

RELAÇÃO DO CONTEÚDO DE CARBONO COM A PORCENTAGEM DE CÁLCIO NA CTC_{pH 7,0} SOB SISTEMA PLANTIO DIRETO DE LONGA DURAÇÃO

Ademir de Oliveira Ferreira¹; João Carlos de Moraes Sá²; Telmo Jorge Carneiro Amado³; Clever Briedis⁴; Diego Schmidt Schossler⁵

1. Eng^o. Agr^o. M.Sc. em Agronomia, Doutorando em Ciência do Solo, Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista do CNPq. E-mail: aoferreira1@yahoo.com.br.
2. Prof. Dr. do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa (PR). E-mail: jcmsa@uepg.br
3. Professor Associado do Departamento de Solos, Universidade Federal de Santa Maria, Bolsista do CNPq. E-mail: tamado@smail.ufsm.br
4. Eng^o. Agr^o. M.Sc. em Agronomia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa (PR). E-mail: cleverbriedis@yahoo.com.br
5. Eng^o. Agr^o. Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: diegoschossler@hotmail.com

Data de recebimento: 07/10/2011 - Data de aprovação: 14/11/2011

RESUMO

O cálcio é um elemento crucial para a estabilização da matéria orgânica do solo e de agregados, através do seu papel na formação de complexos com a argila e a matéria orgânica através de ponte catiônica. Essa ligação é uma forma de estabilizar e aumentar o tempo de permanência do C no solo. O objetivo desse trabalho foi avaliar a relação do conteúdo de carbono com a porcentagem de cálcio na CTC_{pH 7,0} sob sistema plantio direto de longa duração. O experimento foi localizado na região dos Campos Gerais (PR). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em arranjo fatorial 2x2x3. Os fatores analisados foram: (a) dois solos: Latossolo Vermelho Distrófico típico classe textural franco argilo arenosa e Latossolo Vermelho Distrófico típico classe textural franco argilosa; (b) profundidades de amostragem: 0-0,05 e 0,05-0,20 m; (c) épocas de amostragem (E_1 -outubro de 2007; E_2 -setembro de 2008). Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR 5.0, utilizando o teste de Tukey a 5% de significância. Houve incremento no conteúdo de carbono acompanhando o aumento da porcentagem de Ca na CTC_{pH 7,0}.

PALAVRAS-CHAVE: matéria orgânica; ponte catiônica; solos subtropicais.

SOIL ORGANIC CARBON AND CALCIUM SATURATION IN CEC PH 7.0 RELATIONSHIP IN LONG TERM NO-TILL SYSTEM

The calcium is a key chemical element to soil organic matter stabilization and soil aggregate stability, its play a role in promote bridging between clay and soil organic matter. This bridge is an efficient and increase the residence time of Carbon. This work aim to evaluate the relationship between soil carbon content and calcium saturation in CEC_{pH 7.0} under long-term no-tillage. The experiment was located in Campos Gerais Paraná State. The experimental design was random block in a factorial 2x2x3. The factors evaluated were: two soil types (Red Oxisol typic dystrofic

with loam texture and Red Oxisol typic distrofic with loam clay texture); soil depths (0-0,05 and 0,05-0,20 m); c) time of soil sampling (E₁ – october 2007; E₂ september 2008). The results were analyzed by SISVAR 5.0 through Tukey 5% significance level. There was increase in soil carbon following the increase of calcium in CEC_{pH 7.0}. **KEYWORDS:** soil organic matter; clay-soil organic bidding; subtropical soils.

INTRODUÇÃO

Na agricultura, o manejo conservacionista direciona o solo a atuar como dreno de C e o principal mecanismo está associado à manutenção de agregados, o qual protege fisicamente o C em seu interior, permitindo um ambiente menos oxidativo, comparado ao sistema de cultivo convencional, dificultando a degradação microbiana. O estágio mais avançado do manejo conservacionista é o sistema plantio direto (SPD), que consiste no mínimo revolvimento do solo, restringindo-o à linha de semeadura e associado à rotação de culturas e ao aporte contínuo de resíduos vegetais.

O carbono orgânico total (COT) do solo tem papel muito importante na melhoria das condições químicas (FONTANA et al., 2006; SÁ et al., 2009), físicas (TISDALL & OADES, 1982; CASTRO FILHO et al., 1998; MADARI et al., 2005) e biológicas do solo (SPARLING et al., 1998), assim como desempenha também importante função ambiental. Devido o COT ter grande relevância no compartimento global de carbono (KERN et al., 1993; STEVENSON, 1994), sua elevação ou o aumento de seu estoque, faz com que o solo se torne um dreno de CO₂, o que diminui seu impacto negativo na atmosfera.

O cálcio é um elemento crucial para a estabilização da matéria orgânica do solo (MOS) e de agregados, através do seu papel na formação de complexos com a argila e a matéria orgânica através de ponte catiônica (SIX et al., 2004; BRONICK & LAL, 2005). Essa ligação é uma forma de estabilizar e aumentar o tempo de permanência do C no solo, devida à proteção física derivada da formação de microagregado (EDWARDS & BREMNER, 1967; SIX et al., 2004). Segundo BALDOCK et al. (2000), o processo de formação de pontes de cálcio, é o fator dominante do efeito positivo de longo prazo da adição de cálcio sobre a estabilidade estrutural do solo.

O objetivo desse trabalho foi avaliar a relação do conteúdo de carbono com a porcentagem de cálcio na CTC_{pH 7,0} sob sistema plantio direto de longa duração

METODOLOGIA

Localização, clima e descrição da área de estudo

O presente trabalho foi desenvolvido na Fazenda Escola Capão da Onça - FESCON, município de Ponta Grossa-PR, Brasil, situada a 990 m de altitude sob as coordenadas geográficas 25°05'49" LS e 50°03'11" LW .

A área experimental foi situada em uma topossequência abrangendo solos profundos e bem drenados, nos terços superior e médio da vertente, enquanto que no terço inferior os solos possuem drenagem mais impedida. Os solos analisados foram: Latossolo Vermelho Distrófico típico, com classe textural franco argilo arenosa e Latossolo Vermelho Distrófico típico, com classe textural franco argilosa (EMBRAPA, 2006). O material de origem é derivado de material retrabalhado de arenitos da formação Furnas e folhelhos da formação Ponta Grossa. A vegetação nativa regional é constituída por composição florística denominada campos subtropicais dos Campos Gerais-PR. O relevo é suave ondulado com pendentes entre 5 a 7% de declividade.

O clima é caracterizado como subtropical úmido, mesotérmico, do tipo cfb (classificação de Köppen). No período do experimento (outubro de 2007 a setembro 2008) a temperatura média máxima foi de 26°C e a mínima de 13°C (Tabela 1), e a pluviosidade total foi de 1558 mm (IAPAR, 2010).

TABELA1. Distribuição mensal da precipitação pluviométrica relacionada com média da temperatura máxima (Tmax.) e temperatura mínima (Tmin.)

Descrição		Meses												Média
		Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
Dados Históricos†	Precip	188	155	136	105	118	115	95	80	134	149	120	150	119,1
	Tmax	28	27	26	24	22	20	20	22	29	24	26	27	24,5
	Tmin	17	17	16	14	11	9	9	10	12	14	15	16	13,3
2007-2008††	Precip	60	195	214	154	158	105	161	83	137	54	184	53	129,8
	Tmax	28	28	30	28	30	28	27	23	20	25	23	24	23,6
	Tmin	15	15	16	17	17	17	14	10	9	9	11	11	13,4

† Dados históricos em Ponta Grossa no período de 44 anos para os meses de janeiro a dezembro.

†† Dados do experimento no período de outubro de 2007 a setembro de 2008.

Esse estudo foi conduzido em dois solos: Latossolo Vermelho Distrófico típico classe textural franco argilo arenosa e Latossolo Vermelho Distrófico típico classe textural franco argilosa (Figura 1) durante longo período sob SPD (20 anos) com as seguintes rotações de culturas:

- classe textural franco argilo arenosa: trigo/soja/aveia preta + ervilhaca/milho
- classe textural franco argilosa: trigo/milho/aveia preta + ervilhaca/soja

A quantidade de resíduos culturais das áreas em estudo foi em média de 5,16 Mg ha⁻¹.

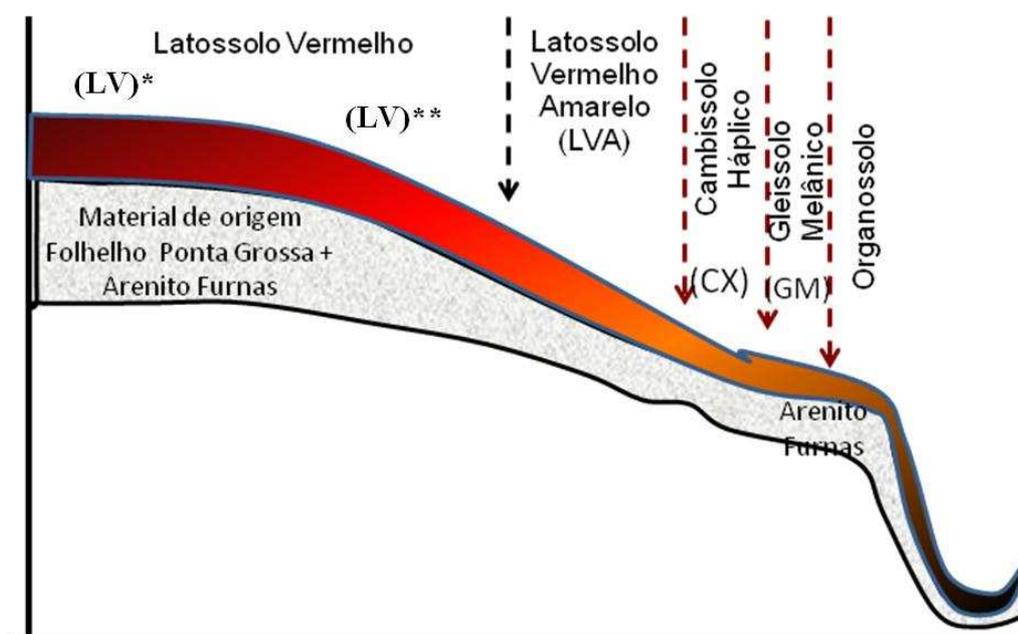


FIGURA 1. Perfil topográfico da pedossequência. *Latossolo Vermelho Distrófico típico classe textural franco argilosa; **Latossolo Vermelho Distrófico típico classe textural franco argilo arenosa.

Fonte: FERREIRA (2009).

A análise mineralógica foi realizada em amostras de perfis de Latossolos Vermelhos situados na posição de topo da pedossequência analisada por SÁ (1995). Nos difratogramas de raio X dos três horizontes analisados (Ap, Bw1 e Bw2) ocorre os seguintes minerais de argila: caulinita, gibbsita e vermiculita com alumínio interlamelar (V-AL) citados por SÁ (1995).

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi constituído em blocos ao acaso com arranjo em fatorial 2x2x2.

Os fatores considerados foram:

a) Solos :

Latossolo Vermelho Distrófico típico (Figura 1), com classe textural franco argilo arenosa -TM (232,5 g kg⁻¹ de argila);

Latossolo Vermelho Distrófico típico, com classe textural franco argilosa - TA (401 g kg⁻¹ de argila);

b) Profundidades de amostragem: 0-0,05 m e 0,05-0,20 m;

c) Épocas de amostragem: Época 1 (E₁) após colheita do trigo (outubro de 2007); Época 2 (E₂) após o manejo mecânico (rolagem com rolo faca) da aveia preta + ervilhaca (setembro de 2008).

Os tratamentos foram dispostos no campo na forma de transectos conforme detalhes apresentados no croqui do experimento no campo (Figura 2).

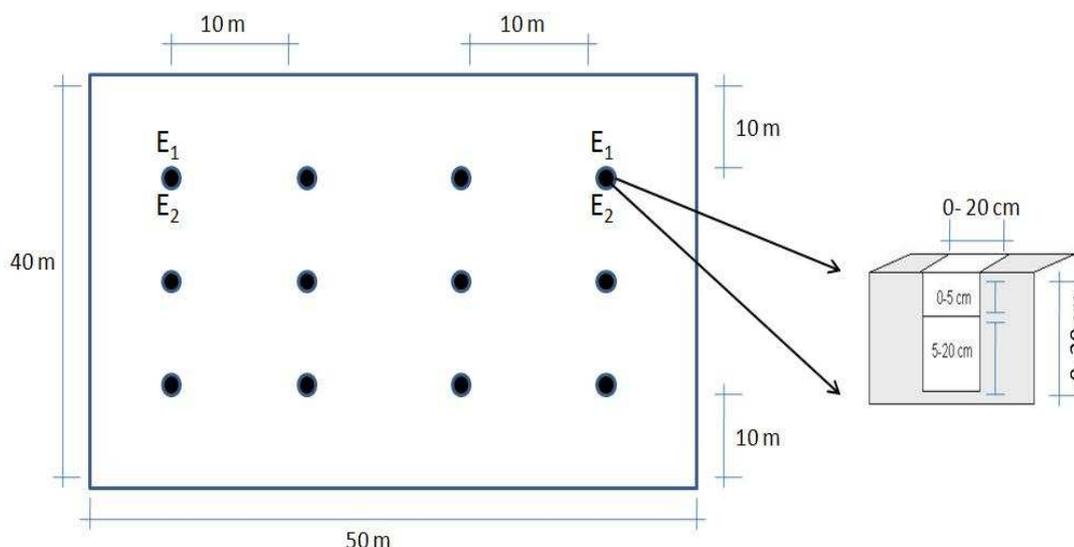


FIGURA 2. Croqui com o detalhe da localização dos tratamentos e do procedimento de amostragem do solo.

Fonte: Ferreira (2009).

Análise granulométrica, química

A análise granulométrica foi realizada utilizando o método de Bouyoucos conforme descrito por EMBRAPA (1997).

As análises químicas foram realizadas conforme PAVAN et al. (1992) em amostras compostas (10 sub-amostras) nas profundidades de 0-5 e 5-20 cm (tabela 2).

TABELA 2. Caracterização química e física do Latossolo Vermelho Distrófico típico nas duas classes texturais.

Classe textural	Prof. (m)	pH	H + Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	CTC	P	C	Areia	Silte	Argila
TM [†]	0-0,05	5,6	3,9	0,0	4,4	2,2	0,	10,9	24,8	17,	675	108	218
	0,05-0,20	4,8	6,0	0,4	1,8	1,7	0,	9,69	3,3	10,	659	94	247
TA ^{††}	0-0,05	5,0	6,8	0,1	3,4	1,5	0,	12,1	26,7	22,	506	94	400
	0,05-0,20	5,0	6,3	0,2	2,7	1,6	0,	10,9	12,4	17,	509	89	402

[†]classe textural franco argilo arenosa; ^{††}classe textural franco argilosa;

Determinação de Carbono total

O conteúdo de C nas classes de agregados e na fração particulada foi determinado pelo método da combustão seca utilizando um determinador elementar de C e N (TruSpec CN LECO[®] 2006, St. Joseph, EUA).

Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR 5.0, (FERREIRA, 2007) utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a obtenção das curvas de resposta foi utilizado o procedimento da análise de regressão pelo programa JMP IN[®] Version 3.2.1 (SALL et al., 2005), utilizando o teste F a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conteúdo de COT x CTC_{pH 7,0}

Constatou-se elevada afinidade entre o COT e a CTC_{pH 7,0} indicando que em solos cultivados a longo período sob plantio direto essas variáveis se ajustam com o passar do tempo. Obteve-se uma significativa correlação entre conteúdo de COT e CTC_{pH 7,0} (Figura 3). Resultados semelhantes foram reportados por SÁ et al. (2009), onde a relação entre estes dois parâmetros foi linear e significativa.

A redução no conteúdo de COT nas camadas mais profundas do solo indica a ocorrência de uma estratificação entre a camada superficial e a subsuperficial devido à adição contínua de C pelos resíduos orgânicos enriquecendo a camada superficial do perfil do solo (SÁ & LAL, 2009). Esse enriquecimento mantém a qualidade do solo através da melhor agregação facilitando as trocas gasosas e fluxo de água no perfil (DORAN & PARKING, 1994; FRANZLUEBBERS, 2007; FRANZLUEBBERS, 2010).

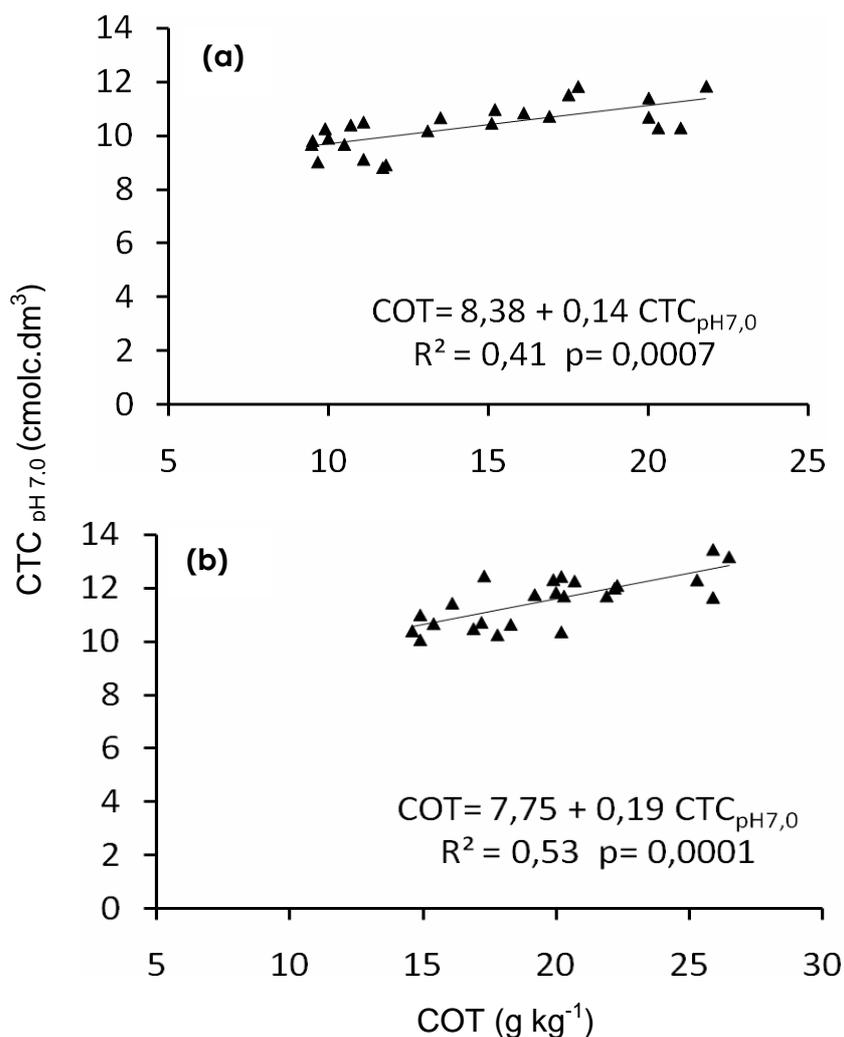


FIGURA 3. Regressão entre o carbono orgânico total do solo (COT) e a capacidade de troca catiônica em pH 7,0 ($CTC_{pH\ 7,0}$) na camada 0-20 cm de um Latossolo Vermelho sob plantio direto de longa duração. **(a)** Textura média, **(b)** textura argilosa.

Conteúdo de COT x porcentagem de cálcio (Ca)

No Latossolo Vermelho com textura média constatou-se que a porcentagem de cálcio (Ca) na $CTC_{pH\ 7,0}$ na camada superficial de 0-0,05 m foi de 48% e superou em 2,82 vezes o valor encontrado na camada de 0,05–0,20 m (17%). No Latossolo Vermelho com textura argilosa a porcentagem de Ca na camada superficial de 0-0,05 m foi de 41% e apenas 1,37 vezes superior ao encontrado na camada de 0,05–0,20 m (30%). Esse resultado indica maior RE do Ca no Latossolo Vermelho de textura média, corroborando com as observações de outros autores (SIX et al., 2004; BRONICK & LAL, 2005) que afirmaram que o Ca é considerado um elemento chave para a estabilização da MOS e de agregados. Também reportaram o papel do Ca na formação de complexos com a argila e com a matéria orgânica, através da formação de pontes catiônicas e contribuindo para a melhoria da agregação na camada superficial. Este argumento é respaldado pela relação significativa entre % de Ca (e.g. % de Ca na $CTC_{pH\ 7,0}$) e o COT do solo (Figura 4) para as duas classes texturais, embora a relação tenha sido mais expressiva no Latossolo Vermelho textura média. Dados estes ratificados por CAIRES et al. (2008) que em experimento

de longa duração na região dos Campos Gerais reportaram incremento no conteúdo de C acompanhando o aumento de Ca^{2+} .

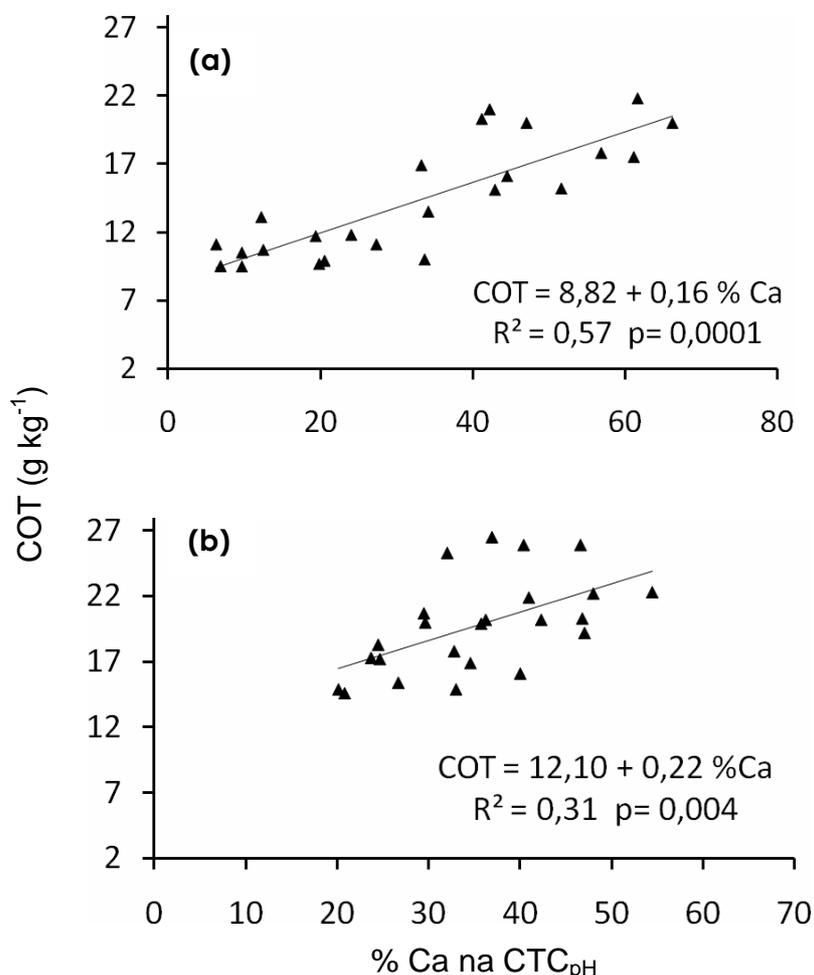


FIGURA 4. Regressão entre a % de Ca na $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ e o conteúdo de carbono orgânico total do solo (COT) na camada 0-20 cm de um Latossolo Vermelho sob plantio direto de longa duração. **(a)** Textura média, **(b)** textura argilosa.

BRIEDIS (2010) na região dos Campos Gerais em análise de uma secção da fração argila, com o uso do EDS/MEV, revelou que o Ca^{2+} correlacionou-se com o carbono em escala micrométrica. Com isso, no presente estudo pode-se afirmar que o aumento de C acompanhando do aumento da porcentagem de Ca na $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$ constitui-se em uma prática que, além de promover a melhoria da fertilidade do solo, ocasiona também positivo impacto ambiental por atuar no dreno de C no solo.

CONCLUSÕES

Houve incremento no conteúdo de carbono acompanhando o aumento da porcentagem de Ca na $\text{CTC}_{\text{pH } 7,0}$.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRIEDIS, C. **Compartimentos da matéria orgânica do solo, agregação, mecanismos de proteção e seqüestro de carbono influenciados pela calagem superficial em sistema plantio direto**. 2010. 86f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná.
- BALDOCK, J.A.; SKJEMSTAD, J.O. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biological attack. **Organic Geochemistry**, v.31, p.697–710, 2000.
- BRONICK, C. J.; LAL, R. Soil structure and management: a review. **Geoderma**, v. 124, p.3-22, 2005.
- CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUJO, F. J.; CHURKA, S. Soil acidity, liming and soybean performance under no-till. **Scientia Agricola**,v. 65, n.5, p. 532-540, 2008.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o conteúdo de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.527-538, 1998.
- Doran, J.W. & Parkin, T.B. Defining And Assessing Soil Quality. In: Doran, J.W.; Coleman, D.C.; Bezdicek, D.F. & Stewart, B.A. eds. Defining soil quality for a sustainable environment. **Soil Science Society of America Journal**, p.3-22, 1994. (Publication Number, 35).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 Ed. Rio de Janeiro, RJ, 1997. p. 212.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.
- EDWARDS, A.P.; BREMMER, J.M. Microaggregates in soils. **European Journal of Soil Science**, v.18, p.64–73, 1967.
- FRANZLUEBBERS, A.J., SCHOEMBERG, H.H., ENDALE, D.M. Surface-soil responses to paraplowing of long-term no-tillage cropland in the Southern Piedmont USA. **Soil and Tillage Research**, v.96, p.303-315, 2007.
- FRANZLUEBBERS, A.J. Achieving soil organic carbon sequestration with conservation agricultural systems in the southeastern USA. **Soil Science Society of America Journal**, v.74, n.2, p.347-357, 2010.
- FERREIRA, A.O. **Compartimentos da matéria orgânica como indicadores do seqüestro de carbono em sistema plantio direto de longa duração**. 2009. 98f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Paraná.

FERREIRA, D. F. **Sisvar versão 5.0 (Biud 66)**. Sistemas de análises de variância para dados balanceados: programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos. Lavras, MG, Universidade Federal de Lavras, 2007.

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

IAPAR. **Médias históricas em estações do IAPAR**. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Ponta_Grossa.htm. Acesso em fev. 2010.

KERN, J.S.; JOHNSON, M.G. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels. **Soil Science Society of America Journal**, v.57, p.200-210, 1993.

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

PAVAN, M.A.; BLOCH, M.F.; ZEMPULSKI, H.C.; MIYAZAWA, M. & ZOCOLER, P.C. **Manual de análise química do solo e controle de qualidade**. Curitiba, Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 38p. (Circular, 76).

SÁ, J.C.M.; CERRI, C.C.; LAL, R.; DICK, W.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v.104, p.56-64, 2009.

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.

SÁ, M. M. F. **Influência do material de origem, superfícies geomórficas e posição na vertente nos atributos do solo da região dos Campos Gerais, PR**. 1995. 205f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Paraná, 1995.

SALL, J.; CREIGHTON, L.; LEHMAN, A. **JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP and JMP IN software**. 3rd ed. Cary: Duxbury Press, 2005. 580p.

SPARLING, G.; VOJVODIC-VUKOVIC, M.; SCHIPPER, L.A. Hot-water-soluble C as a simple measure of labile soil organic matter: the relationship with microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.30, p.1469-1472, 1998.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2.ed. New York, J. Wiley, 1994. 496p.

SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEFF, K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, v.79, p.7-31, 2004.

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