

---

**Poluição por partículas. Um estudo de magnetismo ambiental com biocoletores em Braga, Porto, Valongo e Trancoso (Norte de Portugal)**

***Pollution by particles. An environmental magnetism study with biological collectors in Braga, Porto, Valongo and Trancoso (Northern of Portugal)***

**H. SANT’OVAIA** – [hsantov@fc.up.pt](mailto:hsantov@fc.up.pt) (Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território; Centro de Geologia da UP)

**M. J. LACERDA** – [mjl1984@hotmail.com](mailto:mjl1984@hotmail.com) (Universidade do Porto, Departamento de Geociências, Ambiente e Ordenamento do Território)

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

**RESUMO:** Neste trabalho foram avaliados, em estruturas foliares, os níveis de poluição por partículas em 5 locais seleccionados, 4 em áreas urbanas e um numa zona rural. Foi utilizada a metodologia do magnetismo ambiental com amostras de biocoletores de partículas (*Nerium oleander L.*, *Quercus spp.*, *Tilia spp.* e *Platanus spp.*). Os resultados permitiram encontrar um contraste elevado entre os locais das zonas urbanas e a zona rural. Dos biocoletores utilizados, as folhas de carvalho mostraram maior eficiência para acumular partículas, enquanto as de plátano apresentaram quantidades inferiores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Magnetismo ambiental, parâmetros magnéticos, folhas de plantas, matéria particulada.

**ABSTRACT:** This work presents an assessment on the pollution levels in plant leaves from 5 selected sites, 4 in urban areas and one in a rural area. It was used an environmental magnetism study with particle biological collectors (*Nerium oleander L.*, *Quercus spp.*, *Tilia spp.* e *Platanus spp.*). The results pointed out the contrast between sites with high traffic and the countryside. When comparing the biological collectors, *Quercus* leaves had higher efficiency to accumulate particles, while *Platanus* leaves showed the lowest values.

**KEYWORDS:** Environmental magnetism, magnetic parameters, plant leaves, particulate matter.

## **1. INTRODUÇÃO**

Quantidades, por vezes elevadas, de matéria particulada formam-se na sequência das emissões da queima de combustíveis fósseis, tráfego rodoviário, indústrias metalúrgicas, e dos incêndios. Muitas destas partículas, prejudiciais à saúde, devido ao seu tamanho, forma e composição, acumulam-se nas plantas, nos edifícios e na camada superficial do solo. Assim, as estruturas foliares das plantas funcionam como colectores naturais ou biocoletores daquelas partículas (Verosub e Roberts, 1995). As propriedades magnéticas medidas nestes biocoletores têm sido usadas como um indicador para avaliar a quantidade de matéria particulada, bem como a sua relação com actividades antropogénicas. Nas últimas décadas, tem sido dada grande importância ao uso dos parâmetros magnéticos em estudos ambientais (e.g., Verosub e Roberts, 1995;

Dekkers, 1997; Maher e Thompson, 1999; Evans e Heller, 2003). Em Portugal, nomeadamente em Coimbra, Viseu e Figueira da Foz vêm sendo realizados vários estudos, em solos e em folhas, com o objectivo de caracterizar os parâmetros magnéticos e de os relacionar com a poluição por partículas (e.g., Gomes, 2007, Gomes *et al.*, 2003, 2006, 2007, 2008). Nas estruturas foliares, a susceptibilidade magnética, por exemplo, traduz a soma das contribuições de todas as partículas que nelas se acumularam, podendo ser de origem natural ou antrópica. As poeiras urbanas contêm uma alta concentração de minerais ferromagnéticos (*s.l.*) que são, na sua maioria, óxidos (com a estrutura da magnetite e/ou da hematite). Os objectivos deste estudo consistiram em: avaliar os níveis de poluição por partículas em locais seleccionados das cidades do Porto, Braga, Valongo e numa zona rural, recorrendo à caracterização das propriedades magnéticas de folhas de plantas; comparar os resultados obtidos para os locais amostrados; comparar a capacidade das folhas amostradas para acumularem partículas. Este trabalho constitui um estudo preliminar porque, nos locais seleccionados, a monitorização das partículas nas estruturas foliares continua a decorrer durante o corrente ano.

## 2. PARÂMETROS MAGNÉTICOS

A susceptibilidade magnética específica ou por massa,  $\chi$ , expressa em unidades de  $\text{m}^3 \text{kg}^{-1}$ , é definida como a relação entre a magnetização do material,  $J$ , (por unidade de massa) e o campo magnético externo,  $H$ :  $J = \chi H$ . A magnetização adquirida pela exposição de uma amostra a um campo magnético à temperatura ambiente é designada magnetização remanescente isotérmica (MRI). Os *S-ratios* são utilizados como indicadores, por exemplo, da relação entre fases magnéticas de alta coercividade (como a hematite) e de baixa coercividade (como a magnetite). O  $S_{-300}$  ( $\text{MRI}_{300 \text{ mT}} / \text{MRI}_{1 \text{ T}}$ ) quando próximo da unidade indica que a magnetização é dominada por minerais magnéticos de baixa coercividade. Os valores de  $S_{-25}$  ( $\text{MRI}_{25 \text{ mT}} / \text{MRI}_{1 \text{ T}}$ ), quando as estruturas magnéticas presentes são do tipo magnetite, permitem-nos ter indicações do tamanho das partículas ferrimagnéticas medidas.

## 3. METODOLOGIA

No sentido de medirmos a quantidade de partículas ferromagnéticas *s.l.* e avaliarmos, ainda que de forma indirecta, os níveis de poluição associados, foram seleccionados e comparados 5 locais de amostragem: 2 na área urbana do Porto (Hospital de S. João e Rotunda da Boavista); 1 em Braga (Estação da CP); 1 em Valongo (R. Vasco da Gama); 1 em Reboleiro (aldeia rural do concelho de Trancoso). A amostragem foi realizada nos meses de Julho, Agosto, Outubro, Novembro e Dezembro de 2009 e Janeiro de 2010. Folhas de *Nerium oleander L.* (loendro), *Quercus spp.* (*carvalho*), *Tilia spp.* (*tília*) e *Platanus spp.* (*plátano*) foram colhidas num total de 34 amostras. Os valores de susceptibilidade magnética das amostras foram medidos numa balança de susceptibilidade magnética Kappabridge, modelo KLY-4S da Agico do Centro de Geologia da UP. As medições da MRI foram efectuadas num magnetómetro fluxgate rotativo e os campos magnéticos foram aplicados com um magnetizador ambos da Molpsin, no Dep. de Ciências da Terra da UC. Os estudos da MRI foram realizados em 26 amostras com o objectivo de obter valores da  $\text{MRI}_{1 \text{ T}}$ ,  $\text{MRI}_{25 \text{ mT}}$  e  $\text{MRI}_{300 \text{ mT}}$ . Foram também efectuados os cálculos dos  $S_{-25}$  e  $S_{-300}$ . Para efectuar as determinações usaram-se folhas amostradas em número compatível com as especificações dos aparelhos de medida, em especial com o volume do porta-amostras. Os valores obtidos, por volume, foram posteriormente calculados por unidade de massa.

## 4. RESULTADOS

Os valores de  $\chi$  estão compreendidos entre 2,54 e 17,17  $\text{E}^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  no Porto, 3,78 e 5,70  $\text{E}^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  em Braga, 2,85 e 8,28  $\text{E}^{-8} \text{m}^3 \text{kg}^{-1}$  em Valongo e entre -0,66 e -0,21  $\text{E}^{-8}$ , na zona rural. Com excepção da zona rural, cujos valores de  $\chi$  negativos são indicativos da presença de

partículas essencialmente diamagnéticas (que podem ser, por exemplo, quartzo e feldspato), todos os outros locais apresentaram valores positivos que indicam a presença de partículas ferromagnéticas *s.l.*. Quando comparamos as áreas amostradas e as espécies em conjunto, verificamos que: (i) a área urbana do Porto, relativamente às áreas de Braga e Valongo, apresenta os valores de  $\chi$  mais elevados (Fig.1 e Tabela 1); (ii) salientam-se as amostras da área rural porque apresentam valores de susceptibilidade negativos e  $MRI_{1T}$  muito baixos; por exemplo, os valores de  $MRI_{1T}$ , medidos para tílias no Porto e na zona rural, apresentam uma relação de 9,92:1,00 (Tabela I e Fig.2); (iii) na cidade do Porto, quando comparadas as zonas do Hospital de S. João com a Rotunda da Boavista, embora em biocoletores diferentes, a primeira apresenta valores mais elevados de  $\chi$ ; (iv) na zona do Hospital de S. João, em árvores vizinhas de espécies diferentes, plátano, carvalho e loendro, os valores mais elevados de  $\chi$  são sempre obtidos nas folhas de carvalho. As folhas de loendro colhidas em Valongo apresentam valores de  $\chi$  ligeiramente superiores aos de Braga.

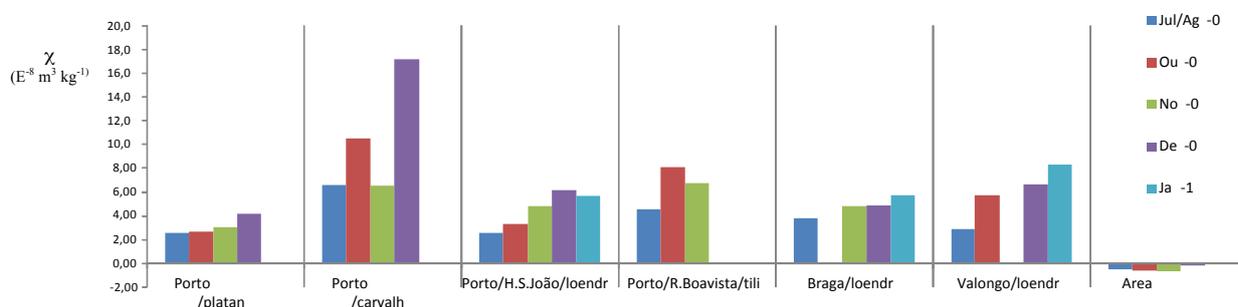


Figura 1 – Variação dos valores de  $\chi$  para os diferentes meses, nos diferentes locais estudados e para as diferentes espécies vegetais.

A comparação dos valores de  $\chi$ , para os diferentes meses mostra que, no mês de Dezembro, estes são, em média, mais elevados. No mês de Novembro verificou-se um decréscimo acentuado de  $\chi$ , relativamente a Outubro, na zona do Hospital de S. João (no carvalho) e na zona da Rotunda da Boavista, o que pode ser explicado pela pluviosidade elevada que teve o efeito de remover as partículas das folhas. Em Janeiro, houve um aumento de  $\chi$  em Braga e Valongo e uma ligeira descida na zona do Hospital de S. João, embora a colheita tivesse ficado limitada à espécie de folhas perenes. A média dos valores de  $S_{-300}$  foi de 0,96 (N= 6), indicando a presença de partículas ferrimagnéticas do tipo magnetite. Os valores de  $S_{-25}$  (média=0,27; N=26), quando comparados com as curvas de desmagnetização de Dunlop e Özdemir (1997), são compatíveis com a presença de partículas cujo diâmetro as posiciona nas  $PM_{10}$ .

Tabela 1 – Média dos valores da susceptibilidade magnética,  $\chi$ , e da  $MRI_{1T}$ , por unidade de massa, por planta e por local considerando todos os meses de amostragem.

Áreas	Locais	Plantas	$\chi$ ( $E^{-8} m^3 kg^{-1}$ )	N	$MRI_{1T}$ ( $A m^{-1} kg^{-1}$ )	N
<b>Porto</b>	Hospital de S. João	Carvalho	8,78	10	39,43	9
		Loendro	4,18	4	22,82	3
		Plátano	3,11	4	18,10	2
	Rotunda da Boavista	Tília	6,45	3	37,81	3
<b>Valongo</b>	R. Vasco da Gama	Loendro	5,88	4	41,25	2
	<b>Braga</b>	Estação da CP	Loendro	4,77	4	20,78
<b>Trancoso</b>		Reboleiro	Tília	-0,50	5	3,81

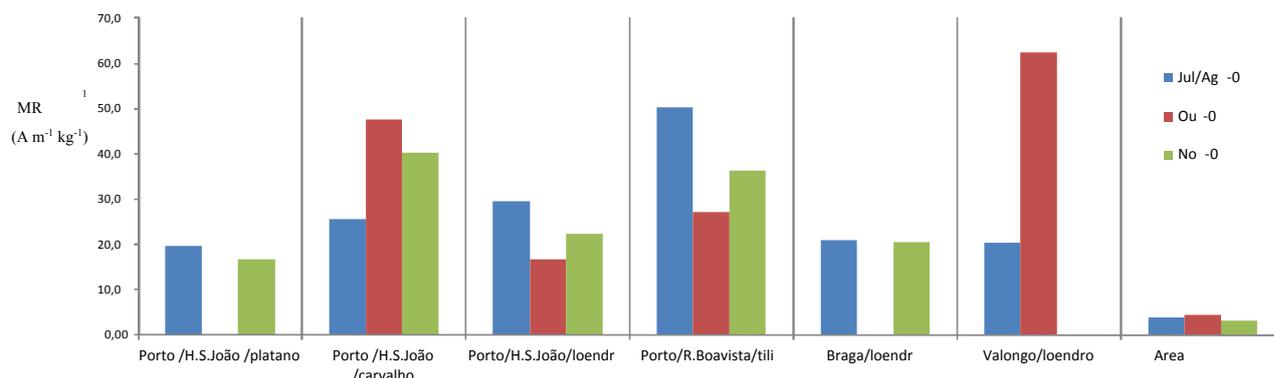


Figura 2 – Variação dos valores da  $MRI_{1T}$  para os diferentes meses, nos diferentes locais estudados e para as diferentes espécies vegetais.

## 5. CONCLUSÃO

O estudo realizado permitiu-nos concluir que: existem diferenças entre os parâmetros magnéticos medidos em folhas das zonas urbanas e da zona rural; estas diferenças podem ser explicadas pelo tipo de partículas que, na zona rural, são essencialmente diamagnéticas e nas zonas urbanas contêm óxidos de ferro com baixa coercividade, compatível com a presença de estruturas do tipo magnetite ( $S_{-300} = 0,96$ ); estas últimas, pelos seus valores de  $S_{-25}$ , se incluem nas  $PM_{10}$  ( $< 10 \mu m$ ). No mesmo local de amostragem, as folhas de carvalho mostraram maior eficiência para acumular partículas, enquanto as de plátano apresentaram valores inferiores.

Estes resultados, quando comparados com os obtidos em trabalhos anteriores (Gomes, 2007, Gomes *et al.*, 2003, 2006, 2007, 2008), indicam que, nas áreas agora estudadas, os parâmetros magnéticos medidos em folhas de plantas podem ser usados como rotina em trabalhos de monitorização da poluição do ar.

## Agradecimentos

Os trabalhos desenvolvidos por Helena Sant'Ovaia inserem-se nas actividades do Centro de Geologia da UP e tem o suporte financeiro da FCT, POCI 2010 e os de Celeste Gomes no âmbito do Centro de Geofísica da UC. As autoras agradecem à Professora Ilda Abreu do Dep. de Biologia da FCUP as sugestões.

## Referências

- Dekkers, M.J. (1997) - Environmental magnetism. *Geologie en Mijnbouw*, 76, pp.163-182.
- Dunlop, D.J. & Özdemir, Ö. (1997) - *Rock Magnetism. Fundamentals and Frontiers*. Cambridge Univ. Press, 596 p.
- Evans, M.E. & Heller, F. (2003) - *Environmental Magnetism. Principles and Applications of Enviromagnetics*. Academic Press, Elsevier, 299 p.
- Gomes, C.R. (2007) - Poluição por partículas na área urbana da Figueira da Foz. Comparação com os valores de Coimbra. In Lopes, F.C. e Callapez, P.M. (Coords.), *Por Terras da Figueira. Kiwanis Clube da Figueira da Foz*, pp. 91-97.
- Gomes, C.R.; Rey, D. & Rocha, A.R. (2003) - Propriedades magnéticas em folhas de árvores e níveis de poluição em Coimbra. Magiber II, Livro de Comunicações, Coimbra, 2 p.
- Gomes, C.R.; Rey, D., Rocha, A.R. & Neves, L. (2006) - A influência do tráfego rodoviário na qualidade do ar em meios urbanos: um estudo na cidade de Coimbra. Braga: Pluris 2006, 9p.
- Gomes, C.R., Dias, J., Neves, L.F., Rocha, A.F. & Gomes, E. (2007) - Relationships between magnetic properties and heavy metals in *Nerium oleander* leaves and soils (Viseu, Central Portugal). 17th Annual Goldschmidt Conference, Colónia, 2007. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 71 (15): A340 (Special Supplement).
- Gomes, C.R., Dinis, A.M., Rocha, A.F., Gomes, E.M.C. & Neves, L.F. (2008) - Magnetic Properties and Size of Microscopic Pollutant Particles in the Urban Area of Coimbra. *Microsc Microanal*, 14 (supp 3) pp. 144-145.
- Maher, B.A. & Thompson, R. (1999) - *Quaternary, Climates, Environments and Magnetism*. Cambridge University Press, 390 p.
- Verosub, K.L. & Roberts, A.P. (1995) - Environmental magnetism: Past, present and future. *Journal of Geophysical Research*, 100(B2), pp. 2175-2192.