

ALTERAÇÕES EM ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO PROPORCIONADOS PELA ADOÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE PLANTAS INVASORAS EM UMA LAVOURA CAFEIEIRA

Cezar Francisco Araujo-Junior²; Paulo Tácito Gontijo Guimarães³; Moacir de Souza Dias Junior⁴; Elifas Nunes Alcântara³; Geraldo Cesar de Oliveira⁵

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café

²Engenheiro Agrônomo, Mestre em Solos e Nutrição de Plantas, Doutorando em Ciência do Solo do DCS-UFLA, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras (MG). Bolsista da CAPES. e-mail: cfaj@bol.com.br

³Pesquisador, D.Sc., Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG CTSM. Campus UFLA, Caixa Postal 176, CEP 37200-000 Lavras (MG). E-mail: paulotgg@epamig.br; elifas@epamig.ufla.br

⁴Professor Associado, Ph.D., DCS-UFLA. Bolsista CNPq. e-mail: msouzadj@ufla.br

⁵Professor Adjunto, D.Sc., DCS-UFLA.

RESUMO: O controle de plantas invasoras é uma das práticas de manejo mais intensivas na condução de lavouras cafeeiras. Devido a isso, buscou-se com este trabalho correlacionar os efeitos dos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira com a dinâmica do carbono orgânico e alterações em atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho distroférico cultivado com cafeeiros. A área experimental localiza-se na Fazenda da Epamig (Latitude 20°55' e Longitude 46°59'), São Sebastião do Paraíso, MG. O experimento foi instalado em blocos casualizados (DBC) com três repetições. Os manejos de plantas invasoras avaliados foram: a) Sem capina (SC); b) Capina manual (CM); c) Herbicida de pós-emergência (HPOS); d) Roçadora (RÇ); e) Enxada rotativa (ER); f) Grade (GR); g) Herbicida de pré-emergência (HPRE). Cada sistema de manejo de plantas invasoras vem sendo realizado há 32 anos em três ruas com 36 metros de comprimento cada. Os manejos escolhidos para serem avaliados apresentam características contrastantes variando desde métodos manuais até capinas químicas e mecânicas. A amostragem foi realizada no centro das entrelinhas dos cafeeiros em cinco amostras simples por parcela que perfizeram uma amostra composta. Também foi realizada amostragem retirando-se quinze amostras por profundidade em uma área de mata nativa (MN) adjacente a área do experimento. Os resultados permitiram observar que os diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras alteraram os teores de carbono orgânico e CTC efetiva do solo nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm. Em todas as profundidades observadas os maiores teores de carbono orgânico e CTC efetiva do solo foram observados para o solo manejado sem capina. Por outro lado, os menores teores de carbono orgânico e CTC efetiva foram observados para o solo manejado com herbicida de pré-emergência.

Palavras-chave: matéria orgânica; capacidade de troca de cátions efetiva;

ALTERATIONS IN ATTRIBUTES OF A LATOSOL (OXISOL) PROVIDED BY THE ADOPTION OF DIFFERENT WEED MANAGEMENT SYSTEMS IN A COFFEE CROP

ABSTRACT: The weed control is one of the most intensive management practices in coffee crops. Due to that, this work to correlate the effects of the different weed systems in a coffee plantation with the dynamics of the organic carbon and alterations in physical-chemical attributes of a Dystroferric Red Latosol (Oxisol) cultivated with coffee plants. This study was carried out in the experimental area is located in Epamig Farm in the São Sebastião do Paraíso County, Minas Gerais State (Latitude 20°55' and Longitude 46°59 '). The experiment was installed in randomized blocks (DBC) with three replications. The management of the weed plants in the inter rows assessments were: a) no weed control (SC); b) Hand hoeing (CM); c) post emergence herbicide (HPOS); d) Mechanized mower (RÇ); e) rotary tiller (ER); f) coffee tandem disc harrow (GR); g) pre emergence herbicide (HPRE). Each system of weed system has been accomplished during 32 years in plots with 36 meters in length each. The managements chosen for us to be appraised present contrasting characteristics varying from manual methods to chemical and mechanical weeds. The sampling were taken in the center of the inter rows of the coffee plants in five simple samples for portion that a composed sample being this correspondent for the chemical characterization of the soil. The results showed that the different weed management systems altered the tenors of organic carbon and effective cations exchange capacity of the soil in the depths of 0–3, 10–13 and 25–28 cm. In all of the observed depths the largest tenors of organic carbon and effective cations exchange capacity of the soil were observed for the soil handled without weeding. On the other hand, the smallest tenors of organic carbon and effective cations exchange capacity were observed for the soil managed with pre emergence herbicide.

Key words: organic matter; effective cations exchange capacity.

INTRODUÇÃO

O controle de plantas invasoras é uma das práticas de manejo mais intensivas na condução de lavouras cafeeiras. No entanto, a utilização e escolha inadequada do método de controle destas plantas invasoras podem acarretar em diferentes impactos causados no solo. Dentre os impactos causados pela adoção dos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras podem-se citar: alterações nos teores de matéria orgânica do solo e aumento da resistência mecânica, sendo que a adoção constante de herbicida de pré-emergência, por exemplo, provoca o esgotamento da matéria orgânica oxidável resultando em drásticas alterações químicas e físicas do solo (Alcântara & Ferreira, 2000). O manejo de plantas invasoras só é sustentável se o manejo empregado manter a qualidade do solo ou proporcionar melhorias nesse solo (Alcântara & Ferreira, 2000). Se o ecossistema sofrer interferência que leva à perda de energia, redução da biodiversidade e retirada de nutrientes, ele terá sua sustentabilidade comprometida. Por outro lado, ecossistemas com entrada de nutrientes, manutenção da biodiversidade, equilíbrio biológico e conservação de energia terão sua sustentabilidade mantida (Moreira & Siqueira, 2006). Neste contexto, a matéria orgânica tem sido apontada como um indicador primário da qualidade do solo (Romig et al. 1995; Doran, 2002; Moreira & Siqueira, 2006; Lal, 2007), por atuar diretamente e indiretamente em atributos físicos, químicos e biológicos do solo e sobre as plantas. A manutenção da matéria orgânica pode contribuir para a ciclagem de nutrientes, fluxo de nutrientes para as plantas além de ser um importante constituinte para a agregação do solo. Solos com boa agregação refletem boa estrutura do solo sendo a responsável pela infiltração de água, transporte de gases no solo, difusão de nutrientes entre outros processos essenciais para o correto funcionamento do solo como meio de desenvolvimento das plantas. A perda de matéria orgânica pode afetar a sustentabilidade do sistema solo, além de promover a liberação de CO₂ para a atmosfera contribuindo para o efeito estufa.

Raij (1969) verificou que existe uma estreita correlação entre a capacidade de troca de cátions (CTC) da matéria orgânica e o pH dos solos. Ainda, segundo o mesmo autor a matéria orgânica foi responsável por 74% da CTC para amostras superficiais e 41% da CTC para amostras subsuperficiais de 22 perfis de solos do estado de São Paulo. Em solos tropicais e subtropicais Bayer & Mielniczuk (2008) destacaram que, a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo, sendo que a manutenção ou o aumento dos teores de matéria orgânica é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição da sua lixiviação. Neste sentido, ressalta-se que a manutenção da matéria orgânica em lavouras cafeeiras submetida a diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras é um importante componente para a sustentabilidade dos solos cultivados com cafeeiros. Além disso, tendo em vista o interesse atual de redução de custos com a utilização de fertilizantes minerais e maior sustentabilidade na atividade cafeeira, buscou-se correlacionar os efeitos dos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira com a dinâmica do carbono orgânico e alterações em atributos físico-químicos de um Latossolo Vermelho distroférico cultivado com cafeeiros.

MATERIAL & MÉTODOS

Caracterização da área experimental

A área experimental localiza-se na Fazenda Experimental da Epamig (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) no município de São Sebastião do Paraíso, Minas Gerais (Latitude 20°55' e Longitude 46°59'). Essa área encontra-se localizada no topo da paisagem a 885 m de altitude com relevo suave ondulado e declividade de 8%. A região apresenta precipitação média anual de 1470,4 mm, temperatura média anual de 20,8 °C e temperatura média máxima de 27,6 °C e a média mínima de 14,1 °C.

O solo da área de estudo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) (Embrapa, 2006) originário de basalto cuja a caracterização encontra-se no Quadro 1. Os solos desenvolvidos de basalto, no Brasil, são importantes, devido sua larga distribuição geográfica e sua intensa exploração para a agropecuária. Em geral são solos profundos, bem drenados, muito lixiviados e ácidos (Goedert et al., 1976).

O experimento foi instalado em blocos casualizados (DBC) com três repetições e sete tratamentos que correspondem a um arranjo em parcelas sub-subdivididas (fator: manejo de plantas invasoras, sub-fator: profundidades).

Os manejos de plantas invasoras avaliados foram: a) Sem capina (SC); b) Capina manual (CM); c) Herbicida de pós-emergência (HPOS); d) Roçadora (RÇ); e) Enxada rotativa (ER); f) Grade (GR); g) Herbicida de pré-emergência (HPRE). Os manejos escolhidos para serem avaliados apresentam características contrastantes variando desde métodos manuais até capinas químicas e mecânicas. Desde a instalação do experimento no ano de 1977, os sistemas de manejo das plantas invasoras supracitados, no centro da entrelinha foram os mesmos, sendo que, o número médio de operações adotadas para o controle satisfatório das plantas daninhas, durante os anos, variou de acordo com o sistema de manejo adotado. Nas condições de manejos em que se utilizou a capina manual (CM) foram realizadas em média 5 operações/ano; para a aplicação do herbicida de pré-emergência (HPRE), foram 2 aplicações/ano. Nas linhas de plantio, os cafeeiros foram mantidos limpos variando os manejos com capina manual e herbicida de pré-emergência. Para maiores detalhes sobre a condução de experimento ver Alcântara (1997). Foram utilizadas amostras de solo obtidas na lavoura cafeeira em duas posições de amostragem: a) centro das entrelinhas da lavoura cafeeira; b) saia dos cafeeiros e em uma mata nativa adjacente à área de estudo para que sirva de critérios para comparação dos resultados. As amostras tanto na lavoura cafeeira quanto na mata nativa foram coletadas nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, sendo que, na área experimental as amostras foram obtidas em cinco amostras simples por parcela que perfizeram uma amostra completa por bloco.

Análises

Os teores de carbono orgânico do solo foram obtidos pelo método da combustão via úmida com oxidação do carbono orgânico com 5 mL de $K_2Cr_2O_7$ (dicromato de potássio) $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ e 10 mL de H_2SO_4 (ácido sulfúrico) concentrado (Walkley & Black, 1934).

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta utilizando como dispersante químico o NaOH 1 N (Day, 1965) e densidade de partículas pelo método do picnômetro (Blake & Hartge, 1986).

Quadro 1. Caracterização granulométrica e densidade de partículas do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) localizado na Fazenda Experimental da Epamig em São Sebastião do Paraíso.

Profundidades (cm)	Argila	Silte	Areia	$D_p^{(1)}$
	Lavoura cafeeira (herbicida de pré-emergência)			($Mg \text{ m}^{-3}$)
0–3	460	310	230	3,19
10–13	550	240	210	3,22
25–28	560	230	210	3,14
	Mata nativa			
0–3	550	280	170	3,34
10–13	570	210	230	2,98
25–28	600	200	200	3,01

⁽¹⁾ D_p = densidade de partículas

Regressões lineares foram obtidas entre os teores de carbono orgânico do solo (CO) e a capacidade de troca de cátions efetiva (t) com o auxílio do software Sigma Plot[®] 10 (2006). Para a obtenção das regressões lineares foram utilizados todos os valores de carbono orgânico e CTC efetiva do solo sob diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras. Os valores de carbono orgânico e CTC efetiva do solo sob mata nativa não foram utilizados para a elaboração das regressões por serem considerados valores discrepantes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No quadro 2, encontram-se os teores CTC efetiva e carbono orgânico (CO) do Latossolo Vermelho distroférico (LVdf) submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras e na mata nativa nas três profundidades. De uma maneira geral observa-se que os valores da CTC efetiva e do carbono orgânico no solo decrescem de acordo com o aumento da profundidade.

Nas três profundidades estudadas os valores de CTC efetiva foram maiores para o solo sob o manejo sem capina e menores para o solo sob mata nativa e herbicida de pré-emergência. Os valores da CTC efetiva para o solo sob mata nativa (MN) e sob os manejos grade (GR) e herbicida de pré-emergência (HPRE) foram iguais nas profundidades de 10–13 e 25–28 cm. Sob mata nativa, o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável (Bayer & Mielniczuk, 2008) o que justifica os menores valores de CTC efetiva encontrados para o solo sob este uso, pois, com o aumento do grau de polimerização reduz a cargas elétricas de superfície e contribui menos para a capacidade de troca de cátions do solo. Destaca-se ainda, que os valores de CTC efetiva para o solo manejado com grade (GR) na profundidade de 25–28 cm igualam-se ao valor encontrado para o solo sem capina. Este resultado pode ser atribuído ao revolvimento do solo incorporando resíduos depositados na superfície em maiores profundidades. Para os demais sistemas de manejo de plantas invasoras (CM, HPOS, RÇ e ERT) os valores de CTC efetiva foram intermediários aos valores obtidos para o manejo sem capina e herbicida de pré-emergência.

Quadro 2. Capacidade de troca de cátions efetiva e carbono orgânico de um Latossolo sob mata nativa e na lavoura cafeeira submetidos a diversos métodos de manejo das plantas invasoras em três profundidades.

CONDIÇÕES AVALIADAS	CTC efetiva ($cmol_c \text{ dm}^{-3}$)			Carbono orgânico ($g \text{ kg}^{-1}$)		
	Profundidades			Profundidades		
	0–3 cm	10–13 cm	25–28 cm	0–3 cm	10–13 cm	25–28 cm
Mata nativa (MN)	3,2a D	1,0b C	0,7b D	15,7a DE	12,8abAB	10,4a A
Sem capina (SC)	11,3a A	6,8b A	4,7c A	24,5aA	14,3 bA	9,9 c A
Capina manual (CM)	7,1a B	4,4b B	2,7c BC	15,1a DE	11,0 bAB	8,3 b A
Herb. de pós-emergência (HPOS)	7,2a B	4,4a B	2,2c BC	16,8a CD	11,4 bAB	8,3 b A
Roçadora (RÇ)	7,4a B	4,2b B	2,5c BC	21,2aAB	12,3 bAB	8,7 c A
Enxada rotativa (ERT)	6,6a B	4,2a B	2,6c BC	20,3aABC	10,1 bAB	8,5 b A
Grade (GR)	6,4a BC	3,9b B	3,3b AB	18,6 bBCD	10,1 bAB	9,4 b A
Herb. de pré-emergência (HPRE)	4,7a CD	2,0b C	1,1b CD	12,0a E	9,3ab B	7,4 b A
C.V. ⁽¹⁾ (tratamentos)	16,19%			10,03%		

As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas dentro de cada atributo não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ⁽¹⁾C.V. coeficiente de variação.

Quanto aos teores de carbono orgânico no Latossolo tanto sob os diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras quanto na mata nativa não apresentaram diferença na profundidade de 25–28 cm (Quadro 2), evidenciando maiores influências do manejo de plantas invasoras em atributos químicos até a profundidade de 10–13 cm corroborando com Alcântara & Ferreira (2000).

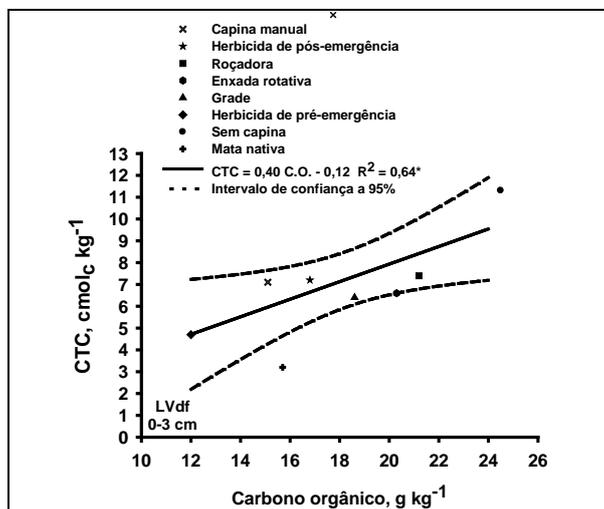


Figura 1 –Variação da capacidade de troca de cátions efetiva (t) em função do conteúdo de carbono orgânico na profundidade de 0–3 cm de um Latossolo proporcionado pelos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira localizada na Fazenda Experimental da Epamig, São Sebastião do Paraíso, MG.

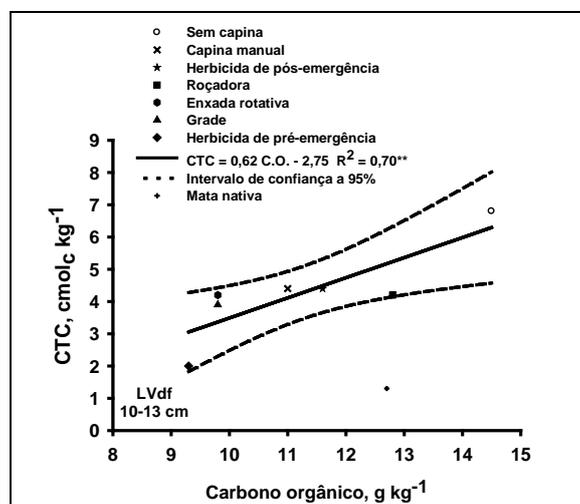
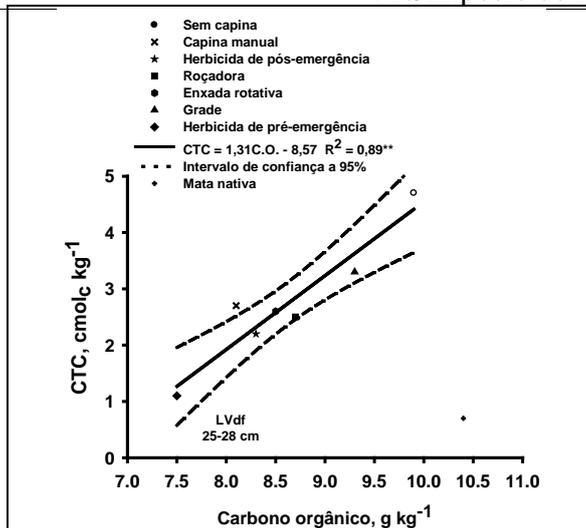


Figura 2 – Variação da capacidade de troca de cátions efetiva (t) em função do conteúdo de carbono orgânico na profundidade de 10–13 cm de um Latossolo proporcionado pelos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira localizada na Fazenda Experimental da Epamig, São Sebastião do Paraíso, MG.

Observa-se pelas figuras 1 a 3, que os diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras em lavouras cafeeiras alteraram os teores de carbono orgânico e CTC efetiva do solo, de maneira que, com o aumento do teor de carbono orgânico no solo ocorre um aumento linear nos valores de CTC efetiva. Observa-se ainda, que apesar dos elevados teores de carbono orgânico do solo encontrados sob mata nativa, estes contribuem pouco para o aumento da CTC efetiva do solo já que a matéria orgânica permanece estável como ressaltado anteriormente.

Pelas figuras 1 a 3, sugere-se que o teor de carbono orgânico no solo explica 64%, 70% e 89% das variações da CTC efetiva nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, respectivamente. Os resultados encontrados estão de acordo com os apresentados por Raji (1969); Alcântara (1997); Bayer & Mielniczuk (1997) e Bayer & Mielniczuk (2008) os quais observaram relações entre os conteúdos de matéria orgânica e CTC. Para Latossolos do estado de São Paulo com

teores de argila semelhantes (1969) observou que a matéria contribuição relativa de até



ao utilizados neste estudo Raij orgânica pode ter uma 90% para a CTC total do solo.

Figura 3 – Variação da capacidade de troca de cátions efetiva (t) em função do conteúdo de carbono orgânico na profundidade de 25–28 cm de um Latossolo proporcionado pelos diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras em uma lavoura cafeeira localizada na Fazenda Experimental da Epamig, São Sebastião do Paraíso, MG.

Latossolos são solos altamente intemperizados, ácidos e caracterizados pela remoção de SiO_2 e acúmulo relativo de alumínio Al_2O_3 na sua fase mineral. São solos constituídos predominantemente pelos minerais caulinita ($\text{CTC} = 0\text{-}1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e óxidos de ferro ($\text{CTC} = 2\text{-}4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ hematita e goethita) e hidróxidos de alumínio ($\text{CTC} = 2\text{-}4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ gibbsita) (Meurer et al., 2006). Estes constituintes contribuem para as cargas do solo, porém, com cargas dependentes de pH. No caso dos óxidos de ferro e hidróxidos de alumínio dado ao ponto de carga zero $\text{PCZ} > 8,0$ (valor de pH no qual as cargas negativas igualam-se as cargas positivas e valores de pH acima do PCZ contribuem com cargas negativas e abaixo contribuem para cargas positivas) no pH dos solos normalmente cultivados (4,5-6,5) estes óxidos estão contribuindo para o predomínio de cargas positivas. Neste contexto, o aumento da CTC do solo cultivado com cafeeiros e submetido a diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras promove um aumento das cargas negativas já que a CTC pode ser entendida como uma estimativa indireta das cargas negativas do solo. Isto se deve aos grupos funcionais que compõem a matéria orgânica do solo que determinam a capacidade destes constituintes do solo perder ou receber íons H^+ (dissociação ou protonação) é a responsável pela geração de cargas da matéria orgânica do solo. A protonação da matéria orgânica do solo ocorre somente em pH inferior a 3,0 (PCZ da matéria orgânica em torno de 3,0) e assim, em pH dos solos agrícolas a matéria orgânica do solo está dissociada, gerando cargas negativas no solo (Silva et al., 2006).

CONCLUSÕES

- 1) Os manejos de plantas invasoras na lavoura cafeeira alteram os teores de carbono orgânico e capacidade de troca de cátions efetiva no solo.
- 2) O carbono orgânico no solo contribui em 64%, 70% e 89% das variações da capacidade de troca de cátions efetiva nas profundidades de 0–3, 10–13 e 25–28 cm, respectivamente.
- 3) A manutenção da matéria orgânica no solo e constante deposição de resíduos pode ser a chave para a sustentabilidade do manejo em lavouras cafeeiras, tendo em vista que reduções nos teores de C orgânico no solo devido ao manejo inadequado podem provocar sérias implicações ambientais aos níveis regionais e globais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, E. N. de. **Efeito de Diferentes Métodos de Controle de Plantas Daninhas na Cultura do Cafeeiro (*Coffea arabica* L.) Sobre a Qualidade de um Latossolo Roxo Distrófico**. 1997. 133 p. (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

ALCÂNTARA, E. N.; FERREIRA, M. M. Efeito de métodos de controle de plantas daninhas na cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sobre a qualidade física do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, n. 4, p. 711-721, Out./Dez. 2000.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 105–112, 1997.

BAYER, C. & MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. 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 e subtropicais**. 2ª Ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 7–18.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Part 1. 2nd ed. Madison: ASA, 1986. p. 377–382. (ASA. Agronomy Monography, 9).

DAY, P. R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. et al. (Ed.). **Methods of soil analysis**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. n. 1, Part I. p. 545–567. (ASA. Monography of Agronomy, 9)

DORAN, J. W. Soil health and global sustainability: translating science into practice. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.88, p. 119–127, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

GOEDERT, W. J.; SYERS, J. K. & COREY, R. B. Relações caulinita-quartzo-gibbsita em solos desenvolvidos de basalto no Rio Grande do Sul. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 15. Anais... Campinas, SBCS, 1976. p. 495–498.

LAL, R. World soils and global issues. **Soil & Tillage Research**, v. 97, n. 1, p. 1–4, 2007.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2ª ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.:il.

MEUER, E. J.; RHENHEIMER, D. & BISSANI, C. A. Fenômenos de sorção em solos. In: MEUER, E. J. (Ed.) **Fundamentos de química do solo**. 3ª ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 117–162. 285 p.: il.

RAIJ, B. V. A capacidade de troca de cátions das frações orgânica e mineral em solos. *Bragantia*, v. 28, n. 8, março 1969. Campinas, 85–112.

ROMIG, D. E.; GARLYND, M. J.; HARRIS, R. F.; McSWEENEY, K. How farmers assess soil health and quality. **Journal Soil and Water Conservation**, v. 50, p. 229–236, 1995.

SIGMA PLOT, Scientific Graphing Software. Versão 10, San Rafael, Jandel Corporation, 2006.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. de O. & CERETTA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEUER, E. J. (Ed.) **Fundamentos de química do solo**. 3ª ed. Porto Alegre: Evangraf, 2006. p. 63–90. 285 p.: il.

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**, v. 37, p. 29–38, 1934.