

# 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 de sondagens mecânicas e diagrfias para o estudo dos sistemas aquíferos multicamada transfronteiriços da bacia do Kalahari, Cunene, Angola

### Contribution of deep boreholes and geophysical logging to the study of the transboundary multilayered aquifer systems of the Kalahari basin, Cunene, Angola

E. C. Ramalho (1), A. Francés (2), R. Martín Banda (3), T. Mateus (4), J. M. Llorente (3), A. Famosa (5), I. Cuervo (6), J. L. Lobón (3) e A. M. Victorino (5)

- (1) Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Portugal, [elsa.ramalho@lneg.pt](mailto:elsa.ramalho@lneg.pt)
- (2) Laboratório Nacional de Energia e Geologia (LNEG), Portugal
- (3) Instituto Geológico y Minero de España, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (IGME-CSIC)
- (4) União Temporária de Empresas (UTE), Instituto Superior Politécnico da Huila (ISPH) da Universidade Mandume Ya Ndemufayo (UMN), Governo da Província do Cunene, Angola
- (5) Instituto Geológico de Angola (IGEO), Universidade Agostinho Neto (UAN), Angola
- (6) Impulso Angola, Angola

**Summary:** *Within the scope of the PLANAGEO project, the assessment of the KOS and KOH transboundary multilayered aquifer systems, located in the province of Cunene, southern Angola, without significant hydrogeological research in the last 50 years, was conducted. The drilling location of 5 deep boreholes was selected after the processing and interpretation of legacy and recently acquired geophysical data within the scope of the project. The study of these boreholes comprises follow-up analysis of geophysical logging, aquifer parameters estimation, hydrochemical data of major and minor elements, isotopic analysis, and drilling cuttings analysis. They will become part of the near future monitoring network of the deep aquifer.*

**Keywords:** *Kalahari-Ohangwena aquifer system; Hydrogeophysics; aquifer monitoring; wells; geophysical logging*

**Palavras-chave:** Sistema aquífero Kalahari-Ohangwena; hidrogeofísica; monitorização do aquífero; furos; diagrfias

Os sistemas aquíferos multicamada transfronteiriços Kalahari-Ohangwena (KOH) e Oshana (KOS), localizados na província do Cunene no sul de Angola, podem vir no futuro a ser encarados como potenciais fontes de abastecimento de água a algumas populações rurais localizadas em regiões de difícil acesso, que sofrem de graves problemas com secas plurianuais e recorrentes. A informação existente acerca do KOS é escassa ou inexistente em profundidade, mas o KOH é constituído por 3 aquíferos principais, separados entre si por aquíferos argilosos com possanças que chegam a atingir dezenas de metros. Os aquíferos superficiais, KOS-0 e KOH-0, livres e com profundidades até cerca de 60 metros, têm recarga através da água da chuva; porém, esgotam na estação seca em áreas consideráveis, pelo que, apesar do seu fácil acesso por furos pouco profundos, em grande parte da província não constituem uma fonte de abastecimento permanente. O aquífero intermédio, a profundidades entre os 120 e os 170 m, contém água salobra que não pode ser considerada potável e precisa de dessalinização. Abaixo dos 200 m de profundidade, encontra-se o aquífero profundo, cuja água tem em geral boa qualidade química, mas que por outro lado, é um recurso com taxa de renovação muito baixa (Himmelsbach et al., 2018) e exige a construção de captações de água profundas de considerável

complexidade técnica. O estudo hidrogeológico desta área teve início na década de 1960, mas apenas recentemente foi retomado no âmbito do Plano Nacional de Geologia de Angola (PLANAGEO), incorporando informação da parte da Namíbia de Lindenmaier et al. (2014) e Himmelsbach et al. (2018), entre outros.

Além da compilação e integração em base de dados da informação obtida no âmbito do projeto PLANAGEO, na sequência do reprocessamento e interpretação preliminar dos dados dos trabalhos de prospeção geofísica (sondagens elétricas verticais – SEV) realizados na década de 1960 na província do Cunene (Fig. 1), foi criado um modelo quasi-3D de resistividade elétrica (Ramalho et al., 2023). Com base neste, foram planeadas novas campanhas de geofísica, desta vez com o método eletromagnético no domínio tempo (TDEM) (Fig. 1) (Francés et al., 2023). De acordo com os valores de resistividade elétrica obtidos quer a partir do modelo quasi-3D das SEV, quer dos modelos 2D do TDEM, tendo como referência os valores mencionados em Ramalho et al. (2023) assumidos para a possível existência do aquífero profundo, foram escolhidas as localizações de 5 furos profundos (Fig. 1) para confirmar a validade do modelo conceptual do KOH/KOS em Angola. Assim, dependendo da localização, a profundidade do nível aquífero profundo variou entre os 147 e os 300 m e a

localização dos respetivos tubos-ralos foi determinada com o recurso a diagrfias elétricas (SPR, Resistividade Normal 16" e 64" e SP), de radiação gama natural e da coluna de fluido (temperatura e condutividade do fluido), tendo igualmente sido estimada a condutividade elétrica da água nativa com o recurso à Lei de Archie. A interpretação das diagrfias elétricas e de radiação gama natural permitiu distinguir as zonas argilosas das areias contendo água muito mineralizada do aquífero intermédio e identificar a profundidade a partir da qual se encontra o aquífero profundo. Foram realizados ensaios de caudal e análises químicas de elementos maiores, traço e isotópicas. O soco rochoso não foi atingido nos furos F1 e F2, localizados na zona mais possante da bacia sedimentar, correspondente ao depocentro da mesma. Aqui, tal como em alguns furos

localizados na Namíbia próximos da fronteira com Angola, as diagrfias mostraram a interceção de alguns pequenos aquíferos cuja água aparentou ter características compatíveis com o aquífero intermédio, com mineralizações muito elevadas. O aquífero profundo apresenta na zona transmissividades muito baixas e águas essencialmente bicarbonatadas sódicas ou cloretadas sódicas, por vezes com características francamente salobras, sendo detetada uma bolsa de água doce no sector SE, que por sua vez confirma os trabalhos de Lindenmaier et al. (2014) e Himmelsbach et al. (2018). Estes furos farão parte de uma rede de monitorização dos sistemas aquíferos KOS e KOH, a implementar e estender num futuro próximo.

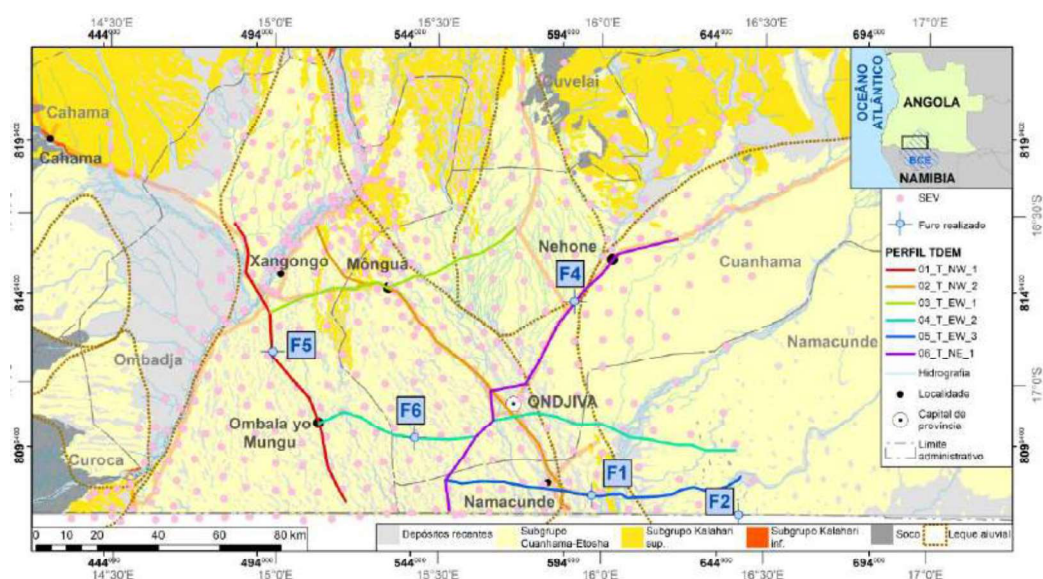


Fig. 1. Localização dos 5 furos realizados no âmbito do projeto PLANAGEO. Localização das SEVs de Ramalho et al. (2023) e das sondagens TDEM de Francés et al. (2023). BCE: Bacia do Cuvelai-Etsha. Coordenadas geográficas: Camacupa. Coordenadas projetadas: Camacupa UTM zona 33S.

**Agradecimentos:** Na impossibilidade de agradecer a todos aqueles que colaboraram no projeto PLANAGEO, deixamos, no entanto, um agradecimento especial a A. Fernando e M. Tukongeni da UTE, e M. U. Mayer e R. Baumle, do Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

## Referências

- Francés, A., Ramalho, E., Santos, F., Llorente, J. M., Mateus, T., Cuervo, I., Lobón, J., Dala, V., Ditutala, M., Victorino, A. M. (2023). Contribuição do método geofísico eletromagnético no domínio de tempo para o estudo do sistema aquífero multicamada transfronteiriço Kalahari-Ohangwena, Cunene, Angola. Resumos do XI CNG 2023.
- Himmelsbach, T., Beyer, M., Wallner, M., Grünberg, I., Houben, G. (2018). Deep, semi-fossil aquifers in southern Africa: A synthesis of hydrogeological investigations in northern Namibia. *Biodiversity & Ecology*, 6: 66-74. 10.7809/b-e.00306.
- Lindenmaier, F., Miller, R., Fenner, J., Christelis, G., Dill, H.G., Himmelsbach, T., Kauffhold, 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>.
- Ramalho, E. C., Francés, A., Monteiro Santos, F., Victorino, A. M. (2023). 3D electrical structure definition of aquifer systems in the Kalahari basin in Southern Angola based on legacy data reprocessing. *Journal of Applied Geophysics*, 211: 104968. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2023.104968>.