

## **Estudo preliminar da geometria do dolerito de Outeiro (Soure), pelo método electromagnético no domínio do tempo**

### *Application of time domain electromagnetic method, in the preliminary study of the Outeiro dolerite geometry (Soure, Portugal)*

**R. J. L. CRUZ** – rjlcruz@gmail.com (Universidade de Coimbra, Centro de Geociências)

**A. MACHADINHO** – ana.machadinho@gmail.com (Universidade de Coimbra, Centro de Geociências)

**C. G. CORREIA** – c.correia@ipt.pt (Universidade de Coimbra, Centro de Geociências)

**F. P. O. FIGUEIREDO** – fpedro@det.uc.pt (Universidade de Coimbra, Centro de Geociências)

*RESUMO:* A NE de Soure aflora um corpo dolerítico cuja geometria em profundidade não é conhecida. Foi realizada uma campanha de prospecção geofísica com o sistema TEM-FAST 48, tendo como objectivo a elaboração de um modelo preliminar da sua geometria. Os valores recolhidos nas 30 sondagens electromagnéticas realizadas permitiram a construção de secções geoelectricas. A interpretação dos dados obtidos sugere que a intrusão apresenta a forma de um lacólito assimétrico, tendo sido alimentado por canais localizados junto à falha de Outeiro. Este estudo também permitiu a detecção de pequenos corpos ígneos sem expressão à superfície.

*PALAVRAS-CHAVE:* dolerito, intrusão, diapiro de Soure, prospecção electromagnética, TEM-FAST 48.

*ABSTRACT:* The Outeiro dolerite, whose depth geometry is not known, emerges in the NE vicinity of Soure region. A geophysical survey was carried out using the TEM-FAST 48 system, in order to obtain a preliminary model of its geometry. The measurements obtained along the 30 electromagnetic soundings allowed to construct geoelectrical sections. Based on the collected data, it is suggested that the dolerite intrusion has an asymmetrical laccolith form, and was fed along channels located near Outeiro fault. This study also allowed the detection of small masses of dolerite without expression at the surface.

*KEYWORDS:* dolerite, intrusion, Soure diapir, electromagnetic prospection, TEM-FAST 48.

## **1. INTRODUÇÃO**

A NE da vila de Soure (Região Centro de Portugal) aflora um corpo ígneo de natureza dolerítica cuja geometria em profundidade não é conhecida.

Quando os doleritos apresentam um baixo grau de alteração, manifestam valores de resistividade eléctrica muito elevados, superiores aos das rochas sedimentares, exibindo anomalias resistivas muito marcadas. Desta forma, foi seleccionado o método electromagnético no domínio do tempo para executar uma campanha de prospecção geofísica, cujo principal objectivo foi estudar o comportamento em profundidade da referida intrusão.

## 2. ENQUADRAMENTO GEOGRÁFICO E GEOLÓGICO

A região abrangida por este estudo, representada na fig. 1, situa-se a N da povoação de Alencarce de Baixo, no limite oriental da freguesia de Soure, localizada no concelho com o mesmo nome, pertencente ao distrito de Coimbra. O relevo da área é dominado pelo afloramento de rochas de natureza dolerítica, sobre o qual assenta o vértice geodésico de Outeiro (com altitude de 80 m). A cota mais baixa observada é de 53 m.

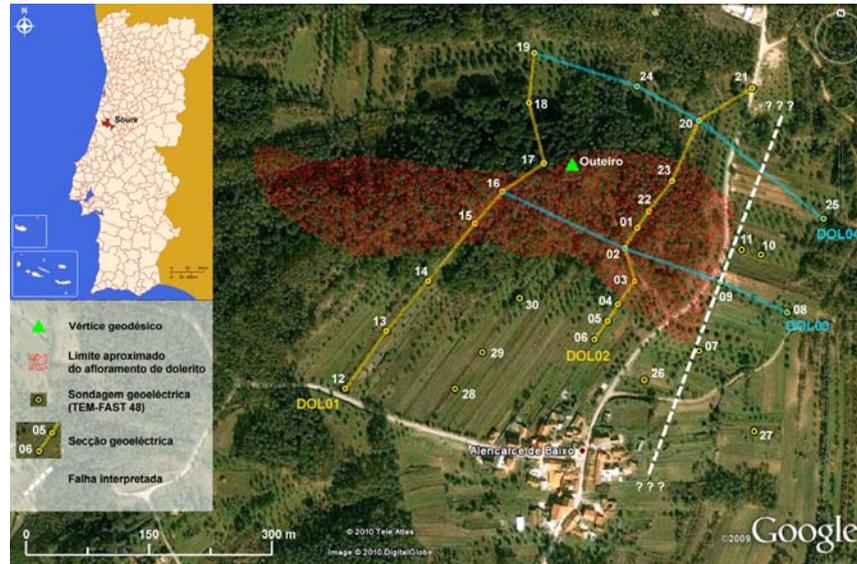


Figura 1 – Localização geográfica da área estudada com indicação das sondagens electromagnéticas realizadas, das secções geoelectricas elaboradas e da falha interpretada. Imagem adaptada de Google Earth (2010) e Wikipédia (2010).

O afloramento de Outeiro, com cerca de 600 m de comprimento e 200 m de largura máxima, corresponde a um dolerito superficialmente muito alterado, sendo comum a presença de um solo arenoso, escuro e por vezes esverdeado. Tem uma forma aproximadamente triangular e uma direcção E-W, localizando-se a NE da estrutura diapírica de Soure e a W do anticlinal de Cabeça Gorda. A intrusão recorta as unidades do Jurássico inferior, constituintes do anticlinal diapírico de Soure. Contacta a N e NE, com a subunidade dos Calcários de São Miguel (*sensu* Soares *et al.*, 1985) do Sinemuriano superior, que mostram inclinações importantes, cristalinidade elevada e impregnações betuminosas. Para W, S e E, contacta com as Areias Pliocénicas. A W e a S, o Pliocénico sobrepõe-se à unidade das Margas de Dagorda do Hetangiano, estratigraficamente subjacente à subunidade das Dolomias de Coimbra (*sensu* Soares *et al.*, 1985), do Sinemuriano inferior. A E sobrepõe-se aos Calcários de São Miguel (Rocha *et al.*, 1981; Rocha, 2003 e Romariz, 1960).

Não há evidências da idade da instalação dos doleritos para além da datação caloviana incerta de Ferreira *et al.* (1983). Apesar de sugerirem uma idade de  $159,62 \pm 3,20$  m.a. (K/Ar), estão cientes do erro analítico considerável correspondente ao estado de alteração das amostras utilizadas no estudo. Rocha (2003) sugere que a instalação do diapiro de Soure e das intrusões doleríticas associadas, teria ocorrido numa situação do tipo *releasing bend (pull apart)* (Woodcock e Fischer, 1986) na região de inflexão da falha do sistema cavalgante de Alencarce para SW.

## 3. PROSPECÇÃO ELECTROMAGNÉTICA

Com o objectivo de contribuir para um maior conhecimento acerca da geometria em profundidade da intrusão dolerítica de Outeiro, foi utilizado um método de prospecção

electromagnética no domínio do tempo, aplicando o sistema TEM-FAST 48. Esta técnica indutiva tem elevada resolução vertical e apresenta grande precisão na detecção e localização de formações que exibam valores de resistividade contrastantes com os do restante meio geológico (AEMR, 2007). Os fundamentos teóricos deste método electromagnético podem ser consultados em Correia *et al.* (2010).

Na fase inicial da campanha de prospecção realizaram-se algumas sondagens de teste, utilizando diferentes parâmetros de aquisição dos dados, de forma a determinar a melhor relação sinal/ruído das leituras obtidas e permitir a escolha da melhor configuração do sistema a aplicar.

Durante a campanha de prospecção realizada em Janeiro de 2010, efectuaram-se 30 sondagens electromagnéticas, 01 a 30 (fig. 1), numa área aproximada de 0,3 km<sup>2</sup>. Utilizou-se a configuração de espira única sob a forma de um quadrado de 25 m de lado. Nesta configuração, a mesma espira funciona como transmissora e receptora dos sinais.

As leituras obtidas em cada uma das sondagens foram processadas através do *software Tem-Researcher* (AEMR, 2009), que acompanha o equipamento e que se baseia na solução do problema inverso das sondagens electromagnéticas no domínio do tempo.

Após a inversão dos dados de campo, correlacionaram-se (interpolaram-se) os modelos 1D de algumas sondagens para constituir alinhamentos 2D, designados por secções geoelectricas, DOL01 a DOL04 (fig. 1 e 2). Estas secções constituem perfis que proporcionam a visualização da distribuição da resistividade eléctrica em profundidade (fig. 2). As zonas apresentadas em tons de vermelho representam anomalias resistivas (zonas menos condutoras), enquanto as zonas apresentadas em tons de azul correspondem a locais menos resistivos.

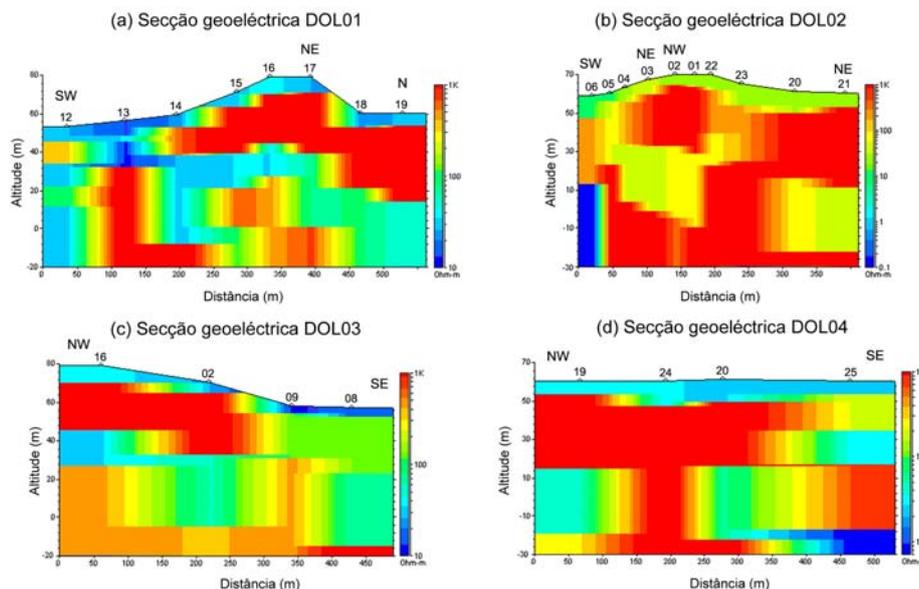


Figura 2 – Secções geoelectricas: a) DOL01, b) DOL02; c) DOL03 e d) DOL04.

Os resultados obtidos (fig. 2) sugerem a presença de blocos resistivos a profundidades distintas, evidenciando a presença do corpo dolerítico a menor profundidade e de possíveis canais de alimentação, a maiores profundidades. Em DOL01 e DOL02 observa-se uma assinatura geofísica semelhante, que parece comprovar a continuidade lateral dos blocos resistivos correlacionados com a intrusão estudada. As sondagens 23 (DOL02) e 24 (DOL04) sugerem a detecção de um canal de alimentação da estrutura ígnea. As sondagens 02 e 09 (DOL03) e as sondagens 20 e 25 (DOL04) permitem deduzir a existência de uma estrutura de fracturação com orientação NE-SW, que parece limitar o corpo dolerítico a E. Esta estrutura, interpretada anteriormente por Rocha (2003), é designada por falha de Outeiro (fig. 1). Em todas as secções geoelectricas foi ainda observada uma camada superficial (cerca de 10 m de

espessura) com baixa resistividade eléctrica, que foi correlacionada com uma zona de alteração das rochas doleríticas, com maior conteúdo em água.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação deste método de prospecção geofísica revelou-se eficaz na detecção e localização da intrusão de natureza dolerítica em profundidade. Este facto deve-se ao contraste suficientemente elevado entre a resistividade eléctrica do dolerito não alterado e a das rochas sedimentares existentes na região estudada.

Através da análise conjunta das secções geoelectricas apresentadas, sugere-se que o corpo ígneo possui uma geometria de lacólito assimétrico, em que a sua zona marginal localizada mais a S apresenta cotas mais elevadas e possui uma espessura mais reduzida, quando comparada com a zona localizada mais a N.

Os resultados obtidos sugerem que a metodologia seguida neste trabalho poderá ser complementada através da realização de sondagens electromagnéticas a N e W da zona estudada, o que permitirá melhorar a caracterização espacial do corpo ígneo. A futura utilização dos métodos de refração sísmica e de resistividade eléctrica, poderá permitir diferenciar as rochas ígneas das unidades carbonatadas que apresentam uma tendência de marmorização devido à ascensão da intrusão dolerítica.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento deste trabalho através do projecto “Perímetros de Protecção em Maciços Fracturados” (PTDC/ECM/70456/2006) e os esclarecimentos prestados pelo Professor Doutor Fernando Carlos Lopes, do Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra, relativos à tectónica da região estudada.

#### Referências

- Applied Electromagnetic Research - AEMR (2007) – *Tem-Fast 48 (manual)*, v7.3. Netherlands.
- Applied Electromagnetic Research - AEMR (2009) – *Tem-Researcher (manual)*, v7. Netherlands.
- Correia, C.G., Cruz, R.J.L., Figueiredo, F.P.O., Azevedo, J.M.M., Rodrigues, N.V. (2010) – *Resultados de prospecção electromagnética nos domínios frequência e tempo. Caso de estudo: Montouro (Cantanhede)*. Anais do 10º Congresso da Água, APRH, Alvor, Portugal, 21 a 24 de Março. Comunicação 116, CD-ROM, 16 p.
- Ferreira, M.P. & Macedo, C.R. (1983) – *Igneous rocks in the diapiric areas of the western portuguese border: the K - Ar ages and settings of the upper jurassic suite*. Mem. Not., Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, Nº 96, pp. 159 – 181.
- Google Earth [Em linha] [Consultado em 6 de Fevereiro de 2010]. Disponível em WWW:<URL:http://earthgoogle.com>.
- Rocha, R., Manuppella, G., Mouterde, R., Ruget, C., Zbyzewski, G. (1981) – *Notícia explicativa da Folha 19 – C (Figueira da Foz) da Carta Geológica de Portugal na escala de 1/50000*. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, 128 p.
- Rocha, R.C. (2003) – *Sistema de Informação Geográfica aplicado à Litostratigrafia. Cartografia das Unidades do Jurássico Inferior do Anticlinal de Cabeça Gorda (Soure)*. Dissertação de Mestrado em Cartografia Geológica. Universidade de Évora.
- Romariz, C. (1960) – *Estudo geológico e petrográfico da área tifónica de Soure*. Com. Serv. Geol. Portugal, Lisboa, t. XLIV, pp. 1 - 223, 61 figuras, est. I – C.
- Soares, A.F., Marques, J.F., Rocha, R.B. (1985) – *Contribuição para o conhecimento geológico de Coimbra*. Mem. Not., Mus. Lab. Min. Geol. Univ. Coimbra, Nº 100, pp. 41 – 71.
- Soure (Portugal) [Em linha] [Consultado em 6 de Fevereiro de 2010]. Disponível em WWW:<URL:http://pt.wikipedia.org/wiki/Soure\_(Portugal)>.
- Woodcock, N.H. & Fischer, M. (1986) – *Strike-slip duplexes*. *Journal of Structural Geology*, vol. 8, Nº7, pp. 725 – 735.