who showed the same trend, this occurred in the compartment stable soil, and thus the increase in TOC in these treatments comes from labile compartment.

**KeyWord:** labile pool, stable pool, fractionation.

## 1. INTRODUÇÃO

Devido a sua grande representatividade no globo, o solo pode atuar como um importante sumidouro de CO<sub>2</sub> atmosférico, com efeitos diretos sobre o efeito estufa (ESWARAN et al., 1993; LAL, 2004 ; CERRI et al., 2012). Práticas agrícolas podem direcionar o solo a atuar como uma fonte ou um dreno de dióxido de carbono atmosférico (LAL, 2004).

Com isso, a preocupação com o aquecimento global tem motivado a comunidade científica em identificar sistemas eficientes de cultivo e manejo do solo e, que podem converter parte do CO<sub>2</sub> atmosférico para carbono orgânico do solo (COS) (RASMUSSEN et al., 1980; BAYER et al., 2000; SÁ et al., 2001; BAYER et al., 2006; CERRI et al., 2007; SÁ e LAL, 2009; BODDEY et al., 2010).

A quantidade, a qualidade e a frequência dos resíduos vegetais adicionados ao solo e associado ao plantio direto constituem-se como componentes básicos para o aumento do estoque de C sob uma ampla gama de taxas de decomposição, mineralogia do solo e características do perfil (BAYER et al.; 2006, OGLE et al. ,2012; VIRTO et al., 2012; Sá et al., 2013). Porém ainda não existe um entendimento claro da capacidade de cada solo em estocar C e não se sabe ao certo se os estoques de C aumentam infinitamente com práticas conservacionistas ou se há um limite máximo para a estabilização de C no solo (SIX et al., 2002).

Recentemente, levava-se em conta a afirmativa de que o acúmulo de C no solo ocorre por tempo indeterminado. Porém alguns estudos, principalmente em regiões de clima temperado, já apontam em direção a saturação de C (REICOSKY et al., 2002; HOOKER et al., 2005).

Maior ênfase ainda precisa ser dada a esse assunto, principalmente em solos sob clima subtropical e tropical. Para saber o período de duração do sequestro de C no solo devido à variação no manejo, primeiramente é necessário conhecer a taxa de sequestro e a capacidade máxima de suporte de C de determinado solo e de cada camada desse solo.

Com isso é essencial o estudo de experimentos de longa duração, para conhecer as taxas de sequestro de cada manejo implantado, juntamente com o estudo de laboratório para conhecer o potencial máximo de cada solo em estocar C.

O objetivo deste trabalho foi fracionar o solo, dos diferentes locais de coleta, visando separar em dois compartimentos de proteção do C (Carbono associado aos minerais e Carbono particulado). E em seguida identificar o melhor ajuste (linear ou quadrático) entre o C da amostra integral e o C nos compartimentos fracionados, com isso identificar possíveis evidências de saturação de C no solo.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Descrição dos experimentos para a coleta de amostras

Os experimentos para a coleta de solo foram de longa duração, sendo localizados em: Ponta Grossa - PR (experimento implantado em 1981 na Estação Experimental do Pólo Regional de Pesquisa do IAPAR); Lucas do Rio Verde, (experimento foi implantado em 1999, na Estação experimental da Fundação Lucas do Rio Verde).

Tabela 01 - Descrição dos locais: localização, tipo de solo, material de origem, clima, uso e manejo do solo, duração do experimento e profundidade de amostragem.

Descrição	Ponta Grossa - PR. (PG)	Lucas do Rio Verde - MT. (LRV)
Localização - Coordenadas	25° 09'S - 50° 09'W	13° 00'S - 55° 58'W
Altitude	865 m	380 m
Tipo de solo (FAO)	LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico
Material de origem	Folhelho Mesotérmico, verão e inverno com chuva, inverno frio (Cfb)	Folhelho e arenito (Material retrabalhado) Tropical úmido, verão quente e muito úmido, inverno quente e seco (Aw)
Temperatura média anual (TMA)	18,5 °C	25,2 °C
Precipitação média anual (PMA)	1545 mm	1950 mm
Uso do solo	VN, PC, PM e PD	VN, PC, e PD1 a PD6
Anos de experimento	28	8
Profundidade de amostragem (cm)	0-5, 5-10, 10-20	0-5, 5-10, 10-20

As amostras foram coletadas nas camadas de 0-5, 5-10, 10-20 cm do perfil do solo, em tratamentos de manejo de solo (plantio direto - PD- e plantio convencional- PC) e rotações de culturas. Para fins de referência, em cada experimento, amostras de solo foram coletadas em áreas nativas (VN) próximas ao experimento (Tabela 02).

Tabela 02 - Local, sistemas de preparo, sequência de culturas em PG nos últimos 10 anos e em LRV nos 8 anos.

Loc al	Sistemas de preparo	Sucessão de culturas
PG	PC	S/AP - M/AP - S/T - S/AP+E - M/AP - S/AP - M/AP - S/AP - M/N - S/E
	PM	S/AP - M/AP - S/T - S/AP+E - M/AP - S/AP - M/AP - S/AP - M/N - S/E
	PD	S/AP - M/AP - S/T - S/AP+E - M/AP - S/AP - M/AP - S/AP - M/N - S/E
LRV	PC	S/M - S/M - S/Al
	PD1	S/M+B - Ar - M - S/M+B - S/M+B - S/M+B - M - S/Cs
	PD2	S/Pg - Ar - M - S/Pg - S/Pg+Gu - S/Pg+Gu - M - S/M+Cs
	PD3	S/Pg+Gu - Ar - M - S/Pg+Gu - S/Pg+Cs - S/Pg+Cs - M - S/Gs+Cs
	PD4	S/Pg+Cs - Ar - M - S/Pg+Cs - S/Gs+B - S/Gs+B - M - S/Sg+Cs
	PD5	S/Sg+B - Ar - M - S/Sg+B - S/Sg+B - S/Sg+B - M - S/Sg+B
PD6	S/Mt - Ar - M - S/Mt - S/M+B - S/M+B - M - S/M	

Sistema de preparo: PC= plantio convencional, PM = plantio mínimo, PD = plantio direto; Sequência culturas para os últimos 10 em PG: S = soja (*Glycine max* (L.) Men), AP = aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), M = Milho (*Zea mays* L.), T = trigo (*Triticum aestivum* L.), E = ervilhaca (*Vicia villosa* Roth), N = nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Sequência de culturas e sistemas de preparo do solo para o experimento de 8 anos em LRV: Al = algodão (*Gossypium hirsutum* L.), B = *Brachiaria ruziziensis* cv. Ruzi, Ar = amoz (*Orixa sativa*); Cs = *Crotalaria spectabilis* Roth, Pg = capim pé de galinha (*Eleusine coracana* (L.) Gaertn), Gu = guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp), Gs = girassol (*Helianthus annuus* L.), Sg = *Sorghum bicolor* (L.) Moench, Mt = milheto (*Pennisetum typhoides* Bunn); Entrada de C pelos resíduos vegetais: acumulativos = soma de entrada de C ao longo dos 28 anos de experiência em PG e 8 em LRV;

## 2.2. Procedimento para o fracionamento do solo

Foi realizada a prática de fracionamento físico, (frações agregadas de 0,053 – 2 mm e < 0,053 mm) é baseado na separação de partículas de MO e MO associada aos minerais, esta foi realizada por peneiramento das amostras de solo molhado. Resumidamente, as amostras de solo de cada tratamento e cada profundidade foram colocadas na estufa (40 °C) onde foram secas e peneiradas através de uma tela de 2 mm. Em seguida foi pesada uma subamostra com 40 g de cada amostra. Essas amostras foram colocadas em frascos onde foram adicionados hexametáfosfato de sódio, três esferas de vidro (10 mm de diâmetro) e 100 mL de água, estes frascos foram tampados e levados a geladeira (4 °C), onde permaneceram por dezesseis horas. Após, os frascos foram levados para agitação horizontal em uma frequência de 100 rpm.

A suspensão foi peneirada com malha de 0,053 mm, visando obter frações de 0,053-2,0 mm (C particulado - COP) e frações menores que 0,053 mm (C associado aos minerais- COAM) do Carbono orgânico total (COT). O material retido na peneira foi lavado com água destilada e suspensão que passou pela peneira (argila + silte) foi transferida para uma proveta de 1 litro, na qual foi adicionado CaCl<sub>2</sub>, para realizar a floculação, em seguida a água em excesso foi retirada com uma bomba de sucção.

Ambas as frações foram secas em estufa a 40 °C e, finalmente, foram analisadas quanto aos teores de COT, por combustão seca utilizando um determinador elementar de C e N (TruSpec CN LECO® 2006, St. Joseph, EUA).

## 2.3. Ajuste dos modelos lineares e de saturação de C

Para determinar se alguma fração de C foi influenciada pela saturação de C, foi utilizada a relação entre o conteúdo de C do solo integral com o conteúdo de C de cada fração. Quando o ajuste da relação entre os dois componentes foi linear, então se considerou que aquela fração não estava sob o efeito da saturação de C, porém se o ajuste apresentou-se assintótico, foi considerada aquela fração como sob efeito de saturação de C.

Os modelos lineares e de saturação de C foram ajustados para cada fração, de cada ambiente, sendo que para a escolha do melhor ajuste dos modelos foi utilizado como critério o maior R<sup>2</sup>.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Ambiente subtropical

No ambiente subtropical entre os tratamentos VN, PD e PC o que apresentou tendência a saturação

foi o PD (Figura 01.a), sendo que esta saturação ocorreu na fração do carbono orgânico associado aos minerais (COAM), ou seja, no compartimento recalitrante do C. Assim sendo, o aumento do carbono orgânico total que ocorrer neste solo estará relacionado principalmente ao compartimento de carbono orgânico particulado, também conhecido como lábil do COT, o qual não apresentou a tendência de saturação.

Quanto aos demais tratamentos (VN e PC) não apresentaram a tendência de saturação em nenhum dos compartimentos do COT (Figura 01. b, c) assim sendo, o aumento do carbono orgânico total nesses tratamentos pode estar relacionado não só ao compartimento lábil (COP), mas também ocorre a contribuição do compartimento recalitrante (COAM).

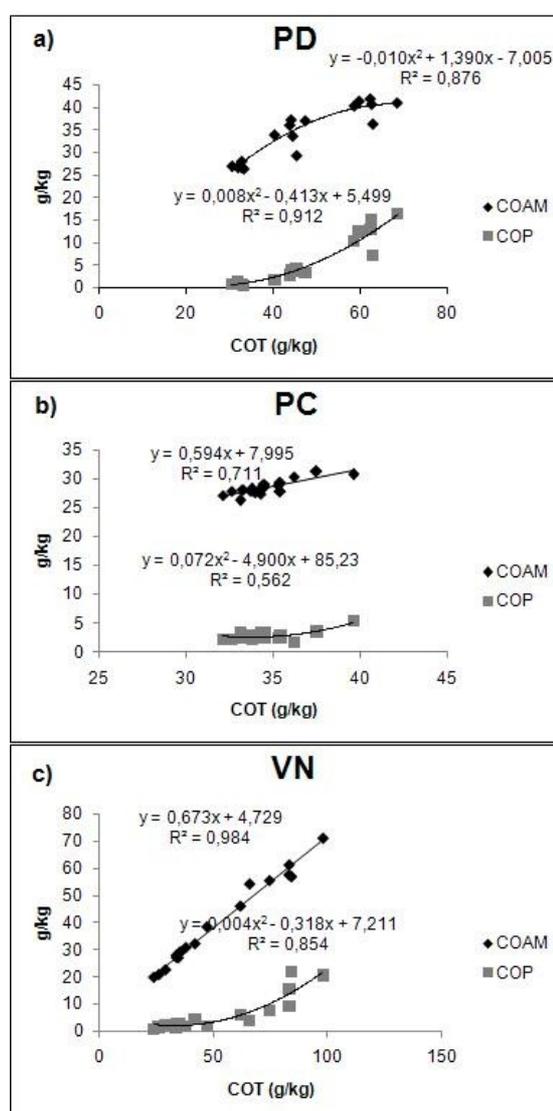


Figura 01 - Diferença na saturação de C nas frações (COP- carbono orgânico particulado; COAM- carbono orgânico associado aos minerais), entre os três tratamentos em ambiente subtropical. a) PD – Plantio direto; b) PC – Plantio convencional; c) VN- Vegetação nativa.

Os resultados demonstram que na camada superficial do solo (0-5 cm), o carbono associado aos minerais representou 75% do conteúdo total de COT tanto para o plantio direto (PD) quanto para a vegetação nativa (VN), enquanto no plantio convencional esta fração representou 91% do COT (Figura 02).

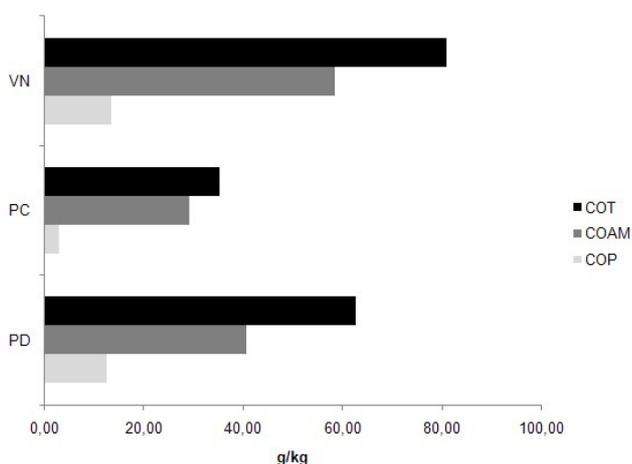


Figura 02 - Estoques de C nos diferentes compartimentos (COT- carbono orgânico total; COP- carbono orgânico particulado; COAM- carbono orgânico associado aos minerais), em profundidade de 0-5 cm dos tratamentos em ambiente subtropical. PD – Plantio direto; PC – plantio convencional; VN – Vegetação nativa.

Ambas as frações do COT foram intensamente afetadas pela conversão das terras e tratamentos de manejo, no entanto as perdas de C foram maiores para a fração particulada (COP), ou seja, a fração lábil do solo. Na camada superficial do solo (0-5 cm) o plantio convencional teve uma redução de 45,7 g kg<sup>-1</sup> no conteúdo de carbono orgânico total, e 37% deste montante foi COP, indicando uma clara redução de C associado aos minerais. O COP mostrou uma maior sensibilidade a mudanças no uso da terra e COAM foi também significativamente afetado pelo cultivo convencional. COP e COAM apresentaram respectivamente, 86% (4,86 Mg C ha<sup>-1</sup>) e 20% (12,14 Mg C ha<sup>-1</sup>) mais C sob PD do que sob PC (Figura 2).

Na VN, no intervalo de 00-20 cm de profundidade do solo, o estoque carbono orgânico total foi 14,3 Mg ha<sup>-1</sup> de carbono, enquanto de carbono orgânico associado aos minerais foi 77,7 Mg ha<sup>-1</sup> de C.

### 3.2. Ambiente tropical

Em Lucas do Rio Verde entre os tratamentos VN, PD1, PD2, PD3, PD4, PD5, PD6 e PC os que apresentaram tendência a saturação foram PD2, PD5 e VN e esta saturação ocorreu nos compartimentos estáveis do COT (Figura 03. b, e, g) assim o aumento do carbono no solo desses tratamentos está ligado diretamente com o aumento do carbono orgânico particulado. Pode até ocorrer o aumento do COAM, porém este será pouco

significativo.

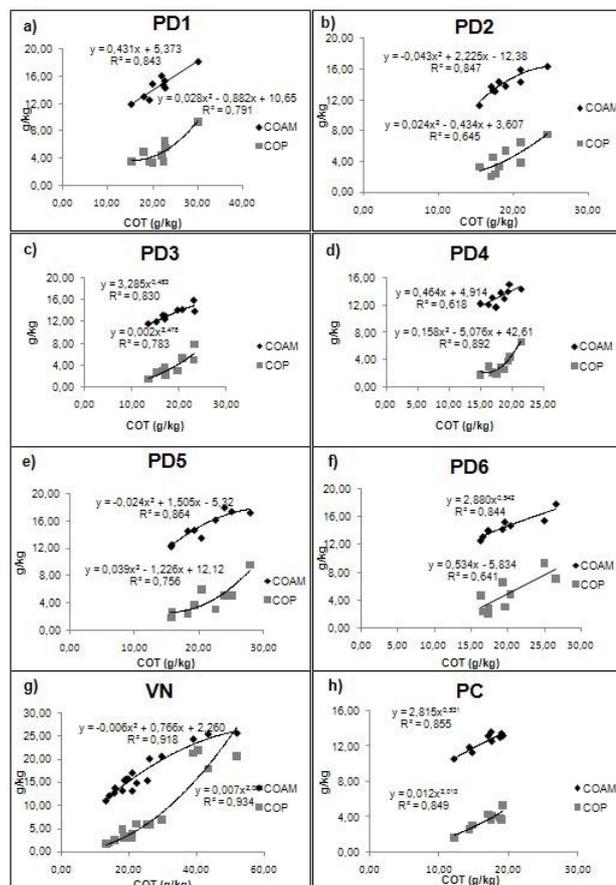


Figura 03 - Diferença na saturação de C nas frações (COP- carbono orgânico particulado; COAM- carbono orgânico associado aos minerais), entre os oito tratamentos em ambiente tropical. a, b, c, d, e, f) PD1 a PD6 – Plantio direto; g) VN- Vegetação nativa ; h) PC – Plantio convencional

Nos tratamentos PD1, PD3, PD4, PD6 e PC não ocorreram tendências de saturação em nenhum dos compartimentos (Figura 03. a, c, d, f, h) com isso o aumento do carbono orgânico total está relacionado aos seus dois compartimentos, ou seja, tanto o lábil quanto o estável.

Os resultados de LRV demonstraram nos tratamentos PD2 e PD5 maior estoque de COAM mostrando o impacto positivo da espécie forrageira de *B. ruziziensis*, em associação com milho ou sorgo. Assim sendo, mesmo clima tropical, que tem condições mais favoráveis para que ocorra maior mineralização da matéria orgânica, se utilizada uma adequada sucessão de culturas, pode-se obter um alto aporte de carbono no solo, podendo levá-lo a tendência de saturação, como a que ocorreu no compartimento lábil desses dois tratamentos sob plantio direto.

### 3.3. Comparação dos dois agroecossistemas – subtropical vs. tropical

A diferença nos estoques de COAM entre as regiões subtropical e tropical ocorre em função da estrutura

morfológica e química da matéria orgânica, da natureza química e física da fração mineral do solo e da arquitetura da matriz do solo (BALDOCK e SKJEMSTAD, 2000). O alto teor de argila e óxidos Fe e Al e o aumento das capacidades potenciais de adsorção e de proteção da fração mineral, são os principais fatores que explicam maiores estoques de COAM em condição subtropical (GONÇALVES et al., 2008). O maior teor de argila neste local aumenta o número de microporos e com isso os potenciais de estabilização da matéria orgânica (MO) contra ataques biológicos.

A fração de COP variou em média, em condições subtropicais de 4,1% (PC) para 9,3% (PD) do carbono orgânico total. Sendo que essa proporção foi levemente maior em condições tropicais e representaram de 14% a 19% (PD). Estes resultados estão de acordo com diversos estudos, como o de Bayer et al. (2002), em regiões tropicais e subtropicais, onde COP foi responsável por 10 a 20% do estoque de COT. Em contrapartida, em regiões temperadas Franzluebbbers e Arshad (1997) encontraram uma maior proporção de cerca de 50% sob condições de clima seco e frio. Comparativamente, o COP pode ter maior mineralização em ambiente tropical em função da maior proporção desta fração, e também pelas condições climáticas desse ambiente. Porém, os dados obtidos para a região subtropical enfatizou o forte impacto das mudanças de uso da terra e práticas de gestão nesta fração de C lábil.

Nos dois ambientes observamos que a fração do COP mostrou uma maior variação na proporção de C entre tratamento e profundidade de amostragem, revelando sua resposta à mudança no manejo do solo.

#### 4. CONCLUSÕES

Tanto em ambiente subtropical quanto em tropical observamos que a fração COP mostrou uma maior variação, e é a que tem principal influência sobre o COT, tanto em ambientes saturados quanto nos não saturados é a fração que mais se relaciona ao aumento do COT do solo.

Em ambiente subtropical o tratamento PD foi o que apresentou tendência de saturação e na região tropical os tratamentos PD2, PD5 e VN foram os que apresentaram a mesma tendência, esta ocorreu no compartimento estável do solo, e assim o aumento do COT nestes tratamentos provém do compartimento lábil.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto de Pesquisa Agrícola do Paraná e a Fundação Lucas do Rio Verde, em especial o Sr. Jader Rosa e o Sr. Clayton Bertolini

por permitir o acesso aos campos experimentais no âmbito das suas responsabilidades. À Fundação Agrisus pelo apoio financeiro a este estudo, assim como ao CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica para a primeira autora. E a toda a equipe do Laboratório de matéria orgânica do solo – LABMOS.

#### REFERÊNCIAS

BALDOCK, J.A. SKJEMSTAD, J.O. The role of the mineral matrix in protecting natural organic materials against biological attack, **Organic Geochemistry**, v.31, p.697-710, 2000.

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 and Tillage Research**, v.53, p.95-104, 2000.

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

BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P.; CONCEIÇÃO, P.C.; ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; DIECKOW, J.; DOS SANTOS, H.P.; DENARDIN, J.E.; AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Carbon accumulation at depth in Ferralsols under zero-till subtropical agriculture, **Global Change Biology**, v.16, p.784-795, 2010.

CERRI, C.E.P., SCHUMANN, A.M., LISBOA, L.S.S., PEREIRA, M.W.M., MUNIZ, R.A. **Alterações nos estoques de C do solo devido mudanças no uso da terra: análise comparativa clima tropical x temperado Tropical**. São Paulo, 2012.

CERRI, C.E.P.; SPAROVEK, G.; BERNOUX, M.; EASTERLING, W.E.; MELILLO, J.M.; CERRI, C.C. Tropical agriculture and global warming: Impacts and mitigation options, **Scientia Agricola**, v.64, p.83-99, 2007.

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

FRANZLUEBBERS, A.J., ARSHAD, M.A., Particulate organic carbon content and potential mineralization as affected by tillage and texture. **Soil Science Society of America Journal**, v.61 (5), p.1382-1386, 1997.

GONÇALVES, D.; LEITE, W.C.; BRINATTI, A.M.; SAAB, S.D.; IAROSZ, K.C.; MASEARENHAS, Y.P.; CARNEIRO, P.I.B.; ROSA, J.A. Mineralogy of a red latosol under different management systems for twenty-four years, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, p.2647-2652, 2008.

HOOKE, B.A., MORRIS, T.F., PETERS, R., CARDON, Z.G. Long-term effects of tillage and corn stalk return on soil carbon dynamics **Soil Science Society of America Journal**, v.69, p.188-196, 2005.

LAL R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, v.304, p.1623-1627, 2004.

OGLE, S.M.; SWAN, A.; PAUSTIAN, K. No-till management impacts on crop productivity, carbon input and soil carbon sequestration. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.149, p.37-49, 2012.

RASMUSSEN, P.E.; ALLMARAS, R.R.; ROHDE, C.R.; ROAGER, N.C. 1980. Crop residue influences on soil carbon and nitrogen in

a wheat-fallow system. **Soil Science Society of America Journal**, v.44, p.596-600, 1980.

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

SÁ, J. C. M. ; SEGUY, L. ; TIVET, F. ; LAL, R. ; BOUZINAC, S. ; BORSZOWSKI, P. R. ; BRIEDIS, C. ; SANTOS, J. B. ; HARTMAN, D.C. ; BORTOLINI, C. ; ROSA, J. A. ; FRIEDRICH, T. . Carbon depletion by ploughing and its restoration by no-till cropping systems in OXISOLS of sub-tropical and tropical agro-ecoregions in BRAZIL. **Land Degradation & Development**,

v. 24, p. 115, 2013. Accepted Article. doi: 10.1002/ldr.2218

SÁ, J.C.M.; LAL, R. Stratification ratio of soil organic matter pools as an indicator of carbon sequestration in a tillage chronosequence on a Brazilian Oxisol, **Soil and Tillage Research**, v.103, p.46-56, 2009.

SIX, J., R.T. CONANT, E.A. PAUL, AND K. PAUSTIAN. Stabilization mechanisms of soil organic matter: Implications for C-saturation of soils. **Plant Soil**, v.241, p.155–176, 2002.

VIRTO, I.; BARRE, P.; BURLOT, A.; CHENU, C. Carbon input differences as the main factor explaining the variability in soil organic C storage in no-tilled compared to inversion tilled agrosystems, **Biogeochemistry**, v.108, p.17-26, 2012.