

# Subsídios para o conhecimento da morfologia da base da bacia sedimentar do Kalahari na zona do Baixo Cunene (Angola)

## *Preliminary data for the morphology knowledge of the Kalahari base sediments in Baixo Cunene area (Angola)*

J. Moura Esteves\*

**RESUMO** - Neste trabalho é apresentado o resultado da interpretação da prospecção geofísica realizada pela Missão do LNEC, em Angola, no período de 1962 a 1966, na zona designada por Baixo Cunene. No relatório final da prospecção geofísica recomendava-se a realização de um programa de prospecção mecânica de furação para se avaliar a interpretação então efectuada e fornecer elementos de natureza geológica necessários a uma correcta interpretação. O conhecimento, que se tem de alguma prospecção mecânica entretanto realizada, conduz à necessidade de realizar mais sondagens de furação pois o *firme geoléctrico* definido não corresponde ao *bedrock* base dos sedimentos do Kalahari nas proximidades da povoação da Môngua. Por outro lado a morfologia definida pela prospecção geofísica sugere a existência de *vales fósseis*, dos quais o mais importante poderá representar o antigo leito do rio Cunene quando corria para a depressão do Etosha, na Namíbia.

**SYNOPSIS** - This paper presents the results of the geophysical survey carried out by LNEC in Angola from 1962 to 1966 at the area called Baixo Cunene (Kalahari). In the final report on the geophysical survey the performance of a exploration by means of boreholes was recommended in order to appraise the interpretation of geophysical results and provide geological data for a more correct interpretation of these results. The knowledge obtained from the meanwhile performed some mechanical surveys shows the necessity to carry out more drill holes since the defined *geoelectrical bedrock* does not correspond to the base *bedrock* of the Kalahari sediments in the neighbourhood of Môngua site. On the other hand, the morphology defined by the geophysical exploration suggests the existence of *fossile valleys*, the most important one probably representing the former bed of the river Cunene when it ran to the Etosha depression, in Namíbia.

\* Engº Civil, Investigador-coordenador, aposentado do LNEC, Lisboa, Portugal, E-mail: moura.esteves@mail.telepac.pt

**Palavras-chave** – Baixo-Cunene; prospecção geofísica; sedimentos do Kalahari

## 1 - INTRODUÇÃO

No período de 1962 a 1966 uma Missão de Prospeção Geofísica do LNEC realizou diversos trabalhos em Angola com diferentes finalidades, salientando-se a pesquisa de zonas favoráveis à ocorrência de águas subterrâneas. Esta actividade desenvolveu-se no âmbito do Plano de Coordenação para o Abastecimento de Água às Regiões Pastorais do Sul de Angola.

Uma das zonas objecto da intervenção da Missão do LNEC foi a designada por Baixo Cunene, interessando a margem esquerda do rio Cunene, aproximadamente desde Cafú até Namacunde, cobrindo uma área da ordem dos 28 000 km<sup>2</sup> (Figura 1). Para além da pesquisa respeitante à ocorrência de águas sub-superficiais e também profundas, pretendia-se também avaliar a morfologia da base da bacia sedimentar do Kalahari.

O resultado então obtido pela Missão do LNEC (que o signatário chefiou por diversos períodos) é agora apresentado de modo generalizado uma vez que se dispõe de alguns resultados significativos subsequentes, fornecidos por sondagens mecânicas de furação a grande profundidade realizadas pelos Serviços de Geologia e Minas (SGM) de Angola.

Julga-se que assim se presta um contributo para o melhor conhecimento científico deste país.

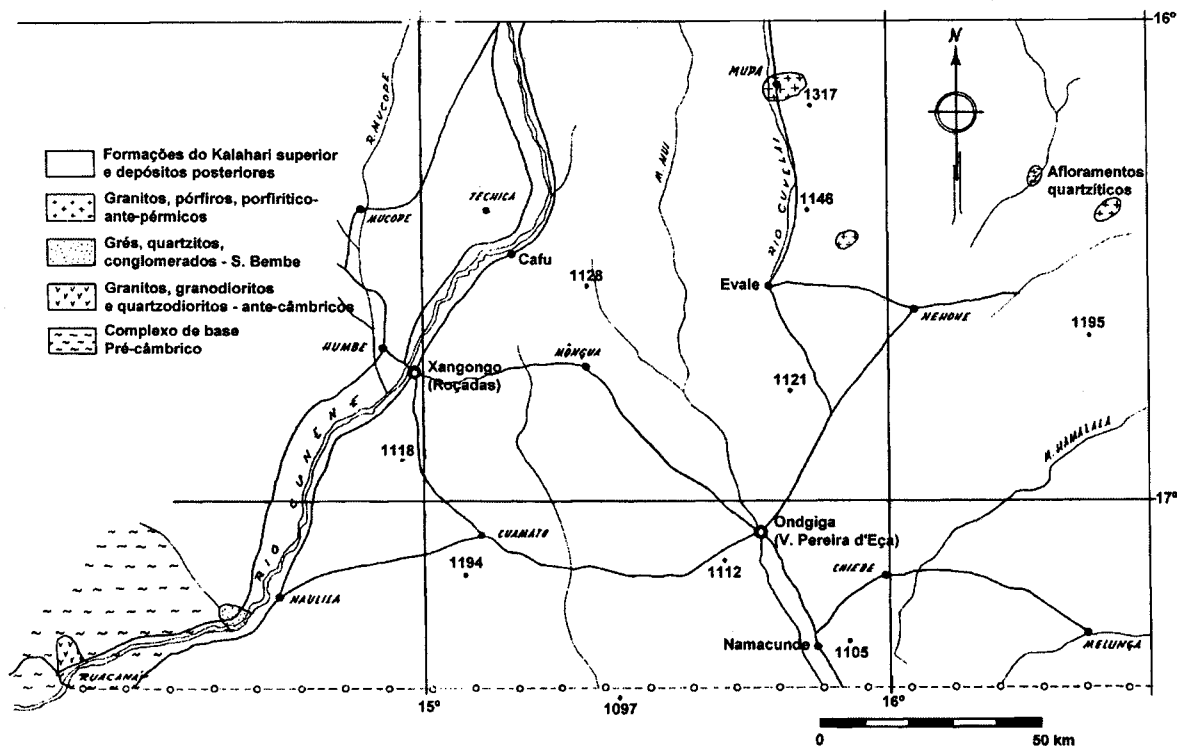
Embora a Missão do LNEC tenha aplicado aqui os dois métodos de prospecção geofísica por ela, então, disponíveis, o método sísmico da refração e o método geolétrico da resistividade eléctrica, cedo se verificou que apenas este último poderia fornecer resultados, numa primeira fase da prospecção, aproveitáveis para o prosseguimento da pesquisa. A experiência mostrou o interesse em o LNEC desenvolver o método sísmico de reflexão a pequenas profundidades (poucas centenas de metros), mas não houve, porém, oportunidade de o aplicar neste caso concreto.

Entretanto foi dada por finda a razão da permanência desta Missão do LNEC em Angola em resultado da constituição de equipas dos SGM com quadros já especializados nestas matérias.

## 2 - CONSIDERAÇÕES GEOLÓGICAS SUMÁRIAS

Relativamente ao enquadramento geológico da zona do Baixo Cunene, apresenta-se o Esboço Geológico integrado num trabalho de Carlos Neves Ferrão (1964), Figura 1.

Para além dos afloramentos rochosos ali representados, refere-se nesse trabalho que duas sondagens mecânicas de furação próximas de Cafima atingiram o firme rochoso (*bedrock*), constituído por granitos, a profundidades de 5 e de 9 metros.



**Fig. 1 - Esboço geológico da região.**

Por outro lado é também referido que na parte sul do Baixo Cunene sondagens mecânicas terminaram a 178 m na zona entre Cuamato e Môngua, e a 210 m na zona de Ondgiva (Pereira d'Eça) sem alcançarem o firme rochoso, admitindo-se que a base dos sedimentos ou formações do Kalahari se encontrava aqui a mais de 400 m de profundidade.

Posteriormente a este relatório e na sequência dos trabalhos da Missão do LNEC, terminados em 1966, os SGM de Angola realizaram diversas sondagens mecânicas profundas que alcançaram os 280 m de profundidade na vizinhança de Môngua e os 540 m em Namacunde sem atingirem o substrato rochoso ou a base da bacia sedimentar do Kalahari em Angola (Figura 2).

A geologia de superfície engloba fundamentalmente areias de calibres variados mas também formações de calcretes, silcretes, etc. Por outro lado, é insuficiente o conhecimento da litologia, da estratigrafia e da sedimentologia dos respectivos materiais subterrâneos (Gomes, 1972).

### 3 - CONDIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS GERAIS

A região do Baixo Cunene, situada na margem esquerda do rio Cunene, apresenta-se como uma grande superfície plana, com altitude média da ordem dos 1200 m, manifestando uma ligeira inclinação de norte para sul e com um gradiente médio de cerca de 0,3 m/km. Toda a drenagem superficial tem como destino o lago Etocha situado a sul, na Namíbia.

Como diz Feio (1981), sobre a influência que o rio Cunene teve na actual morfologia da região e a que terá tido em anteriores eras geológicas, «...o Cunene perdia-se outrora nesta planície (como hoje o Cubango mais ao sueste) e só tarde, no Quaternário, se voltou para o Oceano, provavelmente mais por ter extravasado, em ocasião de grande cheia, de uma planície aluvial sobre-elevada pela sedimentação, do que propriamente por captura por um modesto curso de água correndo para oeste e favorecido por um desnivelamento de 1100 m em 250 km. Embora não exista nem cotovelo de captura, nem vale abandonado, pois se trata de uma planície aluvial, pode demonstrar-se que o Cunene corria outrora para a caldeira do Etocha».

O rio Cunene circula hoje independentemente desta região do Baixo Cunene.

### 4 - PROSPECÇÃO GEOFÍSICA

Como é referido no ponto 2, havia já indícios de que o substrato rochoso, base dos sedimentos da bacia em estudo, ocorreria a centenas de metros de

profundidade, pelo que se privilegiou o método geoelectrico com a sua técnica da sondagem vertical segundo a geometria Schlumberger.

Por outro lado, tendo em conta também os valores de resistividade eléctrica avaliados nos trabalhos de prospecção geofísica a pequena profundidade, com vista à detecção e definição de zonas propícias à ocorrência de águas sub-superficiais, foi preparado um equipamento de medição com características técnicas apropriadas, nomeadamente quanto à necessidade de se dispor de suficiente potência de energia eléctrica de corrente contínua, bem como eléctrodos de injeção de corrente e cabos condutores adequados. Para isso o LNEC disponibilizou os seus quadros técnicos do ramo electrotécnico.

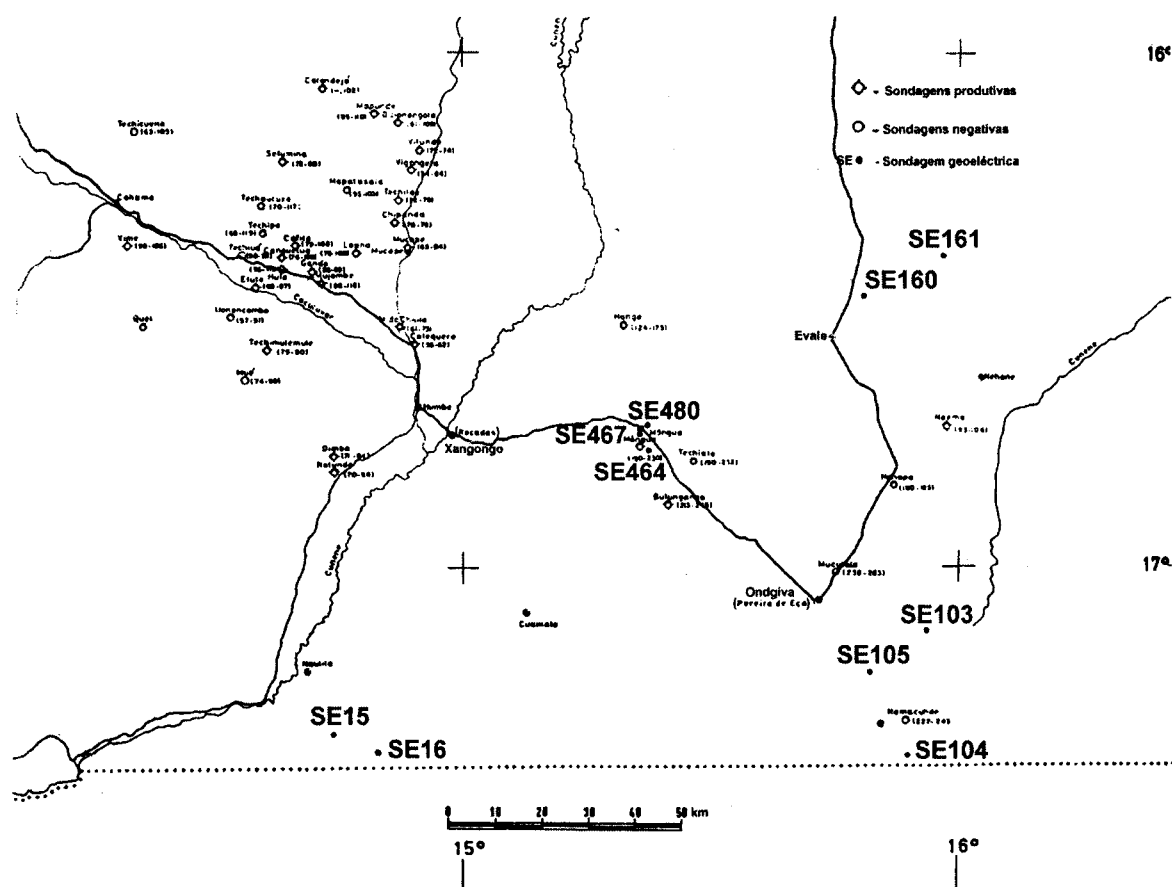
Naturalmente, sabendo-se que os métodos geofísicos, tendo por base científica as leis da Física, são criados e desenvolvidos, por via de regra, considerando os meios homogéneos e isotrópicos, assumção que se afasta apreciavelmente quer dos meios naturais quer mesmo dos meios fabricados pelo homem. Acresce que o meio de aplicação dos métodos geofísicos é, em geral, tridimensional, o que torna mais relevante a presença de anisotropias e heterogeneidades.

Por outro lado, ainda, os métodos geofísicos lidam, como se sabe, com grandezas físicas que não representam directamente a litologia das formações geológicas por eles interessadas. É por isso que são designados métodos de prospecção indirectos.

Verifica-se, deste modo, quão complexo é, quase sempre, o universo onde se aplicam estes métodos. Apesar de tudo constata-se o grande interesse na sua aplicação como uma das primeiras etapas dos trabalhos de pesquisa subterrânea, quase sempre a seguir a um reconhecimento de superfície (incluindo a fotografia aérea), conduzindo a um plano de prospecção directa através de valas, galerias, poços e sondagens mecânicas de furação. O seu interesse ressalta também do facto de os métodos de prospecção geofísica abarcarem grandes volumes, quando comparados com os volumes interessados pelos métodos directos de prospecção mais correntes, como as sondagens mecânicas e por serem de rápida utilização.

### 5 - RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados apresentados neste trabalho constituem os principais resultados alcançados, na zona estudada do Baixo Cunene, da prospecção geofísica realizada pela Missão do LNEC, de 1962 até 1966, e pelas sondagens mecânicas de furação realizados, posteriormente, pelos SGM de Angola.



**Fig. 2 - Localização de sondagens mecânicas e geoeletricas.**

Chegou ao nosso conhecimento que, entretanto e até à presente data, não foram ali efectuados quaisquer trabalhos de prospecção com a finalidade de prosseguir a investigação, aqui relatada, designadamente quanto à definição da bacia base dos depósitos sedimentares do Kalahari na região.

### 5.1 - Prospeccção geolétrica

A primeira parte do projecto de prospecção geofísica profunda na região constou da realização de sondagens geoeléctricas com uma determinada orientação da linha de injeção da corrente eléctrica contínua. Numa segunda fase previa-se a utilização da mesma técnica de prospecção mas empregando diferentes orientações para as linhas de corrente e posteriormente ainda a utilização da técnica do perfil de resistividades eléctricas para melhor definição da geometria geoeléctrica do substrato dos sedimentos. Com o termo da intervenção da Missão do LNEC em Angola não houve oportunidade de realizar a segunda parte do projecto.

A área prospectada, como acima se referiu, foi de cerca de 28 000km<sup>2</sup>, e nela se efectuaram mais de três centenas de sondagens geoelectricas profundas.

Para se ter uma ideia do tipo de diagrama das sondagens geoelectricas realizadas apresentam-se

apenas quatro exemplares de curvas, representativas de outras quatro áreas prospectadas. As sondagens geoelectricas SE 464/467/480 e SE 160/161 foram realizadas na parte norte da região e as sondagens SE 15/16 e SE 103/104/105 na parte sul, próximas da fronteira com a Namíbia (Figura 2). Na Tabela 1 indica-se, para cada sondagem geoelectrica, a profundidade do *firme geoelectrico*.

**Tabela 1** – Valores das profundidades do *firme geoelectrico*

Sondagem	Profundidade (m)
SE 464	180
SE 467	225
SE 480	160
SE 160	16
SE 161	81
SE 15	90
SE 16	125
SE 103	400
SE 104	500
SE 105	580

Foi então, com base nos diagramas de todas as sondagens ali realizadas, que se traçou o andamento daquilo que se convencionou chamar o *bedrock* ou *firme geol eléctrico*, o qual poderá ou não coincidir

com o verdadeiro substrato rochoso (*bedrock*) base das formações sedimentares ali ocorrentes.

Como foi dito na Introdução, constituindo o método geoelectrico um método indirecto de prospecção, é sempre necessário aferir a interpretação dos seus resultados através de uma comparação com os resultados fornecidos por uma prospecção directa como seja a sondagem mecânica de furação.

No caso vertente, por não se dispor de informação prévia adequada foi sugerida aos SGM a realização de diversas sondagens mecânicas de furação profunda, pelo menos em alguns pontos estratégicos, dada a importância das informações que se retiravam da prospecção geofísica.

Efectivamente e conforme é evidenciado na Figura 3, estão aqui bem marcadas delineações ou alinhamentos de vales subterrâneos, ao nível do *bedrock* ou *firme geoelectrico*, que levam a supor, por um lado, que o vale subterrâneo mais importante, que vai de Cafú a Namacunde, poderia corresponder ao *vale fóssil* do rio Cunene quando este corria para a depressão de Etosha, conforme a hipótese defendida há muito por diversos técnicos; por outro lado, um outro *vale fóssil* corresponderia à actual linha de água que é a mulola Mui.

Estas indicações foram tomadas como gerais e provisórias, definidoras da morfologia da base da bacia sedimentar da região, que deveriam por isso ser posteriormente completadas com mais trabalhos, quer de prospecção geofísica quer mecânica.

Todavia, os acontecimentos de desorganização social que se seguiram à independência de Angola, de 1975 até aos nossos dias, não permitiram a

obtenção de mais conhecimentos sobre este assunto. Há a esperança de que em breve sejam desenvolvidos esforços para clarificar a situação, por exemplo pela consulta de elementos ainda não divulgados, mas sobretudo através da realização de novos trabalhos de prospecção.

A dimensão do relevo subterrâneo leva a antever como promissora a realização de futuros trabalhos ligados quer à pesquisa de águas subterrâneas, quer mesmo de natureza mineira (Figura 3).

## 5.2 - Prospecção mecânica

Insere-se neste parágrafo uma referência ao trabalho do geólogo Figueiredo Gomes (1972), dos SGM de Angola. Nele é dito que, embora «...os factos mais salientes divulgados nesta comunicação abordem essencialmente a mineralogia dos sedimentos sub-superficiais do Kalahari do Baixo Cunene», foi estabelecido, a partir de 1968 e portanto posteriormente à intervenção da Missão do LNEC, um «...programa de execução de sondagens mecânicas profundas, destinado à avaliação das potencialidades hídricas dos sedimentos do Kalahari, situados a profundidades superiores a uma centena de metros». De entre as sondagens mecânicas profundas realizadas mencionam-se nesta comunicação cinco delas, designadas por Hando P-S1 (que atingiu 206 m de profundidade); Môngua P-S1 (280 m); Techiala P-S1 (252 m); a de Bulunganga P-S1; a de Mucutula-Pereira d'Eça (322 m) e a de Namacunde (540 m) (Figura 2).

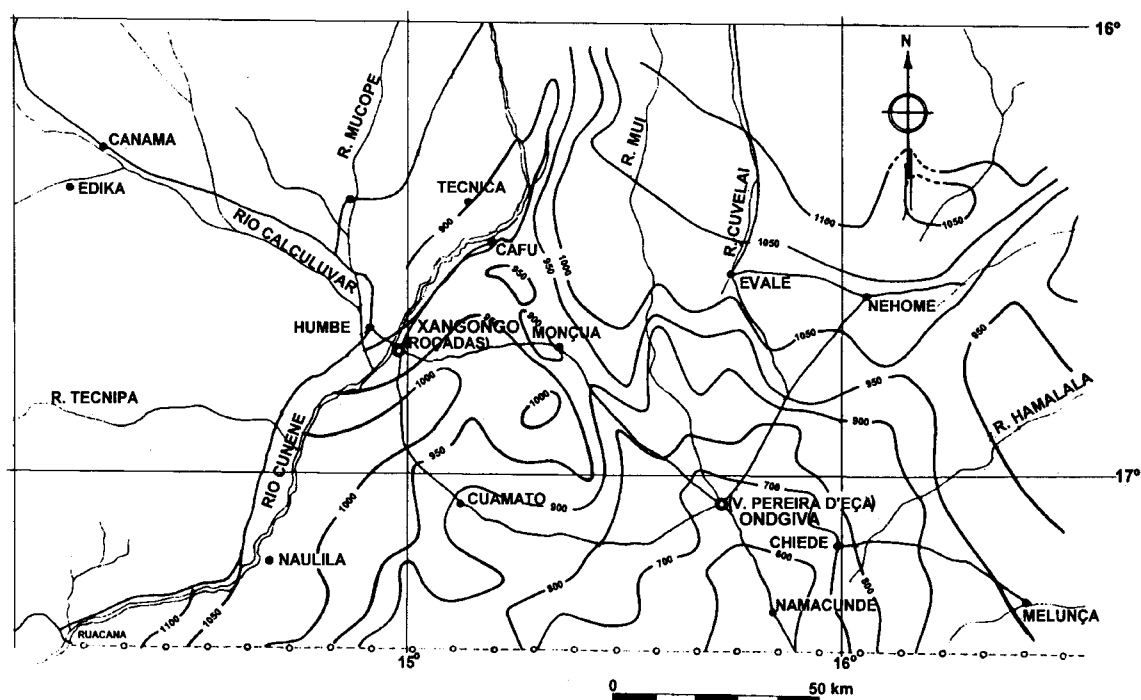


Fig. 3 – Carta do *firme geoelectrico*.

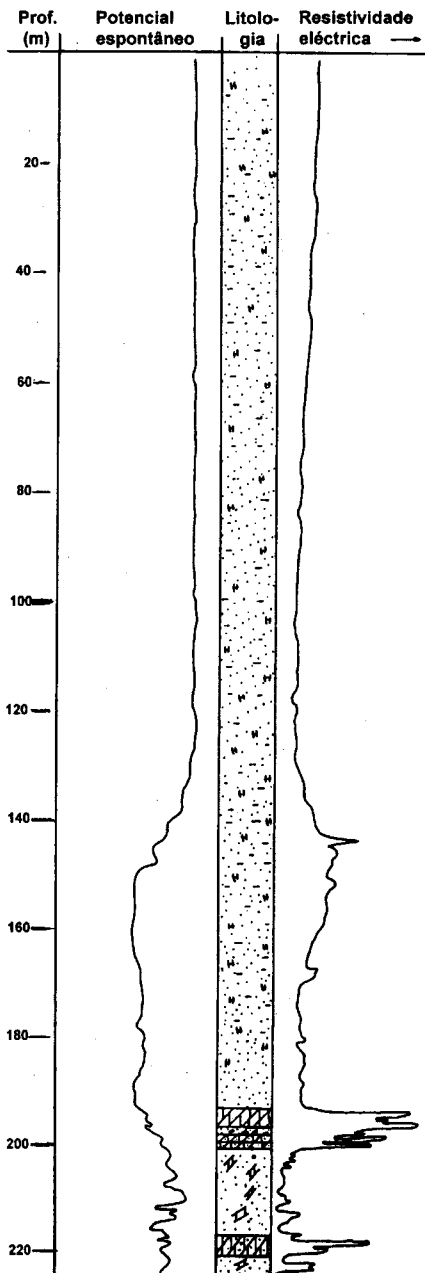


Fig. 4 – Diagrama eléctrico da sondagem mecânica Môngua PS-1.

Todas estas sondagens mecânicas têm implantação distribuída ao longo do alinhamento Cafú – Namacunde, correspondendo, eventualmente, ao *vale fóssil* do rio Cunene. Mas nesta comunicação, apenas é apresentada a descrição da sondagem mecânica Môngua P-S1, representando a Figura 4 a diagrafia eléctrica, do potencial espontâneo e da resistividade eléctrica de contacto, até 225 m de profundidade.

Comentando estes resultados, o autor salienta o aumento relativamente brusco do valor da resistividade eléctrica de contacto a cerca de 190 m

de profundidade, onde ocorrem rochas duras e compactas, classificadas como dolomias gresosas, de morfologia lenticular, desaparecendo lateralmente e substituídas noutros locais por grés quartzíticos. Diz o autor que «...foram ainda estas rochas que, na região de Môngua, foram confundidas pela Missão do LNEC com o *firme rochoso* da bacia do Kalahari.»

Na realidade este *firme rochoso* foi detectado pelos trabalhos de prospecção geofísica realizados pela Missão do LNEC, devendo ser considerado como um *firme geolétrico*, base das formações sedimentares com valores de resistividade eléctrica muito baixos, descendo em profundidade de 7  $\Omega.m$  à superfície para 4  $\Omega.m$  até aquele *firme geolétrico*, subindo depois para valores muito mais altos de resistividade eléctrica (Figuras 5 a 8).

Conforme referem os últimos relatórios da Missão do LNEC sobre os trabalhos realizados no Baixo Cunene, e dado o então desconhecimento da natureza e profundidade do *firme rochoso* ou *bedrock*, foi recomendada a execução de sondagens mecânicas profundas, consideradas indispensáveis para a aferição das técnicas de interpretação das sondagens geolétricas. Os resultados da interpretação das sondagens geolétricas SE 464/467/480, embora próximas umas das outras, evidenciam valores bastante diferentes, revelando bem esta necessidade.

Finalmente, na posse dos resultados das cinco sondagens mecânicas acima referidas, e realizadas posteriormente a 1968, mantém-se o grande interesse em se fazer uma análise pormenorizada das curvas de todas as sondagens geolétricas ali efectuadas.

Contudo, terá de se admitir que o *firme geolétrico* detectado em áreas afastadas da povoação de Môngua poderá corresponder a formações geológicas diferentes, electricamente mais resistentes que as formações detríticas sedimentares subjacentes.

## 6 - CONCLUSÕES

As considerações expostas acima levam a concluir o seguinte:

6.1 - Os resultados da prospecção geofísica levados a cabo pela Missão do LNEC constituíram e constituem um ponto de partida para o estabelecimento de um programa de execução de sondagens mecânicas de furação a grande profundidade, podendo estas alcançar mais de 500 m. Este valor servirá de referência para a escolha do respectivo equipamento de furação.

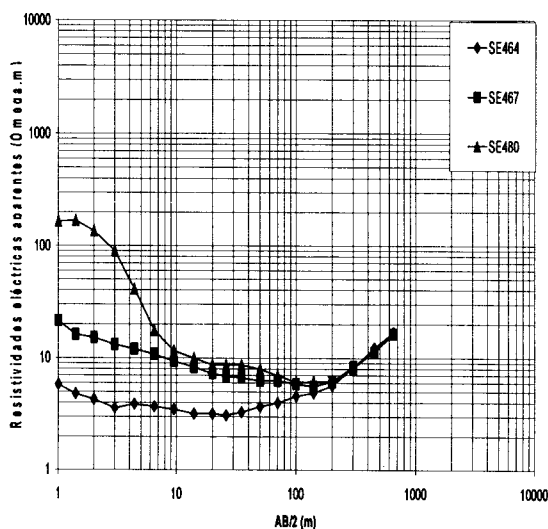


Fig. 5 - Exemplos de curvas de sondagens geoelectricas SE464, SE467 e SE480.

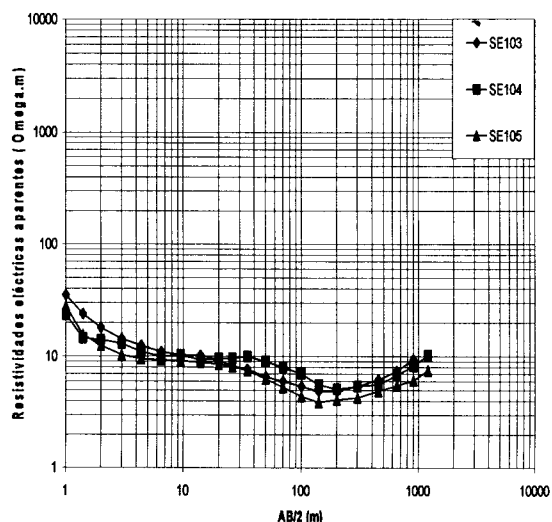


Fig. 6 - Exemplos de curvas de sondagens geoelectricas SE103, SE104 e SE105.

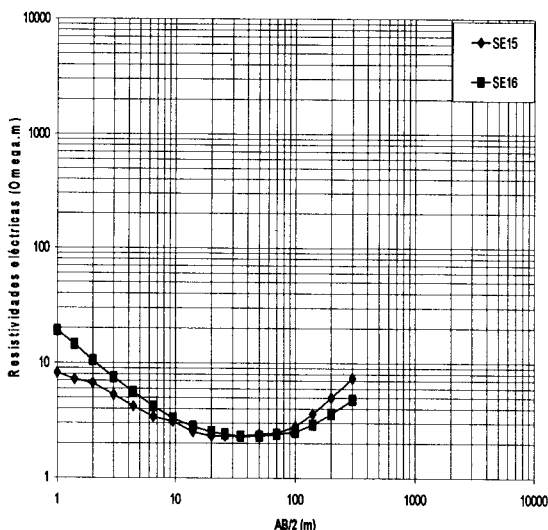


Fig. 7 - Exemplos de curvas de sondagens geoelectricas SE15 e SE16.

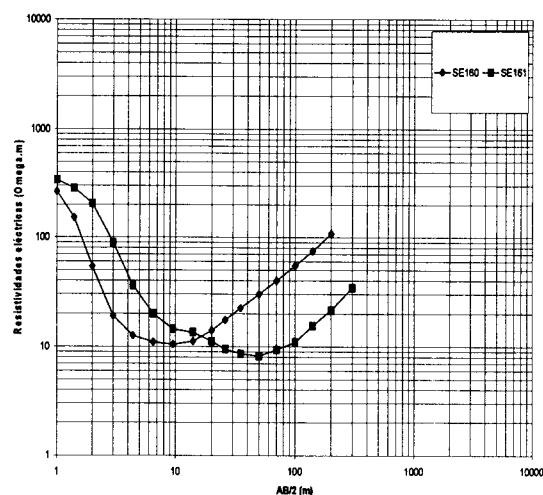


Fig. 8 - Exemplos de curvas de sondagens geoelectricas SE160 e SE161.

6.2 - A execução de cinco sondagens mecânicas profundas, efectuadas jรก no âmbito daquele programa, veio mostrar que, pelo menos na região da M ngua, as formações geológicas duras detectadas, com elevados valores de resistividade eléctrica, não constituem a base ou soco (*bedrock*) das formações sedimentares do Kalahari naquela zona, constituindo um *firme geoelectrico*, cuja definição e esclarecimento não está ainda totalmente feito.

6.3 - O conjunto dos resultados geofisicos obtidos evidencia a ocorrência em profundidade de alinhamentos de escoamento privilegiados de águas, parecendo constituir verdadeiros vales fossilizados. Destes, o mais importante vai de Café a Namacunde, alimentando a hipótese de ele poder corresponder ao *vale f ssil* do rio Cunene quando este corria para a depressão de Etosha, conforme a hipótese defendida há muito por diversos técnicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Esteves, J.M.; Farinha, J. R. (1966) *Prospecção geofísica da possança das formações detríticas nas áreas dos concelhos de Roçadas e Cuanhama (Baixo Cunene)*. 2ª Reunião sobre Prospecção Geofísica, LNEC.
- Feio, M. (1981) *O relevo do sudoeste de Angola – Estudo de geomorfologia*. Memória nº 67 (Segunda série), J.I.C.U.
- Ferrão, C. N. (1964) *A hidrologia e o problema de abastecimento de água ao Baixo Cunene (Angola)*. Memória do LNEC, nº 222, 1964.
- Ferrão, C. N. (1966) *Utilização de métodos geofísicos na prospecção de águas subterrâneas em regiões áridas e semi-áridas*. Boletim nº 13, SGM.
- Gomes, C. F. (1972) *Subsídios para o conhecimento dos sedimentos sub-superficiais do Kalahari do sul de Angola (Região de Môngua)*. Memória nº 11, SGM.
- LNEC (1962-1967) *Missão do LNEC em Angola – Relatórios técnicos*, Lisboa.
- Marques, J. M. (1967) *Notícia sobre a província hidrogeológica de Pereira d'Eça*. Boletim nº 16, SGM.