



Semina: Ciências Agrárias
ISSN: 1676-546X
semina.agrarias@uel.br
Universidade Estadual de Londrina
Brasil

Resende Martins Ferreira, Rogério; Tavares Filho, João; Martins Ferreira, Vinícius;
Ralisch, Ricardo

Estabilidade física de solo sob diferentes manejos de pastagem extensiva em cambissolo

Semina: Ciências Agrárias, vol. 31, núm. 3, julio-septiembre, 2010, pp. 531-537

Universidade Estadual de Londrina
Londrina, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744097001>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Estabilidade física de solo sob diferentes manejos de pastagem extensiva em cambissolo

Physical soil stability under different management of extensive pasture in haplumbrept soils

Rogério Resende Martins Ferreira¹; João Tavares Filho^{2*};
Vinícius Martins Ferreira³; Ricardo Ralisch²

Resumo

Na pecuária leiteira da Microrregião de São João Del Rei (MG) é comum o manejo de pastagem nativa extensiva com utilização de queimadas anuais em Cambissolo, considerados de baixa fertilidade natural. O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade física a partir da determinação do grau de flocação da argila de Cambissolo sob diferentes manejos de pastagem extensiva. As avaliações foram realizadas em três tipos de manejos: pastagem nativa manejada sem queimada; passagem nativa manejada com queimada e pastagem recuperada. Em cada manejo selecionou-se uma “sub área” de 1 hectare, situada em meia encosta com declive entre 10 – 12%. Em junho / 2007, foram coletadas 50 amostras deformadas de solo de forma inteiramente casualizada, na camada de 0-10 cm, para determinação do grau de flocação da argila, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\text{pH}_{\text{KCl}(\text{IN})}$, ponto de carga zero (PCZ), além da estimativa do ΔpH . Os resultados obtidos permitiram concluir que o manejo de solo utilizado influenciou no grau de flocação da argila sendo os menores valores encontrados para os manejos pastagem com queima anual e pastagem recuperada. A recuperação de pastagens nesses solos requer cuidados com o manejo físico e químico.

Palavras-chave: Grau de flocação, argila dispersa em água, matéria orgânica, Ph do solo, ponto de carga zero

Abstract

In the dairy cattle production of the small region of São João Del Rei (MG – Brazil) it is common to manage extensive native pastures with annual fires on low natural fertility Haplumbrept soils. The objective of this work was to evaluate the physical stability by measuring the degree of clay flocculation of a Haplumbrept soil under different management systems of extensive pastures. The evaluations were done using three types of managements: native pasture without fire; native pasture with fire, and recovered pasture. For each treatment it was selected one “sub area” of 1 hectare, located at the middle hillside with declivity between 10 and 12%, where, in the month of June 2007, 50 randomized deformed soil samples were collected/studied, in the layer of 0-10 cm to evaluate the degree of clay flocculation, pH , $\Delta\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, $\text{pH}_{\text{KCl}(\text{IN})}$, zero point charge (PCZ). The systems of soil management did influence the degree of clay flocculation, with the lowest values found in pasture with annual burning and recovered pasture. The recovery of pasture in this fragile soil requires care with physical and chemical soil management.

Key words: Degree of flocculation, dispersed clay in water, organic matter, Ph of the soil, load point zero.

¹ Aluno de doutorado do Curso de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina – UEL. E-mail: rogeioferreira@yahoo.com.br

² Professores do Curso de Pós Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, UEL/CCA/AGR, Cx.Postal 6001, CEP: 86051-990, Londrina (PR). E-mail: tavares@uel.br; ralisch@uel.br

³ Engenheiro Agrônomo Msc., responsável pelo projeto Maria de Barro. E-mail: mariadebarro.crides@yahoo.com.br

* Autor para correspondência

Introdução

Na pecuária leiteira da Microrregião de São João Del Rei (MG) é comum o manejo de pastagem nativa extensiva com utilização de queimadas anuais sob Cambissolo derivado de rochas pelíticas pobres, com baixa produtividade, atribuída normalmente ao caráter álicos e distróficos desses solos, considerados de baixa fertilidade natural (SANTOS et al., 1998). Esses solos, além das limitações impostas por sua baixa fertilidade natural quanto à utilização agrícola, apresentam alta susceptibilidade à erosão, baixa capacidade de armazenamento de água, além de impedimentos à mecanização devido ao seu relevo.

A queima anual visa, segundo Spera, Ferreira e Curi (1996), a renovação de partes vegetativas não consumidas e lignificadas do extrato herbáceo, provocando um rebrote de melhor qualidade e sua palatabilidade, e controle do crescimento de arbustos. Entretanto, Costa (1982) constatou que após a queima de uma pastagem de colonião havia um maior perfilhamento da gramínea nos primeiros 30 dias, mas a recuperação da cobertura vegetal nunca era completa.

Sabe-se que, apesar da queima da pastagem ser um método eficiente no controle da vegetação espontânea, ela afeta os microorganismos do solo, elimina insetos inimigos naturais de pragas e pode ser muito danosa, pois consome a vegetação e deixa o solo descoberto, favorecendo a erosão. Segundo De Bano (1989), diversos atributos do solo, tais como estrutura, capacidade de troca de cátions, disponibilidade de nutrientes e atividade microbiológica, são altamente dependentes da matéria orgânica, que começa a se alterar quimicamente quando aquecida a 200 °C e é completamente consumida quando atinge 450°C.

Portanto, o uso do fogo em pastagens pode afetar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente na camada superior. Dentre as propriedades físicas degradadas, a dispersão da argila pode acarretar encrustamento superficial e a compactação subsuperficial do solo pela eluviação

dessa argila e redução da porosidade do solo, causando assim, maior suscetibilidade à erosão e, consequentemente, perdas de solo, nutrientes e água, impedimento ao crescimento das raízes das plantas e ao movimento da água no perfil do solo, reduzindo a fertilidade e o potencial produtivo da área agrícola limitando, assim, a produtividade das culturas (HARIDASAN; CHIBBER, 1971; LEVY; EISENBERG; SHAINBERG, 1993; RHEINHEIMER et al., 2003; SOUSA, 2008).

Segundo Oades (1984, 1993) e Oades e Waters (1991), o fenômeno da dispersão-flocação no solo é influenciado, entre outros fatores, pela matéria orgânica, a qual afeta o desenvolvimento da estrutura e relaciona-se com o balanço das cargas elétricas do solo (GOMES et al., 1994) e, os cátions hidratáveis de pequeno diâmetro no solo podem promover a agregação das partículas do mesmo, favorecendo sua estrutura e seu processo de flocação.

Outro ponto importante em relação à flocação – dispersão da argila é o pH do solo. Sabe-se que a argila é floculada quando o pH se aproxima do ponto de carga zero (PCZ); portanto, no caso de pH distante do PCZ ocorrerá um lado ácido (pH abaixo do PCZ) com predomínio de cargas positivas e no lado alcalino (pH acima do PCZ) com predomínio de cargas negativas. Dessa forma, esse predomínio de uma carga líquida negativa ou positiva, segundo o pH do solo, resulta em forças repulsivas que são suficientemente grandes, para sobrepor às forças eletrostáticas de atração e, neste caso, grande parte da argila permanece dispersa (GILLMAN, 1974). Para Gombeer e D'hoore (1971), as condições ideais para dispersão da argila são pH distante do ponto de efeito salino nulo e baixa saturação de alumínio e segundo Mitchell (1976) e Uehara e Gillman (1980), para que ocorra a dispersão das argilas, é necessário que o pH do solo se encontre mais elevado do que o PCZ.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade física a partir da determinação do grau de flocação da argila de Cambissolo sob diferentes manejos de pastagem extensiva.

Material e Métodos

As avaliações foram realizadas em uma região cuja posição geográfica é 21°22'S e 44°61'W, altitude média de 935m, clima é tropical de altitude (Cwa – segundo a classificação de Köppen) com invernos frios e secos e verões quentes e úmidos com precipitação média anual varia de 1.200 a 1.500 mm.

Considerando que nessa região de estudo a exploração pecuária se caracteriza pela predominância do uso de pastagens nativas extensivas sob Cambissolo Haplico Tb Distrófico típico em materiais de origem de Filito e Gnaissé, com baixa produtividade por vaca e por unidade de área, em parte em virtude da limitada qualidade e quantidade de forragens (SANTOS et al., 1998), selecionou-se 3 tipos de manejos apresentados a seguir:

- 1) Pastagem nativa manejada sem queimada (PSQ), com produção de bovinocultura extensiva (1,2 UA/ha), e o rebanho não é rotacionado (não há piquetes). Para caracterizar esse sistema, escolheu-se uma propriedade onde o pasto não é tombado e não recebe nenhum cuidado especial (físico e/ou químico) há pelo menos 25 anos;
- 2) Passagem nativa manejada com queimada (PCQ), com produção de bovinocultura extensiva (0,8 UA/ha), e o rebanho não é rotacionado (não há piquetes). Para caracterizar esse sistema, escolheu-se uma propriedade onde o pasto não é tombado e não recebe nenhum cuidado especial (físico e/ou químico) há pelo menos 20 anos e faz uso de queimadas anuais sempre no mês de setembro.
- 3) Pastagem recuperada (PR), com produção de bovinocultura extensiva (1,5 UA/ha). Para caracterizar esse sistema, escolheu-se uma área onde o rebanho é rotacionado com a cultura do milho em vários piquetes existentes na propriedade. A cada 4 anos, faz-se preparo do solo (01 aração e 02 gradagens) a fim de recuperar sua fertilidade

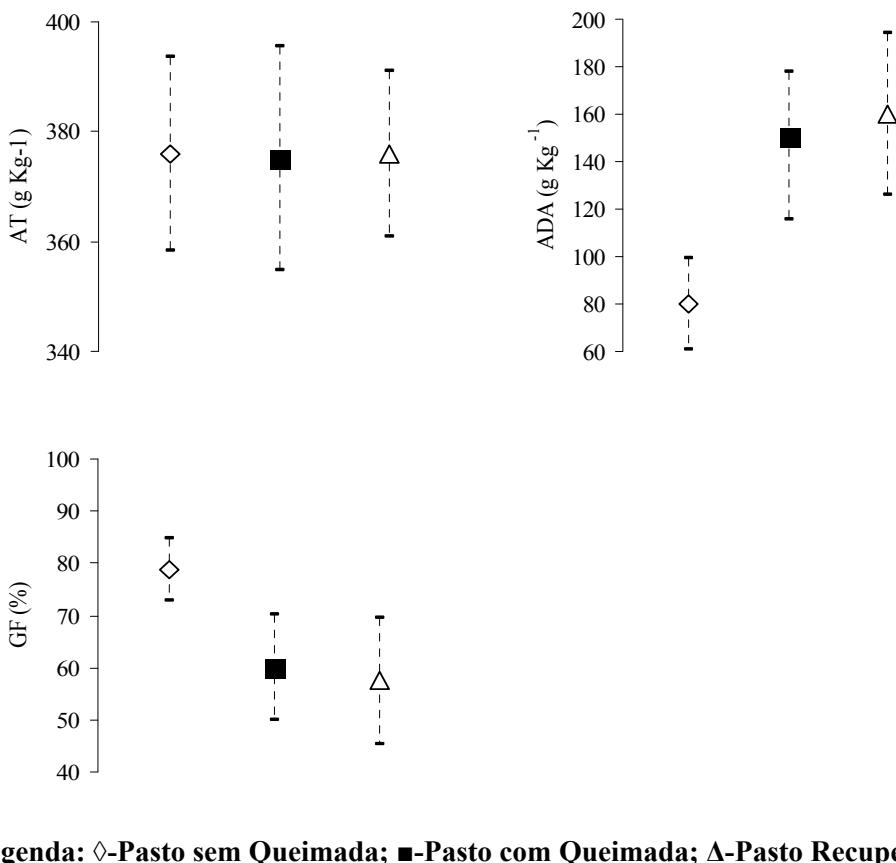
física e química (calagem e adubação) e limitar a invasão das plantas daninhas. Esse sistema vem sendo usado há mais de 10 anos.

Para cada manejo apresentado anteriormente, buscando reduzir a variabilidade espacial em relação à amostragem do solo, selecionou-se uma “sub áreas” de um hectare cada, situadas em meia encosta e com declive entre 10 e 12%, para todas as propriedades, onde foram coletadas 50 amostras deformadas de solo em cada manejo estudado, de forma inteiramente casualizada, na camada de 0-10 cm, pois se considerou que os efeitos das queimadas são mais marcantes na camada mais superficial do solo (RHEINHEIMER et al., 2003; SOUSA, 2008). Foram determinados os graus de floculação da argila, segundo a expressão GF (%) = ((AT – ADA)/AT)*100, onde AT (argila total) (TAVARES FILHO; MAGALHÃES, 2008) e ADN (argila dispersa em água), além do pH_{H₂O}, pH_{KCl(1N)} conforme Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997), ponto de carga zero (PCZ) (CAMARGO et al., 1996), e estimado o ΔpH ($\Delta\text{pH} = \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} - \text{pH}_{\text{KCl(1N)}}).$

Os resultados foram apresentados em valores médios de 50 amostras por manejo considerado e, foram calculados o coeficiente de variação e o intervalo de confiança a 95% para comparação entre as médias obtidas.

Resultados e Discussão

Os valores médios e intervalos de confiança (95%) da argila total (AT), argila dispersa em água (ADA) e do grau de floculação da argila do solo, determinados para os diferentes manejos de pastagem são apresentados na Figura 1. Observa-se que para a AT os valores obtidos são iguais, sem diferença entre os três manejos considerados, embora não estejam em uma mesma propriedade. Dessa forma, admitir-se-á que os solos sob PSQ, PCQ e PR estão sobre uma mesma cobertura pedológica, o que permitirá comparações entre os diferentes manejos.



Legenda: \diamond -Pasto sem Queimada; \blacksquare -Pasto com Queimada; \triangle -Pasto Recuperado

Figura 1. Valores médios (de 50 amostras por manejo considerado) e intervalos de confiança (95%) da argila total (AT), da argila dispersa em água (ADA) e do grau de flocação da argila (GF), determinados para os diferentes manejos considerados, para a camada superficial do solo (0 – 10 cm)

Em relação à ADA e o GF (Figura 1), verifica-se para a primeira uma diferença entre o manejo PSQ (menor valor de ADA) e os outros dois manejos (PCQ e PR) os quais apresentaram valores de ADA que não diferem entre si, no nível de 5 %. Sabese que maior quantidade de ADA, menor o GF do solo e vice-versa; fato que é observado também na figura 1 onde se verifica uma diferença entre o manejo PSQ (maior GF) e os outros dois manejos que apresentaram valores de GF que não diferem entre si. É interessante observar que o valor médio do GF determinado para o manejo PSQ (80 %) chega a ser de em torno de 34 % superior ao valor médio determinado para os manejos PCQ e PR (60 – 59 %).

A provável explicação para essa diferença no grau de flocação da argila pode residir em duas hipóteses: a primeira de natureza mecânica, devido ao preparo do solo o qual pode aumentar a dispersão da argila (LEVY; EISENBERG; SHAINBERG, 1993) e reduzir na mesma proporção o grau de flocação. A segunda de natureza química, onde é importante considerar o pH do solo o qual influí nas cargas de superfície dos constituintes do solo (argilas, óxidos de ferro e de alumínio e matéria orgânica por apresentarem carga de superfície dependente do pH do solo). As cargas negativas de superfície tornam-se neutras (número de cargas positivas igual ao de cargas negativas) no ponto isoelétrico (ou PCZ – ponto de carga zero), onde ocorre a maior

flocação da argila, aumentam na medida em que o pH aumenta ($\text{pH} > \text{PCZ}$), diminui na medida em que o mesmo diminui ($\text{pH} < \text{PCZ}$). Portanto, a dispersão da argila aumenta quando o pH em água do solo for mais elevado do que o PCZ, pois ocorre nesse caso maior repulsão eletrostática e diminui a flocação da mesma (VAN RAIJ; PEECH, 1972; MITCHELL, 1976; UEHARA; GILLMAN, 1980; OADES, 1988; LEVY; EISENBERG; SHAINBERG, 1993; NETTO; BRAGA; COSTA, 1995).

No caso do manejo PSQ, a menor dispersão da argila pode ser explicada pela falta de manejo, pois não existe revolvimento do solo, portanto não ocorre dispersão do solo e redução do grau de flocação da argila como relatado por Eltz, Peixoto e Jaster (1989), e, além disso, o pH do solo e o ΔpH são os menores dos três manejos (Tabela 1), logo preservando as melhores condições para flocação das argilas.

Em relação ao manejo PCQ, onde a dispersão da argila é importante mesmo sem existir o

revolvimento do solo, o pH do solo igual a 5,6 e o ΔpH é de -1,3 (Tabela 1) indicando maior ocorrência de carga líquida negativa que no manejo PSQ ($\Delta\text{pH} = -0,5$), favorecendo assim a repulsão eletrostática das argilas e a maior dispersão das mesmas

Já em relação ao manejo PR, onde a dispersão da argila também é importante, parece ocorrer as duas hipóteses relatadas anteriormente, pois, a cada 4 anos ocorre mobilização do solo (01 aração e 02 gradagens) a fim de recuperar sua fertilidade física e química (calagem e adubação) e limitar a invasão das plantas daninhas e, segundo Eltz, Peixoto e Jaster (1989), nessas situações, pode ocorrer a dispersão do solo e redução do grau de flocação da argila. Além disso, o pH do solo é igual a 6,3 e o ΔpH é de -1,3 (Tabela 1), bem maior que o PCZ (2,5) indicando maior ocorrência de carga líquida negativa ($\Delta\text{pH} = -1,3$), indicando maior ocorrência de carga líquida negativa, favorecendo assim, a repulsão eletrostática das argilas e a maior dispersão das mesmas.

Tabela 1. Valores de matéria orgânica (M.O.), $\text{pH}_{\text{KCl}(1\text{N})}$, $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, ΔpH e PCZ (Ponto de Carga Zero) do Cambissolo sob diferentes manejos de pastagem extensiva (PSQ – pastagem sem queimada; PCQ – pastagem com queimada e PR – pastagem recuperada)(*).

Manejo	Prof. da amostragem (cm)	M.O. dag kg ⁻¹	pH KCl (1N)	pH H ₂ O	ΔpH	PCZ
PSQ	0 – 10	1,8	4,2	4,7	-0,5	2,4
PCQ	0 – 10	0,9	4,3	5,6	-1,3	2,4
PR	0 – 10	2,6	5,0	6,3	-1,3	2,5

(*) Os resultados são médias de 50 repetições por cada manejo de pasto considerado.

Esses resultados indicam que a maneira de explorar o solo influí em suas propriedades. Neste caso, duas situações parecem estar influindo messes resultados: a primeira se refere ao manejo empregado, ou seja, embora não se faça a queimada anual, se ara e gradeia a cada 4 anos, além do uso de calagem e adubações. Quando se ara e gradeia um solo fragmenta seus agregados, e reduz o grau de

flocação da argila (ELTZ; PEIXOTO; JASTER, 1989; PRADO; CENTURION, 2001). A segunda pode ocorrer quando, segundo Hartmann, Tessier e Pédro (1994) e Hartmann, Poss e Singhatat (1999), esses solos ácidos de clima mais quente, como no caso deste trabalho, não apresentam o valor do pH para manter a existência de forças de coesão entre os constituintes (cargas negativas das argilas

silicatadas e positivas dos óxidos e da matéria orgânica), e assim ajudar na estabilidade física do solo (floculação do solo).

Qualquer aumento excessivo do pH e da saturação catiônica, provavelmente o que tem ocorrido com o manejo empregado para a recuperação da pastagem, pode provocar um efeito desfavorável para a estrutura sendo, portanto, necessário procurar condições geoquímicas ótimas que permitem assegurar certa estabilidade física ao solo, mas que não provoque fenômenos de toxicidade para os vegetais.

Conclusões

O manejo de solo utilizado influenciou no grau de floculação da argila sendo os menores valores encontrados para os manejos pastagem com queima anual e pastagem recuperada;

A recuperação de pastagens nesses solos requer cuidados com o manejo físico e químico.

Referências

- CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. *Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agronômico de Campinas*. Campinas: IAC, 1996. 94 p. (Boletim Técnico, 106).
- COSTA, B. M. *Queima e roçagem em pastagem de capim-colonião (Panicum maximum Jacq.)*: seus efeitos no solo e nas plantas. 1982. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Agronomia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- DE BANO, L. F. Effects of fire on chaparral soils in Arizona and California and post fire management implications. In: SYMPOSIUM ON FIRE AND WATERSHED MANAGEMENT, 1988, Berkeley. *Proceedings...* Berkeley, 1989. p. 55-62.
- ELTZ, F. L. F.; PEIXOTO, R. T. G.; JASTER, F. Efeitos de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Bruno álico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v 13, n. 2, p. 259-267, 1989.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.
- GILLMAN, G. P. The influence of net charge on water dispersible clay and sorbed sulphate. *Australian Journal of Soil Research*, Victoria, v. 12, n. 2, p: 173-176, 1974.
- GOMBEER, R.; D'HOORE, H. Induced migration of clays and other moderately mobile soil constituents. III. Critical soil/water dispersion ratio, colloid stability and electrophoretic mobility. *Pedologie*, Ghent, v. 21, n. 3, p. 311-342, 1971.
- GOMES, P. C.; MOURA FILHO, W.; COSTA, L. M.; FORTES, M. P. F. Influência da cobertura vegetal na formação e evolução de húmus e sua relação com grau de floculação de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Município de Viçosa, Minas Gerais. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 41, n. 235, p. 223-233, 1994.
- HARIDASAN, M.; CHIBBER, R. K. Effect physical and chemical properties on the erodibility of some soils of the Malwa Plateau. *Soil Science*, Baltimore, v. 19, n. 3, p. 293-298, 1971.
- HARTMANN, C.; POSS, R.; SINGHATAT, V. Soil compaction and plant growth in Northeast Thailand: The case of the Nam Phong soil series. In: KAM, S. P.; HOANH, C. T.; TRÉUIL, G.; HARDY, B. (Ed.). *Natural resource management issues in the korat basin of northeast Thailand: an overview*. Thailand: IRRI, 1999. p. 157-162.
- HARTMANN, C.; TESSIER, D.; PÉDRO, G. Changes in sandy oxisols microfabrics after mechanical uprooting of an oil palm plantation. *Developments in Soil Science*, Amsterdam, v. 22, n. 3, p. 687-695. 1994.
- LEVY, G. J.; EISENBERG, H.; SHAINBERG, I. Clay dispersion as related to soil properties and water permeability. *Soil Science*, Baltimore, v. 155, n. 1, p. 15-22, 1993.
- MITCHELL, J. K. *Fundamentals of soil behavior*. Berkeley: John Wiley, 1976.
- NETTO, A. R.; BRAGA, J. M.; COSTA, L. M. Efeito da calagem sobre a dispersão de argilas de solos com diferentes características mineralógicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, 25., 1995, Viçosa-MG. *Resumos...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1995. p. 301-303.
- OADES, J. M. Soil organic matter and structural stability: mechanisms and implications for management. *Plant and Soil*, The Hague, v. 76, n. 1/3, p. 319-337, 1984.

- _____. The retentions of organic matter in soils. *Biogeochemistry*, Dordrecht, v. 5, n. 1, p. 35-70, 1988.
- _____. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, Amsterdam, v. 56, n. 1/4, p. 377-400, 1993.
- OADES, J. M.; WATERS, S. G. Aggregate hierarchy in soils. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v. 29, n. 6, p. 815-828, 1991.
- PRADO, R. M.; CENTURION, J. F. Alterações na cor e no grau de flocação de um Latossolo Vermelho-Escuro sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 1, p. 197-203, 2001.
- RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, J. C. P.; FERNANDES, V. B. B.; MAFRA, A. L.; ALMEIDA, J. A. Modificações nos atributos químicos de solo sob campo nativo submetido à queima. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 33, n. 1, p. 49-55, 2003.
- SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; EVANGELISTA, A. R.; CRUZ FILHO, A. B.; TEIXEIRA, W. G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas e melhoradas sob diferentes práticas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, n. 1, p. 183-189, 1998.
- SOUZA, N. J. *Ecologia do fogo*. Disponível em: <<http://www.floresta.ufpr.br>>. Acesso em: 9 set. 2008.
- SPERA, S. T.; FERREIRA, M. M.; CURI, N. Inter-relações entre propriedades físico-hídricas do solo e a ocorrência de vegetação de mata e campo adjacentes no Alto Rio Grande (MG). *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 20, n. 2, p. 178-182, 1996.
- TAVARES FILHO, J.; MAGALHÃES, F. S. Dispersão de amostras de Latossolo Vermelho eutroférico influenciadas por pré-tratamento para oxidação da matéria orgânica e pelo tipo de agitação mecânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v. 32, n. 4, p. 1429-1435, 2008.
- UEHARA, G.; GILLMAN, G. P. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge minerals: I. Theory. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v. 44, n. 2, p. 250-252, 1980.
- VAN RAIJ, B.; PEECH, M. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics. *Soil Science of American Proceedings*, Madison, v. 36, n. 4, p. 587-593, 1972.