



Estudo da estrutura geoeétrica da Bacia de Resende - RJ, utilizando o método transiente eletromagnético (TEM). Resultados preliminares.

J.-M. Flexor, I. Figueiredo, S. L. Fontes, E. F. La Terra, C. R. Germano

Observatório Nacional

ABSTRACT

As part of a multi-disciplinary project for groundwater resources evaluation, eighty-eight transient electromagnetic (TEM) soundings were accomplished in Resende sedimentary basin, Rio de Janeiro State, using the SIROTEM MK3 system from Geolnstruments. The area is highly industrialised and part of the TEM data is affected by electromagnetic noise of cultural origin. The TEM data were interpreted with a 1-D ridge regression inversion algorithm. Results for the superficial horizons show relatively low values for the electric resistivity. Traverse sections of the resistivity as a function of depth showed a good definition of the borders of the basin. A longitudinal section of about 25-km crossing the centre of the basin shows a complex structure, evidencing a very irregular relief for top of the basement. Stratigraphic data of wells available in the surveyed area are in good agreement with resistivity profiles of neighbour stations. Actions seeking to reduce the influence of cultural noise are proposed.

INTRODUÇÃO

A bacia sedimentar de Resende (Fig. 1), situada no curso médio do rio Paraíba do Sul, no extremo oeste do Estado do Rio de Janeiro, é uma bacia de idade cenozóica, alongada na direção N75E, com cerca de 50 Km de extensão e largura média de 5 a 6 km (Melo et al., 1985).

Esta bacia constitui uma depressão tectônica, embutida entre a Serra da Mantiqueira, que a limita a N-NW, e a Serra da Bocaina, a S-SE. Juntamente com as bacias de São Paulo, Taubaté e Volta Redonda, a bacia de Resende compõe um conjunto de bacias tafrogênicas continentais, denominado de "Sistemas de Rifts da Serra do Mar" por Almeida (1976) e redefinido por Riccomini (1989) como o "O Rift Continental do Sudeste do Brasil". O preenchimento sedimentar desta bacia é caracterizado essencialmente por sucessões deposicionais terciárias, de origem aluvial (sistemas de leques aluviais, fluvial entrelaçado e fluvial meandrante).

No contexto de um projeto visando o estudo do potencial de águas subterrâneas da região da Bacia de Resende (RJ) envolvendo a integração de métodos geológicos, hidrogeológicos e geofísicos, foi realizado um programa de medidas das propriedades geoeétricas de sub-superfície utilizando o método transiente eletromagnético (TEM). O objetivo principal do projeto é o de delimitar zonas potencialmente produtoras através de um melhor conhecimento das estruturas geológicas e das condições hidrogeológicas da região. Investigações da estrutura geoeétrica da região efetuadas por Padilha et. al. (1992) utilizando o método audiomagnetotelúrico (AMT) mostraram que as camadas superficiais apresentam resistividades variando entre 2 e 5 $\Omega.m$ na direção leste-oeste. Estes últimos valores mais elevados da resistividade seriam devidos a sedimentos mais grosseiros com provável fonte nos maciços alcalinos que bordejam a região enquanto que a leste, os valores da resistividade seriam devidos a sedimentos mais finos gerados pelo sistema deposicional do Rio Paraíba do Sul.

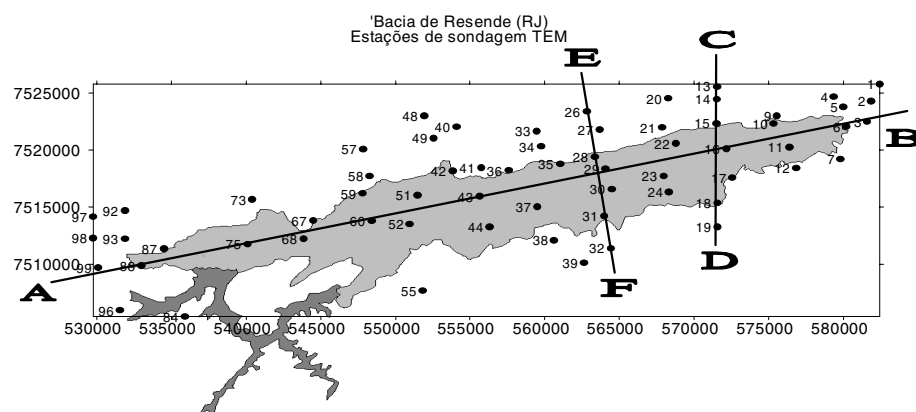


Fig.1 Distribuição das sondagens TEM efetuadas na Bacia de Resende. Os perfis indicados AB, CD e EF mostram seções da resistividade do subsolo.

METODOLOGIA

O método utilizado

utiliza-se de uma bobina

transmissora. Durante os intervalos em que a amplitude dos pulsos se anula, ocorre a geração de um campo magnético primário que induz correntes no subsolo de modo que seu decaimento está associado a características das propriedades elétricas dos materiais de sub-superfície. Este decaimento é medido através da corrente induzida pelo campo magnético secundário resultante em bobinas receptoras. Durante uma sondagem, várias centenas de transientes são registrados e empilhados de modo a reduzir o efeito do ruído de fundo eletromagnético (eletricidade atmosférica, ruído antropogênico) bem como o ruído instrumental. A tabela abaixo mostra profundidades de investigação típicas do método TEM (assumindo-se uma configuração de espira quadrada com 200m de lado e corrente de 20A e nível de ruído de fundo de 0.5 nV/m²) (Nabighian et. al., 1991)

Resistividade média do horizonte de sub-superfície (Ω.m)	Profundidade de investigação (m)	Último intervalo de tempo amostrado (ms)
1	600	230
3	750	120
10	950	58
30	1200	30
100	1500	15

A resistividade aparente para as configurações de sondagens adotadas é baseada na fórmula assintótica (Fitterman et al., 1986)

$$\rho_a = \frac{\mu}{4\pi t} \left| \frac{b^2 A^2 I}{5 t V} \right|^{2/3}$$

onde μ é a permeabilidade magnética, b é o lado da bobina transmissora, A a área efetiva da bobina receptora (área x nº de espiras), I corrente da bobina transmissora, V voltagem transiente e t , tempo decorrido desde o início do transiente.

RESULTADOS OBTIDOS

Foram efetuadas 88 sondagens TEM cobrindo a região da Bacia de Resende (44° - 44°45' W e 22°15' - 22°45' S) em uma malha de cerca de 2km de lado (Fig.1). Foram utilizados "loops" quadrados de 100m de lado para as sondagens TEM, com tempos de amostragem variando entre 0,413 ms e 16,781 ms. As configurações de "espira coincidente - coincident loop" onde a bobina transmissora e receptora é a mesma bem como a de uma bobina receptora central multi-espiras ("in loop") foram adotadas no levantamento com o equipamento SIROTEM MK3, da GeolInstruments. A previsão inicial de mais de 100 estações esbarrou em dificuldades de acesso e condições de topografia acidentada para uma adequada instalação do sistema de bobinas. Esta região apresenta ruído cultural intenso que tende a dificultar os procedimentos de sondagem impedindo freqüentemente o registro dos tempos mais tardios de amostragem do sinal transiente, normalmente associados a substratos mais profundos. Apesar do processo de empilhamento ("stacking") utilizando métodos estatísticos robustos durante a aquisição dos dados, o ruído cultural é de difícil remoção. Assim, algumas sondagens situadas nas vizinhanças de linhas de transmissão que passam pela região não puderam fornecer resultados utilizáveis. Outras, só permitiram o registro de parte dos tempos de amostragem fornecendo informações apenas sobre horizontes mais superficiais (para o caso de substrato mais condutivo). Cada sondagem consiste no registro do decaimento da componente vertical da indução magnética em função do tempo. É possível pois para cada estação estabelecer um perfil vertical de resistividade aparente vs. tempo de amostragem. Os dados são em seguida interpretados através de um algoritmo de inversão a uma dimensão (1-D) que permite expressar a resistividade verdadeira em função da profundidade (Meju, 1992). Resultados típicos do procedimento de inversão para uma estação são apresentados na Fig. 2. Os valores encontrados para a resistividade dos horizontes superficiais caracterizam-se por condutividades elevadas confirmando os valores encontrados por Padilha et al. (op. cit.). Para uma primeira avaliação da distribuição da resistividade em profundidade foram construídas as seções AB, que atravessa a bacia longitudinalmente, e as seções transversais CD e EF. Os resultados são apresentados nas Figs. 3, 4 e 5. A seção AB mostra uma estrutura complexa onde os efeitos produzidos por sondagens que não alcançaram horizontes mais profundos devido à alta condutividade do substrato introduzem zonas de indefinição (área em branco na fig.3) para uma caracterização geolétrica das camadas. Entretanto pode se notar valores mais elevados da resistividade em profundidade de oeste para leste e que seriam manifestações da presença de um embasamento de topografia irregular. As seções transversais CD e EF mostram claramente a presença de horizontes mais resistivos em posições que parecem ser coerentes com o do embasamento nas bordas da bacia. Informações hidrogeológicas fornecidas para poços da região puderam ser confrontadas com perfis de resistividade obtidos para estações próximas. Dos 81 poços descritos, alguns com informações sobre a profundidade do embasamento eventualmente atingida por ocasião da perfuração, 8 poços podem ser associados a uma das estações de sondagem TEM da região e a maioria (6 poços) apresenta características estratigráficas razoavelmente concordantes com os valores obtidos durante as sondagens.

Fig. 2 Modelagem 1-D da Estação Resende 36. A figura mostra também as curvas de decaimento do campo magnético induzido e da resistividade aparente

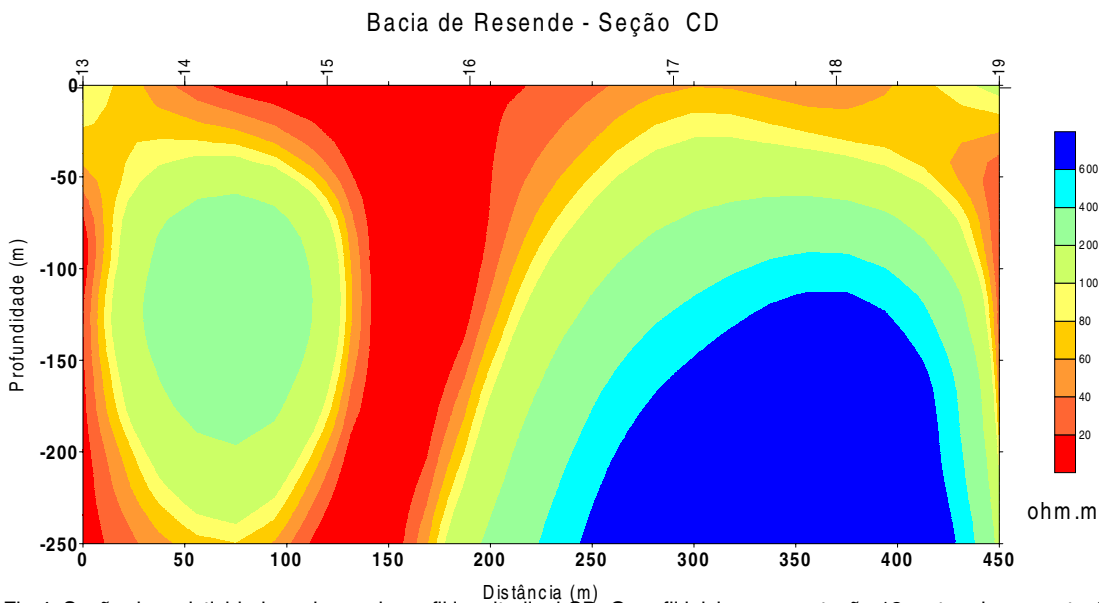
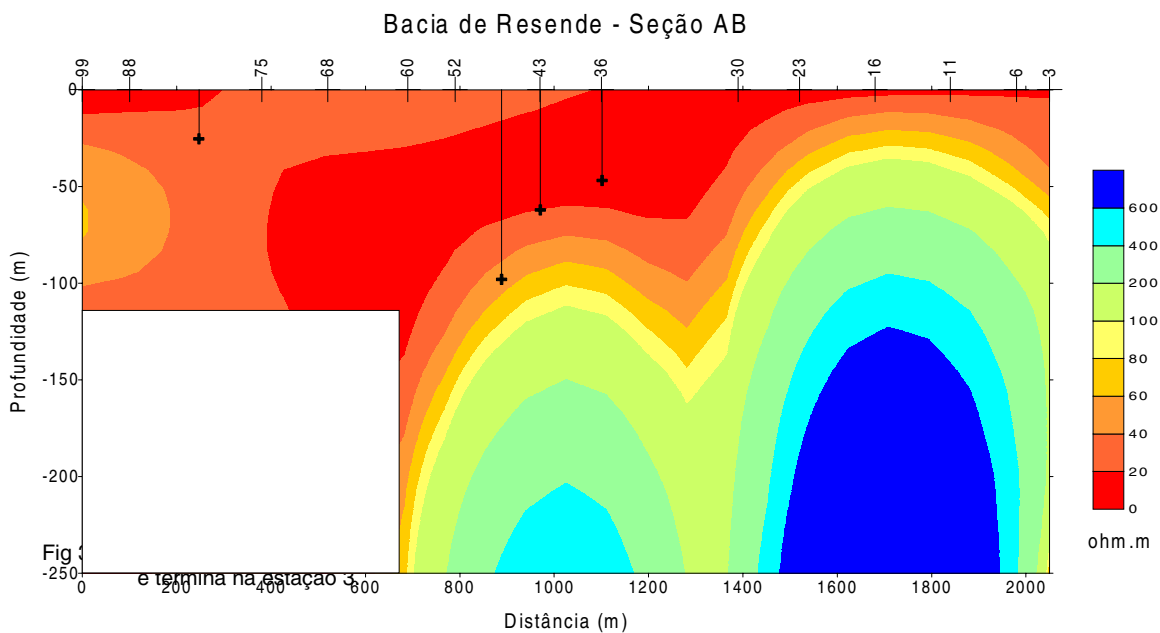
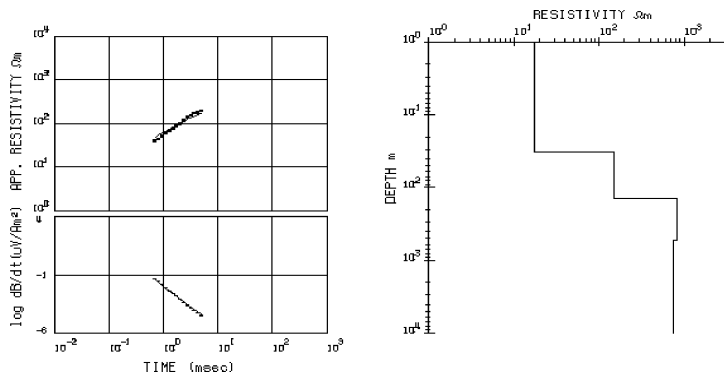


Fig 4. Seção de resistividade ao longo do perfil longitudinal CD. O perfil inicia-se na estação 13 e termina na estação 19.

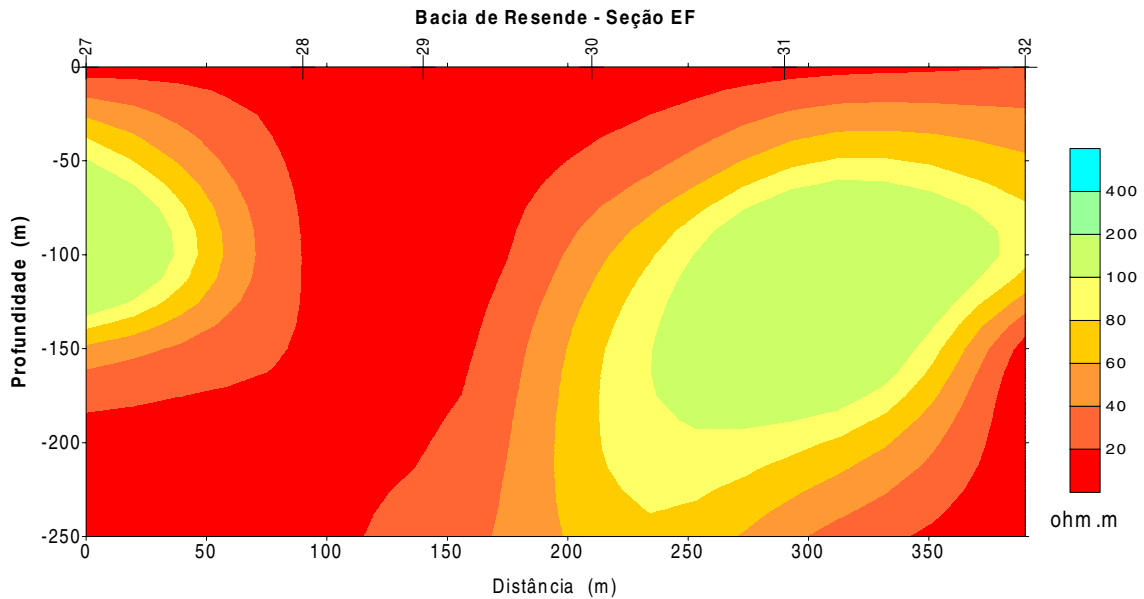


Fig 5. Seção de resistividade ao longo do perfil longitudinal EF. O perfil inicia-se na estação 27 e termina na estação 32.

CONCLUSÕES

A aplicação do método TEM na bacia do Resende permitiu mapear com boa precisão os limites laterais da bacia e propor limites em profundidade para os sedimentos, com boa concordância com informação proveniente de poços. A modelagem geoeletrica corrobora resultados anteriores, apresentando profundidades do embasamento variando entre algumas dezenas de metros próximo das bordas e a 200-300 m no centro da bacia. Os resultados sugerem um embasamento com relevo acentuado no interior da bacia e confirmam a presença de um alto estrutural ao longo da região central (Fig. 3). De uma forma geral, os valores da resistividade elétrica aumentam com a profundidade até atingirem o embasamento, que apresentam resistividades superiores a 100-150 Ω .m, não tendo sido observado grandes contrastes de resistividade elétrica ao longo da coluna sedimentar. Tendo em vista a bacia de Resende apresentar valores acentuadamente baixos para a resistividade elétrica em algumas áreas, a energia do sinal eletromagnético transiente neste caso se dissipou antes de atingir a profundidade do embasamento, não fornecendo portanto estimativas confiáveis de sua profundidade. O ruído de fundo eletromagnético desta região fortemente industrializada foi também uma fonte de limitação da eficiência da aplicação do método TEM. Prevê-se a utilização futura de um sistema audiomagnetotélurico com fonte controlada para atingir profundidades maiores de sondagem. Prevê-se também o emprego de modelagem tridimensional dos dados TEM, que certamente deverá propiciar uma visão mais realista da estrutura complexa observada na bacia de Resende.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F.F.M., 1976. The system of continental rifts bordering the Santos basin, Brazil. *Na. Acad. Bras. Ci.*, 48, (Supl.):15-26.
- Fitterman D. V., Stewart M. T., 1986. Transient electromagnetic sounding for groundwater. *Geophysics* vol. 51, no 4, p:995-1005.
- Meju M.A., 1992. An effective ridge regression procedure for resistivity data inversion. *Computers & Geosciences* Vol. 18. No 2/3, pp 99-118.
- Melo, M.S., Riccomini, C., Almeida, F.F.M., Hasui, Y., 1985. Sedimentação e tectônica da bacia de Resende - RJ. *Na. Acad. Bras. Ci.*, Rio de Janeiro, 57 (4): 467-479.
- Nabighian M.N., Macnae J.C., 1991. Time domain electromagnetic prospecting methods". In: *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics*, Ed. by M.N. Nabighian, Volume 2, Application, Parts A and B., Society of Exploration Geophysicists. pp:427-519.
- Padilha A.L., Vitorello I. *Investigações geoeletricas nas bacias de Volta Redonda e Resende. 37º Congresso Brasileiro de Geologia - SBG/SP, São Paulo, SP., 1992. Boletim de Resumos Expandidos. p:403-404.*
- Riccomini, C., 1989. O Rift Continental do Sudeste do Brasil. São Paulo, 256p (Tese de Doutorado, Instituto de Geociências/USP)

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi financiado com recursos do PADCT III, projeto "Modelagem Estratigráfica e Hidrogeológica da Bacia de

