

Caracterização de solos superficiais na região de Coimbra, Portugal central: um estudo de magnetismo ambiental

Characterization of topsoils in the area of Coimbra, central Portugal: a study of environmental magnetism

A.M. LOURENÇO – ana.maria.malho@gmail.com (Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra)

C.R. GOMES – romualdo@dct.uc.pt (CGUC, Departamento de Ciências da Terra, Universidade de Coimbra)

RESUMO: Foram estudadas 32 amostras de solos superficiais na área de Coimbra. Mediu-se a magnetização remanescente isotérmica a 1 T (tesla), -25 mT, -100 mT e -300 mT e procedeu-se à determinação dos *S-ratios*. Da análise destes parâmetros, e a partir do mapeamento da MRI_{1T} , verificou-se que os valores mais elevados se situam junto a vias de comunicação, linhas de água e em solos desenvolvidos sobre rochas metamórficas. Os valores dos *S-ratios* a -100 mT e -300 mT confirmam a presença de estruturas ferrimagnéticas.

PALAVRAS-CHAVE: Coimbra, solos superficiais, parâmetros magnéticos, poluição.

ABSTRACT: *Thirty two samples of topsoils in the area of Coimbra were studied. The isothermal remanent magnetization at 1T (tesla), -25 mT, -100 mT and -300 mT were measured and the S-ratios were determined. From the analysis of these parameters and from the mapping of MRI_{1T} , we found that the highest values of MRI_{1T} are located along the roads, streams and soils developed on metamorphic rocks. The values of S-ratios (-100 mT and -300 mT) confirm the presence of ferrimagnetic structures.*

KEYWORDS: Coimbra, topsoils, magnetic parameters, pollution.

1. INTRODUÇÃO

O solo é um recurso natural, perecível, base de toda a vida terrestre. Este é um recurso sensível, não renovável à escala humana e que carece de melhor conhecimento das suas propriedades, nomeadamente das propriedades magnéticas, que constituem um indicador (*proxy*) da sua evolução e possível contaminação. O mapeamento das propriedades magnéticas dos solos superficiais tem sido utilizado em diversos países como estimativa da poluição antropogénica (e.g., Dearing *et al.*, 1996; Petrovský *et al.*, 2000; Lecoanet *et al.*, 2001; Lourenço, 2003; Strzyszczyk e Ferdyn, 2005; Chaparro *et al.*, 2006; Kapička *et al.*, 2008; Lu *et al.*, 2008). Nos últimos 30 anos, tem-se assistido a um número crescente de estudos ambientais através da aplicação das técnicas do magnetismo dos materiais, dando origem a um novo ramo de investigação comumente denominado “magnetismo ambiental” (Thompson *et al.*, 1980). As metodologias empregues nesta área de investigação são relativamente rápidas, económicas e podem ser aplicadas em diversos campos como a monitorização ambiental, pedologia, paleoclimatologia, limnologia, arqueologia e estratigrafia. Estudos recentes têm demonstrado as vantagens e as potencialidades dos métodos do magnetismo ambiental como auxiliares preciosos na detecção e delimitação de áreas mais afectadas pela poluição antrópica (e.g., Blaha *et al.*,

2008; Matýsek *et al.* 2008; Boyko *et al.*, 2004; Bityukova *et al.* 1999), nomeadamente, através da medição da susceptibilidade magnética de solos superficiais. Esta propriedade tem sido frequentemente utilizada como indicador da contaminação dos solos por elementos tóxicos provenientes de diversas fontes de poluição, difusas e estacionárias (*e.g.*, Gomes *et al.*, 2006; Hoffman *et al.*, 1999). Diversos estudos reportam a correlação positiva entre teor em elementos tóxicos e os valores da susceptibilidade magnética e outros parâmetros, como a magnetização remanescente a 1 tesla (MRI_{1T}) (*e.g.*, Lourenço, 2003; Lourenço *et al.*, 2004; Gautam *et al.*, 2005). Face a estes resultados, os métodos magnéticos podem e devem ser considerados como primeira escolha e uma estratégia adequada no planeamento de campanhas de estudos de poluição (Blaha *et al.*, 2008), permitindo estimar o grau de contaminação dos solos e seleccionar as áreas mais afectadas para amostragem. A selecção de amostras a submeter a métodos analíticos mais demorados e onerosos será assim feita de um modo mais racional.

Este estudo, integrado no projecto *Estudos de Magnetismo Ambiental na região entre Coimbra e Montemor-o-Velho*, tem como objectivos caracterizar, sob o ponto de vista dos parâmetros magnéticos, os solos da área amostrada e compará-los com os obtidos para uma área contígua (Lourenço, 2003).

2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO

A área de estudo localiza-se no concelho de Coimbra (fig.1). A este (fig.2) afloram metassedimentos ante-mesozóicos, constituídos por uma alternância de filitos negros e metagrauvaques. Esta sequência metassedimentar constitui a Série Negra (Carvalhosa, 1965, citado em Soares *et al.*, 2007). Para oeste, este conjunto contacta em discordância angular com o Grupo de Silves que se organiza pela articulação de formações de fácies essencialmente arenoconglomeráticas na base passando a termos carbonatados para o topo, com idades desde o Triásico superior ao Jurássico inferior. Em contacto com o Grupo de Silves, e para oeste deste afloram, em faixa alongada e paralela à mancha do grupo anterior, um conjunto de formações essencialmente carbonatadas e dolomíticas, de idades do Liásico inferior, com espessura na ordem dos 180 m, a Formação de Coimbra. Segue-se um conjunto de unidades de calcários margosos e margas em bancadas com espessura variável que, da base para o topo, incluem a Formação de Vale das Fontes, Formação de Lemed e Formação de S. Gião, de idades desde o Carixiano ao Aaleniano inferior (Soares *et al.*, 1985; Soares *et al.*, 2007).

O Cretácico está representado na região por um conjunto de unidades essencialmente terrígenas, a Formação de Figueira da Foz, com idade do Aptiano ao Cenomaniano superior assente em discordância e com idade atribuída ao Campaniano-Maastrichtiano. Segue-se a Formação de Taveiro, constituída por níveis argilosos avermelhados na base e por níveis de conglomerados grosseiros. O Paleogénico está representado na área pelas Formação de Bom Sucesso, de natureza arcosarenítica a subarcosarenítica e Formação de Antanho, que apresenta na base fácies conglomeráticas e no topo níveis argilosos, encimados por níveis subarcosareníticos. As unidades quaternárias correspondem a depósitos terrígenos e arenoconglomeráticos e a aluviões (Soares *et al.*, 1985).

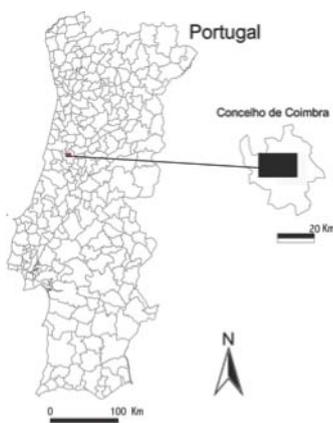


Figura 1 - Localização da área de estudo.

3. MÉTODOS E RESULTADOS

Foram colhidas e analisadas 32 amostras de solos superficiais numa área a este de Coimbra, segundo uma malha quadrada de 1000 x 1000 m, sempre que possível (fig.2). Em cada ponto de amostragem foi colhido 1 a 1,5 kg de material, à superfície (0-20 cm de profundidade), num

quadrado com cerca de 1 m x 1 m, sendo cada amostra composta por material retirado em quantidades semelhantes nos vértices e no centro do quadrado. Os fragmentos líticos de maiores dimensões foram retirados antes de colocar a amostra em sacos de plástico. As coordenadas foram obtidas com recurso a um aparelho GPS no sistema UTM (Datum WGS84). A preparação das amostras foi feita segundo o protocolo definido por diversos autores (*e.g.*, Maher, 1986; Lourenço, 2003, Chaparro *et al.*, 2006). A fracção <2 mm foi colocada em caixas cilíndricas de 10 cm³ e mediu-se a magnetização remanescente isotérmica (MRI) a 1 T, -25 mT, -100 mT e -300 mT. No quadro 1 são apresentados os valores mínimos, médios e máximos obtidos para as 32 amostras estudadas.

	MRI _{1T} (E ⁻³) (A m ² kg ⁻¹)	S ₋₂₅	S ₋₁₀₀	S ₋₃₀₀
Máx.	107,40	0,59	1,03	1,10
Min.	0,59	0,03	0,38	0,48
Média	18,23	0,24	0,80	0,91

Da análise da figura 2, verifica-se que os valores de MRI_{1T} mais elevados correspondem a amostras colhidas em cambissolos e litossolos, desenvolvidos sobre os metassedimentos da Série Negra, o que está de acordo com a composição mineralógica deste tipo de rochas. Também as amostras que se situam junto de vias de comunicação e algumas linhas de água apresentam valores elevados. Duas amostras, colhidas em áreas de rochas calcárias, apresentam valores anómalos em relação às circundantes. No primeiro caso, a proximidade da estação de caminho-de-ferro pode ser o factor responsável e no segundo, a amostra foi colhida junto a uma zona onde decorriam obras de construção de habitações. Em média, as *S-ratio* calculadas (S_{-25 mT}, S_{-100 mT} e S_{-300 mT}) permitem concluir que a fracção ferrimagnética (magnetite/maghemite) predomina sobre os restantes materiais ferromagnéticos *s.l.*

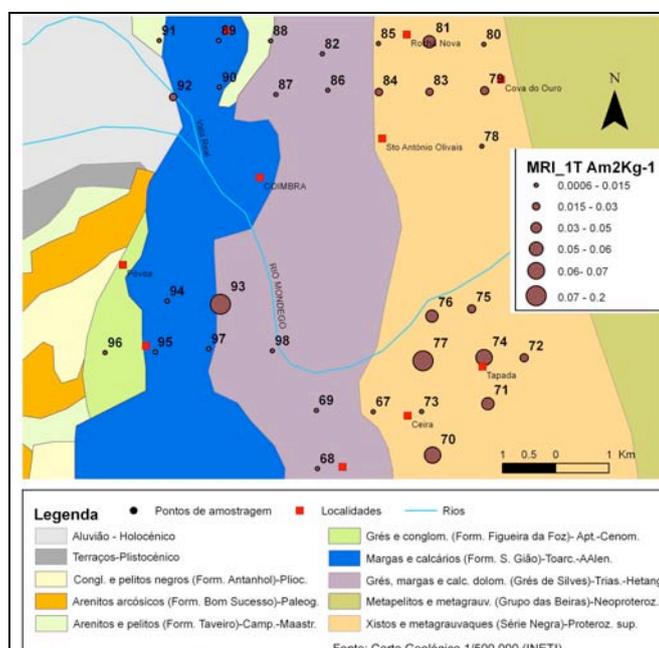


Figura 2 - Enquadramento geológico, localização das amostras e valores da MRI_{1T} à superfície.

4. CONCLUSÕES

Do estudo efectuado, concluiu-se que: as amostras de solos que se localizam em terrenos metamórficos apresentam, em média, valores de MRI_{1T} mais elevados do que os obtidos em amostras de áreas sedimentares; os valores da MRI_{1T} são mais elevados junto às estradas,

algumas linhas de água, estação de caminho-de-ferro e local em obras, o que mostra uma contribuição antrópica.

Esta interpretação corrobora aquela efectuada para os dados dos solos de uma área a oeste da cidade de Coimbra (Lourenço, 2003, Lourenço *et al.*, 2004). Quando comparados os valores se S_{-100} , para os 2 estudos (0,83, 2003, e 0,80, este estudo) verifica-se que, em ambos os casos, a fracção ferrimagnética (magnetite/maghemite) predomina sobre os restantes componentes ferromagnéticos *s.l.*

Agradecimentos

Os trabalhos desenvolvidos por Celeste Romualdo Gomes inserem-se no âmbito do Centro de Geofísica da Universidade de Coimbra.

Referências

- Bityukova, L., Scholger, R., Birke, M. (1999) - Magnetic susceptibility as indicator of environmental pollution of soils in Tallinn. *Phys. Chem. Earth*, 24, pp. 829-835.
- Blaha, U., Appel, E., Stanjek, H. (2008) - Determination of anthropogenic boundary depth in industrially polluted soil and semi-quantification of heavy metal loads using magnetic susceptibility. *Env. Pollut.* 156, pp. 278-289.
- Boyko, T., Scholger, R., Stanjek, H., MAGPROX Team (2004) - Topsoil magnetic susceptibility mapping as a tool for pollution monitoring: repeatability of in situ measurements. *J. App. Geoph.* 55, pp. 249-259.
- Chaparro, M.A.E., Gogorza, C.S.G., Chaparro, A.E., Irurzun, M.A., Sinito, A.M. (2006) - Review of magnetism and heavy metal pollution studies of various environments in Argentina. *Earth Plan. Space*, 58, pp. 1411-1422.
- Dearing, J.A., Hay, K.L., Baban, S.M.J., Huddleston, A.S., Wellington, E.M.H., Loveland, P.J. (1996) - Magnetic susceptibility of soil: An evaluation of conflicting theories using a national data set. *Geoph. J. Int.*, 127, pp. 728-734.
- Gautam, P., Blaha, U., Appel, E. (2005) - Integration of magnetism and heavy metal chemistry of soils to quantify the environmental pollution in Kathmandu, Nepal. *The Island Arc* 14, pp. 424-435.
- Gomes, C.R., Rocha, A.L.F., Neves, L.F., Rey, D.G. (2006) - A influência do tráfego rodoviário na qualidade do ar em meios urbanos: Um estudo na cidade de Coimbra. *Actas 2º Cong. Luso-Brasileiro para o Planeamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável. Pluris 2006*, Braga, Portugal, 9 p..
- Hoffmann, V., Knab, M., Appel, E. (1999) - Magnetic susceptibility mapping of roadside pollution. *J. Geoch. Explor.*, 66, pp. 313-326.
- Kapička, A., Petrovský, E., Fialová, H., Podrázský, V., Dvořák, I. (2008) - High resolution mapping of anthropogenic pollution In the Giant Mountains National Park using soil magnetometry. *Stud. Geophys. Geod.* 52, pp. 271-284.
- Lecoanet, H., Lévêque, F., Ambrosi, J.P. (2001) - Magnetic properties of salt-marsh soils contaminated by iron industry emissions (southeast France). *J. Appl. Geophys.* 48, pp. 67- 81.
- Lourenço, A. M. (2003) - *Parâmetros magnéticos de solos na periferia da área urbana de Coimbra*. Dissert. Mest. F.C.T., Univ. Coimbra, 154p.
- Lourenço, A.M., Gomes, C.R., Rey D., Pratas, J. (2004) - Parâmetros magnéticos de los suelos de la periferia de Coimbra (Portugal). VI Congreso Geológico de Espanha, Zaragoza, pp. 12-15.
- Lu, S.G., Wang, H.Y., Bai, S.Q. (2008) - Heavy metal contents and magnetic susceptibility of soils along an urban-rural gradient in rapidly growing city of eastern China. *Env. Monit. Assess.* DOI 10.1007/s10661-008-0420-5.
- Maher, B. (1986) - Characterisation of soils by mineral magnetic measurements. *Phys. Earth Plan. Int.* 42, p. 76-92.
- Matýsek, D., Raclavská, H., Raclavský, K. (2008) - Correlation Between Magnetic Susceptibility and Heavy Metal Concentrations in Forest Soils of the Eastern Czech Republic. *J. Env. Eng. Geoph.*, 13, pp. 13-26.
- Petrovský, E., Kapička, A., Jordanova, N., Knab, M., Hoffmann, V. (2000) - Low-field magnetic susceptibility: a proxy method of estimating increased pollution of different environmental systems. *Env. Geol.*, 39, pp. 312-318.
- Soares, A. F., Marques, J. F., Rocha, R. B., 1985. Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra. *Mem. e Not.*, Publ. Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, 100, pp. 41-71.
- Soares, A.F., Marques, J.F., Sequeira, A.J. (2007) - Carta Geológica de Portugal, esc. 1/50000, 19-D, Coimbra-Lousã. *Not. Explic. Dep. Geologia, I.N.E.T.I., Lisboa.*
- Strzyszc, Z., Ferdyn, M. (2005) - Magnetic susceptibility and heavy metal content of soil around the coking plants in Silesia. *Mitt. Deut. Boden. Ges.* 107, pp. 557-558.
- Thompson, R., Bloemendal, J.A., Dearing, J., Oldfield, F., Rummery, T.A., Stober, J.C., Turner, G.M. (1980) - Environmental Applications of Magnetic Measurements. *Science*, 207, pp. 481-486.