

DISPONIBILIDADE DE CARBONO ORGÂNICO DOS SOLOS NO CERRADO BRASILEIRO

Risely Ferraz de Almeida^{1*}; Bruna Cristina Sanches²

SAP 7792 Data envio: 05/03/2013 Data do aceite: 23/09/2013
Scientia Agraria Paranaensis – SAP; ISSN: 1983-1471
Marechal Cândido Rondon, v. 13, n. 4, out./dez., p. 259-264, 2014

RESUMO - A qualidade do solo é uma preocupação que a cada ano torna-se mais crescente e atual. Com a intensiva exploração agrícola no mundo, principalmente nos países tropicais, os sistemas que visam à conservação dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo tornam-se uma alternativa viável para a manutenção da qualidade do solo e a sustentabilidade do ambiente. Assim, objetiva-se com esse trabalho expor uma revisão que demonstre a relação dos atributos físicos e químicos dos solos que possuem diferentes taxas de carbono orgânico nas condições de Cerrado no Brasil. Nestes ambientes, os teores da matéria orgânica do solo - MOS e do carbono orgânico do solo - COS estão associados e dependem das taxas de adição de resíduos e da intensidade dos processos de decomposição da MOS. Portanto, manejos que buscam o aumento da MOS como o plantio direto – PD, tende a acumular o COS. Como resultados, observa-se um aumento crescente dos índices de agregação, maior capacidade de reter água, maior porosidade e resistência à erosão. Além destes, os solos apresentam melhor fertilidade e, conseqüentemente, maior capacidade produtiva. Contudo, a entrada da MOS também está correlacionada com as condições de clima do ambiente como pluviosidade, temperatura e umidade.

Palavras-chave: agregação, matéria orgânica, qualidade do solo.

Availability of soil organic carbon in the Brazilian Cerrado

ABSTRACT - Soil quality is a concern that every year becomes more and increasing current. With intensive farming worldwide, mainly in tropical countries, systems that aim at conservation of the chemical, physical and biological soil become a viable alternative for maintaining soil quality and sustainability of the environment. So, the objective of this work was to expose a review that prove it the relationship of physical and chemical properties of soils with different rates of organic carbon in the conditions of Cerrado in Brazil. In these environments the levels of soil organic matter - SOM and soil organic carbon - SOC, are associated and dependent on the addition rates of waste and the intensity of the processes of SOM decomposition. Therefore, managements seeking increased SOM as no tillage, tends to accumulate the SOC. As results it can be observed an increasing of the aggregation index, higher water holding capacity, porosity and greater resistance to erosion of the soil. In addition, the soils have better fertility, hence greater production capacity. However, the entry of SOM is also correlated with the climatic conditions of the environment as rainfall, temperature and moisture.

Key words: aggregation, organic matter, soil quality.

¹ Eng^a Agrônoma, mestranda em Solos pela UFU, Uberlândia/MG. E-mail: rizely@gmail.com. *Autor para correspondência

² Eng^a Agrônoma e Prof^a Colégio Alcides Cordeiro, Condeuba/BA. E-mail: brunacsanches@hotmail.com

INTRODUÇÃO

A qualidade do solo é uma preocupação que a cada ano torna-se mais crescente e atual. Com o crescimento da exploração agrícola no mundo, principalmente nos países tropicais, os sistemas que visam à conservação dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo tornam-se uma alternativa viável para a manutenção da qualidade e a sustentabilidade da exploração agrícola. De acordo com Brady e Weil (2008) a qualidade e a quantidade de matéria orgânica no solo é uma determinação central para a qualidade do solo.

Manejes dos solos como plantio direto - PD e integração lavoura pecuária - ILP são práticas conservacionistas que vem tornando cada vez mais necessária para a manutenção da qualidade do solo. Pois, são sistemas capazes de manter ou até mesmo aumentar os teores de matéria orgânica do solo (MOS) nas camadas superficiais (BATLLE-BAYER et al., 2010).

Com o acúmulo da MOS os solos apresentam uma melhoria na qualidade química através da maior disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a complexação de elementos tóxicos no solo (SILVA; MENDONÇA, 2007). Para os atributos físicos nestas condições apresenta altos índices de agregação com a diminuição da classe de menor diâmetro. Além de contribuir para uma maior capacidade de reter água, maior porosidade e resistência à erosão (SILVA; MIELNICZUK, 1998; CASTRO FILHO et al., 1998).

O aporte da MOS está associado as práticas de manejos, assim como as condições ambientais como: temperaturas mais elevadas e altos índices pluviométricos. Pois, estas condições causam uma maior atividade microbiana, conseqüentemente, uma rápida decomposição dos materiais orgânicos incorporados e presentes no solo (BRADY; WEIL, 2012).

Diante da interação da matéria orgânica com as práticas de manejo no solo, o objetivo desse trabalho é expor uma revisão que demonstre a relação dos atributos físicos e químicos dos solos que possuem diferentes taxas COS nas condições do Cerrado no Brasil.

CERRADO BRASILEIRO

No Brasil o cerrado é o segundo maior bioma, ocupando cerca de 21% do território nacional, ou seja, 200 milhões de hectares, superado em área apenas pelo bioma Amazônico (BORLAUG, 2002).

O Cerrado apresenta um clima predominantemente Tropical sazonal de inverno seco e uma temperatura média anual variando entre 22 à 23 °C, sendo que as médias mensais apresentam pequena estacionalidade. Enquanto, as máximas absolutas mensais não variam muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40 °C (MARCUSO et al., 2012). Em geral, a precipitação anual fica em torno de 1200 à 1800 mm com alta estacionalidade concentrada nos meses de primavera e verão (outubro a março). Contudo, curtos períodos de seca (veranicos)

podem ocorrer em meio a estas estações causando problemas para a agricultura (COUTINHO et al., 2002).

Antes do Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO) e do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira de Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), as chapadas dos cerrados possuíam um menor valor econômico em relação às terras de outras feições geomorfológicas (SILVA, 2000).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias próprias para o cultivo nesse ambiente e o avanço da fronteira agrícola sobre a vegetação nativa, estima-se que mais da metade da área que compõe o bioma cerrado foram modificadas. (KLINK; MACHADO, 2005).

Os solos do Cerrado apresentam como características a baixa quantidade de cátions trocáveis e boas características físicas, tais como relevo plano, perfil profundo, boa porosidade e estabilidade dos agregados (SILVA; MIELNICZUK, 1998). Com o uso agrícola nas últimas décadas, estas características foram invertendo, ou seja, as propriedades químicas foram melhoradas e as físicas gradativamente degradadas. Estas mudanças ocorrem provavelmente devido as condições de usos e manejos dos solos utilizados (SILVA; MIELNICZUK, 1998).

MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO – MOS

A MOS do solo é o produto da acumulação de resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos e parcialmente sintetizados. (VARGAS; HUNGRIA, 1997). Através da senescência de certos componentes da biomassa acima e abaixo do solo, queda das folhas, resíduos da exploração e animais mortos, com suas respectivas taxas de decomposição (BALBINOT, 2003).

Os vegetais são os principais responsáveis pela adição ao solo de compostos orgânicos primários, pois estes são sintetizados no processo de fotossíntese e dependendo da quantidade e qualidade dos resíduos depositados no solo poderá resultar em aumento no teor de carbono orgânico dos solos - COS (FARIA et al., 2008). A medida que ocorre a deposição do material orgânico na superfície do solo vai ocorrendo a digestão pelos microrganismos e macrorganismos, acumulando MOS em diferentes fases de decomposição (BRADY; WEIL, 2008).

A MOS apresenta importantes características em virtude da composição da matéria húmica, que além de conter compostos fenólicos e nitrogenados, também é constituída por compostos dos grupos funcionais carboxilas, carbonilas, fenilhidroxilas, aminas, imidazoles, sulfidrilas e sulfônicos, provenientes de plantas e produtos microbianos (SILVÉRIO; GONÇALVES, 2008).

Nos sítios de adsorção da MOS podem ocorrer a sorção de íons por meio de forças de Van der Waals, pontes de hidrogênio, interações dipolo-dipolo, troca iônica e ligações covalentes (SILVÉRIO; GONÇALVES, 2008).

A quantidade armazenada de COS é duas vezes a quantidade de carbono presente na atmosfera como CO₂ (dióxido de carbono), representando um estoque de 1300 a 1500 Gt C no primeiro metro do perfil do solo (BATJES,

Disponibilidade de carbono orgânico dos solos...

ALMEIDA, R.F. & SANCHES, B.C. (2014)

1996). Verificando que, a maior concentração do C no solo encontra-se na superfície (BRADY; WEIL, 2012).

Apesar da importância dos solos para o ciclo global do carbono e o destino do CO₂ a MOS ainda permanece pouco entendida. Assim como as suas relações com o ambiente (FERNANDES et al., 2007).

CARBONO ORGÂNICO DO SOLO - COS

A MOS é composta principalmente de carbono (C), oxigênio (O) e menos de 10% de hidrogênio (BRADY; WEIL, 2012). Assim, a entrada do COS está relacionada com a entrada do material orgânico (BALBINOT, 2003).

O estoque de C no solo compreende frações intimamente associadas aos minerais, até frações mais lábeis, pouco ou não associadas à fração mineral, como os resíduos vegetais existentes entre e dentro de agregados do solo (ROSCOE; MACHADO, 2002).

Os níveis de C no solo são controlados por uma série de fatores, como clima, textura e estrutura do solo. Obviamente, as formas de uso e manejos dos solos também são relevantes, especialmente quando há a conversão de ecossistemas nativos em áreas agrícolas (SCHLESINGER, 2000). Pois, a quantidade de COS é alterada ao longo do tempo pelos métodos de preparo do solo que interferem tanto na quantidade de COT como na sua distribuição no perfil do solo (GERALDES et al., 1995).

Em áreas cultivadas em solos tropicais, os teores de COS dependem das taxas de adição de resíduos e da intensidade dos processos de decomposição da MOS (SILVA et al., 1994). O grau de decomposição do material vegetal vai depender da sua composição (BRADY; WEIL, 2012). Material orgânico com altos teores de relação C/N (carbono/nitrogênio), de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis apresentaram maior dificuldade para a decomposição permanecendo maior quantidade de tempo no solo (Herman et al., 1977).

A decomposição da COS também é influenciada pelo clima, temperaturas mais elevadas, altos índices pluviométricos e maior atividade microbiana causam rápida decomposição dos materiais orgânicos incorporados e presentes no solo (SILVA et al., 1994).

CARBONO DA BIOMASSA MICROBIANA – CBM

A quantidade da MOS e do COS é regida por diversos fatores e caracterizada por transformações que dependem da BMS (DE-POLLI; GUERRA, 1999).

O C associado à biomassa microbiana do solo (BMS) é o componente mais ativo da fração lábil, pois transforma e transfere energia e nutrientes para os demais componentes do ecossistema (DE-POLLI; GUERRA, 2008). Sendo a fração do carbono do solo mais sensível a mudanças no ambiente, devido a esta característica atualmente é utilizada como indicador da qualidade ambiental e da sustentabilidade de agroecossistemas (HAYNES et al., 2000).

A BMS interage intensamente com as partículas do solo e são responsáveis por inúmeros processos biológicos

e bioquímicos essenciais para garantir a sustentação do ecossistema onde eles vivem (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 1999). Constituinte um meio de transformação para todos os materiais orgânicos do solo e atuando como reservatório de nutrientes vegetais (MOREIRA; SIQUEIRA, 2003).

No solo quantidade da BMS geralmente é expressa em µg de C g⁻¹ de ou mg de C Kg⁻¹ de solo seco, constituída principalmente por fungos, bactérias e actinomicetos (REIS JUNIOR; MENDES, 2007; MOREIRA; SIQUEIRA, 2003).

A avaliação da respiração do solo (emissão de C-CO₂ do solo) é a técnica mais frequente para quantificar a atividade microbiana, sendo positivamente relacionada com o conteúdo de matéria orgânica e com a biomassa microbiana (ALEF, 1995). A relação entre a emissão de CO₂ e o carbono da BMS resulta no quociente metabólico (qCO₂), que tem sido utilizado como indicador do grau de desenvolvimento de um ecossistema ou grau de perturbação a que um agroecossistema está sujeito (ANDERSON; DOMSCH, 1993).

O qCO₂ indica a eficiência da biomassa microbiana em utilizar o carbono disponível para biossíntese, sendo sensível indicador para estimar a atividade biológica e a qualidade do substrato (SAVIOZZI et al., 2002).

Modificações da quantidade de C-BMS são observadas em função das práticas de preparo do solo, do manejo de plantas e da adubação (CERRI et al., 1985). Pois, a biomassa microbiana é muito sensível às alterações nas formas de COS em razão das mudanças no manejo ou uso (POWLSON et al., 1987).

A derrubada de vegetações naturais, em que o ambiente encontrava-se em equilíbrio seguido pelo manejo da queima da vegetação, provoca uma queda inicial com uma posterior elevação no nível da BMS e uma redistribuição ao longo do perfil. Isso ocorre porque a população da BMS está relacionada com a disponibilidade de nutrientes advindos da serapilheira e o aumento da umidade do solo (GERALDES et al., 1995).

No perfil do solo, constata-se maior concentração de C-BMS na profundidade (0 - 5 cm), devido o maior acúmulo de resíduos vegetais na superfície, da matéria orgânica biodegradável e de COS, além da maior aeração do solo favorável ao desenvolvimento microbiano (FIALHO et al., 2006).

O nível da BMS e a emissão de CO₂ (respiração microbiana) são maiores em áreas desmatadas quando comparada com área vegetação nativa no Cerrado. Pois, com a incorporação de restos vegetais, no manejo da aração, aumenta a entrada de carbono que pode ser prontamente mineralizado pelos microrganismos (REIS JUNIOR; MENDES, 2007).

MÉTODOS PARA QUANTIFICAR O COS

Os métodos químicos para quantificar o C são amplamente usados para identificar a fertilidade dos solos. A maioria dos métodos buscam atender as demandas agrícolas e auxiliar o entendimento no comportamento do COS (ALMEIDA, 2008).

Ao realizar a quantificação do carbono do solo recomenda-se que seja efetuada uma mensuração até a profundidade de 30 cm, excluindo a presença dos carbonatos que devem ser eliminados com tratamento prévio (IPCC, 1996).

Atualmente a determinação do COS pode ser obtida por vários métodos: (a) análise do carbono total do solo (CT) e do carbono inorgânico (CI), com posterior subtração dessa fração da total; (b) determinação do carbono total após remoção do C inorgânico; e (c) oxidação do carbono orgânico por dicromato ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$), e com posterior determinação do dicromato não reduzido pela titulação de oxirredução com Fe^{2+} , ou por colorimetria (NELSON; SOMMERS, 1996). Quando determinados pela oxidação com dicromato de potássio a titulação é realizada com sulfato ferroso amoniacal (TEDESCO et al., 1995).

Para os métodos utilizando combustão via seca pode citar a calcinação "Loss of Ignition" que quantifica o COT através da diferença entre o peso inicial e final, após aquecimento em mufla à 250 ou 500 °C (SILVA et al., 2009). Além deste, o analisador elementar de CHNS é outro método que apresenta o mesmo princípio (COSER et al., 2012). Contudo, a utilização da mufla à 250 °C extrai maiores teores de matéria orgânica que o analisador elementar (SILVA et al., 2009).

No Brasil, o método padrão recomendado para a determinação da MOS é o Walkley-Black modificado (EMBRAPA, 1999). Enquanto, que mundialmente o método do Analisador Elementar é considerado como padrão (Swift, 1996).

RELAÇÃO DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS COM O CARBONO ORGÂNICO NOS SOLOS

Em solos tropicais de regiões úmidas, o aporte da COS é de fundamental importância, pois são solos que apresentam como características alto intemperismo ocasionando solos ácidos e de baixa fertilidade (BAYER; MIELNICZUK, 2008).

O COS interage com a fase mineral e na dinâmica de nutrientes no sistema solo-planta, exercendo um papel importante na manutenção da fertilidade do solo (SILVA; MENDONZA, 2007).

Características do solo como a textura, a densidade e a macroporosidade apresentam forte influência no C contido no solo (MARQUES et al., 2007). Solos que apresentam um maior teor de argila acometem a maiores taxas de acúmulo do COS ao longo do tempo (WANG et al., 2003).

O aumento da densidade ocasiona redução da macroporosidade e do COS. Em solos arenosos, ocorre um decréscimo acentuado de carbono abaixo da camada de 25 cm, em decorrência do baixo teor de argila. Entretanto, na superfície, há uma grande concentração de carbono orgânico (MARQUES et al., 2007). Maiores teores de COS ocorreram em solos com maior teor de argila (FARIA et al., 2008).

A COS influencia nos mecanismos de formação das diferentes classes de tamanhos dos agregados, cuja quantidade irá permitir maior ou menor agregação tendo como resultado em menor ou maior perda de solo (CASTRO FILHO; LOGAN, 1991). O aumento COS causa um aumento crescente dos índices de agregação pela diminuição da classe de menor diâmetro (< 0,25 mm) e aumento das classes de diâmetro maior (CASTRO FILHO et al., 1998).

A melhoria na disponibilidade de nutrientes para as culturas, a capacidade de troca de cátions (CTC) e a complexação de elementos tóxicos, também são verificados em solos com maior teor de COS (BAYER; MIELNICZUK, 2008). Maiores concentração de COS condicionam altas concentrações de cálcio (Ca^{2+}), potássio (K^+) e fósforo (P) (BAYER; BERTOL, 1999).

APORTE DO CARBONO ORGÂNICO NOS SOLOS EM DIFERENTES USO E SISTEMAS DE MANEJO DOS SOLOS

No Brasil, quando a vegetação perene como a do Cerrado é substituída por sistemas agrícolas, os teores de MOS são reduzidos, sendo registradas perdas de 80% dos estoques iniciais de MO na camada superficial do solo, num período de cinco anos de cultivo (SILVA et al., 1994).

O acúmulo de resíduos vegetais na superfície em sistemas de plantio direto condiciona melhoria no estado de agregação graças ao incremento do teor de COS, sobretudo na camada superior (0-10 cm). Independentemente da sucessão de culturas utilizada, os valores de diâmetro médio ponderado - DMP e o diâmetro médio geométrico - DMG são superiores em relação aos do plantio convencional (CASTRO FILHO et al., 1998). Este aumento no teor de COS, também é constatado em sistemas com mínimo revolvimento do solo (REEVES, 1997).

O revolvimento do solo antes da implantação de cada cultura, ou a incorporação de corretivos e fertilizantes, ocasionando intensa perturbação do solo, e estimulando a ação dos microrganismos decompositores - BMS (BAYER et al., 2000; FARIA et al., 2008). A ação da BMS pode duplicar a perda de COS em relação a um sistema de manejo sem revolvimento (BAYER et al., 2000). Além desse, pode-se citar como fatores que alteram os teores de COS, a chuva e tráfego de máquinas que incidem diretamente na superfície do solo (TORMENA et al., 2004).

Em lavouras de café com uma alta densidade de plantas no cultivo influencia nos teores de COS, tanto no aporte de resíduos quanto na disponibilidade de luz e água. Estas condições promovem um incremento no aporte de resíduo vegetal produzido por unidade de área, o que implica maior adição de C ao solo na forma de raízes, folhas, ramos, ácidos orgânicos, exsudatos e mucilagens (PAVAN; CHAVES, 1996).

Sistemas de cultivo convencional como o monocultivo de algodoeiro, por um período de 10 anos, ocorre uma redução de 54% a 81%, em relação à mata

Disponibilidade de carbono orgânico dos solos...

ALMEIDA, R.F. & SANCHES, B.C. (2014)

natural, nos teores de BMS e na atividade da amilase, indicando uma redução na dinâmica da MOS (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 1999).

Em cultivos com eucalipto quando utilizado o uso de subsolador e de coveamento manual os teores de C da FLL (fração leve livre) não são alterados no solo, mas o uso de grade leve como forma de preparo do solo acarreta maiores decréscimos nos teores de C desta fração, o que possibilita o seu uso como o indicador mais sensível ao preparo do solo envolvendo revolvimento mais intensivo (FARIA et al., 2008).

Sistemas de plantio de cana-de-açúcar com a deposição da palhada sobre o solo sem a queima, a mineralização dos nutrientes e o aporte de COS, dependem da composição química do material, do tempo de decomposição e de fatores ambientais, como temperatura, disponibilidade hídrica e oxigênio (SILVA; MENDONÇA, 2007). Assim, em sistema de colheita da cana-de-açúcar sem queima da palhada e com a queima, os teores de COT, CTC e a soma da saturação por bases são mais elevados no sistema sem queima, especialmente nas camadas mais superficiais (CORREIA; ALLEON, 2011).

Em sistema de manejo pastagens para a criação de bovino de leite a aplicação de esterco líquido proveniente da limpeza da sala de alimentação e as excreções das vacas em pastejo rotacionado aumentaram os teores de carbono orgânico e CTC no solo durante o período avaliado (NEBEL et al., 2011).

Estima-se que em solos de boa fertilidade natural com manejo de pastagens bem adubadas, a pastagem tende a manter uma condição semelhante à da mata natural com o decorrer do tempo quanto ao teor de C orgânico, porque esta vegetação apresenta um sistema radicular bem desenvolvido e distribuído nos solos sob pastagem (MARCHIORI JÚNIOR; MELO, 1999).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A matéria orgânica do solo - MOS é oriunda da acumulação de resíduos de plantas e animais. Em solos do Cerrado, os teores da MOS e do COS, estão associados e dependem das taxas de adição de resíduos e da intensidade dos processos de decomposição da MOS. Manejos como o plantio direto - PD, tendem a acumular o COS, como resultados observa um aumento crescente dos índices de agregação, maior capacidade de reter água, maior porosidade e maior resistência à erosão. Além destes, os solos apresentaram uma melhor fertilidade e qualidade do solo e, conseqüentemente maior capacidade produtiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, T.H.; DOMSCH K. H. The metabolic quotient for CO₂ (q) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental conditions, such pH, on the microbial biomass of forest soil. *Soil Biology & Biochemistry*, v.25, p.393-395, 1993.

ALEF, K. Estimation of soil respiration. In: Alef, K.; Nannipieri, P. *Métodos in applied soil microbiology and Biochemistry*. Academic Press, 576 p, 1995.

ALMEIDA, V.C. *Carbono orgânico no solo e sua relação com os Compartimentos morfológicos representativos do Estado de São Paulo*. 66f., 2008. (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual

Paulista/Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Rio Claro/SP, 2008.

BALBINOT, R.; SCHUMACHER, M.V.; WATZLAWICK, L.F.; SANQUETTA, C.R. Inventário do carbono orgânico em um plantio de *Pinus taeda* aos 5 anos de idade no Rio Grande do Sul. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, v.5, n.1, 2003.

BATJES, N.H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, v.47, n.2, p.151-163, 1996.

BATLE-BAYER, L.; BATJES, N.H.; BINDRABAN, P.S. Changes in organic carbon stocks upon land use conversion in the Brazilian Cerrado: a review. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.137, p.47-58, 2010.

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*, v.23, p.687-694, 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; MARTIN-NETO, L. Efeito de sistemas de preparo e de cultura na dinâmica da matéria orgânica e na mitigação das emissões de CO₂. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.24, p.599-607, 2000.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; SILVA, L.S. da; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F. de O. (Ed.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. 2.ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p.7-18.

BRADY, N.C.; WEIL, R.R. *The nature and properties of soils*. 14th ed. New Jersey: Prentice Hall, 2008.

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

CASTRO FILHO, C.; LOGAN, T.J. Liming effects on the stability and erodibility of some Brazilian Oxisols. *Soil Science Society of America Journal*, v.55, p.1407-1413, 1991

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 Brasileiro Ciência Solo*, v.22, p.527-538, 1998.

CERRI, C.C.; VOLKOFF, B.; EDUARDO, B.P. Efeito do desmatamento sobre a biomassa microbiana em Latossolo Amarelo da Amazônia. *Revista Brasileiro Ciência Solo*, n.9, p.1-4, 1985.

COUTINHO, L.M. Bioma Cerrado. In: KLEIN, A.L. *Eugen Warming e o cerrado brasileiro um século depois*. São Paulo. Editora UNESP, 77p. 2002.

CORREIA, B.L.; ALLEON, L.R.F. Conteúdo de carbono e atributos químicos de Latossolo sob cana-de-açúcar colhida com e sem queima. *Pesquisa agropecuária brasileira*. v.46, n.8, 2011.

COSER, T.R.; FIGUEIREDO, C.C.; RAMOS, M.L.G.; JANNUZZI, H.; MARCHÃO, R.L. Recuperação de carbono obtida por três métodos em frações da matéria orgânica de latossolo, sob consórcio milho-forrageiras, no cerrado. *Bioscience Journal*, v.28, Supplement 1, p. 91-97, 2012.

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. Carbono, nitrogênio e fósforo da biomassa microbiana do solo. p. 263-276. In.: SANTOS, G.DE A.; SILVA, L.S. DA; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas Tropicais & Subtropicais*. 2ª. Ed. revisada e atualizada. Metrópole, Porto Alegre, RS, Brasil, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes*. SILVA, F. C. da coord. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.

FARIA, G.E.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SILVA, I.R.; NEVES, J.C.L. Carbono orgânico total e frações da matéria orgânica do solo em diferentes distâncias do tronco de eucalipto. *Scientia Agricola*, v.36, n.80, p.265-277, 2008.

FERNANDES, F.A.; CERRI, C.C.; FERNANDES, A.H.B.M. 13C e a Dinâmica do Carbono orgânico do Solo em Pastagem Cultivada no Pantanal Sul-Mato-Grossense. Embrapa, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*. Corumbá/MS, 2007.

FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA JÚNIOR, J.M.T.S. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi/CE. *Revista Ciência Agrônômica*, v.37, n.3, p.250-257, 2006.

- GERALDES, A.P.A.; CERRI, C.C.; FEIGL, B.J. Biomassa microbiana de solo sob pastagens na Amazônia. **Revista Brasileiro Ciência Solo**, v.19, p.55-60, 1995.
- HAYNES, R.J. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soils in New Zeland. **Soil Biology and Biochemistry**, n.32, p.211-219, 2000.
- HERMAN, W.A.; MCGILL, W.B.; DORMAAR, J.F. Effects of initial chemical composition on decomposition of roots of three grass species. **Canadian Journal of Soil Science**, v.57, p.205-215, 1977.
- IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL IN CLIMATE CHANGE. Cambio del uso de la tierra y silvicultura. In: Directrices del IPCC para los inventarios de gases de efecto invernadero, version revisada en 1996: **Libro de Trabajo**. v.2., p.1-25, 1996.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**. v.19, n.3, p.707-713, 2006.
- MARCHIORI JÚNIOR, M. & MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileiro Ciência Solo**, n. 23, p.257-263, 1999.
- MARCUZZO, F.F.N.; CARDOSO, M.R.D.; FARIA, T.G. Chuvas no cerrado da região centro-oeste do Brasil: análise histórica e tendência futura. **Revista Ateliê Geográfico**, v.6, n.2, p.112-130, 2012.
- MARQUES, J.D.O.; LUIZÃO, F.J.; LUIZÃO, R.C.C.; NETO, A.S. Variação do carbono orgânico em relação aos atributos físicos e químicos do solo ao longo de uma topossequência na Amazônia central. **Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil**, 2007, Caxambu/MG.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA, 729p, 2003.
- NEBEL, A.L.C.; FERNANDES, F.F.; COUSEN, D.V.; PIEGAS, J.M.; DUTRA, L.A.; Alterações na fertilidade do solo em um sistema de pastagem para bovinos de leite em propriedade agrícola familiar. **Anais do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE** – 12 a 16/12/2011.
- NELSON, D.W.; SOMMERS, L.E. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: BLACK, C.A., ed. **Methods of soil analysis**. Part 3. Chemical methods. Madison, Soil Science of America and American Society of Agronomy, p.961-1010, 1996.
- PAVAN, M.A.; CHAVES, J.C.D. Influência da densidade de plantio de caféiro sobre a fertilidade do solo. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAFEEIRO ADENSADO, Londrina, 1996. **Anais**. Londrina, IAPAR/CNPq, p.76-89, 1996.
- POWLSON, D.S.; BROOKES, P.C.; CHRISTESEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biol. Biochem.**, n.19, p.159-164, 1987.
- REIS JUNIOR, F. B.; MENDES, I. C. **Biomassa microbiana do solo**. Embrapa cerrados. Documentos 205. Dez/2007.
- REEVES, D.W. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. **Soil Till. Res.**, v.43, p.131-167, 1997.
- ROSCOE, R.; MACHADO, P.L.O. **Fracionamento físico do solo em estudos da matéria orgânica**. Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Solos, Dourados, MS/ Rio de Janeiro, RJ, 86p. 2002.
- SAVIOZZI, A.; BUFALINO, P.; LEVI-MINZI, R.; RIFFALD, R. Biochemical activities in a degraded soil restored by two amendments: a laboratory study. **Biology & Fertility of Soils**, Berlin, v.35, p.96-101, 2002.
- SCHLESINGER, W.H. Carbon sequestration in soils: some cautions amidst optimism. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 82, p. 121-127, 2000.
- SILVA, J.E.; LEMAINSKI, J.; RESCK, D.V.S. Perdas de matéria orgânica e suas relações com a capacidade de troca catiônica em solos da região de cerrados do oeste baiano. **Revista Brasileiro Ciência Solo**, v.18, p.541-547, 1994.
- SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Sistemas de cultivo e características do solo afetando a estabilidade de agregados. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Campinas, v.22, n.2, p.311-317, 1998.
- SILVA, A.C.; TORRADO, P.V.; ABREU JUNIOR, J.S. Métodos de quantificação da matéria orgânica do solo. **Revista Un. Alfenas**, v.5, p.21-26, 1999.
- SILVA, L.S.; CAMARGO, F.A.O.; CERRETA, C.A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E.J. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. Porto Alegre: Gênesis, 174p., 2000.
- SILVA, I.R.; MENDONÇA, E.S. Matéria orgânica do solo. In.: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L (Ed.). **Fertilidade do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.275-374, 2007.
- SILVÉRIO, P.F.; GONÇALVES, C. Influência dos métodos de determinação da fração de carbono orgânico em solos nos estudos de qualidade da água subterrânea e de avaliação de risco. **Anais do XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas**, Natal/RN 2008.
- SWIFT, R.S. Organic Matter Characterization. In: **Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods-SSSA Book Series n° 5**. Madison: Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996. p. 1011-1069.
- TEDESCO, M. J. GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Departamento de Solos da UFRGS. 1995. 174 p. (Boletim Técnico de Solos, n. 5).
- TORMENA, C.A.; FRIEDRICH, R.; PINTRO, J.C.; COSTA, A.C.S.; FIDALSKI, J. Propriedades físicas e taxa de estratificação de carbono orgânico num Latossolo vermelho após dez anos sob dois sistemas de manejo. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v.28, p.1023-1031, 2004.
- VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. **Biologia dos Solos do Cerrado**. Planaltina/DF, 471p, 1997.
- WANG, W.J.; DALAL, R.C.; MOODY, P.W.; SMITH, C.J. Relationships of soil respirator to microbial biomes, substrate availability and clay content. **Soil Biology and Biochemistry**. v.35. n.2, p.273-284, 2003.