

# XI



# CONGRESSO NACIONAL DE GEOLOGIA

GEOCIÊNCIAS E DESAFIOS GLOBAIS

*XI CNG 2023 - Livro de Resumos*



*Coordenadores da Edição*

*F. C. Lopes, P. A. Dinis, L. V. Duarte, P. P. Cunha*

**16 a 20 de julho de 2023**  
**Universidade de Coimbra**

*Edição:* Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

*Autores:* Vários

*Capa e contracapa:* F. C. Lopes

*Imagem de capa:* Formação do Pulo do Lobo. Faixa Piritosa Ibérica

*Imagem de contracapa:* Protomilonito de Lagoa. Maciço de Morais

*Conceção gráfica e paginação:* F. C. Lopes

*Data de publicação:* julho de 2023

*Tipo de suporte:* Eletrónico

*I.S.B.N.:* 978-989-98914-8-7

*Os trabalhos contidos no presente volume devem ser citados da seguinte maneira:*

Autor, N. (2023) “Título do Resumo”. In Lopes, F. C., Dinis, P. A., Duarte, L. V. e Cunha, P. P. (Coords.). XI Congresso Nacional de Geologia: Geociências e Desafios Globais. Livro de Resumos. Coimbra, 16-20 julho de 2023, *Departamento de Ciências da Terra da Universidade de Coimbra (eds.)*. Págs. ISBN: 978-989-98914-8-7

## Contribuição do método geofísico eletromagnético no domínio de tempo para o estudo dos sistemas aquíferos multicamada transfronteiriços da bacia do Kalahari, Cunene, Angola

### Contribution of the time domain electromagnetic method to the study of the transboundary multilayered aquifer systems of the Kalahari basin, Cunene, Angola

A. Francés (1), E. Ramalho (2), F. Monteiro Santos (3), J. Llorente (4), T. Mateus (5), I. Cuervo (6), J. Lobón (4), V. Dala (7), M. Ditutala (7) e A. Victorino (7)

- (1) Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Portugal, alain.frances@lneg.pt
- (2) Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Portugal
- (3) Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa – Instituto D. Luiz, Portugal
- (4) Instituto Geológico y Mineiro de España (IGME-CSIC), Espanha
- (5) Governo da Província do Cunene, Angola
- (6) Impulso Angola, Angola
- (7) Instituto Geológico de Angola (IGEO), Angola

**Summary:** Under the scope of project PLANAGEO, a geophysical survey using the time domain electromagnetic (TDEM) method was planned and conducted. This survey aimed to contribute to the hydrogeological conceptual model of the KOS and KOH aquifer systems, to validate the 1960 data electrical resistivity reprocessing and to define the future location of deep boreholes. The TDEM survey allowed identifying different layers with different geoelectric characteristics and assigning electrical resistivity characteristics to each hydrogeological feature of the aquifer systems. These assumptions were found adequate, and the results were used to define the drilling locations of 5 wells.

**Key words:** Kalahari-Ohangwena aquifer system; Hydrogeophysics; time domain electromagnetics; deep borehole

**Palavras-chave:** Sistema aquífero Kalahari-Ohangwena; hidrogeofísica; eletromagnética no domínio tempo; furos

No âmbito do Plano Nacional de Geologia (PLANAGEO), foi desenvolvido um estudo das águas subterrâneas no Sul de Angola, na província do Cunene, pois trabalhos prévios realizados no Norte da Namíbia pela equipa do Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) e pelos Serviços Geológicos da Namíbia (Lindenmaier et al., 2014) apontavam para a extensão para Angola dos sistemas aquíferos multicamada Oshana (KOS) e Kalahari-Ohangwena (KOH), compostos essencialmente por intercalações de areias com água mais ou menos mineralizada e argilas e siltes. O presente estudo baseou-se na reinterpretação de dados antigos (geoeletricos e sondagens, Ramalho et al., 2023a), numa campanha de geofísica terrestre (presente comunicação) e a realização de várias sondagens de pesquisa (Ramalho et al., 2023b).

Após a realização da modelação 1D e 3D das sondagens elétricas verticais (SEV) realizadas na década de 1960 (Ramalho et al., 2023a), e da validação preliminar das mesmas, foi igualmente necessário proceder à sua validação nas condições ambientais atuais e com métodos passíveis de controle. Assim, foi projetada e realizada uma campanha de prospeção eletromagnética no domínio tempo (TDEM), que pretendeu contribuir para a definição da geometria da bacia sedimentar do Cunene, nomeadamente do aquífero intermédio, salino, e

do profundo, com água menos mineralizada. Este método foi escolhido por ser sensível a condutividades elétricas elevadas, pela inexistência de campos eletromagnéticos antrópicos na área (ruído) e por atingir profundidades da ordem de grandeza da profundidade dos níveis aquíferos do KOS/KOH (até cerca de 400 m). Destaca-se também por ser relativamente fácil de instalar no campo e por um tempo reduzido para aquisição dos dados. O equipamento selecionado foi o ABEM WalkTEM 2 com *loop* de 200 m de lado. O plano de aquisição dos dados foi desenhado de uma forma sistemática para uma melhor orientação dos trabalhos no campo: os TDEMs foram distanciados de 2 a 4 km, ao longo dos 6 perfis da Fig. 1, escolhidos para atravessar a bacia longitudinal (perfis 01\_T\_NW\_1 e 02\_T\_NW\_2) e transversalmente (restantes perfis). O reconhecimento e a marcação dos *loops* de TDEM foi realizado sobre fotografia satélite (serviços Google, ESRI, Bing). Preferencialmente, estes *loops* foram realizados dentro de “quimbos”, para minimizar risco de minas antipessoal ou antitanque. Contudo, devido aos reais riscos presentes, foi feita uma desminagem prévia em cada *loop*. No total, foram realizados 112 *loops* dos 197 previstos (Fig. 1). Os trabalhos decorreram no início da estação seca em 2021. Foram realizadas (i) inversão 1D de todos os dados adquiridos usando o programa de inversão SPIA (Aarhus Geosoftware) e (ii) inversão quasi-2D, ao longo dos 6

perfis da Fig. 1, de acordo com o método descrito por Monteiro Santos (2004). Os 6 perfis 2D, coerentes com os resultados do modelo tridimensional das SEVs (Ramalho et al., 2023a), evidenciam a alternância de camadas de resistividades baixas a muito baixas (< 50 ohm.m), sobre um soco de resistividade mais elevada (100 ohm.m). Destacam-se: (i) a presença de um substrato de resistividades elétricas superiores a 20 ohm.m, compatíveis com a existência de um aquífero profundo e/ou do soco; (ii) uma zona de resistividades elétricas muito baixas, contínua em praticamente toda a bacia, que incorpora um aquífero intermédio e os níveis argilosos (aquitardos) que o separam do aquífero superficial livre e do profundo; (iii) uma camada de resistividades intermédias (5-20 ohm.m), que poderá corresponder a uma camada de areias com água de mineralização mais baixa e/ou com uma componente argilosa mais ou menos acentuada.

Os resultados obtidos serviram para localizar cinco sondagens hidrogeológicas de pesquisa (Ramalho et al., 2023b), com uma previsão acertada das profundidades do soco e do aquífero profundo (Tabela I), confirmando a utilidade desta ferramenta geofísica em futuros trabalhos de prospeção hidrogeológica neste sistema aquífero.

Tabela I. Erros associados à estimativa das profundidades totais das sondagens (soco), do topo e da base do aquífero profundo.

| FURO | SOCO | Topo aq. prof. | Base aq. prof. |
|------|------|----------------|----------------|
| F1   | -8%  | 12%            | -9%            |
| F2   | 27%  | 72%            | 56%            |
| F4   | -48% | -5%            | -18%           |
| F5   | -37% | 14%            | -21%           |
| F6   | -26% | -24%           | -15%           |

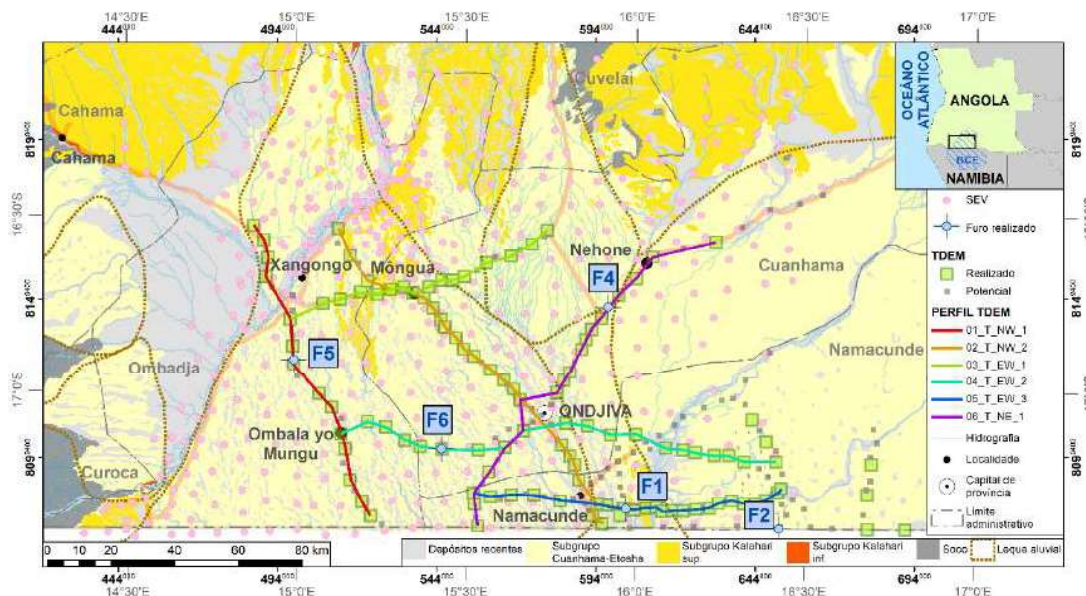


Fig. 1. Localização dos levantamentos geofísicos na região do Cunene (SEVs: ver Ramalho et al., 2023a; furos: ver Ramalho et al., 2023b). BCE: Bacia do Cuvelai-Etoshá. Coordenadas geográficas: Camacupa. Coordenadas projetadas: Camacupa UTM zona 33S.

**Agradecimentos:** Agradecemos a colaboração dos sobas da região estudada e do Governo da Província do Cunene.

## Referências

- Lindenmaier, F., Miller, R., Fenner, J., Christelis, G., Dill, H.G., Himmelsbach, T., Kaufhold, S., Lohe, C., Quinger, M., Schildknecht, F., Symons, G., Walzer, A. & van Wyk, B. (2014). Structure and genesis of the Cubango Megafan in northern Namibia: implications for its hydrogeology. *Hydrogeology Journal*, 22, 1307-1328. <https://doi.org/10.1007/s10040-014-1141-1>.
- Monteiro Santos, F. A., 2004. 1-D laterally constrained inversion of EM34 profiling data. *Journal of Applied Geophysics*, 56, 123-134. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2004.04.005>.
- Ramalho, E. C., Francés, A. P., Santos, F. M. & da Mata Victorino, A. (2023a). 3D electrical structure definition of aquifer systems in the Kalahari basin in Southern Angola based on legacy data reprocessing. *Journal of Applied Geophysics*, 211. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2023.104968>
- Ramalho, E., Francés A., Martín, R., Mateus, T., Llorente, J., Famosa, A., Cuervo, I., Lobón, J., Victorino, A. M. (2023b). Contribuição de sondagens mecânicas e diagrfias para o estudo dos sistemas aquíferos multicamada transfronteiriços da bacia do Kalahari, Cunene, Angola. Resumos do XI CNG 2023.