

I96

C P R M - D I D O T E	
ARQUIVO TÉCNICO	
Relatório n.º	1824
N.º de Volumes:	1 V: - 5
PHL-010168	

PROJETO SANESUL -1824

SONDAGENS ELETRICAS * VERTICAIS
EM PARANAÍBA E MUNDO NOVO - MS
PARA ESTUDOS DE VIABILIDADE DE
EXPLOTAÇÃO DO AQUIFERO BOTUCATU

Marcos de Barros Munis
Severiano Nunes Lopes

CPRM/DEPRO/DIGEOF-1984.

ÍNDICE

- I - INTRODUÇÃO
- II - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA E AMBIÊNCIA GEOLÓGICA
- III - METODOLOGIA
- IV - INTERPRETAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS
- V - CONCLUSÕES
- VI - RECOMENDAÇÕES

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- Gráfico Bi-LOG PN-1
- Gráfico Bi-LOG MN-1
- Planilha PN-1
- Planilha MN-1
- Modelamento teórico.

I - INTRODUÇÃO

Este relatório mostra os resultados de duas sondagens elétrica verticais realizadas pela CPRM para a SANESUL em Paranaíba e Mundo Novo, MS, com a finalidade de verificar a espessura do basalto fornecendo assim subsídios para a tomada de decisões quanto a viabilidade ou não da perfuração de poços profundos para exploração do aquífero Botucatu.

Os serviços foram realizados entre 9 e 19 de novembro de 1984 conforme cronograma abaixo ilustrado e são decorrência da Carta Contrato nº 609/SUREG-SP/84 de 19/10/84 celebrada entre a CPRM e a SANESUL.

Participaram dos trabalhos de campo o geofísico Marcos de Barros Munis e o Eng. Eletrônico Operacional Severiano Nunes Lopes ambos da CPRM/DIGEOP, tendo sido acompanhados pelo geólogo Nelson Gonçalves de Oliveira, da SANESUL, como representante da mesma. Em Paranaíba o apoio logístico ficou a cargo do Gerente Regional Eng. Lenito Faustino Dias e em Mundo Novo, do Gerente Regional em Naviraí, Eng. José Roberto, ambos da SANESUL. Na primeira localidade foi posta a disposição dos trabalhos de campo 4 braços e na segunda 6.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

<u>DIA</u>	<u>ATIVIDADE</u>
9	Deslocamento Rio-Campinas
10	Deslocamento Campinas-Paranaíba - Apresentações ao geólogo e gerente regional.
11	Redefinição do local da SEV - Piqueteamento
12	Aquisição de Dados - SEV PN-1
13	Interpretação Preliminar e Deslocamento Paranaíba - Presidente Epitácio.

- 14 Deslocamento Presidente Epitácio - Naviraí - Mundo Novo - A apresentação ao gerente regional em Naviraí
- 15 Definições com geólogo da SANESUL do local da SEV e Piqueteamento
- 16 Aquisição de Dados - SEV MN-1
- 17 Deslocamento Mundo Novo - Capão Bonito
- 18 Deslocamento Capão Bonito - São Paulo
- 19 Contatos na SUREG/SP e deslocamento São Paulo-Rio de Janeiro.
- 20a. 23 Interpretação e elaboração do relatório.

II - LOCALIZAÇÃO E AMBIÊNCIA GEOLÓGICA

As cidades de Paranaíba e Mundo Novo ficam ambas no Estado do Mato Grosso do Sul, ficando a primeira, nas proximidades do Rio homônimo, que faz fronteira com Minas Gerais e a segunda, próxima ao Rio Paraná sendo o município de Mundo Novo, fronteiriço ao Paraguai.

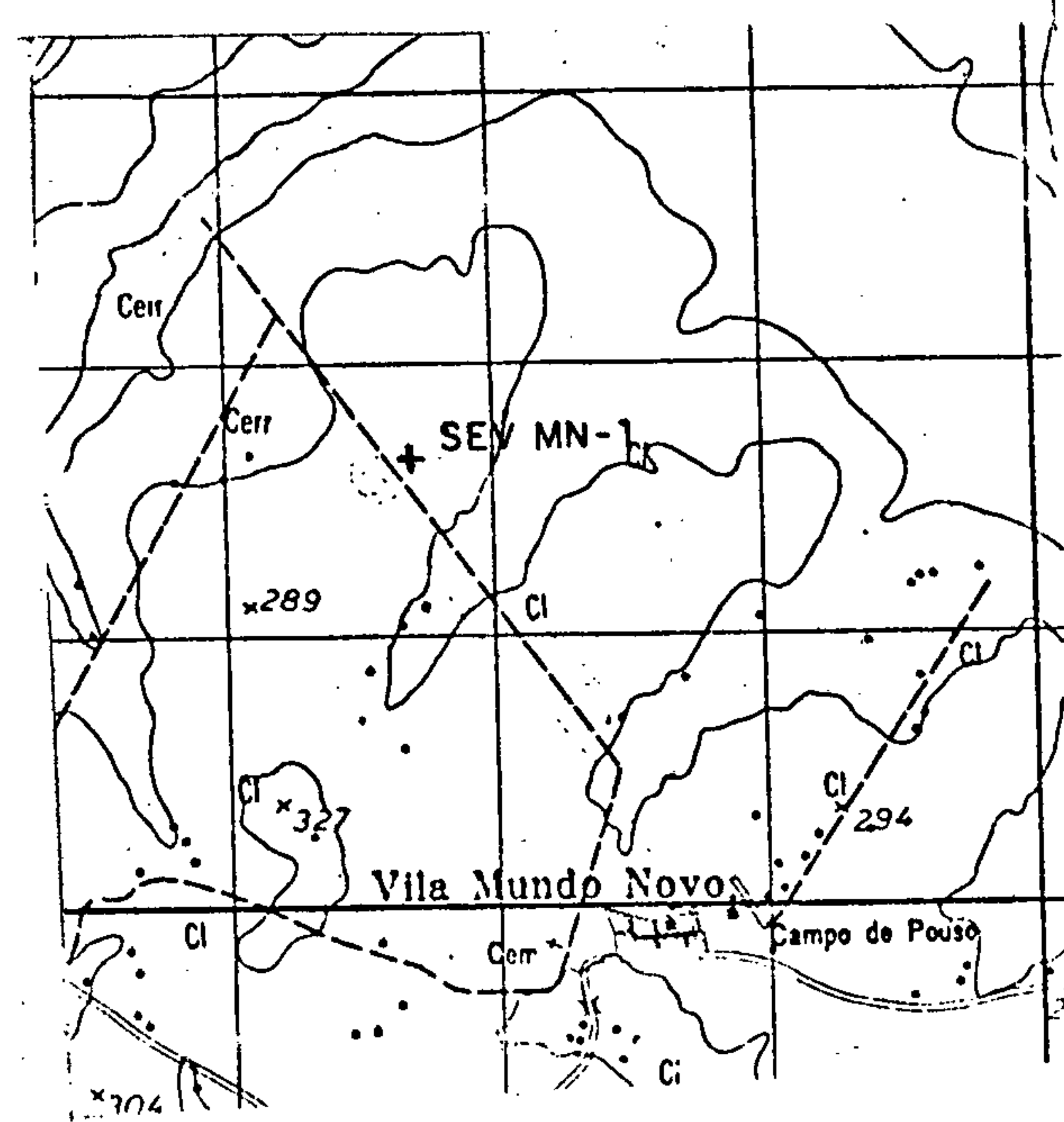
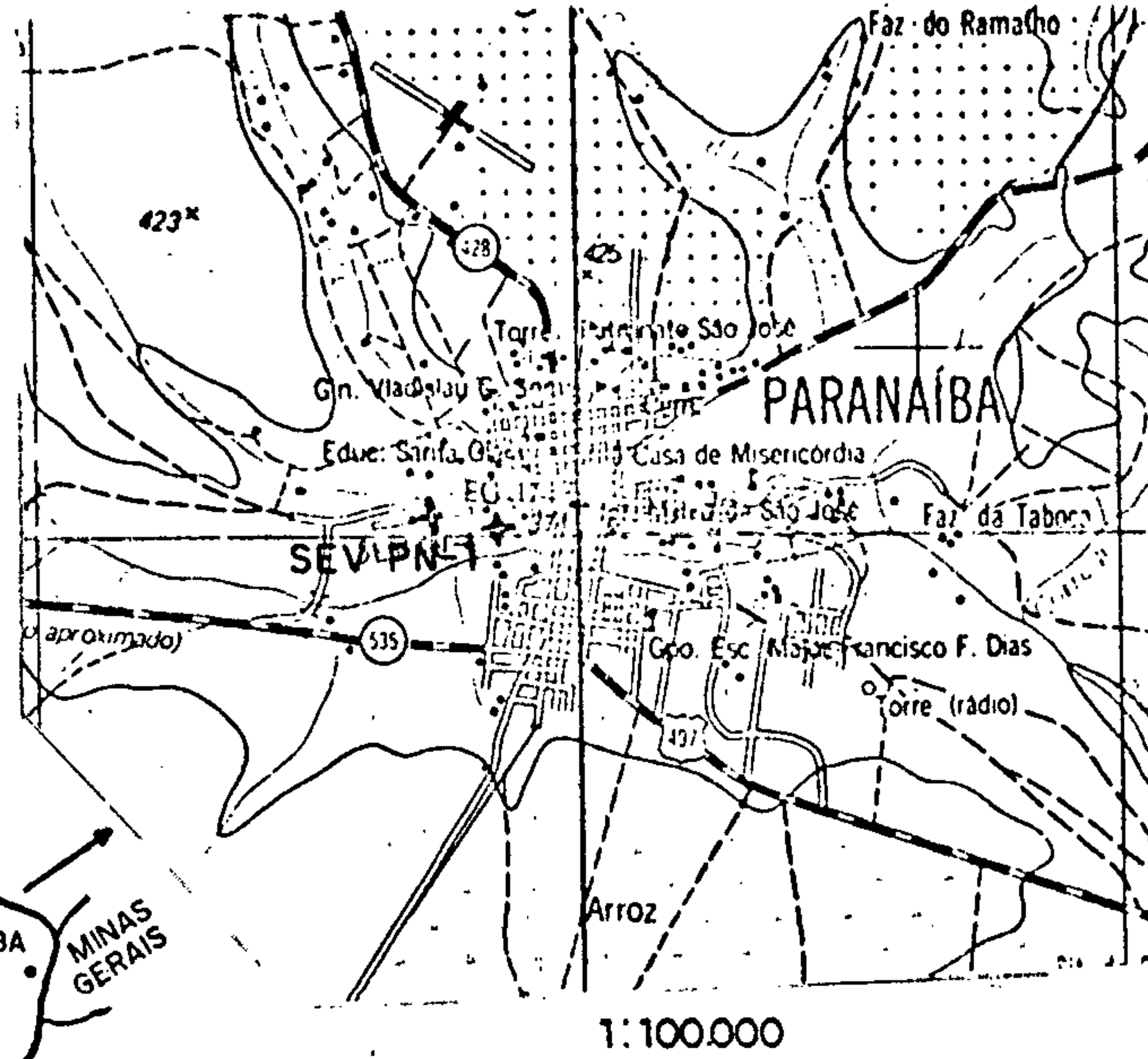
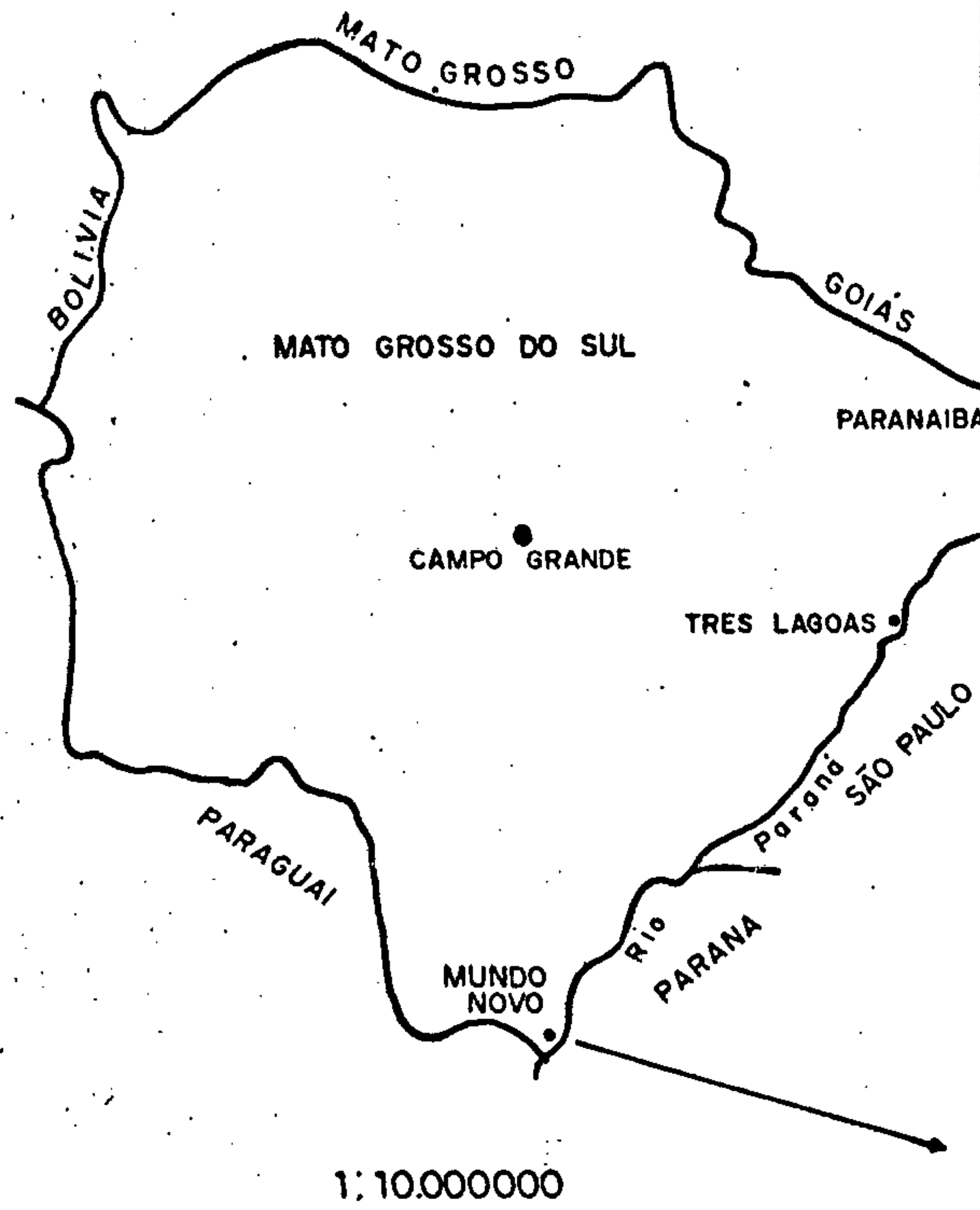
A SEV PN-1 teve AB/2 máximo de 2 km e seu centro localiza-se nas proximidades da ETA-Paranaíba, no cruzamento do prolongamento da Rua Franklin Sales com o caminho de acesso aberto pela SANESUL logo após o córrego da Estiva, afluente do córrego Fazendinha.

A SEV MN-1 teve seu centro na margem direita da rodovia Mundo Novo - Eldorado, a cerca de 1800 m de Posto Texaco na saída da cidade, e teve abertura máxima $AB/2 = 2$ km.

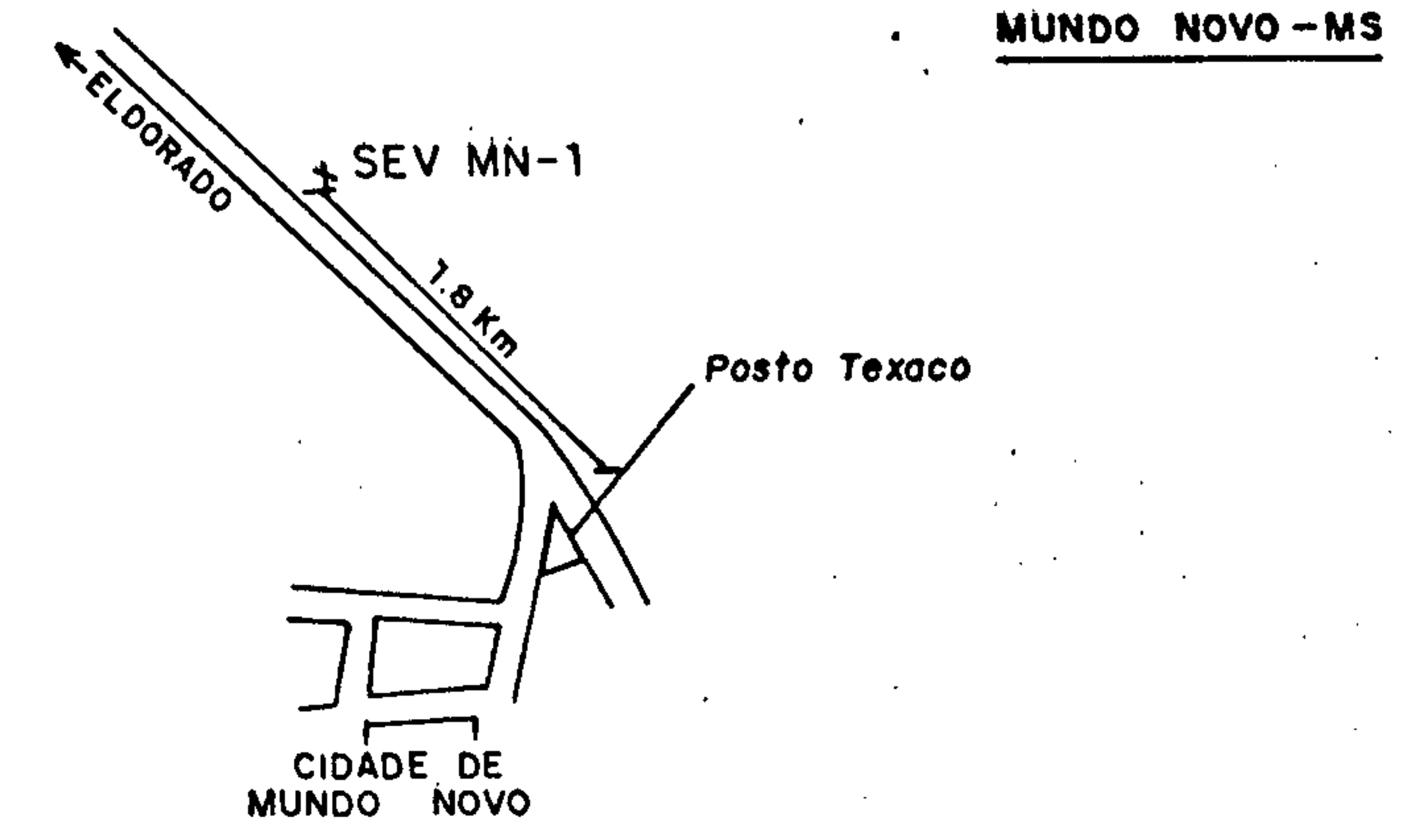
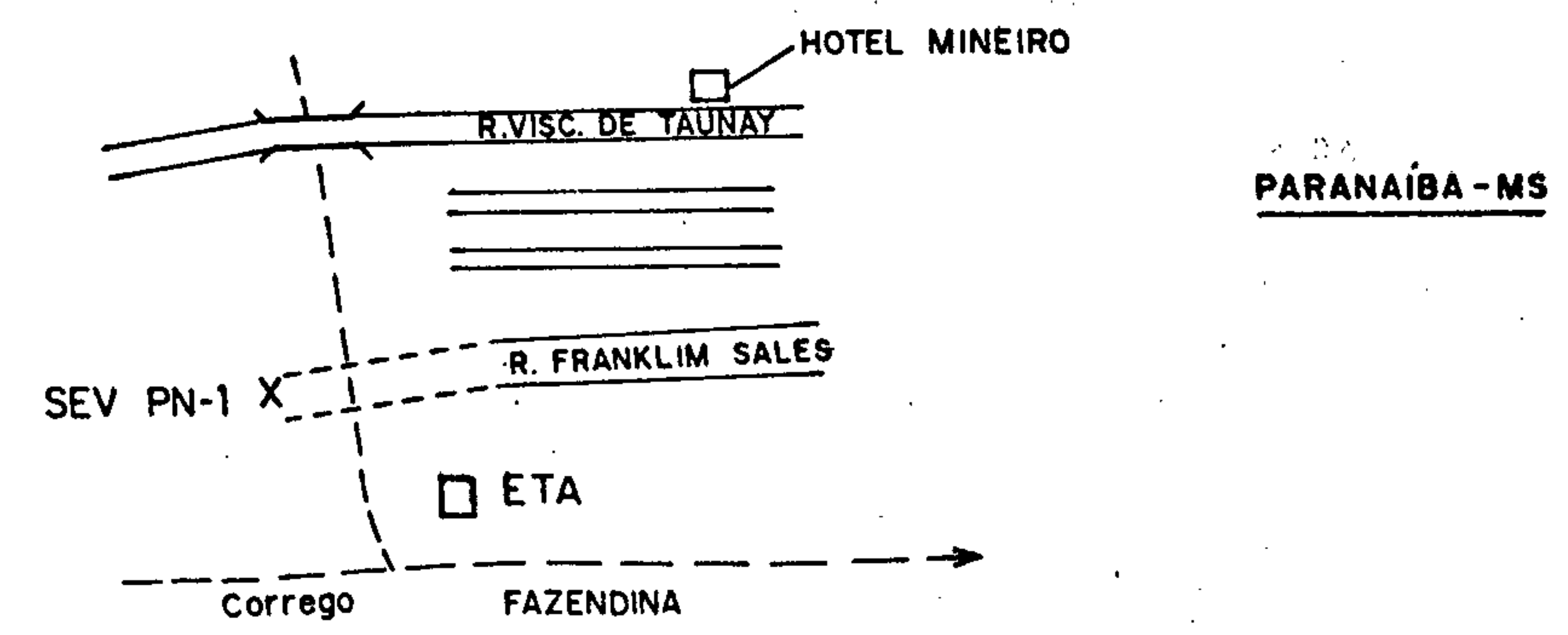
Ambas as locações são do conhecimento do pessoal da SANESUL colocada a disposição dos trabalhos de campo bem como do geólogo Nelson e para visualização apresentamos a figura 1 com mapa e croquis de localização.

Geologicamente a área estudada situa-se na Bacia do Paraná,

MAPAS DE LOCALIZAÇÃO




CROQUIS DE LOCALIZAÇÃO



SANESUL EMPRESA DE SANEAMENTO DE MATO GROSSO DO SUL - SANESUL

SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS EM PARANAÍBA E MUNDO NOVO
- MAPAS E CROQUIS DE LOCALIZAÇÃO -

EXECUÇÃO  CPRM

DATA NOV/84


 CPRM

Fig.1

Mod. 002
NE 7530.0210.0343

nas proximidades de seu eixo principal (rio Paraná) aflorando arenitos da Formação Bauru em Paranaíba e Formação Caiuá em Mundo Novo ambos de idade cretácea. Seguem-se-lhes de cima para baixo os basal^{tos}/diabásios da Formação Serra Grande, podendo conter arenitos "Intertraps" principalmente na base, e a Formação Botucatu, esta um excelente aquífero, do Mesozóico. Abaixo do Botucatu seguem-se as seqüências dos grupos Passa Dois e Tubarão de idade paleozóica, porém estas seqüências não foram investigadas nas SEV's executadas.

III - METODOLOGIA

Para a aquisição de dados, utilizou-se o quadripolo simétrico de Schlumberger que consiste na emissão de corrente através de dois eletrodos externos denominados A e B e na recepção da diferença de potencial entre 2 eletrodos internos denominados M e N, sendo estes últimos porosos, não polarizáveis, utilizando solução concentrada de sulfato de cobre. Nesse dispositivo, os eletrodos são colineares e simétricos em relação ao centro da sondagem. Utilizou-se as fontes FD-1 e FD-2 para emissão de corrente e o milivoltímetro MV-1 todos de fabricação da CPRM. O gerador foi o da IP da MacPhar.

Com o aumento da distância AB, força-se a corrente a atravessar estratos cada vez mais profundos e daí o nome sondagem elétrica vertical ou SEV. No presente estudo a distância AB máxima foi de 4 km em ambas as SEV's.

Neste processo, a resistividade obtida é aparente, visto que a corrente atravessa diversos estratos. O método supõe que os estratos são homogêneos e horizontais, sem contatos gradacionais. Em áreas sedimentares relativamente planas com mergulhos menores que 5° essas condições são em geral satisfeitas. Entretanto a presença

de variações laterais de fácies, diques, falhas e outras perturbações geológicas locais provocam o chamado "ruído geológico" que varia de intensidade, dependendo das proporções relativas do evento. Deve-se levar em conta que em SEV raciocina-se em termos de escala logarítmica ou seja uma determinada perturbação provoca um ruído muito maior a pequena profundidade do que a grande profundidade.

A resistividade aparente é obtida a partir da seguinte fórmula :

$$R_a = K \times (V/I)$$

Sendo V a diferença de potencial entre M e N

I a corrente enviada através do circuito AB

e K um fator geométrico que depende de AB e MN

Após a obtenção desses dados é preenchida a planilha e elaborado o gráfico bi-log (vide anexos) que são posteriormente interpretados.

As interpretações preliminares de campo basearam-se nas curvas padrão publicadas por Davino (1983) específica para a ambientação geológica da Bacia do Paraná e posteriormente elaborou-se modelos geoeletricos com a utilização do método do ponto auxiliar (Oreghana e Mooney, 1966) através da coleção de ábacos para 3 camadas publicadas pela European Association of Exploration Geophysicists. Como os ábacos são por sua natureza limitados, procurou-se a partir do modelo obtido pelos ábacos uma maior aproximação através de tentativas utilizando-se o programa de Haines & Campbell (1978) publicado pela Society of Exploration Geophysicists e utilizando programa de calculadora TI-59.

IV - INTERPRETAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS

Uma SEV de modo algum substitui o conhecimento de sub-superfície fornecido pela sondagem mecânica, entretanto é a maneira mais barata de se obter informações relativas as profundidades esperadas para os diversos horizontes.

Os dados que se dispõem são geoeletricos, e o modelo obtido é um modelo geoeletrico que responde a curva obtida no campo. Como se trabalha, para cada horizonte, com duas variáveis desconhecidas que são a espessura e a resistividade (o último é considerado substrato e como tal tem espessura infinita) pode-se obter diversos modelos que satisfazem a curva obtida. Esse fenômeno é conhecido como princípio de equivalência, que pode ser condutiva ou resistiva.

Para uma boa interpretação é necessário que se conheçam certos parâmetros e para isso usa-se frequentemente sondagens paramétricas realizadas em furos com geologia de subsuperfície conhecida e cujos valores geoeletricos são correlacionados aos dados geológicos e então extrapolados para regiões circunvizinhas.

Neste trabalho não se realizaram sondagens paramétricas, visto que não há furos que tenham atravessado todo o basalto nas redondezas. Entretanto utilizou-se informações obtidas no local como sejam: Em Paranaíba o topo do basalto fica em torno de 20 m e em Mundo Novo a mais de 150 m. - Outros parâmetros foram tomados do trabalho do DAEE para o Estado de São Paulo onde diversas SEV's, algumas paramétricas, foram realizadas pelo IPT. Assim tomou-se 35 ohm-m para o Botucatu e 20 ohm-m para o Bauru/Caiuá saturado. O basalto ficou em torno de 120-200 ohm-m, e até 300 ohm.m.

IV.1 - SEV PN-1

A curva teórica obtida que mais se aproximou dos dados de campo, corresponde a um modelo geoeétrico de 7 camadas do tipo HAKHK *

O horizonte mais raso corresponde a cobertura e parte não saturada do Bauru com resistividade de 900 ohm-m. Como esta SEV foi realizada próximo a um córrego, já a partir de 3,7m tem-se o Bauru saturado com 12 ohm-m de resistividade.

A partir dos 28m segue-se o basalto que foi subdividido em 4 horizontes sendo o mais raso de 70 ohm-m e 50 m de espessura cor relacionado a basalto alterado e os restantes a basalto semialterado ou fraturado, com resistividade de 120 ohm-m, sendo que o horizonte intercalado de 50 ohm-m devido a sua baixa resistividade deve corresponder a zona muito alterada ou mesmo presença de intercalações arenosas. A espessura total estimada para o basalto na SEV PN-1 fica em torno de 800m, seguindo-se-lhe o Botucatu com 30 ohm-m.

O basalto quando compacto, não alterado, não fraturado, a apresenta altas resistividades e não foi este o caso na SEV PN-1. As sim é de se esperar que sejam frequentes as fraturas, bem como as zonas de alteração.

* Os tipos de modelos geoeétricos são classificados para 3 horizontes consecutivos de cima para baixo, pelas letras:

H - horizonte condutivo entre dois resistivos

K - horizonte resistivo entre dois condutivos

A - horizontes crescentemente resistivos

Q - horizontes crescentemente condutivos

IV.2 - SEV MN-1

A SEV MN-1 foi realizada na margem direita da rodovia Mundo Novo-Eldorado em zona topograficamente elevada. Na margem esquerda passa uma tubulação da SANESUL que leva para Mundo Novo, a água bombeada do Córrego Guaçu, afluente do Iguatemi por sua vez afluente do Rio Paraná.

Essa tubulação provoca certos ruídos nas leituras iniciais, como se vê no gráfico bi-log ($AB/2 \leq 10m$) porém seus efeitos são superficiais. Os ruídos mais importantes e mais difíceis de serem filtrados são aqueles de natureza geológica como os devidos a grande espessura resistiva superficial, a topografia não favorável, bem como a provável presença de fraturas alternando-se zonas condutivas e resistivas dentro da sequência basálticas.

Vários modelos teóricos foram testados porém não se obteve um ajuste tão perfeito como o verificado na SEV PN-1. Na realidade, nessa região seriam necessários pelo menos 3 ou 4 SEV's com seus centros distantes 100 ou mesmo 200 m para que se tivesse meios de realizar uma filtragem mais eficiente e conseqüentemente uma maior segurança na interpretação dos dados.

Assim é que são apresentados dois modelos e feitos as considerações a seguir : ambos os modelos são de 6 camadas sendo o traço contínuo do tipo QQHK e o interrompido do tipo QHAK.

Pelos mapas topográficos disponíveis, a diferença de cota entre o centro da SEV e o nível do Riacho Iguatemi é da ordem de 60 m e este foi um dos parâmetros utilizados na confecção dos modelos.

No modelo de traço contínuo a soma das espessuras dos dois horizontes mais superiores (cobertura e Caiuá não saturado) perfazem 67 m o que é bem razoável e no modelo com traço interrompido é de 76m o que já começa a ser incoerente com o esperado modelo

geológico. Entretanto no restante da curva a de traço interrompido tem um ajuste bem melhor.

Como se observa, considerou-se em um modelo, dentro do Caiuá, uma parte semi-saturada (35 ohm-m) e no outro um horizonte correspondente a basalto alterado (100 ohm-m), o que é bem coerente com a geologia local. É possível que um modelo matemático mais complexo utilizando mais camadas (10 por exemplo) fornecesse um melhor ajuste. Isso implicaria entretanto em maior tempo de computação e na prática significaria que o Caiuá teria melhores possibilidades a quíferas em profundidades porém a espessura do horizonte saturado seria menor, ou seja no modelo de traço contínuo o degrau constituído pelo Caiuá semi-saturado, seria substituído por dois ou mais degraus (horizontes geoeletricos intermediários entre o Caiuá não saturado e o saturado) em detrimento da espessura do Caiuá saturado.

O basalto ficou entre 800 m e 900m sendo que neste último caso (modelo interrompido) considerou-se os 100 m superiores como de resistividade mais baixa e correlacionado a basalto alterado.

O substrato condutivo com 30 ohm-m corresponde ao Botucatu e sequência pré-basalto.

V - CONCLUSÕES

As duas SEV's realizadas para a SANESUL em Paranaíba e Mundo Novo trouxeram subsídios para as tomadas de decisões relativas a perfuração dos poços profundos em uma área altamente carente de informações mais precisas da geologia de subsuperfície.

Em Paranaíba o basalto tem cerca de 800m de espessura tendo na capa uma pequena cobertura (28m) de arenito Baurú e na lapa o Botucatu.

O Baurú na região constitui um aquífero livre e como tal facilmente contaminado pelas águas superficiais. O Botucatu é um

excelente aquífero sob pressão e com condições de artesianismo, entretanto deve-se levar em conta a razão custo/benefício na perfuração dos cerca de 800 m de basalto.

Outra possibilidade de exploração do aquífero Botucatu é através das fendas no basalto que são por ele alimentados. Devido a pequena espessura dos sedimentos Baurú um estudo geofísico dirigido a essas fendas poderia mostrar as zonas mais favoráveis a captação dessas águas. Ressalve-se que esse estudo teria principalmente objetivos quantitativos mais do que com relação a qualidade da água que muitas vezes é afetada pelo próprio basalto.

Em Mundo Novo a SEV mostrou bastante ruído e duas interpretações foram apresentadas sendo que na média a espessura total dos sedimentos sobre o basalto fica em torno de 150m sendo os primeiros 70 correspondentes ao Caiuá não saturado. Segue-se 800 a 900 m de basalto e finalmente o Botucatu.

O basalto mostra resistividade maior que em Paranaíba o que indica uma maior contribuição de rocha fresca nesta litologia.

VI - RECOMENDAÇÕES

Em Paranaíba e Mundo Novo recomenda-se a realização de SEV's rasas com AB/2 máximo de 500m sendo que em Paranaíba o alvo principal seria a detecção de zonas fraturadas no basalto, para captação d'água subterrânea.

Em Mundo Novo o objetivo seria a detecção de zonas mais favoráveis do ponto de vista hidrogeológico dentro da Formação Caiuá, visto que se dispõem de mais de 150 m desses sedimentos e muito provavelmente encontrar-se-á fácies mais arenosas do que os encontrados até agora nos poços perfurados das redondezas.

Dispondo-se de picadas já abertas poder-se-á realizar 3 SEV's/dia. Sugere-se a realização de cerca de 10-15 SEV's espaçadas de aproximadamente 500 m, após o que uma interpretação realizada no campo, juntamente com geólogos e engenheiros da SANESUL e correlação com os dados de subsuperfície existentes, permitiria a escolha dos locais mais favoráveis a execução de uma malha mais fechada (aproximadamente 100 m entre cada SEV) e locação dos furos.

Caso se opte pela exploração do aquífero Botucatu na região de Mundo Novo, com base nas considerações feitas na parte interpretativa, recomenda-se a realização de mais 2 ou 3 SEV's de médio porte como a realizada ($AB/2=2.000m$) e reavaliação dos dados antes da execução do furo de sondagem.

Por último recomenda-se que em qualquer caso (furos rasos ou profundos) seja feita a perfilagem de todo o furo, (elétrico, raios-gama e "flow-meter" no caso de fraturas no basalto) para definição dos melhores intervalos para captação d'água, antes da complementação do poço.

BIBLIOGRAFIA

1. CAMPOS, D.A. et alli - Carta Geológica do Brasil no Milionésimo. Folha Paranapanema-SF.22-DNPM-Brasília , 1978.
2. DAVINO, André - Curvas Padrão de Sondagens Elétricas para as sequências Estratigráficas Baurú-Basalto-Botucatu da Bacia do Paraná e sua importância para a prospecção de água subterrânea. - Rev.Bras.de Geociências - vol. 13 nº2 - 1983.
3. E.A.E.G. - European Association of Exploration Geophysicists Standard Graphs for Resistivity Prospecting - The Netherland (1969).
4. HAINES, D.N. e CAMPBELL, D.L. - VES : Wenner/Schlumberger TI-59 - RIP-4-Manual of Geophysical Hand-Calculator Programs-TI-Volume- Society of Exploration Geophysicists - Tulsa-Oklahoma-1981.
5. MARINHO, F.A.V. - Sondagens Elétricas verticais para a FRUTROPIC - Ind.e Com. de Frutas Ltda Matão-SP - CPRM (1983).
6. NORTHFLEET, A.A;MEDEIROS,R.A. e MUHLMANN,M. - Reavaliação dos Dados Geológicos da Bacia do Paraná- Bol. Téc.Petrobrás v.12 nº3 jul/set-1969.
7. ORELHANA,E.e MOONEY,H.M. Master Tables and curves for vertical Electrical Soundings - Interciência - Madrid - 1966.
8. SÃO PAULO - Departamento de Águas e Energia Elétrica-DAEE. Estudo de Águas Subterrâneas. Regiões Administrativas 7,8 e 9 (1976).



CPRM

.12.

9 - SÃO PAULO -

- Departamento de Águas e Energia Elétrica - DAEE - Estudo de Águas Subterrâneas. Regiões Administrativas 10 e 11 (1979) .

10- SÃO PAULO -

- Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT
- Mapa Geológico do Estado de São Paulo-
(1981).

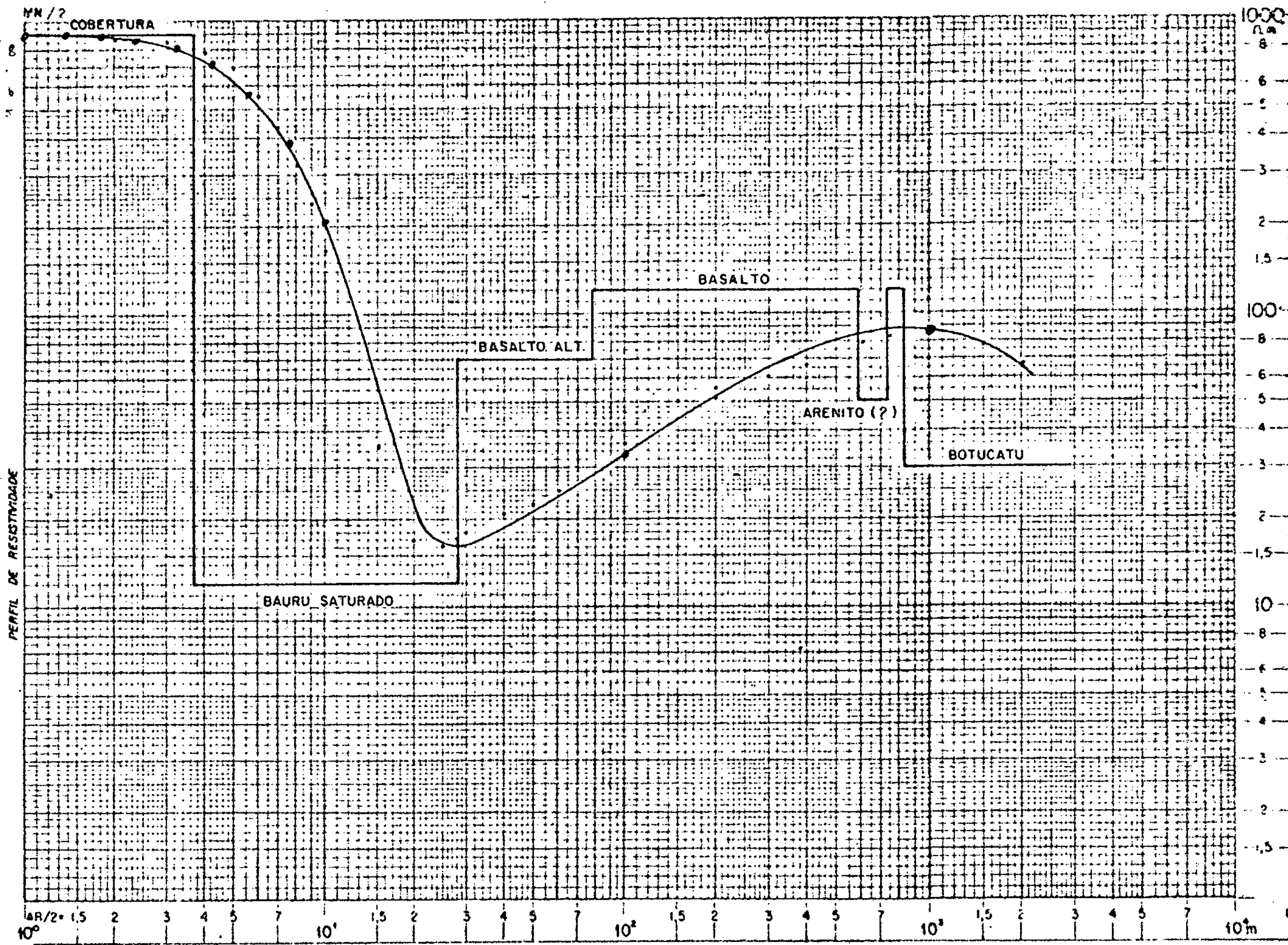
CROQUIS

EQUIPE: MARCOS SEVERIANO PN-1

PROJETO: SANESUL DATA: 12-11-84

ÁREA: PARANAIBA

AZIMUTE: N-5° COTA



COLUNA LITOLÓGICA
OBSERVAÇÕES:

POÇO:

RELATÓRIO:

ANEXO:

CROQUIS

EQUIPE MARCOS SEVERIANO

DE V **MN-1**

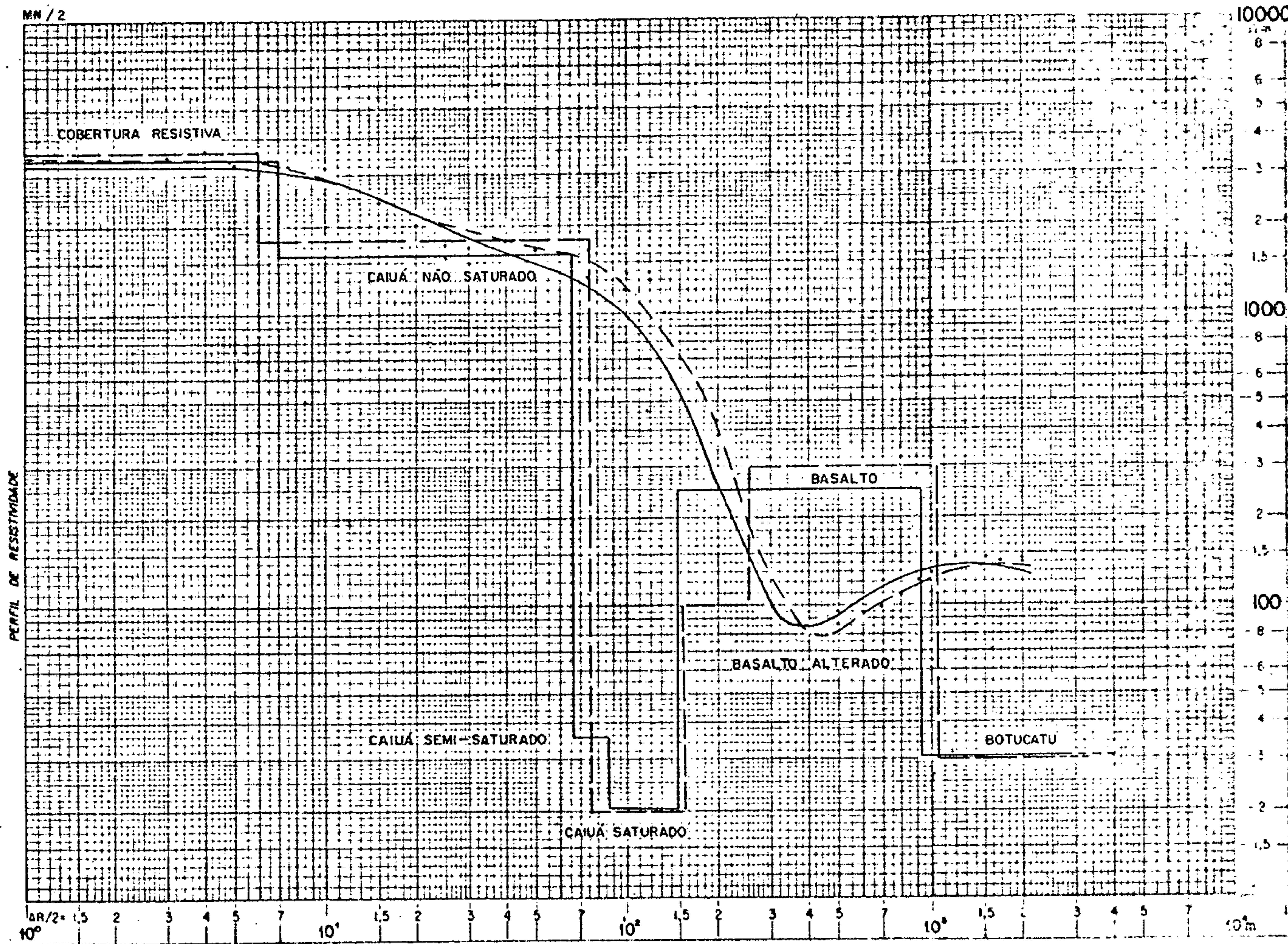
PROJETO: SANESUL

DATA 15-11-84

ÁREA MUNDO NOVO

AZIMUTE N-S

COTA



COLUNA LITOLÓGICA
OBSERVAÇÕES:

POÇO:

RELATÓRIO:

ANEXO

CPRM - DEPRO - DIGEOF

PLANILHA DE ELETORRESISTIVIDADE



CPRM
SEV - PN-1

Projeto: SANESUL Arranjo: SCHLUMBERGER Cota: _____
 Local: PARANATIBA Instrumento: FD-1/MV-1 Azimute: N-S
 Data: 12-11-84 Operador: SEVERIANO Coord.: _____

N	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	I (mA)	ΔV (mV)	e (ohm·m)	OBSERVAÇÕES Tempo chuvoso
1	2	0,5	11,78	34	2500	866	66/480=856
2	3	0,5	27,49	52	1600	845	57/1750=843
3	4	0,5	49,48	35	750	1060	RUIDO
4	5	0,5	77,75	48	440	713	
5	6	0,5	112,31	52	255	551	
6	7	0,5	153,15	46	135	449	
7	8	0,5	200,28	38	62	327	
8	9	0,5	253,68	68	66	246	
9	10	0,5	313,37	84	47	175	
10	10	1	155,51	84	90	167	
11	15	0,5	706,07	112	5,5	35	
12	15	1	351,86	112	10	31	
13	20	1	626,75	175	3,5	12,5	
14	20	5	117,80	135	20	17,4	
15	25	1	980,18	132	1,5	11,1	
16	25	5	188,50	162	14	16,2	
17	30	5	274,90	115	8	19,1	
18	40	5	494,80	95	4	20,8	
19	50	5	777,50	140	4	22,2	
20	50	10	377,0	125	7,5	22,6	
21	60	5	1123,1	145	3	23,2	
22	60	10	549,8	150	7	25,6	
23	75	5	1759,3	135	2,1	27,4	
24	75	10	867,9	125	4,1	28,4	
25	100	10	1555,1	200	5	38,8	250/6=37,3
26	100	20	759,0	245	12,5	38,5	
27	150	20	1735,7	170	5	51,0	
28	200	20	3110,2	135	2,5	57,6	
29	200	50	1178,1	140	6,5	54,7	
30	300	20	7037,2	460	4	61,2	
31	300	50	2748,9	480	10	57,3	
32	400	50	4948,0	125	1,75	69,3	135/2=73,3
33	500	50	7775,4	160	1,5	72,9	
34	600	50	11231,2	400	3	84,2	420/3=80,2
35	750	50	17592,9	440	2,2	87,9	
36	750	150	5654,9	450	6,5	81,7	
37	1000	50	31337,4	360	1	87,0	
38	1000	150	10236,4	290	2,5	88,2	350/3=87,7
39	1500	150	23326,3	300	1	77,7	
40	2000	150	41652,3	185	0,3	67,5	190/0,3=65,7
41							
42							
43							
44							
45							
46							
47							
48							

CPRM - DEPRO - DIGEOF

PLANILHA DE ELETRORRESISTIVIDADE



Projeto: SANESUL Arranjo: SCHLUMBERGER Cota: _____
 Local: MUNDO NOVO Instrumento: FD-2/MV-1 Azimute: N-S
 Cota: 16-11-84 Operador: SEVERIANO Coord.: _____

SEVCP/INML

N	AB/2 (m)	MN/2 (m)	K	I (mA)	ΔV (mV)	e (ohm·m)	OBSERVAÇÕES
1	2	0,5	11,78	-	-	-	Tempo seco
2	3	0,5	27,49	8	1000	3436	
3	4	0,5	49,48	14	1000	3534	
4	5	0,5	77,75	18	770	3326	
5	6	0,5	112,31	18	510	3182	
6	7,5	0,5	175,93	10	200	3519	10/190=3342
7	10	0,5	313,37	29	300	3242	
8	12	0,5	451,60	22	140	2874	
9	15	0,5	706,07	70	240	2421	
10	20	0,5	1255,95	23	39	2129	
11	20	5	117,81	19	355	2201	28/180=1767
12	25	0,5	1962,71	50	40	1570	
13	25	5	188,50	34	315	1746	
14	30	0,5	2826,65	37	20	1528	
15	30	5	274,89	26	175	1850	
16	40	0,5	5025,76	43	15	1753	
17	40	5	494,80	49	180	1817	
18	50	5	777,54	32	70	1700	
19	60	5	1123,12	42	60	1604	
20	75	5	1759,29	53	41	1361	
21	75	10	867,86	50	100	1736	56/120=1860
22	100	5	3133,74	52	25	1507	64/25= 1224
23	100	10	1555,09	52	50	1496	
24	120	5	4516,04	290	90	1401	300/90=1354
25	120	10	2246,24	290	182	1410	
26	150	5	7060,73	105	10	672	
27	150	10	3518,58	97	20	725	105/23=770
28	200	5	12558,52	320	10	392	
29	200	10	6267,48	320	23	450	
30	300	10	14121,46	300	4	188	
31	300	20	7037,17	300	7	164	
32	400	10	25117,03	250	2,5	241	RUIDO
33	400	20	12534,95	330	4	152	
34	500	20	19603,54	400	2	98	400/2,5=122
35	500	50	7775,44	400	4,5	87	420/5= 93
36	600	20	28242,9	500	1,95	110	590/2=96
37	600	50	11231,19	740	6	91	540/4,8=99.8
38	700	50	15315,26	260	2,2	129	350/3=131
39	700	100	7539,82	350	4,8	103	300/4,1=103
40	800	50	20027,7	620	3,8	122	720/4,5=125
41	800	100	9896,02	530	6	112	
42	900	100	12566,37	500	5	126	
43	1000	100	15550,9	600	5,2	135	
44	1000	200	7539,82	620	10,2	124	
45	1200	100	22462,4	550	4	163	420/2,9=155
46	1200	200	10995,6	530	7	145	
47	1500	100	35185,8	680	3	155	760/3,3=153
48	1500	200	17357,3	760	6,5	148	
49	1700	200	22383,9	520	3,2	138	430/3=156
50	2000	200	31101,8	740	3,5	147	590/2,75=145

R: H

900.
3.7

12.
24.3

70.
50.

120.
500.

50.
150.

120.
100.

30.
100000.

A: RAPP (A)

1.
895.526717

2. 15443469
863.9488713

4. 641588834
673.6865047

10.
210.7196589

21. 5443469
18. 11630187

46. 41588834
20. 74917413

100.
32. 83132145

215. 443469
54. 83861292

464. 1588833
78. 39717.73

1000.
86. 70435078

2154. 43469
61. 09200137



MODELAMENTO TEÓRICO

SEV PN - 1.

1. 467799268
886.948074

3. 16227766
807.1086317

6. 81292069
448.3742913

14. 67799268
63.91126957

31. 6227766
16.54703015

68. 1292069
25.33112278

146. 7799268
43.05432427

316. 227766
67.11988383

681. 292069
86.14857948

1467. 799268
77.44517945



R: H

3400.
7.

1600.
60.

35.
20.

20.
60.

250.
800.

30.
100000.

A: RAPP (A):

1.
3392.974611

2. 15443469
3388.949345

4. 641588834
3320.588105

10.
2942.484954

21. 5443469
2118.979308

46. 41588834
1589.60308

100.
1004.880016

215. 443469
222.2537358

464. 1588833
90.17014087

1000.
132.326058

2154. 43469
125.7182638

MODELAMENTO TEÓRICO

SEV MN - 1.

(traço contínuo)

1. 467799268
3393.139855

3. 16227766
3370.138844

6. 81292069
3199.828857

14. 67799268
2543.187692

31. 6227766
1799.96909

68. 1292069
1365.417677

146. 7799268
558.2501254

316. 227766
92.60899764

681. 292069
114.8198651

1467. 799268
138.2878431

R: H

3600.
6.

1800.
70.

20.
80.

100.
100.

300.
800.

30.
100000.

A: RAPP (A)

1.
3593.089268

2. 15443469
3584.417389

4. 641588834
3488.021508

10.
3001.657227

21. 5443469
2199.062053

46. 41588834
1786.918492

100.
1278.060018

215. 443469
348.9480279

464. 1588833
78.05218042

1000.
122.6775266

2154. 43469
136.9419141

MODELAMENTO TEÓRICO

SEV MN - 1.

(traço interrompido)

1. 467799268
3592.556367

3. 16227766
3557.455751

6. 81292069
3320.355431

14. 67799268
2580.753306

31. 6227766
1945.996764

68. 1292069
1607.226119

146. 7799268
794.0587992

316. 227766
120.1401813

681. 292069
100.0566907

1467. 799268
136.8893459