

## **Prospecção electromagnética no domínio do tempo aplicada a Olhos da Ferveça, Cantanhede, Portugal**

### ***Electromagnetic prospection in time domain applied to Olhos da Ferveça, Cantanhede (Central Portugal)***

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

**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)

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

**M. MARQUES DA SILVA** – mmsilva@ua.pt (Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências)

**M. J. SENOS MATIAS** – mmatias@ua.pt (Universidade de Aveiro, Departamento de Geociências)

*RESUMO:* A exsurgência cársica do sistema Jurássico Olhos da Ferveça localiza-se no concelho de Cantanhede, distrito de Coimbra e ocorre no leito da Ribeira da Corujeira, sob uma forma borbulhante, como se fervesse. A formação jurássica está subjacente a uma cobertura de areias de duna, que impede a sua observação directa, recorrendo-se neste estudo à utilização de prospecção electromagnética no domínio do tempo, com o equipamento TEM-FAST 48. Realizaram-se 24 sondagens electromagnéticas cuja interpretação permitiu identificar estruturas de fracturação associadas à ocorrência da exsurgência.

*PALAVRAS-CHAVE:* exsurgência, prospecção electromagnética, TEM-FAST 48.

*ABSTRACT:* The karstic exsurgence of the Jurassic system Olhos da Ferveça is located in Cantanhede region, Coimbra district (centre of Portugal) and occurs sparkling in the Ribeira da Corujeira stream. The Jurassic formation is under dune sands and is not possible to observe it directly. This study with electromagnetic prospection in the time domain uses TEM-FAST 48 equipment. The results of the interpretation of the 24 electromagnetic soundings allow the identification of fracture structures associated to the exsurgence.

*KEYWORDS:* exsurgence, electromagnetic prospection, TEM-FAST 48.

## **1. INTRODUÇÃO**

A exsurgência Olhos da Ferveça, situada no concelho de Cantanhede, distrito de Coimbra, é uma manifestação do Aquífero Cársico da Bairrada (Serrano e Garcia, 1997). É origem de água para abastecimento do concelho de Cantanhede, e ainda de parte de Mira, Montemor-o-Velho e Coimbra. As areias de duna recobrem a formação jurássica impossibilitando a sua observação directa, sendo necessário utilizar técnicas indirectas de observação, nomeadamente a prospecção geofísica, para a caracterização deste sistema. No

presente estudo apresentam-se resultados preliminares de prospecção electromagnética no domínio do tempo, com o equipamento TEM-FAST 48, com o objectivo de identificar a presença de estruturas responsáveis pela ocorrência desta exsurgência.

## 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

A exsurgência Olhos da Ferverença localiza-se na Orla Mesozóica Ocidental, onde predominam os materiais sedimentares, nomeadamente os depósitos quaternários que constituem um manto de revestimento sobre as unidades Cretácicas e Jurássicas.

Na zona envolvente à exsurgência ocorrem à superfície Areias hidro-eólicas (Ae), Dunas (dd) e Areias de Cantanhede (Q<sup>2</sup>). A NE da nascente afloram calcários dolomitizados que integram as Camadas de Coimbra (J<sup>1</sup><sub>cd</sub>), como se visualiza na figura 1. Este afloramento estará associado à influência estrutural de duas falhas quase perpendiculares entre si existentes nas proximidades da exsurgência. De salientar que esta nascente se localiza no bordo ocidental do anticlinal de Tocha-Mogofores, estrutura de importância regional.

A hidrogeologia da área é caracterizada pela existência de duas unidades aquíferas: a mais superficial, essencialmente detrítica, integra formações do Cretácico e do Quaternário; a mais profunda, tipicamente carbonatada, é Jurássica e revela-se como importante aquífero, designado por Aquífero Cárstico da Bairrada. As principais unidades produtoras são as Camadas de Coimbra e os Calcários Margosos de Lemedé, dolomíticas e calco-dolomíticas, que evidenciam significativa carsificação e fracturação responsáveis pela circulação e armazenamento da água subterrânea (Correia e Marques da Silva, 1999). De referir a importância das areias de duna na recarga destas formações carbonatadas por facilitarem a infiltração, devido à sua elevada permeabilidade.

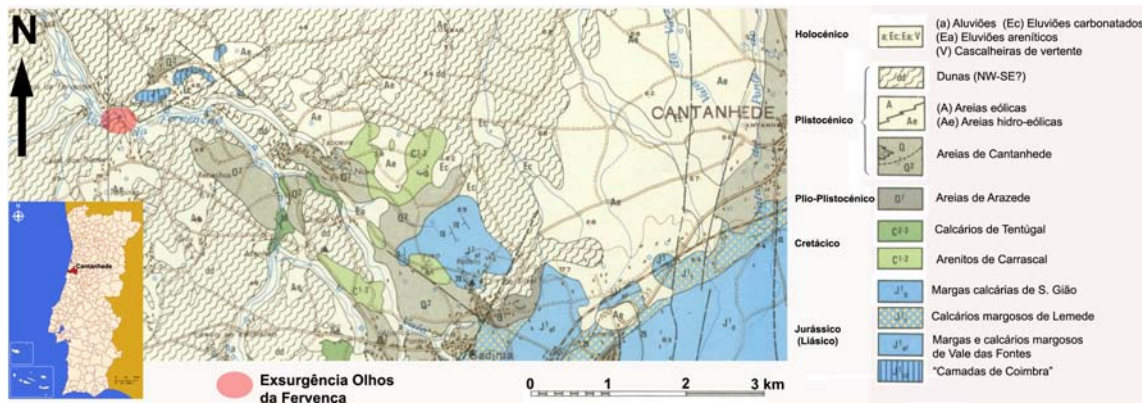


Figura 1 – Localização geográfica e geologia na zona de Olhos da Ferverença (Extracto da Carta Geológica de Portugal, Folha nº 19-A, Cantanhede, escala 1/50000 (Barbosa *et al.*, 1988) e de Wikipédia, 2010).

## 3. PROSPECÇÃO ELECTROMAGNÉTICA

A campanha de prospecção geofísica utilizou o método electromagnético no domínio do tempo, através da aplicação do equipamento TEM-FAST 48 (AEMR, 2007), com o objectivo de investigar as estruturas geológicas que condicionam e delimitam a circulação da água que emerge em Olhos da Ferverença. No total realizaram-se 24 sondagens electromagnéticas nos terrenos limítrofes à exsurgência, OFT01 a OFT24 (Figura 2), utilizando a configuração de espira única, ou seja, a mesma espira funciona como transmissora e receptora dos sinais e sob a forma de quadrado com 25 m de lado. Uma breve descrição teórica do método transiente electromagnético (TEM) pode ser consultada em Correia *et al.* (2010). Na figura 3 apresentam-se as tomografias geoelectricas de superfície (TGS).

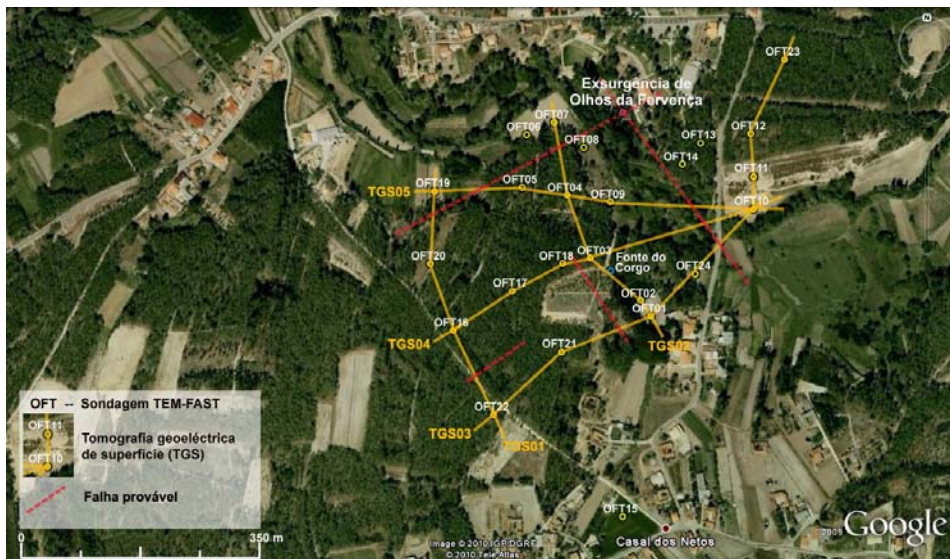


Figura 2 – Localização das sondagens efectuadas com o TEM-FAST e das TGS (Extraído e adaptado do Google Earth, 2010).

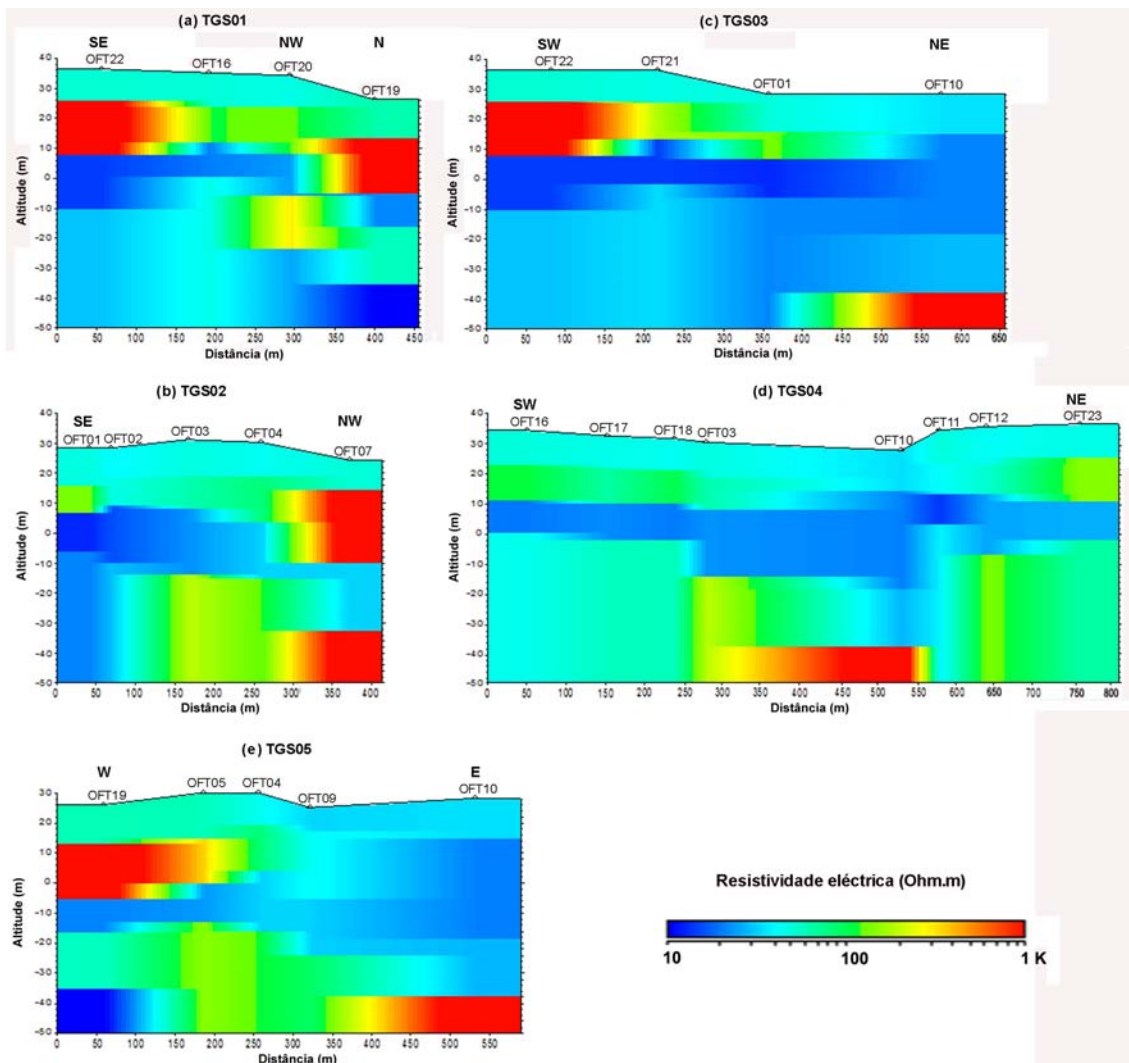


Figura 3 – Tomografias geoelectricas de superficie: a) TGS01, b) TGS02, c) TGS03, d) TGS04, e) TGS05.

No processamento dos dados de campo de cada uma das sondagens foi utilizado o *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. Cada sondagem foi modelada individualmente.

As curvas de resistividade aparente obtidas apresentam valores variáveis entre 10 Ohm.m e 1000 Ohm.m, modeladas com erros médios de 3,4%. Excepção para as sondagens OFT13, OFT14 e OFT24 que apresentam erros significativos devido ao elevado ruído registado, consequência da proximidade de vedações metálicas, máquinas em funcionamento e linhas de média tensão, não tendo por isso sido consideradas na interpretação dos resultados.

Seleccionaram-se algumas sondagens, que constituem alinhamentos designados como tomografia geoelectrica de superfície TGS01 a TGS05 (Figura 2), visualizando-se na figura 3 a distribuição da resistividade em profundidade. As zonas mais resistivas (ou menos condutoras) são apresentadas em tons de vermelho, enquanto as menos resistivas estão em tons de azul.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados sugerem a presença de blocos resistivos a pequena profundidade (cerca de 10 m) que possivelmente correspondem a calcários margosos ( $J_{ef}^1$ ) que se sobrepõem aos calcários dolomíticos ( $J_{cd}^1$ ), de maior condutividade e principal unidade produtora. Estes blocos resistivos podem ser observados em TGS01, TGS02, TGS03 e TGS05. Para a mesma profundidade a resistividade varia lateralmente e em profundidade existem degraus resultantes dessas variações. A presença de blocos resistivos semelhantes entre si nas várias tomografias permite correlacioná-los e estimar a localização das estruturas de fracturação e o seu desenvolvimento. Estas estruturas estão assinaladas na figura 2 como “falha provável”.

Os resultados obtidos mostram-se concordantes com trabalhos anteriores (Heen, 2002) e acrescentam a pormenorização das estruturas nas imediações da exurgência, no entanto pretende-se continuar os trabalhos de geofísica no domínio do tempo para NE da exurgência, num futuro próximo, de modo a definir melhor a continuidade da fracturação.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem o financiamento através do projecto “Perímetros de Protecção em Maciços Fracturados” (PTDC/ECM/70456/2006).

#### Referências

- Applied Electromagnetic Research - AEMR (2007) – *Tem-Fast 48 (manual)*, v7.3. Netherlands.
- Applied Electromagnetic Research - AEMR (2009) – *Tem-Researcher (manual)*, v7. Netherlands.
- Barbosa, B.P.; Soares, A.F.; Rocha, R.B.; Manuppella, G.; Henriques, M.H. (1988) – *Carta Geológica de Portugal e Notícia Explicativa nº 19-A, Folha de Cantanhede, escala 1/50000*. Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.
- 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.
- Correia, C.G.; Marques da Silva, M. (1999) – *Hidrogeologia dos Olhos da Fervença – Estudo Preliminar*. Anais do Seminário sobre Águas Subterrâneas, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, Lisboa.
- Heen, Z.H.A. (2002) – *Estudo Geofísico da Região de Fervença (Cantanhede – Centro de Portugal)*. Universidade de Aveiro, 399 p.
- Serrano, J.A.P.F.; Garcia, P.C.S. (1997) – *Piezometria da Região Centro*. Direcção Regional do Ambiente e Recursos Naturais do Centro – Ministério do Ambiente, Coimbra.
- <http://earth.google.com> consultado em Fevereiro de 2010.
- <http://www.wikipedia.org/> consultado em Fevereiro de 2010.