



Potencial de uso da susceptibilidade magnética como indicador da erosão hídrica em solos tropicais⁽¹⁾.

Pedro Luiz Terra Lima⁽²⁾; Marx Leandro Naves Silva⁽³⁾; Pedro Velloso Gomes Batista⁽⁴⁾; John Quinton⁽⁵⁾; Barbara Maher⁽⁵⁾; Nilton Curi⁽³⁾.

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo e Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

⁽²⁾Doutorando; Departamento de Ciência do Solo/Universidade Federal de Lavras; Lavras, Minas Gerais; pedroterralima@yahoo.com.br; ⁽³⁾Professor Titular; Departamento de Ciência do Solo/Universidade Federal de Lavras;

⁽⁴⁾Mestrando; Departamento de Ciência do Solo/Universidade Federal de Lavras; ⁽⁵⁾Professor; Lancaster Environmental Centre/Lancaster University.

RESUMO: A susceptibilidade magnética é um dos atributos de caracterização de solos e sedimentos. Dentre vários fatores, este atributo magnético pode ser influenciado pelo material de origem e outros componentes presentes nos solos. O objetivo deste estudo foi verificar a influência do material de origem e uso antrópico nos valores de susceptibilidade magnética em amostras de perfis de solos oriundos de Lavras, Minas Gerais. Foram coletadas amostras indeformadas (100 cm) em triplicatas de três solos (Argissolo, Cambissolo e Latossolo) sendo as mesmas submetidas a medições de susceptibilidade magnética a baixa frequência. Os valores de susceptibilidade magnética a baixa frequência apresentaram elevada relação com o material de origem dos solos e conseqüentemente com os teores de óxido de Fe, sendo os maiores valores observados no solo derivado de rochas basálticas. Os valores de susceptibilidade magnética variaram em profundidade entre 2,70 e 22,60 x 10⁻⁷ m³ kg⁻¹ no Cambissolo, entre 12,80 e 116,10 x 10⁻⁷ m³ kg⁻¹ no Argissolo e entre 290,20 e 749,60 x 10⁻⁷ m³ kg⁻¹ no Latossolo. A variação da susceptibilidade magnética observada ao longo da paisagem possivelmente está relacionada ao uso antrópico do solo, podendo ser utilizada como traçador ambiental, indicando a ocorrência de erosão hídrica.

Termos de indexação: magnetismo, material de origem, sedimentos erodidos.

INTRODUÇÃO

A susceptibilidade magnética é uma fonte natural de informação na caracterização de solos e sedimentos (Maher et al., 2003; Lu et al., 2008). Sua magnitude está diretamente relacionada com os teores de óxidos de Fe nos minerais.

Por apresentar um comportamento magnético denominado ferrimagnetismo, os minerais magnéticos mais importantes são a magnetita (Fe₃O₄) e a maghemita (γ-Fe₂O₃) (Mullins, 1977). Outros importantes minerais presentes em solos

tropicais, como hematita (αFe₂O₃) e goethita (αFeOOH), possuem sinal de susceptibilidade magnética baixo devido ao seu comportamento magnético denominado antiferromagnetismo.

São muitos os fatores que podem influenciar a susceptibilidade magnética de solos e sedimentos: clima (temperatura e precipitação), material de origem, topografia, regime hídrico fauna e flora, erosão, fatores antropogênicos e o tempo (Hanesch & Scholger, 2005). Dentre estes fatores, o material de origem exerce grande influência no teor de Fe dos solos (Resende et al., 1986; Fontes et al., 2000; Motta et al., 2002; Silva et al., 2010).

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi verificar a influência do material de origem nos valores de susceptibilidade magnética a baixa frequência em profundidade e na paisagem em situação antropizada, em três solos (Argissolo, Cambissolo e Latossolo).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado com amostras oriundas de solos ocorrentes no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Clima é classificado como Cwa, com um inverno seco e verão temperado, de acordo com o sistema de classificação Köppen (Alvares et al., 2013), com precipitação média anual de cerca de 1,530 milímetros e temperatura média anual de 19,4 °C (Dantas et al., 2007).

Amostragens

As amostras foram coletadas em três solos da região de Lavras, Minas Gerais: Cambissolo Háptico Tb distrófico típico (CXbd), Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) e de um Latossolo Vermelho distroférrico típico (LVdf) (Embrapa, 2013). As três amostras foram coletadas em solos em condições de equilíbrio, ou seja, mata nativa e áreas antropizadas (sob uso agrícola).

Em cada local de amostragem, foram coletadas



amostras em triplicatas de um metro dos perfis dos solos e cinco posições diferentes da paisagem, com diferentes usos da terra: mata nativa (controle), eucalipto, pastagem natural e cultivo intenso. As coletas foram realizadas em tubos de PVC de 50 milímetros de diâmetro.

As amostras foram então transportadas para o Centro de Paleomagnetismo e Magnetismo Ambiental (CEMP) em "Lancaster University", Reino Unido, onde foi mensurada a susceptibilidade magnética a baixa frequência a cada 1 centímetro. A mesma foi realizada em sensor de susceptibilidade magnética Bartington MS2B, a frequência de 0,47 kHz. Todas as medições são expressas em base normalizada em massa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os atributos químicos e físicos dos solos estudados podem ser observados na **tabela 1**. A principal diferença dentre os solos estudados se dá quanto ao grau de intemperismo, material de origem e relevo ao longo da formação dos solos. Tanto o Cambissolo, quanto o Argissolo são derivados de gnaisse-granítico. A diferença entre ambos os solos se deve a dois fatores: ao relevo em que foram formados, ondulado (8 - 20% de declividade) no Argissolo e forte ondulado (20 - 45% de declividade) no Cambissolo; e pedoforma (conformação do terreno), Argissolo possui uma pedoforma convexa e o Cambissolo tem uma pedoforma linear. Estes aspectos em conjunto fazem com que a taxa pedogênese/erosão seja relativamente mais elevada no Argissolo, resultando em solo mais profundo, com mineralogia predominantemente caulínica, porém tendo relativamente mais gibbsita e óxidos de ferro na fração argila em comparação ao Cambissolo (Kämpf et al., 2012).

No caso do Latossolo, o mesmo foi formado a partir de uma intrusão de gabro em um relevo plano (0 - 3% de declividade). O baixo ou nulo teor de quartzo no material de origem e o longo tempo de exposição deste solo aos agentes bioclimáticos, facilitado pelo relevo suavizado, propicia uma elevada taxa pedogênese/erosão, resultando em solo muito profundo, com mineralogia mais gibbsítica e sesquioxídica, caracterizando solos muito velhos (Kämpf et al., 2012).

As medidas de susceptibilidade magnética (χ_{LF}) para os três solos analisados (Cambissolo, Argissolo e Latossolo) estão apresentados na **figura 1**. Os valores de χ_{LF} para o Cambissolo ($2,70 - 22,60 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) e para o Argissolo ($12,80 - 116,10 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) foram muito menores do que os valores obtidos nas amostras do Latossolo ($290,20 - 749,60 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$). Tal resultado possivelmente se dá ao fato

de o gnaisse-granítico ser uma rocha composta de baixos teores de óxido de Fe que, conseqüentemente, originam solos com teores de óxidos de Fe mais baixo (Silva et al., 2010). Em contrapartida, solos desenvolvidos de rochas basálticas, como o Latossolo, são caracterizados por valores mais elevados de χ_{LF} (Costa et al, 1999;. Lu et al, 2008;. Silva et al., 2010).

Devido ao Argissolo ter sido formado em relevo mais suave que o Cambissolo, facilita a exposição a agentes bioclimáticos. Desta maneira, o Argissolo possui maiores teores de óxidos de Fe do que o Cambissolo, refletindo diretamente nos valores de χ_{LF} .

Valores apresentados por Owliaie et al. (2006) para Cambissolo no Iran, entre $0,16$ e $0,35 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ são menores que os valores apresentados no presente trabalho. Por outro lado, Araújo et al. (2014) apresentaram valores superiores ($92,4$ e $102,9 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ para horizontes A e B, respectivamente) para Cambissolo, sendo que os teores de óxidos de Fe foram superiores ao do presente trabalho justificando a diferença entre as pesquisas.

Lu et al. (2008) apresentaram valores de susceptibilidade magnética entre 900 e $8.830 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ em solos oriundos de rocha basáltica, sendo os mesmos maiores que os valores encontrados no Latossolo pesquisado no presente estudo. Silva et al. (2010) apresentaram valores similares, entre $22,5$ e $779 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ em solos de origem basáltica no estado do Paraná.

Os valores de χ_{LF} são respostas de seus respectivos teores de óxidos de Fe, aos quais são reflexo do material de origem, assim como apresentado por diversos autores: Resende et al. (1986), Fontes et al. (2000), Hanesch & Scholger (2005) e Silva et al. (2010).

A χ_{LF} média foi determinada na camada superficial (0 a 5 cm de profundidade), onde há maior ação dos agentes erosivos, nos três solos (Cambissolo, Argissolo e Latossolo) em diferentes usos do solo e demonstrada na **figura 2**.

A variação da χ_{LF} pode ser observada ao longo da paisagem. O mesmo está possivelmente relacionado ao uso antrópico do solo. Desta maneira, a diferença entre os valores de χ_{LF} permite utilizar esta propriedade magnética como um possível traçador ambiental, permitindo identificar fontes de sedimentos erodidos.

CONCLUSÕES

Os valores de susceptibilidade magnética a baixa frequência apresentaram elevada relação com o material de origem dos solos e conseqüentemente com os teores de óxido de Fe. Os maiores valores

de susceptibilidade magnética a baixa frequência foram observados no solo derivado de rochas basálticas.

Os valores de susceptibilidade magnética a baixa frequência variaram com o tipo de solo: Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (CXbd) apresentou valores entre $2,70$ e $22,60 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$, o Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) apresentou valores entre $12,80$ e $116,10 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$ e o Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf) apresentou valores de susceptibilidade magnética entre $290,20$ e $749,60 \times 10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

A variação da susceptibilidade magnética observada ao longo da paisagem possivelmente está relacionada ao uso antrópico do solo, podendo ser utilizada como traçador ambiental, indicando a ocorrência de erosão hídrica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos de pesquisa Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – 471522/2012-0, 305010/2013-1) e da Fundação de Amparo e Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG 00422-13) pelo apoio financeiro e bolsas de fomento.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z.*, 22:711-728, 2013.

ARAUJO, M. A.; PEDROSO, A. V.; AMARAL, D. C. et al. Paragênese mineral de solos desenvolvidos de diferentes litologias na região Sul de Minas Gerais. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, 38:11-25, 2014.

COSTA, A. C. S.; BIGHAM, J. M.; RHOTON, F. E. et al. Quantification and characterization of maghemite in soils derived from volcanic rocks in southern Brazil. *Clay Clay Miner.*, 47:446-473, 1999.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. *Ciênc. Agrotec.*, 31:1862-1866, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353p.

FONTES, M. P. F.; OLIVEIRA, T. S.; COSTA, L. M. et al. Magnetic separation and evaluation of magnetization of Brazilian soils from different parent materials. *Geoderma*, 96:81-99, 2000.

HANESCH, M.; SCHOLGER, R. The influence of soil type on the magnetic susceptibility measured throughout soil profiles. *Geophys. J. Int.*, 161:50–56, 2005.

KÄMPF, N.; MARQUES, J. J.; CURI, N. Mineralogia de solos brasileiros. In: KER, J. C. et al. *Pedologia; Fundamentos*. Viçosa: SBSCS, 2012. 343p.

LU, S. G.; XUE, Q.; ZHU, L. et al. Mineral magnetic properties of weathering sequence of soils derived from basalt in Eastern China. *Catena*, 73:23-33, 2008.

MAHER, B. A.; ALEKSEEV, A.; ALEKSEEVA, T. Magnetic mineralogy of soils across the Russian Steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol.*, 201:321-341, 2003.

MOTTA, P. E. F.; CARVALHO FILHO, A.; KER, J. C. et al. Relações solo-superfície geomórfica e evolução da paisagem em uma área do Planalto Central Brasileiro. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, 37:869-878, 2002.

MULLINS, C.E. Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science—a review. *J. Soil Sci.*, 28:223-246, 1977.

OWLIAIE, H.R.; HECK, R.J.; ABTAHI, A. The magnetic susceptibility of soils in Kohgiluyeh, Iran. *Can. J. Soil Sci.*, 86:97-107, 2006.

RESENDE, M.; ALLAN, J.; COEY, J. M. D. The magnetic soils of Brazil. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 78:322-326, 1986.

SILVA, A. R.; SOUZA JÚNIOR, I. G.; COSTA, A. C. S. Suscetibilidade magnética do horizonte B de solos do estado do Paraná. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, 34:329-337, 2010.

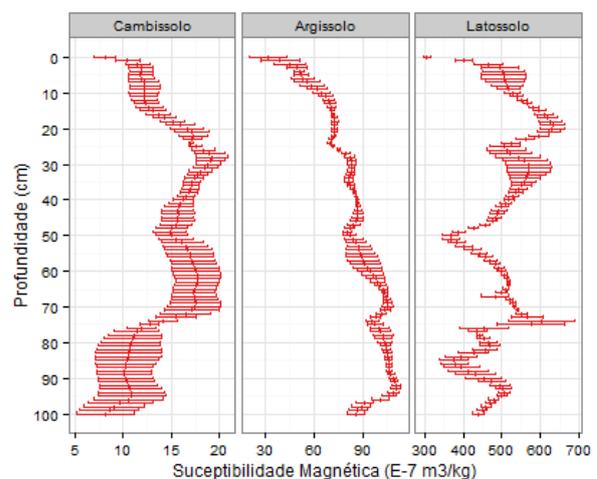


Figura 1 – Suscetibilidade magnética ($10^{-7} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) a baixa frequência em Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (CXbd), em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) e em Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf) oriundos da região de Lavras, Minas Gerais.

Tabela 1 – Caracterização química e granulométrica de Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (CXbd), Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) e Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf) oriundos da região de Lavras, Minas Gerais.

Atributo	Cambissolo	Argissolo	Latossolo
pH	5,0	5,7	5,0
P (mg dm ⁻³)	0,84	0,56	0,56
K (mg dm ⁻³)	28,00	18,00	30,00
Ca (cmol _c dm ⁻³)	0,50	3,10	0,50
Mg (cmol _c dm ⁻³)	0,30	0,20	0,10
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,70	0,10	0,20
SB (cmol _c dm ⁻³)	0,87	3,35	0,88
t (cmol _c dm ⁻³)	1,57	3,45	0,88
T (cmol _c dm ⁻³)	4,91	6,25	5,20
MOS (g kg ⁻¹)	12,9	14,1	16,4
Areia (g kg ⁻¹)	480	460	260
Silte (g kg ⁻¹)	160	80	120
Argila (g kg ⁻¹)	360	460	620
Material de Origem	gnaisse-granítico	gnaisse-granítico	gabro

SB: soma de bases trocáveis; t: capacidade efetiva de troca de cátions; T: capacidade potencial de troca de cátions; MOS: matéria orgânica do solo.

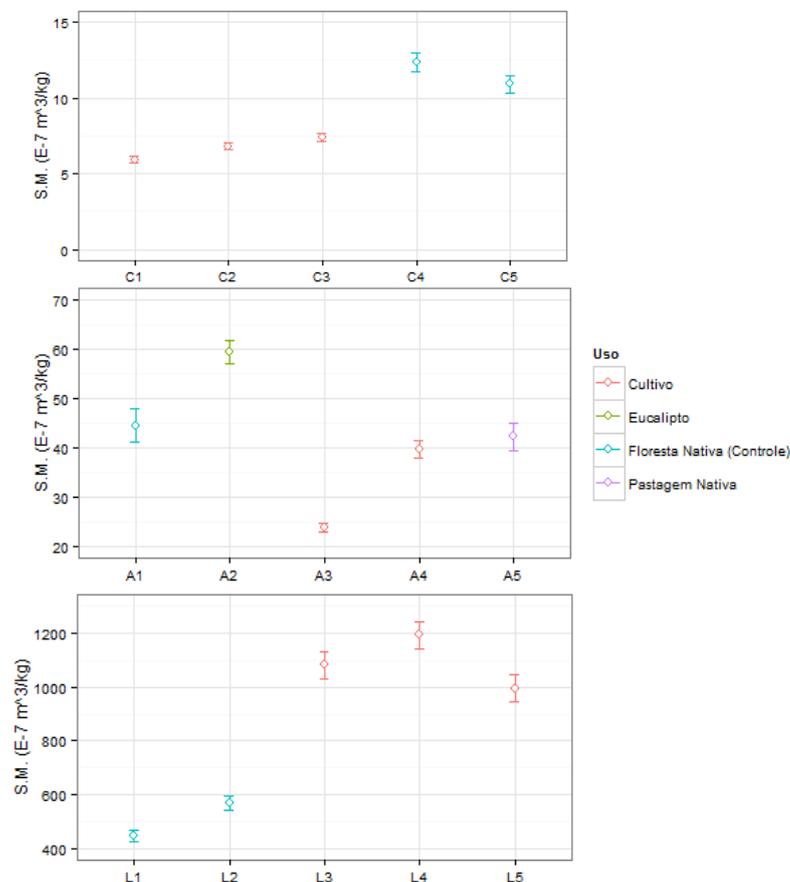


Figura 2 – Susceptibilidade magnética (S.M.) a baixa frequência média da camada superficial (0 a 5 cm) em Cambissolo Háplico Tb distrófico típico (CXbd), em Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (PVAd) e em Latossolo Vermelho distroférico típico (LVdf) oriundos da região de Lavras, Minas Gerais, em diferentes usos do solo.