

## UM SISTEMA ELETROMAGNÉTICO PARA PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Fonseca, N. R. M e Bischoff, J. H.

Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas — Universidade Federal do Pará

### ABSTRACT

In areas with a significant contrast between the aquifers and the host rock, the electromagnetic inductive method can be engaged for mapping. An electromagnetic ground system was developed for this application. The equipment consists of two units, the transmitter and the receiver used in a moving transmitter-moving receiver configuration. The transmitter generates an electromagnetic field with a frequency of 2010Hz and 6030Hz or 520Hz and 3090Hz by use of a transmitter coil. It holds the electronic assembly and the internal pick up coil which provides the normal field reference voltage. This voltage is transmitted to the compensator unit of the receiver assembly to cancel the normal field. The receiver consists of the electronic circuits and a receiver coil, wound on a ferrite core. The obtained values of the received electromagnetic field are the amplitudes of the real and imaginary components in percentage of the normal field for a selected staff separation. The use of a phase lock system in the receiver's compensator amplifier gives a good signal noise relation and permits transmitter-receiver distances up to 150m.

The equipment was used for groundwater prospection on the island of Marajó, to map predominantly sandy areas with groundwater of good quality (high resistivity) within a host medium with predominantly clay or saline water sands (low resistivity).

### INTRODUÇÃO

Diversos métodos eletromagnéticos de indução foram empregados na prospecção geofísica (Grant e West, 1965; Keller Frisch-Knecht, 1966) para a determinação de feições mineralizadas ou para o mapeamento de resistividade de solos e rochas numa escala regional. Além de método Turam, que usa um transmissor fixo, o método Slingran (transmissor e receptor móveis) mostrou-se como mais eficaz. Neste método um transmissor gera um campo eletromagnético através de uma bobina. O campo resultante na bobina do receptor depende do comportamento elétrico do subsolo e os valores das componentes complexas são dados em percentagem de campo normal. Transmissor e receptor deslocam-se em linha com uma configuração fixa. Normalmente usam-se as bobinas em arranjo horizontal e coplanar. As frequências variam entre 500Hz e 6000Hz e o afastamento entre as bobinas, de 30m

a 150m. O equipamento desenvolvido usa o método Slingran. As frequências e a potência do sistema foram adaptadas para as necessidades de prospecção de água subterrânea na Ilha de Marajó.

## EQUIPAMENTO

O equipamento compõe-se de dois módulos: o transmissor e o receptor. Durante a operação esses módulos são interligados através de um cabo condutor, como mostra a fig. 1.

### O TRANSMISSOR

O módulo transmissor tem a forma de um anel de 60cm de diâmetro e contém a bobina transmissora e todos os circuitos de excitação. A fig.2 mostra o diagrama de blocos.

O oscilador gera frequências de 520Hz e 3.090Hz ou 2.010Hz e 6.030Hz, escolhidas de modo a evitar a coincidência com harmônicos de 60Hz das redes de distribuição de energia. O sinal do oscilador segue para os estágios de controle de potência e amplificador de potência, onde se obtém uma amplificação e ganho de potência suficientes para excitar com 30Wrms a bobina transmissora. A bobina é sintonizada na frequência de operação para que seja obtido o melhor rendimento de potência. Uma pequena bobina acoplada à bobina transmissora capta um sinal que é usado como referência de amplitude e fase para o receptor.

### O RECEPTOR

A fig.3 mostra o diagrama de blocos do módulo receptor. A resposta do campo eletromagnético gerado no transmissor induz um sinal na bobina receptora, que, para maior sensibilidade e rejeição de ruídos, é sintonizada na frequência do sinal. Este, é amplificado no preamplificador por um fator de 34dB, e aplicado ao comparador. Paralelamente, o sinal de referência, que se acopla ao receptor através de um cabo, passa pelos estágios de nível, deslocador de fase e normalizador e é aplicado também ao comparador. Neste estágio os dois sinais são comparados. Se coincidirem em amplitude e fase, a saída será zero. Em caso contrário haverá um sinal diferença de acordo com as amplitudes e a fase entre os mesmos.

O estágio de nível casa a impedância do cabo com a de entrada e permite o ajuste da amplitude do sinal de referência. O deslocador de fase possibilita a variação da fase do mesmo sinal. O normalizador estabelece uma razão constante entre as voltagens dos dois sinais que são aplicados na ponte detetora, respectivamente através do comparador e do isolador. Esta razão é ajustada para que os valores do sinal a ser medido (captado na bobina) sejam mostrados como percentagens do sinal aplicado através do isolador (sinal de referência).

A ponte detetora recebe os dois sinais e decompõe cada um deles em duas componentes defasadas entre si  $90^\circ$ . As amplitudes das componentes do sinal vindo do comparador são comparadas com aquelas provenientes da referência. Trata-se de um circuito potenciométrico, onde tem-se a presença de dois potenciômetros helicoidais de precisão, associados, cada um, a uma escala multivoltas graduada. Ajustando-se conjuntamente estes potenciômetros até obter-se uma voltagem nula na saída, podem ser lidos diretamente nas escalas os valores percentuais, (relativos ao sinal vindo da referência), das amplitudes das componentes real e imaginária do sinal resultante, vindo do comparador. A voltagem obtida na saída da ponte segue para o am-

plificador sintonizado. Neste estágio o sinal é amplificado por um fator de 66dB e finalmente aplicado ao circuito do medidor. Nota-se que no medidor tem-se apenas a indicação de anulamento do sinal.

#### CANCELAMENTO DO CAMPO NORMAL

Antes de serem iniciados os levantamentos, o equipamento precisa ser ajustado para cancelar o campo normal, ou campo de referência (campo resposta devido a uma subsuperfície de resistividade de uniforme).

A calibração deve ser feita em terreno sem contrastes relevantes de resistividade elétrica, na própria área de operação, e, melhores resultados foram obtidos quando se utilizaram os locais mais resistivos (localizados após ligeiro reconhecimento feito com a calibração em áreas representativas do regional).

O transmissor e o receptor são colocados na mesma frequência e afastados, mantendo-se a separação definida pelo comprimento do cabo de referência. O receptor é inicialmente ajustado para indicar percentagem zero em suas escalas. Em seguida, e observando-se o medidor, ajusta-se os controles de nível e de deslocamento de fase para a deflexão mínima do ponteiro. Nesta ocasião, a amplitude e a fase do sinal de referência coincidem com aquelas do sinal resposta captado pela bobina receptora. Portanto, a voltagem de saída do comparador (que é aplicado à ponte) é igual a zero, obtendo-se então o cancelamento do campo recebido pela bobina (campo normal).

É conveniente caminhar-se algumas dezenas de metros com o equipamento ligado para verificar se realmente a área escolhida para calibração é aproximadamente homogênea. Se a leitura do medidor se modificar muito deve ser tentada uma outra área, até que seja encontrado um local satisfatório.

#### MEDIDAS

O sistema foi usado para prospecção de água subterrânea na Ilha de Marajó (Porsani et al, 1981).

O levantamento foi executado com bobinas horizontais, com uma distância entre as bobinas de 50m. Verificou-se a existência de anomalias eletromagnéticas associadas às feições estudadas, que se caracterizaram como mais resistivos que as áreas adjacentes; as análises químicas das águas bem como dos sedimentos obtidos a partir das perfurações, mostraram existir material predominantemente arenoso com água de boa qualidade e externamente às feições, material predominantemente argiloso, ou mesmo arenoso com água fortemente salinizada.

A fig.5 mostra os resultados de um perfil sobre uma estrutura com água de boa qualidade (paleocanal). Fora do paleocanal, os materiais são mais condutivos, como é mostrado pelos maiores valores das componentes reais e imaginárias do campo secundário. As maiores amplitudes das anomalias foram obtidas com a frequência de 3090Hz, a qual indica que os materiais anômalos estão à profundidades relativamente pequenas. Estas frequências permitem delimitar as interfaces rasas entre materiais condutores e resistivos. As baixas frequências como maior profundidade de investigação, fornecem baixos valores às componentes real e imaginária do campo secundário, tanto sobre a estrutura quanto fora dela, o que indica a existência de material condutivo abaixo dos materiais resistivos.

A forma assimétrica das anomalias indicam que os materiais resistivos não estão homogeneamente distribuídos. Os limites entre material resistivo e condutor são melhor definidos quando es-

tão associados ao lado NW da estrutura e a concavidade da mesma está voltada para SE; ou ao lado SE e a concavidade para NW. Os perfis com simetrias inversas indicam a existência de materiais resistivos distribuídos no interior das regiões côncavas.

#### CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram um bom desempenho do equipamento onde se buscam feições sedimentares mais resistivas que o ambiente, também sedimentar (característica da Ilha de Marajó).

Para abrangerem-se outras condições geológicas é conveniente o uso de maior número de frequências, ou a possibilidade de serem escolhidos diferentes pares de frequências dentro de uma faixa entre 500Hz e 6KHz. O mesmo circuito eletrônico poderá ser usado, modificando-se apenas os circuitos sintonizados.

#### AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à FINEP, CNPq e a Agência Alemã de Cooperação Técnica (GTZ), pelo suporte financeiro dado na execução do presente trabalho como também pelo apoio dos técnicos, e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

#### BIBLIOGRAFIA

- FONSECA, N.R.M., 1979 - Equipamento eletromagnético para prospecção geofísica e modelamento reduzido. Belém, Universidade Federal do Pará. Tese de Mestrado.
- GRANT, F.S., e WEST, G.F., 1975 - Interpretation theory in applied geophysics. New York, McGraw-Hill Book Co, 583 p.
- KELLER, G.V. e FRISCHNECHT, F.C., 1966 - Electrical methods in geophysical prospecting. New York, Pergamon Press, 517 p.
- PORSANI, M.J., RIJO, L., BISCHOFF, J.H. e FONSECA, N.R.M., 1980 - Métodos geofísicos aplicados a prospecção de água subterrânea, na região do Lago Arari. Anais do 1º Congresso Brasileiro de águas subterrâneas. Recife, p.269-284.



Fig. 1 - O sistema eletromagnético (o transmissor à esquerda e o receptor à direita).

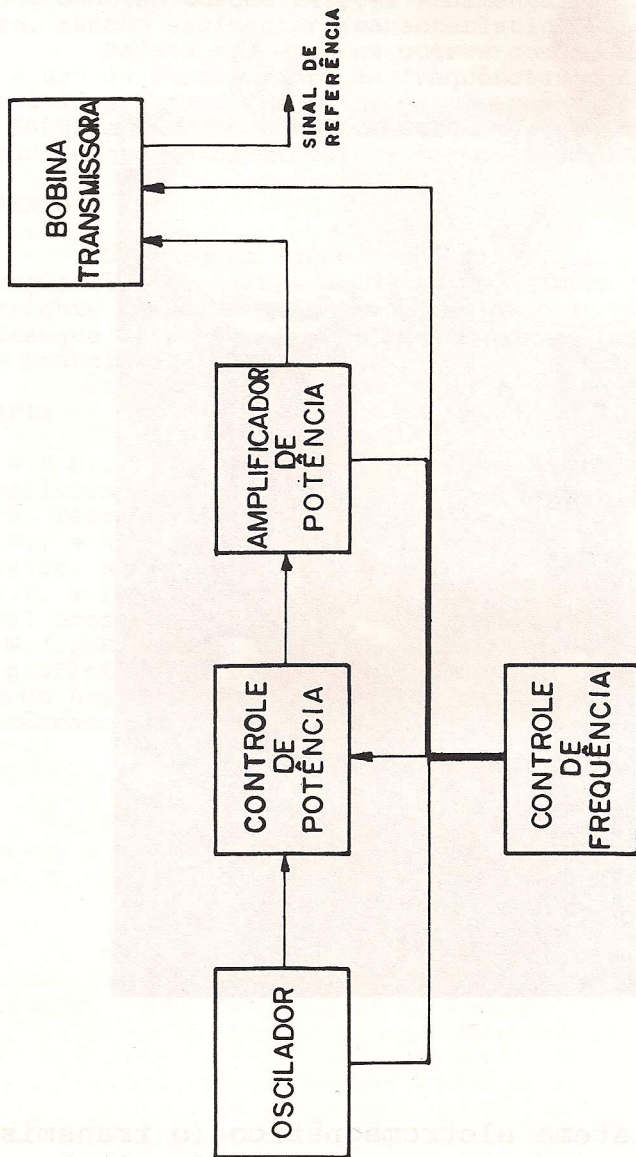


FIG. 2 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO TRANSMISSOR

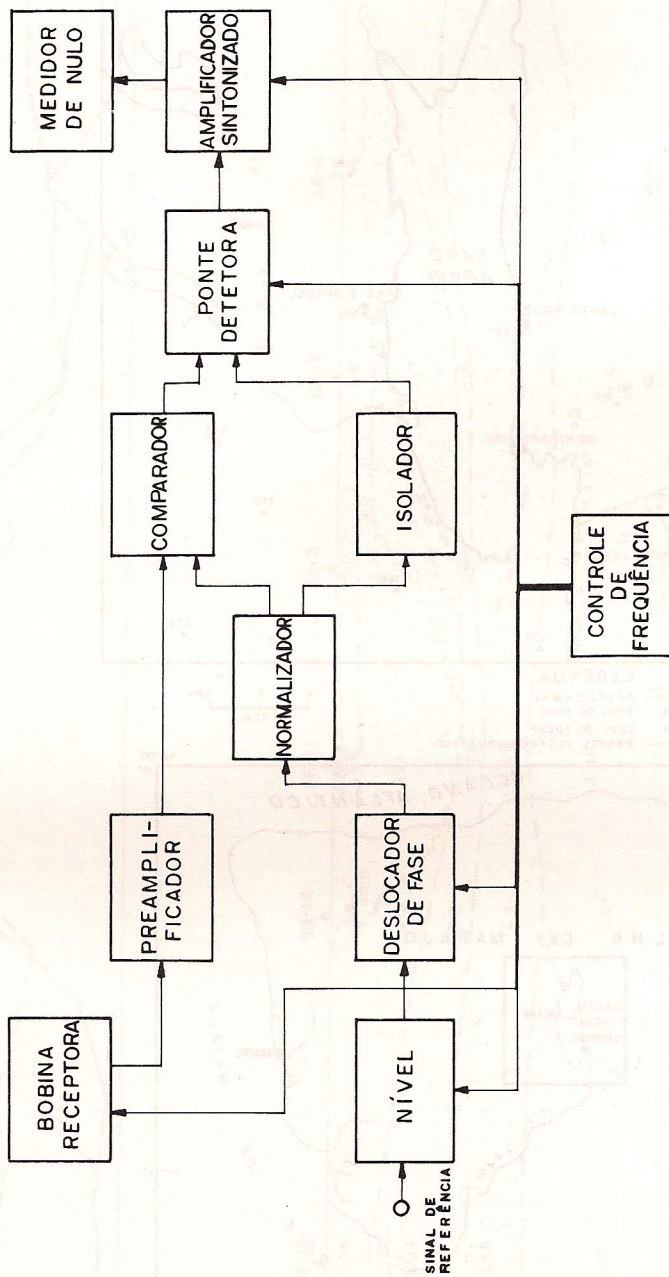
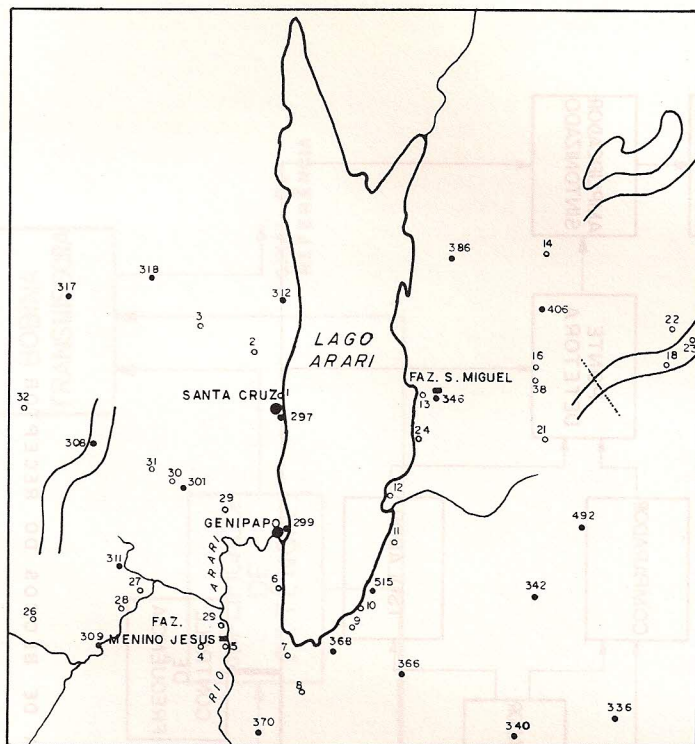


FIG. 3 - DIAGRAMA DE BLOCOS DO RECEPTOR



LEGENDA  
 ~~~~~ PALEOCANAL  
 ○ SEVA DO NCGG  
 ● SEVA DO IDESP  
 - - - - - PERFIL ELETROMAGNÉTICO

0 2 4 KM  
 ESCALA

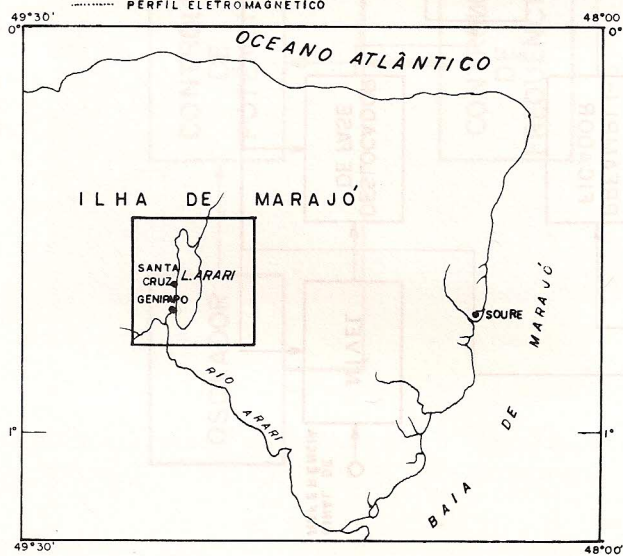


FIG. 4 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE TRABALHO E DO PERFIL ELETROMAGNÉTICO DESCRITO NA FIG. 3



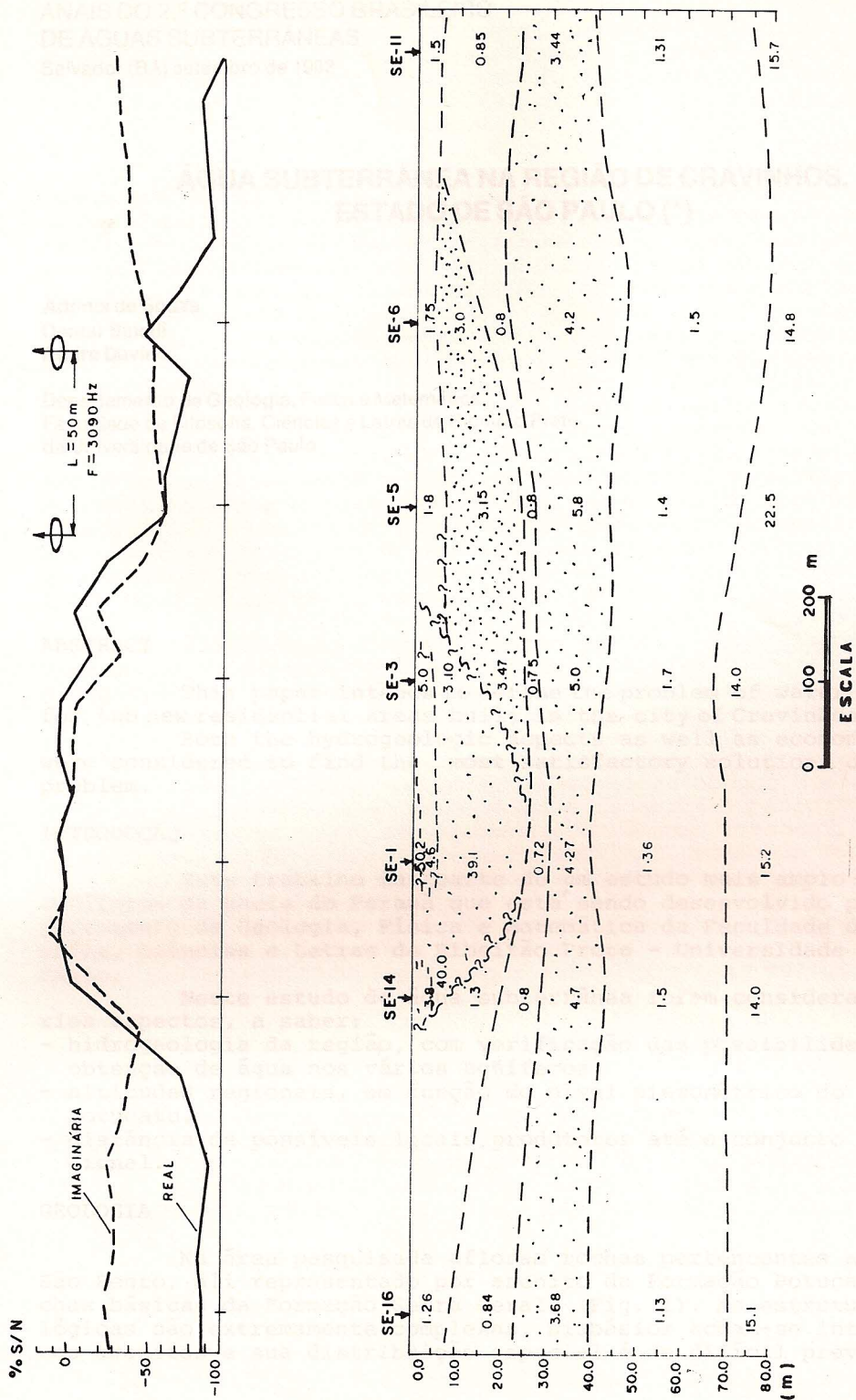


FIG. 5 - PERFIL ELETROMAGNÉTICO E SECCÃO GEOELÉTRICA ( resistividades em  $\Omega.m$  )