

MÉTODOS GEOFÍSICOS APLICADOS A PROSPECÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA, NA REGIÃO DO LAGO ARARI

Milton J. Porsani
Luiz Rijo
Jürgen Bischoff
Nélio Raimundo M. da Fonseca

Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas (UFPA)

RESUMO

Este trabalho foi realizado numa área piloto de aproximadamente 1000 km², adjacente ao Lago Arari, Ilha do Marajó. Procurou verificar a existência de água de boa qualidade a profundidade menor que 50 metros, associada a formações geológicas de idade recente, com expressão morfológica nas fotografias aéreas e imagem de radar. Além do método da eletroresistividade, clássico em trabalhos de prospecção de água subterrânea, procurou-se testar a validade do método eletromagnético naquele ambiente sedimentar. Seu baixo custo operacional, maior rapidez nos levantamentos, bem como a versatilidade de emprego em veículos ou aviões, poderão torná-lo uma ferramenta importante nos trabalhos de geofísica aplicada a hidrogeologia de grandes áreas na Ilha do Marajó.

Foram executadas um total de 60 sondagens elétricas, 17 km de caminhamento elétrico, 11 km de caminhamento eletromagnético, e perfurados 7 poços. A interpretação foi desenvolvida através de um método automático usando-se um programa de computador baseado na técnica de inversão generalizada. Verificou-se a existência de anomalias elétricas e eletromagnéticas associadas às feições estudadas, que se caracterizaram como mais resistivas 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.

Pode-se concluir que: (1) Os aquíferos associados às feições estudadas possuem características geológicas e geométricas que lhes conferem condições potenciais de boa porosidade, permeabilidade e recarga, como também correspondem a corpos geológicos promissores ao armazenamento, captação e prospecção de água subterrânea rasa, (2) o emprego do método eletromagnético mostrou-se adequado ao mapeamento de corpos resistivos pouco profundos, e a frequência que apresentou melhor resposta foi 3090 hz, para o espaçamento entre as bobinas de 50 metros.

ABSTRACT

This work was carried out in an area of approximately 1000 km² in the region of Arari lake on the island of Marajó, Pará. The objective is to investigate the groundwater potentiality of structural features shown on aerophotos and radar images.

Electroresistivity, usually used in groundwater prospecting, and the electromagnetic method were used. The low operational cost and the facility of application by aircraft can make the electromagnetic method very attractive for exploration of groundwater in very large areas on the island of Marajó.

Sixty electrical soundings, 12 km-lines of electromagnetic profiles and 7 drilled wells were carried out in this work. An automatic method for data interpretation applying a computer program based on the generalized inverse theory was used.

Electrical and electromagnetical anomalies on the structural features show that the sediments bearing groundwater are more resistive than those of the host medium.

Hydrochemical and geological well log results indicate that the sediments within the structural features are sandy whereas outside they are clay or saline water sands.

Concluding: (1) the geological, sedimentological and geometrical characteristics of the studied structural features indicate that they are suitable for exploitation of shallow groundwater; (2) the electromagnetic method was very efficient for mapping resistive structure related with shallow aquifers. For the survey a frequency of 3090hz was used with a distance of 50 meters between transmitter and receiver.

INTRODUÇÃO

A região do Lago Arari, local escolhido para a realização do presente trabalho, situa-se na parte central da região de campos naturais, na Ilha do Marajó. Abrange um total de aproximadamente 1000 km².

Os estudos geofísicos executados em 1971 pelo Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Estado do Pará (IDESP), extenderam-se por toda região de campos naturais, tendo sido realizadas 694 sondagens elétricas verticais com espaçamento em torno de 4 a 5 km. Com esse trabalho foi possível reconhecer as propriedades geoeletricas regionais. Dentro daquela escala de trabalho, a porção central e noroeste aos campos naturais foram definidas como não promissoras à captação de água subterrânea para profundidades menores que 100 m. Foi indicado o substrato resistivo presente em toda a região na profundidade da ordem de centenas de metros, como uma opção para a qual deveriam se orientar as pesquisas, (IDESP, 1974).

Após 1975, o Núcleo de Ciências Geofísicas e Geológicas da UPPa (NCGG) realizou trabalhos geofísicos em escala de detalhe sobre áreas piloto. Os resultados evidenciaram a existência de água de boa qualidade associada a formações arenosas pouco profundas (Cavalcanti, 1979), (Kobayashi, 1980).

A captação de água de profundidade da ordem de 80 m, requer condições de infraestrutura bastante onerosas para os pequenos e médios proprietários rurais.

Visando encontrar uma opção à captação de água subterrânea situada a profundidade menor que 50 m, o presente trabalho procurou verificar a existência de água de boa qualidade associada a formações geológicas de idade recente, paleocanais ou outras estruturas presentes nas fotografias aéreas e imagem de radar.

GENERALIDADES

A Ilha do Marajó situa-se entre os paralelos 0° a 2° de latitude Sul, e meridianos 48° a 51° de longitude Oeste. Em 1970 possuía uma população de 173.405 habitantes. Ocupa uma área de 49.606 km². A atividade econômica de maior significado é a pecuária, seguida pela produção extrativa vegetal, pesca e agricultura. Está subdividida em 12 municípios, sendo que a maioria dispõe de infraestrutura bastante precária. A parte Ocidental é coberta por matas e na porção Oriental predominam campos naturais. O regime hídrico é caracterizado por períodos marcadamente chuvosos, entre dezembro a junho. No restante do ano praticamente não chove. A temperatura média anual é 27°C. O pequeno gradiente topográfico faz com que a densa rede hidrográfica seja fortemente influenciada pelo regime das marés oceânicas que nas marés enchentes invertem o curso dos rios, fenômeno este, que é aproveitado pela população ribeirinha para sua locomoção. No período das chuvas, denominado regionalmente de inverno, grande parte da Ilha fica alagada, implicando em grandes prejuízos à população e à pecuária. Na época seca, denominada verão, os pastos naturais secam reduzindo bastante a área de pastoreio. A população e rebanhos ficam praticamente sem água. Cerca de 5 a 10% do rebanho morre anualmente, grande parte atolado às margens das pequenas lagoas dos campos que resistem à seca. Neste período, a população rural se abastece com água de pequenos poços escavados, ou com água da chuva arpisada em rampas, isto é, pequenos açudes artificiais. A água do sub-solo, obtida através de pequenos poços escavados ou perfurados, via de regra

é de péssima qualidade, apresentando-se fortemente mineralizada com altos teores de sais dissolvidos, que a torna imprópria para o consumo humano.

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE AS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS DA REGIÃO DE CAMPOS NATURAIS DA ILHA DO MARAJÓ

A superfície da Ilha é formada por sedimentos do terciário superior e quaternário predominantemente argilosos, que condicionam um relevo de planície com altitude máxima de 20m acima do nível do mar.

Na porção Oriental da Ilha, correspondente aos campos naturais, estão presentes inúmeras feições morfológicas modeladas na superfície por eventos geológicos recentes, associados provavelmente à fase final e posterior da sedimentação daqueles materiais.

É expressiva a variedade de formas cilíndricas meandantes presentes na porção centro-norte a noroeste dos campos naturais; ou bifurcadas e meandantes na porção central, a Este do Lago Arari (Fig. 1). Estas formas apresentam grandes semelhanças morfológicas com as calhas de drenagens atuais, e certamente correspondem a antigos canais assoreados. É neste sentido que será usado o termo paleocanal no presente trabalho. Estudos sedimentológicos estão sendo concluídos (Bemery, 1981).

No extremo nordeste da Ilha existem estruturas lineares subparalelas à linha de costa, associadas provavelmente ao crescimento dessa parte da Ilha, ou a flutuação do nível do mar.

Na parte central onde se localiza o Lago Arari, observa-se inúmeras estruturas lineares com direção aproximada NS, subparalelas a margem Este. Em continuidade à margem Oeste ao Sul do Lago, observa-se uma estrutura linear com direção EW. Algumas estruturas de forma cilíndrica meandante também estão presentes, sendo que uma delas foi objeto de estudos geofísicos do presente trabalho. Estas estruturas sugerem que o Lago Arari e a região onde ele se encontra, refletem a evolução e sedimentação de um lago maior pré-existente naquela região, e/ou a migração para Este da lâmina d'água. Neste sentido as estruturas lineares subparalelas à margem ocidental atual correspondem a linhas de praias ("Paleopraias") e a estrutura ao Sul do Lago, com direção EW à uma margem antiga; e o paleocanal que se interrompe obliquamente às linhas de praias seria interpretado como um antigo contribuinte que teria ajudado no assoreamento daquela bacia. A "paleopraia" onde se situa a Fazenda São Miguel (Fig. 2) também foi investigada com métodos geofísicos.

Dentro do objetivo proposto no presente trabalho, estas estruturas, bem como as hipóteses interpretativas de suas origens, apresentam significados relevantes; tendo em vista que refletem ambientes de sedimentação com diferentes energias de deposição, nos quais poderíamos encontrar associados materiais arenosos de pequena profundidade capazes de armazenarem água doce.

DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos em duas etapas. Na primeira, com o método da eletroresistividade, procedeu-se a um reconhecimento amplo, investigando-se as características da área como um todo, como também das principais feições geológicas identificadas nas fotografias aéreas e imagem de radar (Fig. 1). Foram realizadas 31 sondagens elétricas verticais (SEVs), arranjos Shulumberger com AB/2 até 400 m e 4 km de caminhamento elétrico. Esta etapa permitiu localizar a Este da área valores anômalos de resistividade associados ao paleocanal, onde se situa o Retiro Guajará Mirim (Fig. 2). Na segunda etapa de campo foram realizados trabalhos geofísicos e geológicos, os quais se concentraram sobre o paleocanal e a "paleopraia" acima referidos. No mapeamento de suas propriedades geoeletricas, foram utilizados os métodos elétricos e eletromagnéticos. Seccionando transversalmente as estruturas, foram executadas perfis de caminhamento com espaçamento de leitura de 50 m.

Nos caminhamentos elétricos, o espaçamento de emissão de correntes e de leitura de potencial foram escolhidos de modo a fornecerem os maiores contrastes de resistividade aparente, tendo sido utili-

zados para tantos os dados de resistividade das sondagens elétricas, realizadas interna e externamente àquelas estruturas. A "paleopraia" foi investigada com AB/2 iguais 15,20 e 25 m., e MN=10 m, O paleocanal com AB/2=25 m e MN=10 m.

O levantamento eletromagnético foi executado com bobinas horizontais, com a distância entre bobinas de 50 m, e frequências 520 hz, 880 hz, 2640 hz e 3090 hz. O equipamento foi zerado sobre o paleocanal.

Ao longo do perfil 2 da figura 3 foram executadas 4 perfurações conforme mostra a figura 6 e 16 SEVs. E ao longo do perfil 2 da figura 2,3 perfurações e 7 SEVs.

O alinhamento dos caminhamentos foi garantido através de bandeiras implantadas no início e fim de cada perfil. Para amarração em planta dos trabalhos, foram tomadas visadas com bússola para marcos geográficos conhecidos e para as bandeiras implantadas.

Os dados foram tratados e interpretados qualitativa e quantitativamente. A interpretação quantitativa das sondagens elétricas foi realizada primeiramente com as sondagens coincidentes com os poços, sobre o paleocanal, utilizando-se para tanto o Método do Ponto Auxiliar (Orellana, 1966) e posteriormente os parâmetros do modelo assim obtido, foram usados para iniciar a interpretação automática mediante a técnica de inversão, (Rijo, 1977) a qual permitiu conhecer a resistividade verdadeira dos estratos atravessados pelas perfurações. Estes parâmetros foram usados na interpretação de 3 outras sondagens elétricas intermediárias às perfurações. Fig. 5 c. e 7.

Foram realizadas análises físico-químicas das águas das perfurações e os resultados estão apresentados na tabela I.

Os materiais detectados pelas perfurações foram amostrados e analisados mineralógica e texturalmente tendo-se correlacionado os estratos com características semelhantes conforme mostra figura 6. Estes resultados foram usados para aferição da interpretação quantitativa das SEVs.

RESULTADOS

Os resultados apresentados dizem respeito aos trabalhos geofísicos e geológicos realizados numa escala de detalhe sobre o paleocanal da figura 2. A "paleopraia" apresentou resultados semelhantes ao paleocanal (Porsani, 1980).

Perfis de Caminhamentos Elétricos

A figura 5b foi obtida a partir das resistividades aparentes das SEVs realizadas sobre o perfil 2 da figura 3. A amplitude das anomalias diminuem à medida que aumentamos os valores de AB/2. Com AB/2=140 m, as resistividades aparentes tanto fora quanto sobre a estrutura são aproximadamente iguais. Este fato indica que os materiais resistivos não excedem 40 m aproximadamente. Observando-se o comportamento assimétrico das curvas para AB/2 menor ou igual a 15 m, podemos concluir que os materiais resistivos associados àqueles valores estão praticamente aflorantes, entre a SEV 14 e SEV 1; e entre a SEV 1 e SEV 3 são "condutivos" em relação aos primeiros. O comportamento das curvas para AB/2 > 15 m permite afirmar a existência de material resistivo abaixo dos "condutivos" acima referidos. Os limites entre o corpo resistivo e o meio encaixante está melhor definido no lado esquerdo da figura 5b.

Na figura 3 a largura das anomalias não corresponde necessariamente à largura do paleocanal. Pode-se dizer portanto da existência de materiais condutivos internos à estrutura, fato este que é bem evidenciado pelos perfis 2 e 4. As porções esquerda e direita de cada perfil possuem gradientes de resistividades diferentes tanto para o background quanto para os flancos das anomalias. Para cada perfil a resistividade dos materiais adjacentes ao paleocanal, de um modo geral possuem valores que definem background diferentes. Os background mais resistivos são internos às regiões côncavas definidas pela forma sinuosa da estrutura.

Interpretação Quantitativa das SEVs.

Pode-se definir a existência de estratos geoeletricos aproximadamente horizontais, como também a espessura e forma do corpo anômalo, conforme mostra a figura 5c e 7.

A figura 8 mostra dados de resistividade aparente de campo e calculados a partir dos modelos fornecidos pela interpretação.

Perfis de Caminhamentos Eletromagnéticos

Fora do paleocanal, figura 4, 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 as frequências de 3090 hz e 2640 hz, as quais indicam que os materiais anômalos estão a 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 homoganeamente distribuídos. Os limites entre material resistivo e condutor são melhor definidos quando estão 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.

Análises Físico-Químicas das Águas

Comparando-se os dados da Tabela I com alguns padrões presentes na Tabela II podemos dizer que: os valores de PH quando não estão dentro da faixa permissível excedem um pouco seu limite inferior sem contudo permitir classificá-los como excessivos; o cálcio apresenta maior concentração fora das estruturas também não chegando a concentrações excessivas, sua concentração é tida como permissível no interior das estruturas; o magnésio embora em menor concentração nas estruturas ainda assim esta em excesso; a dureza da água associada às estruturas é tolerável; e o Ferro está quase sempre em excesso.

De um modo geral a água associada ao paleocanal e a "paleopraia" apresenta menor condutividade, menor dureza e menor concentração em cátions e ânions, quando comparada com os resultados das análises da água das perfurações localizadas externamente àquelas feições.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES GERAIS

Podemos dizer que trata-se de um paleocanal aflorante que teria migrado, evoluindo sua forma sinuosa, deixando para trás materiais arenosos no interior das regiões côncavas. Tal fato poderia explicar as assimetrias dos perfis geofísicos.

As areias finas das perfurações F1 e F2 são correlacionáveis, porém os resultados geofísicos bem como as análises das águas das perfurações exigem a definição de um interface condutiva separando materiais semelhantes porém com salinidades diferentes. A condutividade dessas areias entre as perfurações, e o posicionamento atual do corpo anômalo que apresentam boa correspondência com os limites morfológicos do paleocanal, sugerem que este último tenha deslocado para oeste, deixando para trás material arenoso, hoje salinizado.

De um modo geral a qualidade das águas analisadas está fora dos padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS), bem como da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Porém, pode-se dizer que para a realidade daquela região, os resultados das análises d'água internas às estruturas estudadas apresentam restrições que não impedem sua utilização para o consumo humano.

As anomalias com largura menores que o paleocanal sugerem a existência de material argiloso confinado no paleocanal e/ou material arenoso salinizado.

O paleocanal e "paleopraia" são predominantemente arenosas. Possuem profundidades menores que 30 e 20 metros respectivamente e armazenam água de boa qualidade para o consumo humano. Estes aquíferos podem ser aproveitados através de pequenos poços perfurados ou escavados.

A disposição horizontal e aflorantes dessas estruturas permitem que a recarga dos aquíferos seja realizada diretamente pela água das chuvas.

Considerando o comportamento das curvas de resistividade aparente das SEVs executadas sobre o paleocanal e "paleopraia" bem como da SEV nº 346 executada pelo IDESP, situada sobre a "paleopraia", podemos generalizar os resultados deste trabalho para os locais da Ilha do Marajó onde as curvas de resistividade do IDESP apresentam comportamento semelhante às curvas acima referidas. O que equivale dizer que muito provavelmente existe água subterrânea de boa qualidade associada a material predominantemente arenoso, situada em pequena profundidade nos locais onde os SEVs apresentam padrão semelhante às curvas acima referidas.

Observando-se a distribuição dos trabalhos na figura 2, verifica-se que numa área de 1000 km² aproximadamente, a área ocupada pelas feições geológicas fotointerpretadas como promissoras é mínima. Todas as SEVs que não situaram-se sobre as estruturas 1 e 2, definiram a existência de um horizonte resistivo superficial nem sempre presente e sem interesse hidrogeológico, suscitado por um horizonte condutor relativamente espesso, e um resistivo na profundidade aproximada de 80 m. Pode-se concluir portanto que a probabilidade de encontrar água subterrânea de boa qualidade a profundidade menor que 80 m, é bastante pequena quando não estiver associada a estrutura semelhante às estudadas. Equivale dizer que quando o objetivo é localizar aquíferos rasos, os paleocanais ou estruturas semelhantes oferecem o melhor critério à prospecção.

O método eletromagnético mostrou-se bastante adequado para o reconhecimento das propriedades elétricas daquelas estruturas. A frequência que apresentou melhor resposta foi 3090 hz com espaçamento entre bobinas de 50 metros.

A sistemática de trabalho para prospecção de aquíferos associados a estrutura semelhante na Ilha do Marajó poderá obedecer às seguintes etapas:

- Confecção de base cartográfica e fotointerpretação geológica dos paleocanais e estruturas semelhantes.
- Levantamento eletromagnético das estruturas
- Execução de sondagens elétricas para quantificar as espessuras
- Execução de perfurações para aferimento da interpretação quantitativa.

Dentro da mesma área existem outras feições locais, que com base nos critérios acima definidos, apresentam capacidades potenciais de confinarem aquíferos, as quais serão investigadas em continuidade ao presente trabalho.

BIBLIOGRAFIA

- Idesp (1974), Estudos integrados da Ilha do Marajó, Relatório, Belém, 332 p.
- Tancredi, A.C.F.N.S. (1972) Application de la Prospection Electrique a L' Etude Hydrogeologique de L' Ile de Marajó. Etat du Pará - Brazil. Université de Etroslsong.
- Kobayashi, Carmelina (1980), Eletroresistividade aplicada a prospecção de água subterrânea no município de Soure. Congresso Brasileiro de águas subterrâneas.
- Bose, R.N. e Singh H. (1975). Geoelectrical surveys for ground water in parts karnal district, Haryana, India. Geoexplication, 13: 131.186.

- Cavalcanti, G.M.L., 1979, Geofísica Aplicada e prospecção de água subterrânea na área do Rio Paracauari - Ilha do Marajó-Pa. UFPa/NCGG, 88 p. (Tese de Mestrado).
- Porsani, M.J., 1980, Paleocanais, uma opção para prospecção de água subterrânea rasa na Ilha do Marajó. (Tese de Mestrado a ser apresentada em dezembro de 1980, NCGG/UFPa).
- Rijo, L., Pelton, W.H., Feitosa, E.C. Ward, S.H., 1977, Integration of Apparent Resistivity data from Apodei Valley Rio Grande do Norte, Brazil, Geophysic, V. 42, nº 4 p. 811.
- Piucci, J., 1979, Hidrogeologia da Área Piloto Ponta de Pedras, Ilha do Marajó-Pará, UFPa/NCGG.
- Bemerguy, R.L., 1981, Estudo Sedimentológico dos Paleocanais da Ilha do Marajó. (Tese de Mestrado a ser apresentada em 1981, NCGG/UFPa).

AGRADECIMENTO

Queremos manifestar nossa gratidão à Agência Financiadora FINEP, pelo suporte financeiro dado na execução do presente trabalho; ao Instituto de Desenvolvimento Econômico e Social do Pará (IDESP) pelo livre acesso aos dados que dispõem sobre a Ilha do Marajó como também pelo valioso apoio logístico efetivado pelo pessoal de campo; aos fazendeiros circunvizinhos ao Lago Arari, e a todos aqueles que direto ou indiretamente contribuíram para a realização do presente trabalho.

TABELA I

AMOSTRA	CONDUT. µmho/cm	DUREZA TOTAL	ALC. A MET. OR	CO ₂ TOTAL	Fe TOTAL	HCO ₃ ⁻	CL ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	SiO ₂	PH
IA-F1 *	410.0	196.0	257.0	34.7	20.00	313.5	18.5	15.0	20.8	35.1	7.0	6.9	0.17	66.4	6.9
IA-F2	10.000.0	875.0	790.0	912.1	0.18	963.8	2.943.0	76.7	64.1	174.4	8.0	8.6	1.69	49.8	7.4
IA-F3	19.000.0	2.100.0	480.0	612.9	87.50	585.0	7.289.4	43.3	160.3	414.6	7.0	9.2	2.18	33.2	7.0
IA-F4	15.000.0	1.450.0	680.0	799.3	0.13	829.0	4.859.9	10.0	88.2	300.0	7.0	16.7	1.98	33.2	7.3
IA-F5	5.350.0	1.025.0	160.0	271.8	1.45	192.0	1.203.3	733.3	88.2	196.3	7.0	9.0	2.26	41.5	6.5
IA-F6*	1.300.0	930.3	50.0	117.8	18.75	61.0	293.9	90.0	36.1	205.0	8.0	6.0	1.27	24.9	6.2
IA-F7*	1.100.0	325.0	130.0	192.3	18.75	158.6	222.2	73.3	26.1	64.4	7.0	10.2	1.14	66.4	6.7

* Localizado sobre as estruturas

Tabela 1: Resultados de análises Físico-Químico da água dos poços perfurados

TABELA II

	AGNI-PB - 19		Org. Mundial de Saúde	
	Recomendado	tolerado	Permissível	Excessivo
Ferro (em Fe)	-	-	0.3	1.0
Magnésio (em Mg)	-	0.3	5.0	15.0
Cloretos (Cl)	-	250	200	600
Sulfatos	-	0.5	200	400
Dureza (CaCO ₃)	100	250	-	-
Cálcio (em Ca)	limites p/dureza		75	200
PH	PH (Saturação) 6		7.0-8.5	<6.5;>9.2

Padrões de potabilidade em miligramas por litros. (Adaptado de Piucci, J. (1979).

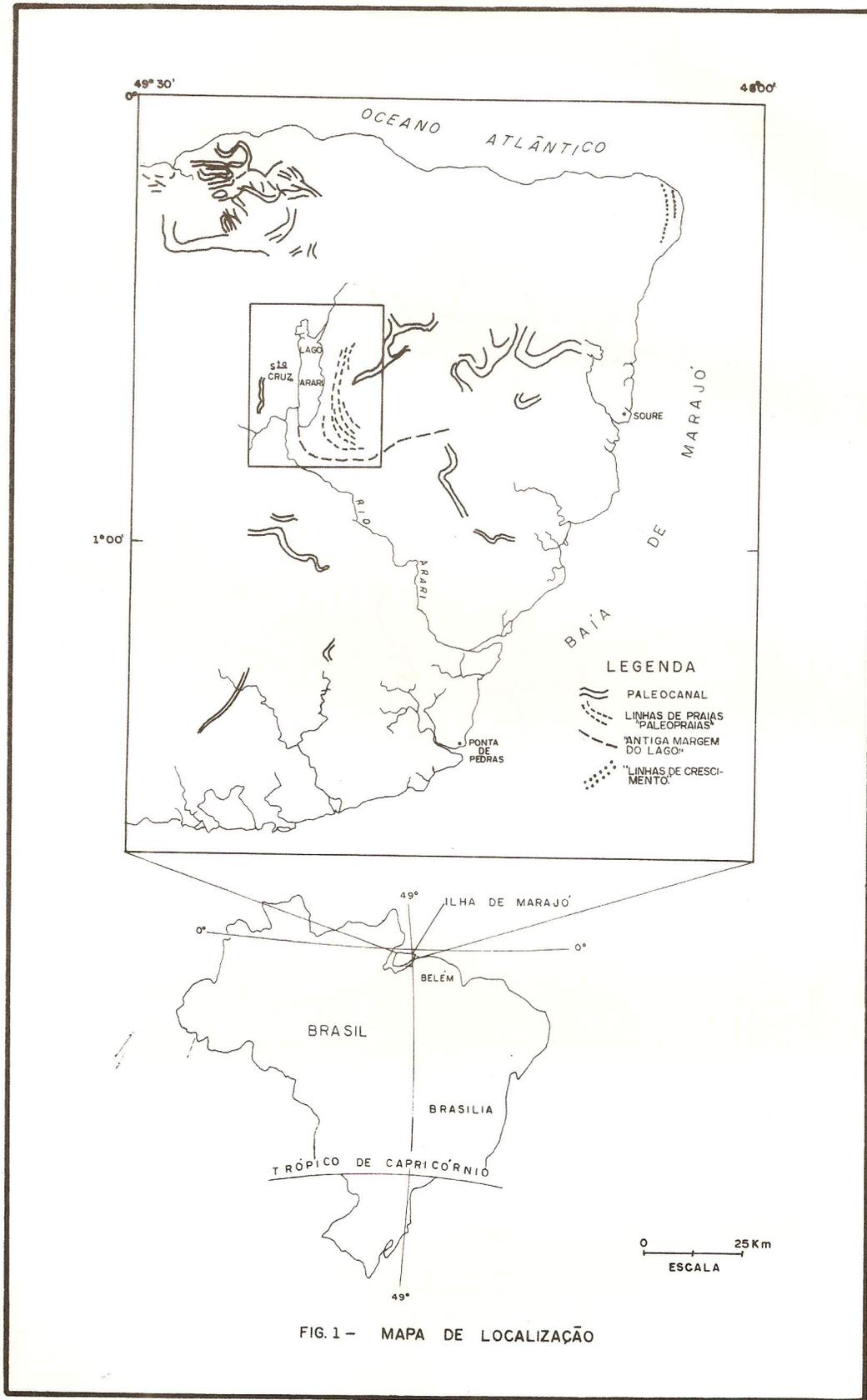


FIG. 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO

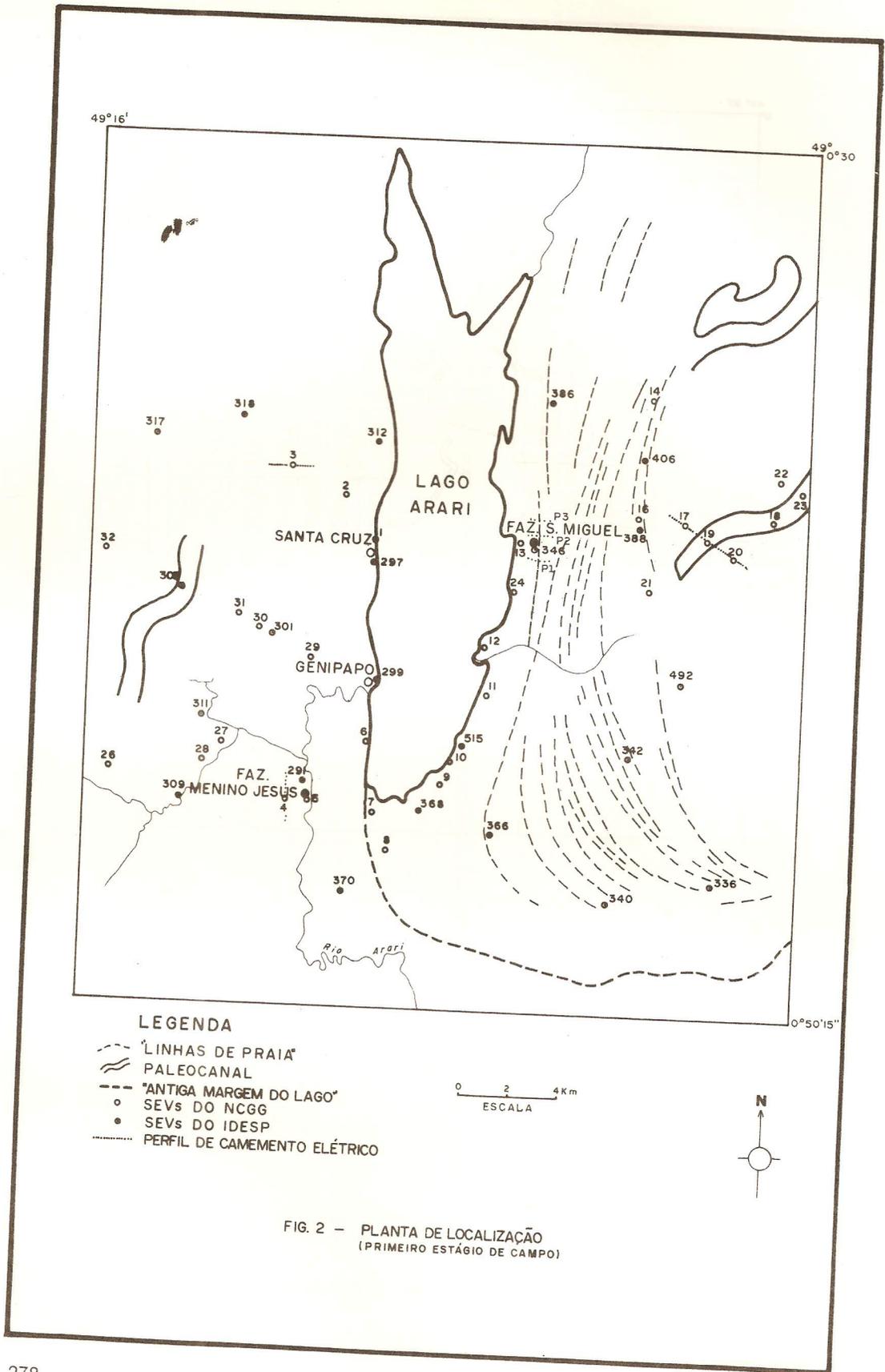


FIG. 2 - PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
(PRIMEIRO ESTÁGIO DE CAMPO)

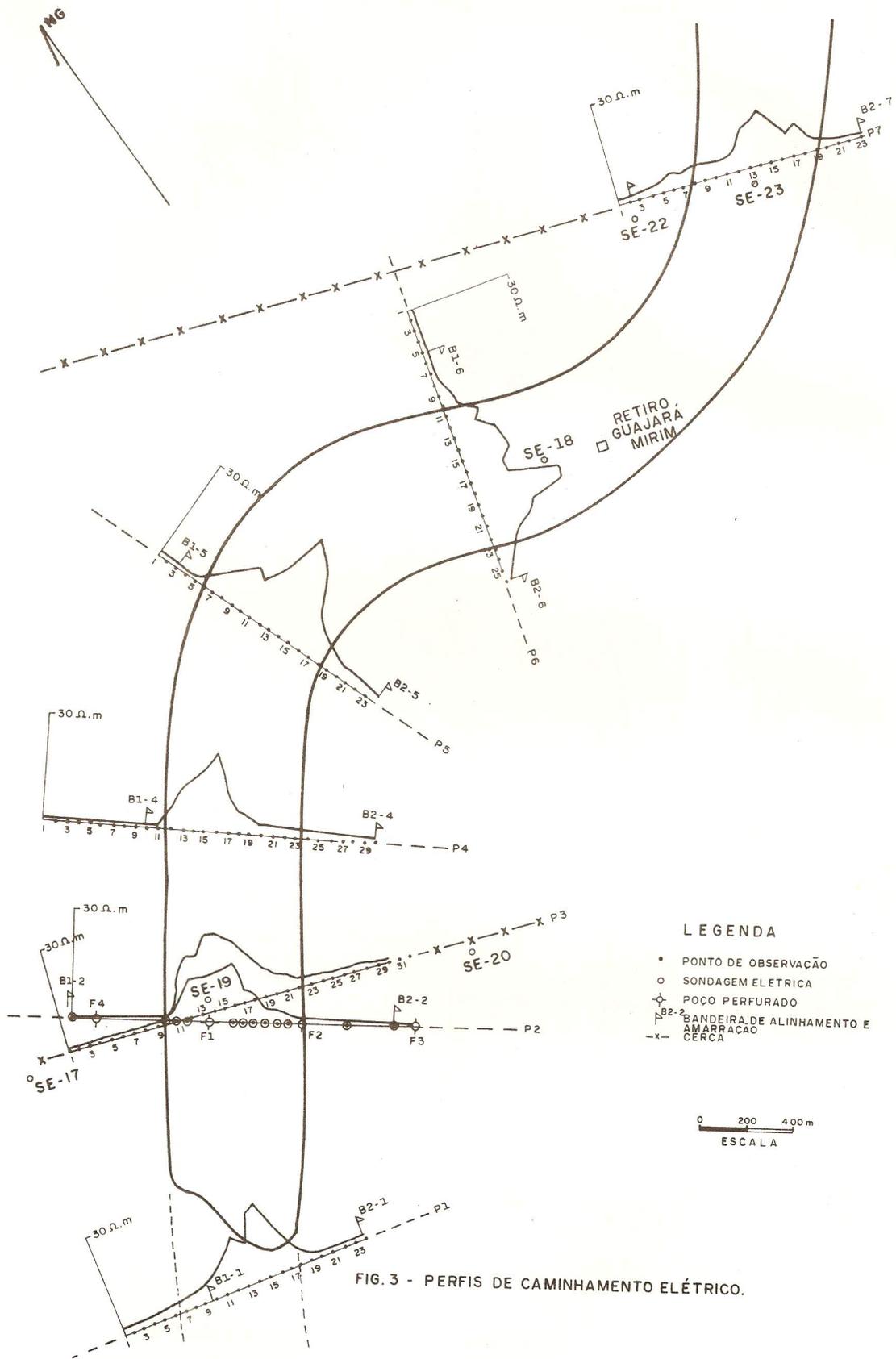
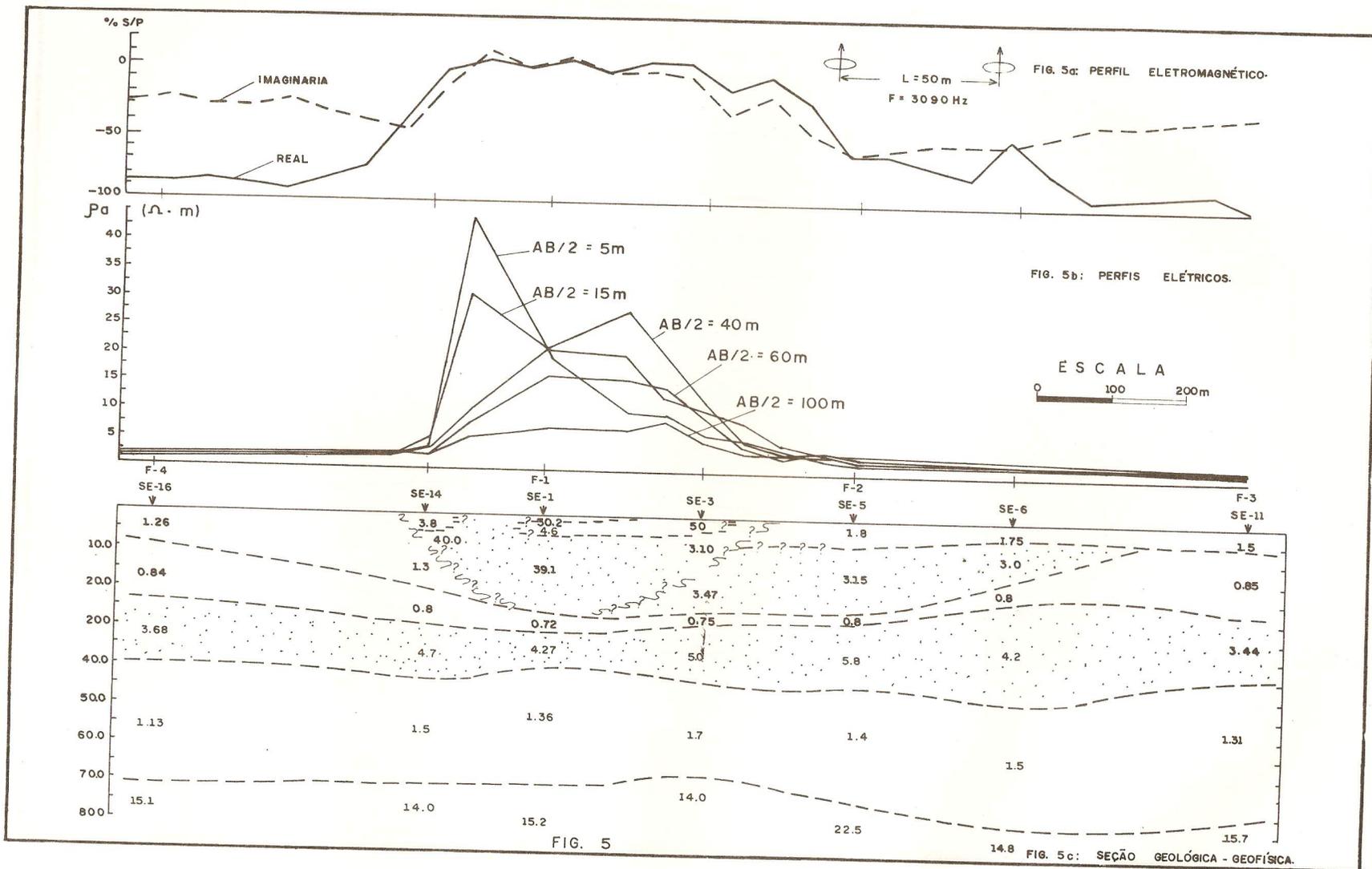
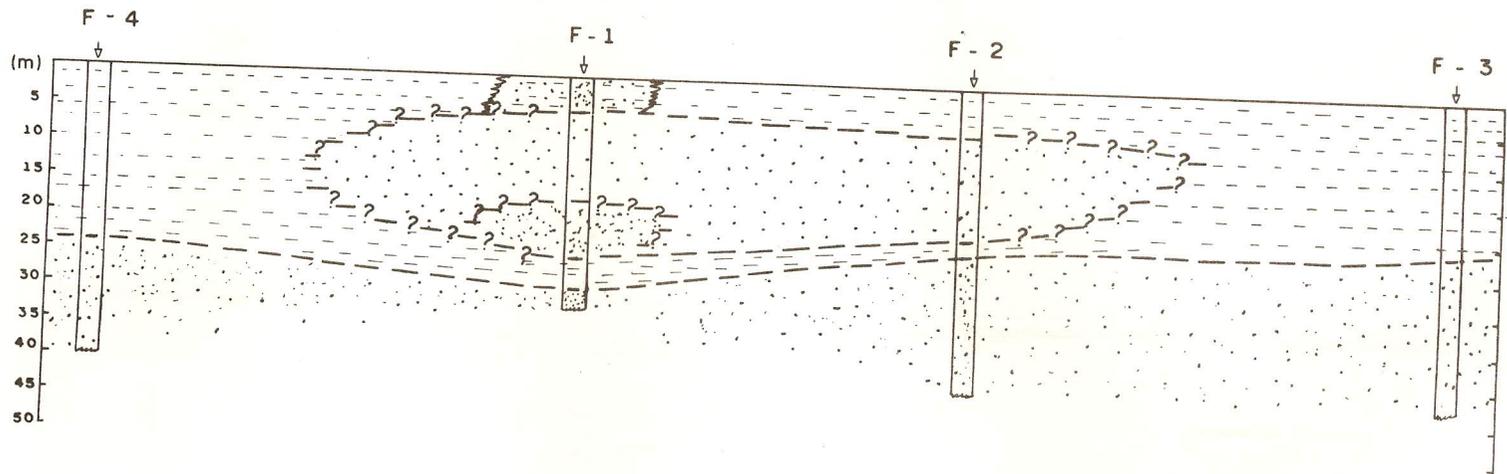


FIG. 3 - PERFIS DE CAMINHAMENTO ELÉTRICO.





ESCALA HORIZONTAL

0 50 100 m

SOBRELEVAÇÃO 7,5 x

LEGENDA

-  SILTE ARGILOSO
-  ARGILA
-  AREIA FINA
-  AREIA MÉDIA

FIG. 6 - SEÇÃO GEOLÓGICA

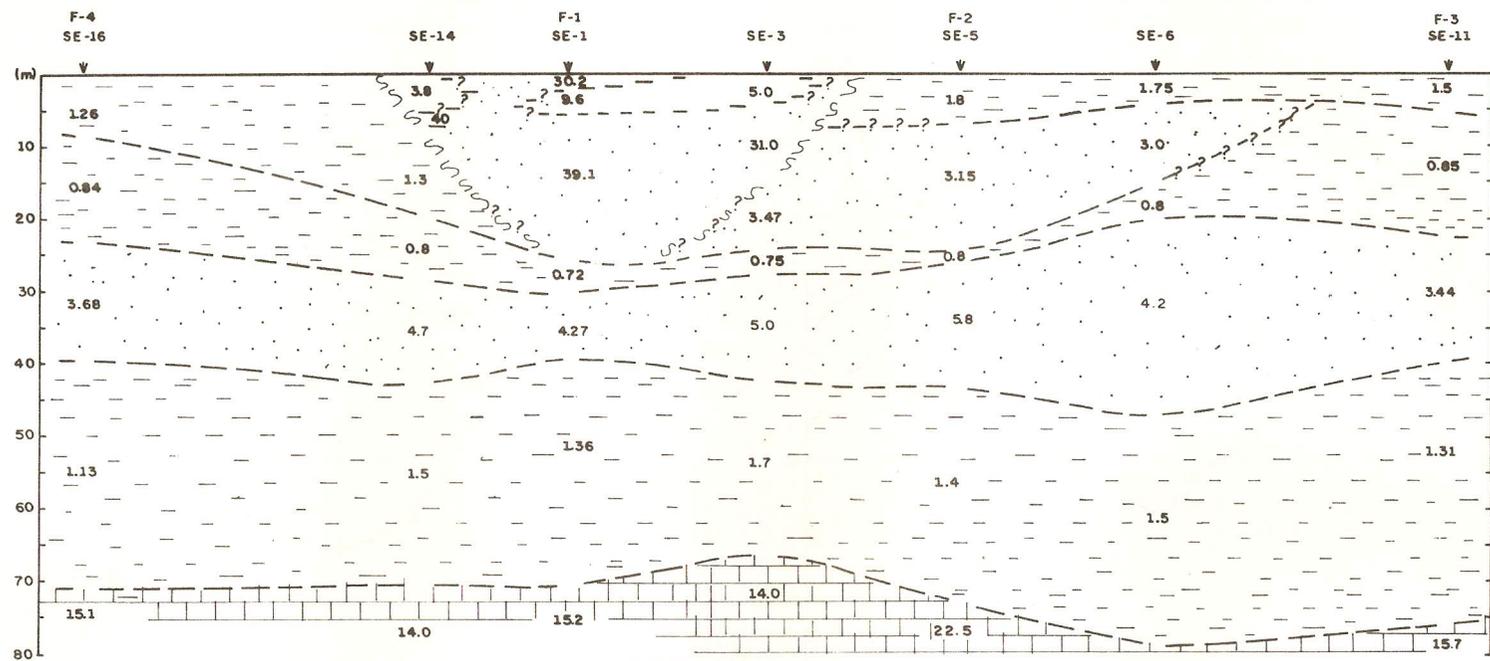


FIG. 7 - SEÇÃO GEOFÍSICA - GEOLOGICA

