

ESTABILIDADE DE AGREGADOS DO SOLO DEVIDO A SISTEMAS DE CULTIVO

Rafael Schimiguel, João Carlos de Moraes Sá, Clever Briedis, Daiani Da Cruz Hartman, Juliane Zuffo

Universidade Estadual de Ponta Grossa <rschimiguel@hotmail.com>

Resumo - A estabilidade dos agregados do solo é influenciada por sistemas de manejo e práticas culturais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição da fração lábil da matéria orgânica do solo (MOS) na estabilidade dos agregados em sistemas de manejo e rotação de culturas. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com quatro repetições, distribuído em esquema fatorial 2 x 2 + 1, com dois sistemas de manejo (plantio convencional (PC) e plantio direto (PD)) e dois sistemas de rotação de culturas (com rotação e com sucessão de culturas) mais uma área de mata para referência. Em 2011, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-5, 5-10 e 10-20 cm, visando a separação em classes de agregados. Após o tamisamento a úmido, as amostras foram secas à temperatura de 40 °C, determinando-se o diâmetro médio ponderado (DMP). Nas amostras integrais foi determinado o conteúdo das frações lábeis extraídas por água quente (C-aq) e por permanganato (C-per). O sistema de plantio direto proporcionou maior DMP em relação ao PC. O solo em PD apresentou maior quantidade de carbono lábil e proporcionou maior coeficiente de correlação em relação ao PC. O sistema de plantio convencional apresentou menores índices de agregação em relação ao sistema de plantio direto. Sistemas de cultivo sem revolvimento do solo e com rotação de culturas promovem maiores teores de carbono da fração lábil. Valores de C-aq e C-per relacionam-se positivamente com DMP, o que reflete em maior qualidade física e maior proteção da matéria orgânica do solo.

Palavras-Chave: DMP, sistemas de cultivo, permanganato, água quente.

SOIL AGGREGATES STABILITY DUE TILLAGE SYSTEMS

Abstract - Aggregate stability is influenced by soil tillage systems and cultural practices. The purpose of this study was to evaluate the contribution of the labile fraction of soil organic matter (SOM) on aggregate stability under management systems and crop rotations. The experimental design was a randomized block design with four replications, distributed in a factorial 2 x 2+1, with two tillage systems (conventional tillage (CT) and no-tillage (NT)) and two systems crop rotation (rotation and crop succession) another area as reference. In 2011, soil samples were collected in the 0-5, 5-10 and 10-20 cm, aiming at the separation classes of aggregates. After wet sieving, the samples were dried at the temperature of 40 °C, determining the water stable aggregate (WSA). In whole samples was determined the content of labile extracted by hot water (C-hw) and permanganate (C-per). The NT provided greater WSA compared to the CT. The ground NT showed a higher amount of labile and provided highest correlation coefficient with respect to the CT. The CT lower levels of aggregation compared to NT. Cropping systems without soil tillage and crop rotation promotes higher levels of labile carbon. Values of C- hw and C-per relate positively with WSA, which reflects in higher quality and greater physical protection of the soil organic matter.

KeyWord: WSA, tillage systems, permanganate, hot water.

1. INTRODUÇÃO

A estrutura do solo tem papel fundamental no desenvolvimento vegetal e na erosão hídrica. Solos bem estruturados possuem maior porosidade, o que resulta numa melhor percolação da água da chuva ou irrigação, além de facilitar a troca gasosa, conferindo-lhe melhores condições para o desenvolvimento do sistema radicular das plantas e uma maior resistência aos agentes erosivos.

O tamanho dos agregados do solo interfere diretamente no fator estrutural. Quanto maior for o diâmetro médio desses agregados, menor será a possibilidade de erosão, maior será a quantidade de carbono fixada ao solo e melhor será a retenção de umidade.

A matéria orgânica desempenha a função de condicionar a estrutura complexa do solo e as longas cadeias de carbono, agregando partículas minerais. Uma quantidade maior de matéria orgânica disponibilizada para o solo proporciona maior qualidade estrutural.

Segundo um estudo de Silva & Mielniczuk (1997), as raízes, apesar de representarem uma pequena fração dos constituintes orgânicos do solo, exercem grande influência na formação e estabilidade dos agregados do solo. Sistemas de manejo, quando associados à rotação de culturas, influenciam a estabilidade e o tamanho de agregados. Em um estudo conduzido no Mato Grosso do Sul foi verificado a existência de significativa elevação do diâmetro médio ponderado dos agregados estáveis em água quando o plantio direto foi associado à rotação de culturas, fato que não se repetiu quando o sistema de preparo foi conduzido em ausência da rotação (HERNANI & GUIMARÃES, 1999).

Do ponto de vista agrônômico, a estrutura do solo é um dos atributos mais importantes, tal qual interfere diretamente na disponibilidade de ar e água às raízes das plantas, no suprimento de nutrientes, na resistência mecânica do solo à penetração e no desenvolvimento do sistema radicular. A manutenção de um bom estado de agregação e estabilidade é indispensável para garantir altas produtividades agrícolas.

Estabelecer sistemas de manejo conservacionistas que objetivam a sustentabilidade do solo é de grande interesse para a atividade econômica. Morais & Cogo (2001) afirmam que os sistemas conservacionistas de preparo do solo são eficazes na redução das perdas de solo em virtude da permanência da cobertura por resíduos remanescentes das culturas anteriores.

O sistema de plantio direto, ao manter os resíduos culturais na superfície aumenta a matéria orgânica do solo e melhora a estabilidade dos agregados. O fato desse sistema de manejo não adotar a prática do revolvimento de solo também evita a ruptura dos

agregados (CORRÊA, 2002).

O método de análise dos agregados tem por objetivo determinar a quantidade e a distribuição do tamanho de agregados estáveis em água. Esse método caracteriza-se pela agitação lenta, dentro de água, de uma amostra de solo, por tempo determinado. As frações das amostras que permanecem em uma ou várias classes de tamanho são usadas para descrever a condição estrutural da amostra inicial do solo.

O carbono lábil é aquele carbono constituinte de compostos orgânicos mais facilmente mineralizados pelos microrganismos do solo. Em termos práticos, este é considerado o carbono oxidável com uma solução de permanganato de potássio, visto que este se correlaciona com o carbono oxidado pelos microrganismos do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição da fração lábil da matéria orgânica do solo (MOS) na estabilidade dos agregados em sistemas de manejo e rotação de culturas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de solo foram coletadas em um campo experimental de longo prazo situado no centro nacional de pesquisa de soja da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa soja) em Londrina (23°11'S - 51°11'W), Paraná.

O experimento de manejo de solo e rotação foi implantado na safra verão de 1988/89, o qual está distribuído em blocos completos ao acaso, em quatro repetições, distribuídos em esquema fatorial 2 x 2 +1. Os tratamentos foram plantio convencional (PC) e plantio direto (PD). Cada sistema de plantio foi submetido a uma sucessão de cultura (trigo (*Triticum aestivum* L.)/soja (*Glycine max* L. Merr.) e uma rotação de culturas (tremoço branco (*Lupinus albus* L.) / milho (*Zea mays* L.)) – aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) / soja-trigo/ soja-trigo/ soja). Além disso, uma área anexa de vegetação nativa foi escolhida como referência.

Amostras de solo foram coletadas em março de 2011 nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. As amostras de solo para separação das classes de agregados foram coletadas em capacidade de campo, com auxílio de uma espátula, retirando-se um bloco indeformado da camada amostrada. Cada bloco foi passado através de uma peneira com abertura de 19 mm, no próprio local da amostragem, rompendo o solo delicadamente com os dedos, nas linhas de fraqueza (BARRETO et al., 2009).

As classes de agregados foram separadas por peneiramento úmido por um processo baseado em Castro Filho et al. (1998). O peneiramento, para cada amostra, foi conduzido em triplicata. Cada série da triplicata continha uma sequência de cinco

peneiras (8, 2, 0,5, 0,25 e 0,053 mm). Uma sub-amostra de 80 g foi umedecida por capilaridade por 10 min, colocando-a em um papel filtro no topo da peneira de 8 mm. O volume de água foi colocado no reservatório até o nível de molhar o papel filtro. O papel filtro então foi removido e o processo de peneiramento foi conduzido através da agitação vertical, das três séries de peneiras, com 30 oscilações por minuto, durante um período de 15 min. No final, cada classe de agregado estável em água foi passada para um recipiente plástico e secada à temperatura de 60 °C.

O diâmetro médio ponderado, pelo qual se permite comparar diversos sistemas de manejo quanto à organização da estrutura do solo, foi calculado através da fórmula:

$$\sum_{i=1}^n (x_i \cdot w_i)$$

onde, w_i = proporção de cada classe em relação ao total e x_i = diâmetro médio das classes (mm).

O carbono extraído em água quente (C-aq) foi determinado em amostras de solo conforme descrito por Ghani et al. (2003). Para isso, 3 g de solo foram pesadas em tubos de centrifuga de 15 mL e adicionado 9 mL de água deionizada (relação solo:água 1:3). Os tubos foram agitados manualmente por 10 s para suspender o solo na água e colocados em estufa a 80 °C por 16 h. Depois do período de incubação, os tubos foram agitados manualmente para assegurar que o C liberado foi totalmente suspenso e então centrifugados por 30 min a 4000 rpm. Da solução sobrenadante obtida, coletou-se 6 mL para determinação do C pelo método de combustão úmida, modificado de Walkley & Black (1934) e descrito por Nelson & Sommers (1996).

O C extraído por permanganato (C-per) foi realizado de acordo a metodologia modificada de Tirol-Padre & Ladha (2004). Para isso, 1 g de solo com 10 ml de $KMnO_4$ a 60 Mm foram agitados e centrifugados. Diluiu-se o sobrenadante, e com uma alíquota foi realizada leitura em absorvância a 565 nm. A alteração da concentração de $KMnO_4$ foi usada para estimar a quantidade de C oxidado.

Os resultados do carbono de C-aq, C-per e DMP nas diferentes camadas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, através do programa SISVAR 5.1. Análise de regressão linear foi usada para avaliar a relação entre C-aq e DMP e entre C-per e DMP. O nível de significância do coeficiente de determinação (R^2) foi encontrada através do programa JMP IN versão 3.2.1.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação de estabilidade dos agregados revelou que o PD com rotação de culturas resultou em maior porcentagem de agregados maiores que 8 mm e 2 mm, e maior DMP em relação aos outros sistemas de cultivo, nas profundidades de 0-5 e de 5-10 cm (Figura 01). Os resultados desse sistema de cultivo foram muito próximos aos valores da mata, o qual é considerado o ideal.

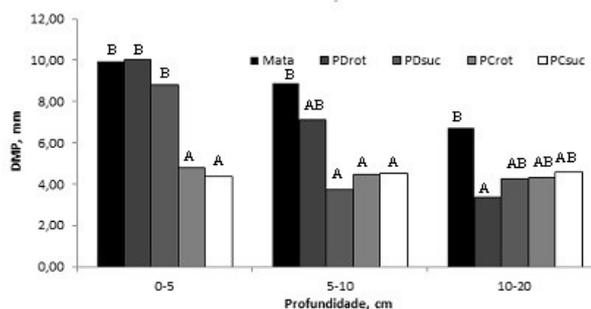


Figura 01 – Diâmetro médio ponderado (DMP) nos tratamentos mata nativa (Mata); plantio direto com rotação de culturas (PD rot); plantio direto com sucessão de culturas (PD suc); plantio convencional com rotação de culturas (PC rot); plantio convencional com sucessão de culturas (PC suc).

Os menores valores, nas camadas mais superficiais, foram verificados no sistema de PC (com rotação e sucessão de culturas). Isso está relacionado com o fato de que nesse sistema de cultivo adotam-se práticas de revolvimento do solo, os quais agredem de forma significativa a estrutura do solo (OLIVEIRA et al., 2003)

O plantio direto proporciona maior estabilidade de agregados, quando comparado com o sistema convencional de preparo do solo, devido à não destruição mecânica dos agregados pelos implementos de preparo do solo, e à proteção que a cobertura de palha oferece à superfície do solo (MORAIS & COGO, 2001).

O incremento de C ao solo, via raízes especialmente, é fundamental para existência de macroagregados, o que é evidenciado pelos sistemas que não adotam o revolvimento do solo, que apresentaram DMP significativamente maior que os sistemas de plantio convencional. A manutenção dos restos culturais sobre a superfície do solo favoreceu o desenvolvimento de agregados maiores que 2 mm.

O tipo de vegetação é um fator importante de formação de agregados, mediante a ação mecânica decorrente do crescimento e funcionamento das raízes, microrganismos e da fauna do solo, que são estimuladas pelo não revolvimento do solo e pela rotação de culturas, proporciona o agrupamento dos microagregados, resultando na formação de macroagregados (KOBAYAMA et al., 2001).

Houve uma diferença significativa nos teores de C-aq nos diferentes tratamentos (Figura 02). O PD apresentou uma quantidade maior de C-aq em relação ao PC. O fato do sistema de plantio direto manter a palha na camada superficial do solo contribui para o enriquecimento do teor de carbono no solo.

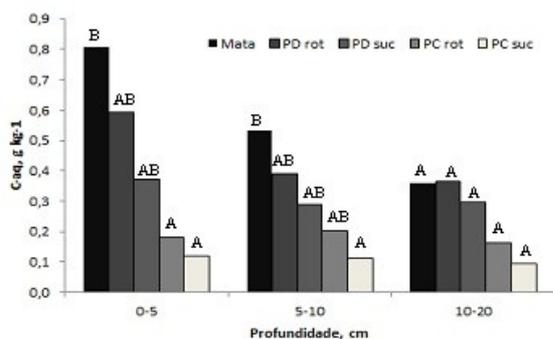


Figura 02 – Carbono em água quente (C-aq) nos tratamentos mata nativa (Mata); plantio direto com rotação de culturas (PD rot); plantio direto com sucessão de culturas (PD suc); plantio convencional com rotação de culturas (PC rot); : plantio convencional com sucessão de culturas (PC suc).

O mesmo aconteceu em relação aos teores de C-per, visto que o sistema de PD apresentou maior quantidade de carbono quando comparado ao PC. Observou-se que o PD, principalmente nas camadas mais superficiais, apresentou maiores quantidades de carbono (Figura 03).

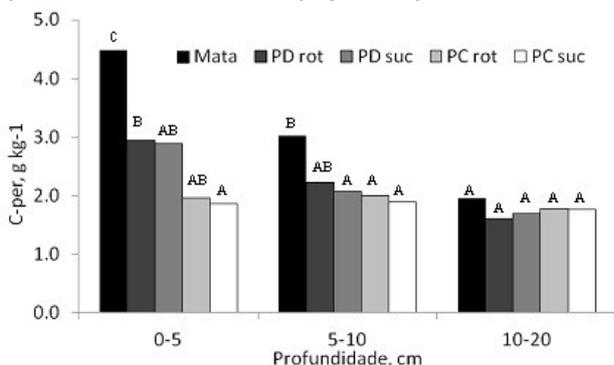


Figura 03 – Carbono em permanganato (C-per) nos tratamentos mata nativa (Mata); plantio direto com rotação de culturas (PD rot); plantio direto com sucessão de culturas (PD suc); plantio convencional com rotação de culturas (PC rot); : plantio convencional com sucessão de culturas (PC suc).

O aporte de C em frações lábeis da matéria orgânica está relacionado à sua proteção física no interior de agregados, em consequência da inacessibilidade aos microrganismos e suas enzimas (FELLER & BEARE, 1997). Portanto, o sistema de plantio direto, além de proporcionar o acúmulo de matéria orgânica superficial, oferece a manutenção da estrutura física do solo e com isso, favorece a proteção das frações lábeis do C no solo.

Os agregados do solo relacionados à matéria orgânica do solo já foram alvo de muitos estudos, que identificaram, além da fração mineral, a fauna do solo, raízes, microrganismos e agentes inorgânicos como os principais fatores envolvidos na formação e estabilidade de agregados. A matéria orgânica é o principal agente de estabilização dos agregados do solo (CASTRO FILHO et al., 1998), sendo uma alta correlação entre essa e a agregação do solo, um resultado esperado em tratamentos que apresentem diferenças no teor de carbono orgânico.

Verificou-se correlação positiva entre o teor de C-aq e os agregados estáveis (Figura 04), confirmando o observado em outros trabalhos sobre esta importante função da matéria orgânica na manutenção da estrutura do solo (SIX et al., 1998). Observou-se que na medida em que ocorre o aumento do teor de C-aq, consequentemente há um aumento no DMP. Isso demonstra a importância do carbono no solo para existência de macroagregados, o que é evidenciado pelo sistema de plantio direto, que apresentara DMP significativamente maior que o sistema de plantio convencional.

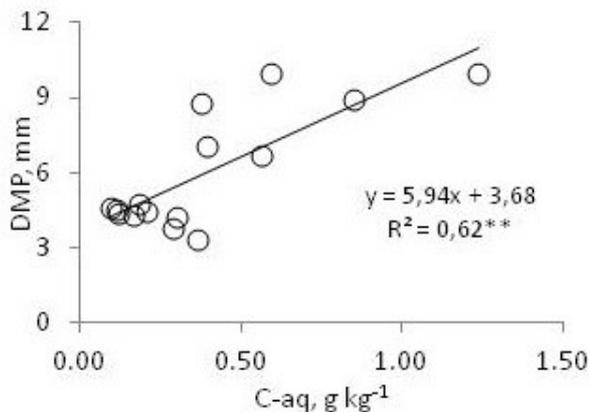


Figura 04 – Diâmetro médio ponderado (DMP) em função do teor de carbono em água quente (C-aq) em um Latossolo sob sistemas de cultivo.

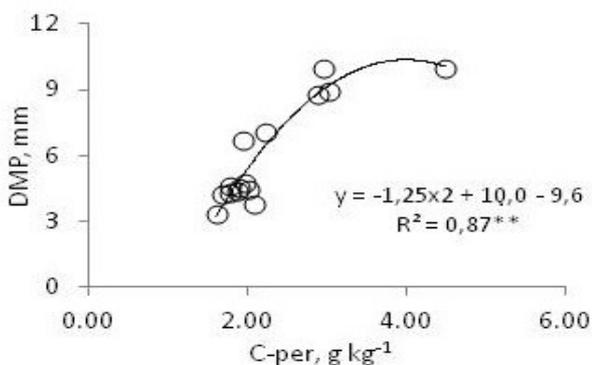


Figura 05 – Diâmetro médio ponderado (DMP) em função do teor de carbono em permanganato (C-per) em um Latossolo sob sistemas de cultivo.

Agregados estáveis são fundamentais para proporcionar uma boa estrutura do solo, proporcionando espaços porosos para desenvolvimento das raízes, da fauna do solo e circulação de gases e percolação da água.

Houve também uma correlação positiva no que diz respeito à relação entre C-per e DMP, ao passo que os solos com maiores quantidades dessa fração do carbono apresentaram maiores valores de DMP (Figura 05), o que mostrou uma tendência de aumento na porcentagem de agregados maiores, quando há o incremento de matéria orgânica no solo.

Esses resultados estão de acordo com as informações existentes quanto ao fato de a estabilidade dos agregados estar associada ao aporte de C via produção de matéria seca das culturas e à presença de C no solo, que é importante constituinte dos agentes ligantes (BLAIR et al., 2005), bem como à maior atividade biológica no solo (BRONICK & LAL, 2005). Portanto, sistemas que adotam menor revolvimento do solo e a manutenção de palhada sobre a superfície podem interromper o declínio da qualidade estrutural dos solos cultivados, assim como promover a recuperação dos solos já degradados.

Resultados semelhantes dessa relação foram encontrados por Castro Filho et al. (1998), onde os autores mostraram que o DMP está diretamente relacionado com o teor de carbono orgânico presente no solo.

4. CONCLUSÕES

O sistema de plantio direto, em relação ao sistema de plantio convencional, melhora o estado de agregação do solo devido ao maior incremento de carbono orgânico lábil no solo.

O fato do não revolvimento no preparo do solo, no sistema plantio direto, conserva a estrutura física do solo e contribui para o aumento do DMP.

O plantio direto, ao preservar a estrutura do solo, proporciona maior proteção à fração lábil da matéria orgânica em comparação ao plantio convencional.

A rotação de culturas, ao proporcionar variedade de sistemas radiculares, proporciona uma melhor estruturação do solo.

REFERÊNCIAS

BARRETO, R.C.; MADARI, B.E.; MADDOCK, J.E.L.; MACHADO, P.L.O.A.; TORRES, E.; FRANCHINI, J.; COSTA, A.R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbon loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, v.132, p.243-251, 2009.

BLAIR, N.; FAULKNER, R.D.; TILL, A.R.; POULTON, P.R.

Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility: Part I: Broadbalk experiment. *Soil & Tillage Research*, v.91, p.39-47, 2006.

BRONICK, C.J.; LAL, R. Soil structure and management: A review. *Geoderma*, v.124, p.3-22, 2005.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor 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.

CORRÊA, J.C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.37, p. 203-209, 2002.

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

GHANI, A.; DEXTER, M. & PERROTT, K.W. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biology & Biochemistry*, v.35, p.1231-1243, 2003.

HERNANI, L.C. & GUIMARÃES, J.B.R. **Efeitos de sistemas de preparo do solo e rotação de culturas em atributos físicos de um Latossolo Roxo.** In: CONGRESSO LATINOAMERICANO DE LA CIENCIA DEL SUELO, 14., Temuco, 1999. Resúmenes. Temuco, Un. de La Frontera, CD-ROM, 1999.

KOBIYAMA, M.; MINELLA, J.P.G.; FABRIS, R. Áreas degradadas e sua recuperação. *Informe Agropecuário*, v.22, p.10-17, 2001.

MORAIS, L.F.B.; COGO, N.P. Comprimentos críticos de rampa para diferentes manejos de resíduos culturais em sistema de semeadura direta em um argissolo vermelho da Depressão Central (RS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.25, p.1041-1051, 2001.

NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: SPARKS, D.L.; PAGA, A.L.; HELMKE, P.A.; LOEPPERT, R.H.; SOLTANPOUR, P.N.; TABATABAI, M.A.; JOHNSTON, C.T. & SUMMER, M.E., eds. *Methods of soil analysis: Chemical methods. Part 3.* Madison, *Soil Science Society of America*, p.961-1010, 1996.

OLIVEIRA, G.C.; JUNIOR, M.S.D.; RESCK, D.V.S.; CURI, N. Alterações estruturais e comportamento compressivo de um latossolo vermelho distrófico argiloso sob diferentes sistemas de uso e manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.38, p.291-299, 2003.

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

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; PAUSTIAN, K.; DORAN, J. W. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.62, p.1367-1377, 1998.

TIROL-PADRE, A. & LADHA, K.J. Assessing the reliability of permanganate-oxidizable carbon as an index of soil labile carbon. *Soil Science Society of America Journal*, v.68, p.969-978, 2004.

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