

0826495



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CENTRO DE PESQUISAS DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

LIXO TÓXICO INDUSTRIAL E MEIO
AMBIENTE

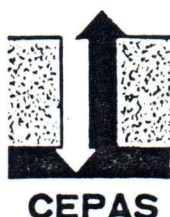
IMPACTO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA

RELATÓRIO FINAL

ALBERTO PACHECO

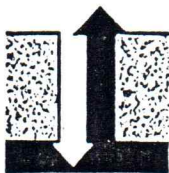
SÃO PAULO

1991



ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	2
OBJETIVOS.....	4
METODOLOGIA.....	4
2. ÁREA DE ESTUDO.....	5
LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO.....	6
Geologia.....	6
Topografia.....	11
Piezômetros.....	11
Corpos d'água.....	13
3. AVALIAÇÃO GEOFÍSICA.....	14
TÉCNICAS GEOFÍSICAS DE INVESTIGAÇÃO.....	15
A- Perfilagem de poço.....	15
B- Caminhamento eletromagnético indutivo.....	17
C- Sondagem elétrica vertical.....	21
4. LEGISLAÇÃO.....	27
Legislação Federal.....	28
Legislação do Estado de São Paulo.....	28
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	29
CONCLUSÕES.....	30
RECOMENDAÇÕES.....	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
- ANEXO 1.....	35
- ANEXO 2.....	51
- ANEXO 3.....	70



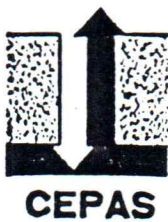
CEPAS

AGRADECIMENTOS

Aos colegas Professores e Pesquisadores do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas (CEPAS) Nelson Ellert e José Milton Benetti Mendes, pela colaboração valiosa nos trabalhos de geofísica.

À Empresa proprietária dos terrenos onde se situa o depósito de cianeto, pela colaboração propiciada.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Tecnológica (CNPq), pelo apoio financeiro. Processo nº 303283/87-4/EC/FV.



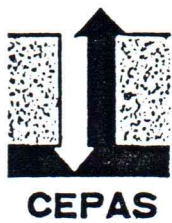
RESUMO

Cerca de 500 kg de cianeto sólido provenientes do processamento industrial, foram depositados no terreno de propriedade de uma Empresa, localizados no Município de Campinas.

Este depósito, constituído de 5 caixas de concreto enterradas teve a sua estanqueidade comprometida, permitindo que soluções provenientes da lixiviação deste rejeito pela ação das chuvas, se infiltrassem no solo e atingissem as águas subterrâneas.

Técnicas geofísicas de investigação foram utilizadas no diagnóstico da contaminação do subsolo por cianetos.

Com base nas recomendações do estudo, a Empresa vem monitorando a qualidade química das águas subterrâneas e, se preparando para a recuperação do meio ambiente.



1 . INTRODUÇÃO

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Dos países em desenvolvimento, o Brasil é o que mais produz resíduos industriais. Esta situação tende a piorar, visto que o aumento da produção significará mais rejeitos que, no final do processo de fabricação, acabarão por retornar ao meio ambiente.

Mais de 3 milhões de toneladas/ano de resíduos industriais são colocados inadequadamente pelas indústrias, em lixões a céu aberto e aterros impróprios, em todo o Estado de São Paulo, à revelia do órgão ambiental.

De acordo com dados da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 1989), só na Grande São Paulo, 766 mil toneladas de rejeitos sólidos são dispostos anualmente de forma indevida. Nos municípios do interior, 27 mil indústrias dispõem anualmente e de forma inadequada 421 toneladas de resíduos perigosos. Quase 80% desse volume está concentrado nas regiões de Piracicaba (207 mil toneladas) e Campinas (112 mil toneladas).

As consequências vão desde os riscos à saúde pública até a degradação do meio ambiente, através da contaminação do ar, do solo e de corpos d'água superficiais e subterrâneos.

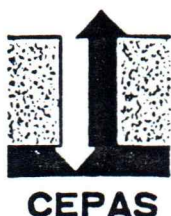
Como foi dito no relatório parcial, o trabalho se propunha enfocar a problemática da contaminação das águas subterrâneas por resíduos industriais perigosos, dispostos no Município de São Paulo.

Diante das dificuldades colocadas pelas indústrias contactadas, os objetivos da pesquisa foram transferidos para a área de uma Empresa industrial (cujo nome não se está autorizado a divulgar), localizada no município de Campinas, onde se encontra um depósito de 500 kg de cianeto provenientes do processamento. Cabe referir que este depósito não é recente.

Os cianetos são sais inorgânicos derivados do ácido cianídrico (HCN). Os cianetos de maior importância são os sais de sódio e de potássio usados na cianetação, na galvanoplastia e no endurecimento das superfícies do aço.

Os processos de oxidação levam o cianeto de sódio (NaCN) a cianato (NaCNO), ambos sendo tóxicos e solúveis em água.

As normas brasileiras, NBR 10.004 ABNT, classificam o cianeto com o código P106, na relação das substâncias "Agudamente Tóxicas". No que tange ao lançamento de águas contaminadas com efluentes



industriais, a Legislação Federal, Resolução 20 do CONAMA, estabelece o teor máximo permissível nos efluentes em 0,2 mg/litro. A mesma legislação ao classificar as águas, estabelece os limites de cianeto constantes da Tabela 1.

No que concerne aos parâmetros de potabilidade, a Organização Mundial de Saúde (OMS), recomenda que o teor máximo de cianetos seja limitado a 0,1 mg/litro.

Tabela 1

Concentração de cianeto por classes de água.

CLASSE	SALINIDADE	USOS PRINCIPAIS *	TEORES DE CIANETO mg/litro
Especial	Doce	Potável-ST	Ausente
1	Doce	Potável-TS	0,01
2	Doce	Potável-TC	0,01
3	Doce	Potável-TC	0,2
4	Doce	Potável-TC	0,2
5	Salobra	Recreação	0,005
6	Salobra	Recreação	0,005
7	Salgada	Recreação Navegação	0,005
8	Salgada	Navegação	0,005

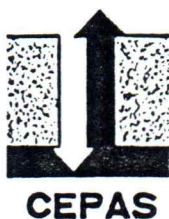
* ST - Sem Tratamento

TS - Tratamento Simplificado

TC - Tratamento Convencional

A solubilidade dos cianetos de sódio e potássio favorece a tratabilidade de ambos, mas propicia também a sua dispersão nas águas subterrâneas, o que deve ser evitado.

Com base nos dados dos levantamentos geofísicos, a pesquisa identificou a contaminação do subsolo e a tendência da pluma de contaminação, segundo as vertentes do divisor de águas onde se localiza o depósito de cianeto.



Como consequência, a Empresa providenciou a instalação de piezômetros para monitoramento da qualidade química das águas subterrâneas e a retirada dos resíduos dos tanques, como medida de restauro das condições de equilíbrio ambiental.

OBJETIVOS

Foram definidos os seguintes objetivos:

- realizar estudos geológicos e hidrogeológicos de campo;
- diagnosticar a presença e a tendência da pluma de contaminação.

A instalação de piezômetros e o monitoramento da qualidade química das águas subterrâneas, segundo a tendência da pluma de contaminação, ficou a cargo da Empresa, razão pela qual, neste trabalho não são apresentados dados sobre análises químicas.

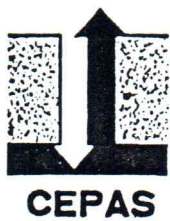
METODOLOGIA

Para atingir os objetivos definidos foram estabelecidas as seguintes etapas:

1. Prévio conhecimento da área de estudo através dos dados existentes e da visualização da mesma.
2. Aplicação das técnicas geofísicas de investigação.

Com estas técnicas se estabeleceu a seguinte sequência de atividades:

- A- Perfilagem de poço
- B- Caminhamento eletromagnético indutivo
- C- Sondagem elétrica vertical



2. AREA DE ESTUDO

LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO

A área de estudo se localiza em terrenos de uma Empresa industrial situados no município de Campinas, no Estado de São Paulo.

A área onde se situa o depósito de rejeitos industriais é cercada por muros e isolada do setor industrial. Ali, se encontram 5 caixas de concreto contendo 500 kg de cianeto sólido provenientes do processamento industrial (Fotos 1 e 2). Estas caixas tiveram sua estanqueidade comprometida, permitindo que soluções provenientes da lixiviação deste rejeito pela ação das chuvas, se infiltrassem no solo e atingissem as águas subterrâneas.

Os mapas 1 e 2 mostram a localização da área e dos tanques.

Em torno dos muros da área de deposição foram construídas valas de contenção do cianeto dissolvido (Foto 3).

Do lado ESE e extras muros, há presença de grande quantidade de rejeitos industriais, como produtos graxos de alta viscosidade.

Geologia

No que concerne à geologia, a área é constituída por sedimentos do Grupo Tubarão, recobrindo o embasamento cristalino formado por gnaisses de coloração escura. Dados de sondagem rotativa previamente executadas, mostram que os gnaisses se encontram, em alguns locais, bastante fraturados.

Conforme os dados de sondagem, o embasamento cristalino se encontra a diferentes profundidades, variando de um mínimo de 11 m a um máximo de 17 m. Em alguns locais, em profundidade, ocorre a presença de uma camada de argilito cinza intercalado com níveis de siltito e arenito, bastante compacto. Na superfície podem ocorrer partes recobertas por aterro, conforme descrito no PZ-5 (piezômetro 5) - Figura 7, Anexo 1.



FOTO 1

VISTA EXTERNA DO DEPÓSITO

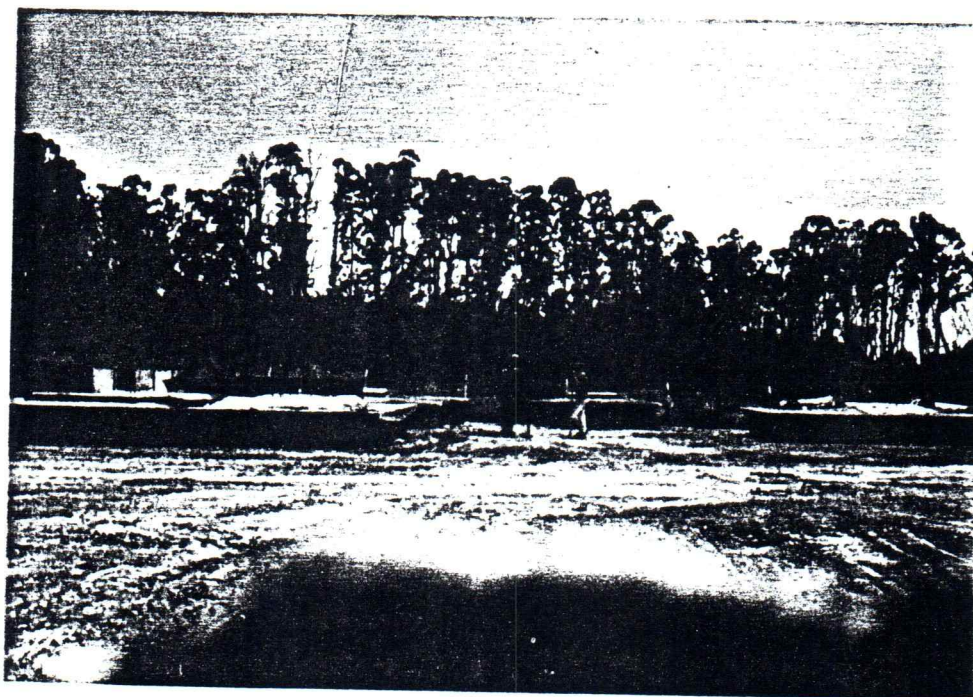


FOTO2

VISTA INTERNA DO DEPÓSITO DE REJEITOS



FOTO 3

REALIZAÇÃO DE SONDAGENS GEOFÍSICAS PRÓXIMA A
UMA DAS VALAS DE CONTENÇÃO DE CIANETO ABERTAS
EM TORNO DO DEPÓSITO DE REJEITOS

Topografia

Quanto á topografia, a área está representada por um pequeno espigão, um divisor de águas, sobre o qual se encontra instalado o depósito de rejeitos. Este espigão, alongado, de direção E-W, possui largura relativamente pequena em seu topo, que não ultrapassa os 100 m.

Cobertura vegetal

A cobertura vegetal está representada por diversos tipos de vegetação. Parte da área está coberta por gramíneas e por árvores (eucaliptos). Alguns locais da face norte do espigão estão ocupados por agricultura.

Piezômetros

À volta dos muros que ladeiam a área onde foi depositado o cianeto, foram construídos pela Empresa 5 piezômetros (PZ-1, PZ-3, PZ-5, PZ-7, PZ-8, Mapa 1 e Anexo 1) para monitorar a qualidade químicas das águas subterrâneas.

Os piezômetros são tubos de PVC de 3 polegadas de diâmetro, com uma extensão máxima de 22,85 m no PZ-5 - Figura 7, Anexo 1. No restante da área, a sua extensão foi limitada em menos de 15 m, ou seja, sempre acima do nível freático. Isto pode ser visualizado nas colunas geológicas dos piezômetros constantes do Anexo 1.

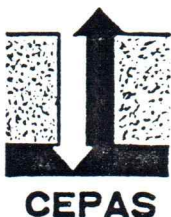
Os piezômetros foram construídos com sonda rotativa, atingindo a profundidade máxima de 24 m. Chama a atenção o fato de somente o PZ-5 ter atingido o nível freático. Análises de água amostrada neste piezômetro pela Empresa acusaram a presença de cianeto.

Os piezômetros, na sua parte superior, se encontram protegidos por uma caixa de cimento coberta por tampa de ferro. Como estas tampas são deficientes, a água de chuva se acumula no interior das caixas, dado o fato destas não possuírem drenagem. Consequentemente, como a maioria dos piezômetros não tem tampa de boca, esta água penetra no interior dos mesmos (Foto 4). Logo, a água encontrada no interior destes poços que não atingem o lençol freático, somente poderá ter advindo da água de chuva acumulada nas suas caixas de cobertura.



FOTO 4

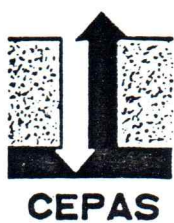
CAIXA DE CIMENTO PROTETORA DA PARTE SUPERIOR
DO PIEZÔMETRO.



Com base em simples observação da profundidade do nível freático somente atingido no ponto PZ-5 , situado a uma cota superior a todos os outros piezômetros, é de se esperar que o fluxo da água subterrânea se dirija para NNE.

Corpos d'água

A 450m do depósito de cianeto encontram-se 3 barragens (vide Mapa 2), cujas águas são captadas pela Empresa no uso potável e no processamento industrial. Análises realizadas na água das barragens revelaram teores de cianetos.



3. AVALIAÇÃO GEOFÍSICA

TÉCNICAS GEOFÍSICAS DE INVESTIGAÇÃO

Visando identificar a contaminação do subsolo e a tendência da pluma de contaminação, foram utilizadas as seguintes técnicas geofísicas:

A - Perfilagem de poço

Entende-se por perfilagem de poço o procedimento segundo o qual uma sonda (ou detetor) é descida em um furo através de um cabo. Quando da descida da sonda, são obtidas em profundidade informações sobre os estratos geológicos que são registrados na superfície. No caso específico, os parâmetros medidos foram respectivamente: condutividade elétrica obtida de forma indutiva (eletromagnética indutiva) e radioatividade natural (gama natural).

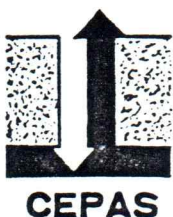
O objetivo deste levantamento foi tentar identificar a presença de nuvens poluentes na parte correspondente ao solo não saturado. Existentes, deveriam conferir ao subsolo uma condutividade contrastante com o restante da área. Como camadas constituídas por argilas possuem condutividades elevadas, estas poderiam ser interpretadas como sendo camadas atingidas pela nuvem poluente. Como os minerais de argila apresentam normalmente elevados teores de potássio em sua constituição química, originam elevados índices de radioatividade natural. Esta radiação gama, uma vez detectada permite diferenciar camadas argilosas de camadas arenosas. Assim, camadas com baixa radioatividade natural e elevada condutividade, correspondem seguramente a camadas arenosas, saturadas com água contendo elevada porcentagem de sais, ácidos ou bases.

No caso da área em questão, as extensões perfiladas foram relativamente pequenas, considerando, que os piezômetros, na maioria dos casos, possuíam uma pequena profundidade, limitando-se principalmente à camada de sedimentos do Grupo Tubarão.

Foram perfilados 5 (cinco) piezômetros (PZ) a saber:

PZ-1

conforme dados de sondagem fornecidos, a estratigrafia local está caracterizada por uma camada superficial de aterro de 1 m de espessura. Segue-se uma camada de argilito. Aos 13,16 m encontra-se o topo rochoso, gnaiss pouco alterado.



A perfilagem tem uma extensão de somente 8,40 m limitada pelo comprimento do piezômetro e possível entulhamento de seu fundo. A condutividade aumenta progressivamente a partir dos 4 m até um máximo aos 7 m onde permanece estável. A perfilagem de radiação gama indica valores relativamente baixos e constantes, sugerindo camadas contendo baixo teor de argila.

Nestas condições, a presença de alta condutividade poderia ser interpretada pela possível presença de camadas poluidoras situadas a pequena profundidade.

PZ-3

Conforme descrição da sondagem, trata-se de uma sequência de 2 camadas arenosas intercaladas por uma de argila cobrindo o embasamento que se encontra a 17 m de profundidade.

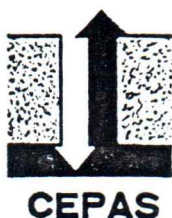
A perfilagem, com extensão de 15,9 m indica a presença da camada argilosa entre 3 m e 7 m de profundidade, com condutividade mais elevada. A perfilagem gama natural indica valores altos entre 7 e 11 m, reflexo possível de uma concentração de argila dentro da camada de arenito. Nenhum indício de poluição foi detectado nas camadas mais superficiais.

A Foto 3 (vide pag. 10) mostra a perfilagem do PZ-3.

PZ-5

Uma camada de argila silto arenosa atinge a espessura de 7 m e se encontra recobrindo o solo. Abaixo desta, uma camada de areia fina de 4 m cobre o embasamento cristalino.

A perfilagem, com extensão de 22 m, indica condutividades mais elevadas nas camadas superficiais, até a profundidade de 11 m. A radiação gama indica valores mais baixos correspondentes ao embasamento cristalino. Nada de anormal quanto a condutividades elevadas, salvo à profundidade de 3 a 4 m, devido à presença de eventuais corpos metálicos nas proximidades do furo.



PZ-7

Uma camada de argila de 3,5 m cobre a superfície. Segue-se uma camada argilosa de 4,5 m cobrindo outra de areia fina com 6,7 m de embasamento cristalino que se encontra a 17,75 m de profundidade.

A perfilagem, com extensão de 11,4 m detectou condutividades baixas e relativamente constantes, o que ocorre igualmente com a perfilagem gama natural. Nesta perfilagem os dados não refletem a coluna geológica descrita.

PZ-8

O solo se encontra coberto por uma camada de 2 m de aterro. Abaixo desta uma de 9 m de areia argilosa, cobre outra de argila silto-arenosa de 2 m. Uma camada de areia fina de 1 m, entre os 13 e 14 m, cobre uma de argilito de 0,7 m que encerra a sequência sedimentar sobreposta ao embasamento cristalino.

A perfilagem, com 10,2 de extensão, indica condutividades mais elevadas a partir dos 6 m, que não são correspondidas por um aumento da radiação gama, o que sugere a existência de poluente no solo, nesta profundidade.

As colunas geológicas desenhadas e descritas pela SONDOSOLO e os gráficos de condutividade e gama natural elaborados no campo com dados das perfilagens estão registrados no anexo 1.

B - Caminhamento eletromagnético indutivo

Conforme mencionado, soluções advindas de rejeitos industriais ou similares, dadas às suas características de composição química, normalmente possuem condutividade contrastante quando comparada à água subterrânea normal.

Como os solos são constituídos de minerais eletricamente possuidores de baixa condutividade, esta, quando grande, é consequência direta da saturação dos solos por água, bem como das características químicas destas soluções saturantes.



Como a água subterrânea migra no subsolo, os poros por ela saturados conferem ao maciço como um todo, características de condutividade contrastante. Assim, empregando qualquer dispositivo que permita medir a condutividade do solo, é possível identificar-se a presença destas zonas condutoras. Na área foi empregado o método eletromagnético indutivo, representado pelo equipamento EM-34D, construído pela GEONICS (Canadá).

Os perfis, em número de 14, perfizeram um total de 177 pontos de medida e 3260m de extensão.

Perfil - 1

Com extensão de 380m, apresenta valores de condutividade que atingem até 13 mS/m, concentrados em sua parte central. Estes valores mais elevados encontrados com as bobinas com eixo vertical, indicam que as partes mais condutoras se encontram a profundidades maiores, ou seja, no embasamento cristalino.

Perfil - 2

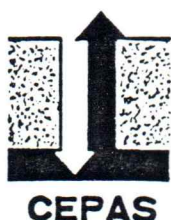
Medido próximo do perfil 1, com extensão de 240m, repete o aspecto encontrado pelo perfil anterior, porém deslocado para estações mais distantes de sua parte inicial.

Perfil - 3

Medido ao longo da estrada que dá acesso ao depósito de rejeitos, indica maiores valores quando se aproxima deste, com valores de condutividade mais elevados a profundidades menores, sugerindo uma condutividade concentrada nas camadas existentes acima do substrato.

Perfil - 4

Medido ao longo do trecho abandonado da estrada de ferro. Caracteriza-se por ser o perfil que apresenta os mais elevados valores, sobretudo para a bobina vertical, onde valores acima de 70mS/m foram detectados. Os valores encontrados com a bobina na horizontal apresentam o seu pico na estação 140m. Há uma nítida tendência para elevação gradual dos valores e posterior decréscimo voltando ao valor do background. São estes valores encontrados que



na figura tridimensional mostram os elevados picos. Este perfil atingiu a extensão de 280m.

Perfis 5-6-7

Estes foram medidos nas vizinhanças imediatas do depósito, em seu contorno entre os muros e a vala em construção. Apresentam valores que atingem mais de 30 mS/m, bem acima dos valores encontrados nos dois primeiros perfis. Na média das medidas, os valores com bobinas vertical e horizontal pouco diferem, revelando uma grande homogeneidade das características elétricas das camadas.

Perfil 8

Medido obliquamente aos perfis 1 e 3, com extensão de 300m indica na sua parte final valores mais elevados de condutividade que atingem até 15 mS/m. Os valores mais elevados são encontrados em profundidades maiores, provavelmente junto à camada topo do embasamento cristalino.

Perfil 9

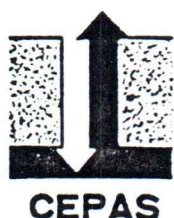
Medido obliquamente ao perfil 4 indica em sua parte inicial altos valores, 15 e 20 mS/m, respectivamente para as bobinas horizontal e vertical. A medida que as estações se aproximam de sua distância máxima, 340m, os valores tendem a cair ao do "background".

Perfis 10 -11

Continuação do perfil 3, indicam também valores mais elevados na sua parte final, sobretudo para as medidas obtidas com bobinas verticais. O comportamento indefinido na estação 100 (Perfil 10) poderia ser produto de uma variação lateral intensa, conforme se detecta no perfil 9.

Perfil 12

Este perfil corta transversalmente o perfil 3, até adentrar na área do depósito de rejeitos. Em sua parte final, já no contexto



dos perfis 6 e 7, apresenta elevados valores de condutividade, reflexo de contaminação das camadas.

Perfil 13

Com o início paralelo ao trecho da ferrovia abandonada, cortando o vale aí existente, e tomando posição paralela ao perfil 9, indica no trecho do vale, os mais elevados valores, o que se reflete nas figuras tridimensionais descritas a seguir.

Perfil 14

Medido obliquamente ao perfil 3, sem porém atingi-lo, mostra valores mais elevados na altura da estação 200m, 240m. Estes valores mais elevados indicam a tendência na figura tridimensional analisada a seguir.

Os perfis descritos estão registrados no anexo 2. A posição dos perfis com as estações de medida, está assinalada no Desenho 1.

Representação 3D H

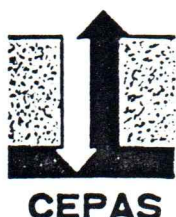
As figuras do anexo 2, mostram a distribuição tridimensional dos valores obtidos e representados individualmente nos perfis anteriormente descritos.

Na Figura 1 estão representados os valores obtidos com o eixo da bobina horizontal, ou seja investigando a profundidades menores.

Há um pico significativo na parte próxima do centro, resultado dos valores obtidos ao longo da estrada de ferro situada atrás do depósito.

Representação "topográfica" H

A Figura 2 é a representação das curvas de nível da superfície tridimensional da figura anterior. Verifica-se aqui um pico situado nas coordenadas 130E 220N. Fica clara a existência de duas tendências de condutividades mais elevadas, de distribuição preferencial a partir deste ponto central acima mencionado rumo ao ponto 420E 450N.



O segundo trecho, 240E 450N apresenta valores muito mais elevados (12 mS/m) o que sugere um pronunciado escoamento em profundidade rumo a esta direção NNE. Um escoamento rumo SE, se houver, será de pequena intensidade.

Representação 3D vertical

A Figura 3 anexo 2, corresponde à representação topográfica dos dados obtidos com o eixo das bobinas na vertical. À estas medidas correspondem valores mais elevados, visto que o pico máximo situa-se acima de 60 mS/m.

Verifica-se nesta representação duas tendências de condutividades mais elevadas que se estendem rumo NNE e SSE.

Representação "topográfica" V

A Figura 4 mostra claramente os picos encontrados bem como as tendências de escoamento rumo NNE e SSE. A primeira com valores que atingem 20 mS/m e a segunda com valores de até 12 mS/m.

Esta figura que representa informações de profundidades maiores, comprova que deve existir um fluxo na superfície do embasamento, ou mesmo concentrado nas camadas sedimentares a ele sobrepostas.

C - Sondagem elétrica vertical

O levantamento executado pelo método eletromagnético indutivo permite identificar os locais com condutividade contrastante, porém não permite determinar, com precisão, uma estratigrafia elétrica do local, ou seja, definir espessuras e condutividade (ou resistividades) das camadas na vertical.

O levantamento executado por sondagem elétrica, consta basicamente no emprego de um sistema de 4 eletrodos, sendo 2 como eletrodos de corrente e 2 de potencial. Uma tensão aplicada aos

eletrodos de corrente cria fluxo de corrente solo cuja distribuição depende das características das camadas do sub-solo.

As sondagens elétricas, em número de 6 (seis), foram interpretadas usando-se o programa RESISTP, desenvolvido por pesquisadores da Universidade do Canadá em cooperação com os da USP, programa este utilizado em PC compatíveis com IBM.

O procedimento de interpretação está baseado no princípio de tentativa e erro, onde as curvas obtidas por meio dos parâmetros de espessura e condutividade fornecidos, são comparadas com as curvas medidas no campo. Esta comparação se faz passo a passo, camada por camada, até que se obtenha uma correlação com erro inferior a 6%. Este valor de 6% é atingido quando as curvas de campo são boas refletindo condições de homogeneidade geolétrica lateral e ausência de anisotropia.

SE-1

Esta sondagem medida nas proximidades do PZ-8, revela a presença de 4 camadas geolétricas sobrejazzendo ao embasamento cristalino.

ESPESSURA (m)	PROFUNDIDADE (m)	RESISTIVIDADE (Ohm.m)	LITOLOGIA PROVAVEL
1,5	0,0 - 1,5	110	aterro
2,0	1,5 - 3,5	45	argila
0,8	3,5 - 4,3	1000	argila compacta seca
10,0	4,3 - 14,3	15	argila ou areia com contaminante
	maior - 14,3	00	embasamento cristalino

Medida de condutividade de água contida dentro do piezômetro PZ-8, indicou condutividade muito elevada, o que é igualmente comprovado pela perfilagem de poço já anteriormente descrita.

O perfil do poço (dado fornecido), descreve a existência do embasamento cristalino a uma profundidade de 14,63, o que comprova a interpretação da curva de sondagem elétrica.

SE-2

Esta SEV foi medida no leito do antigo trecho da FEPASA.

A interpretação desta SEV nos dá a seguinte sequência:

ESPESSURA (m)	PROFUNDIDADE (m)	RESISTIVIDADE (Ohm.m)	LITOLOGIA PROVAVEL
1,0	0,0 - 1,0	300	solo arenoso seco
3,1	1,0 - 4,1	120	areia argilosa
18,0	4,1 - 22,1	18	argila ou areia com contaminante
	maior - 22,1	00	embasamento cristalino

Os dados obtidos comprovam a presença, em profundidade de uma camada de condutividade muito elevada, fato este já detectado pelo perfil 4 medido anteriormente, onde se suspeitava pela interferência da parede de contenção existente na margem W do corte. Como aqui os valores de baixa resistividade (alta condutividade) se repetem, conclue-se pela não interferência desta obra civil nos valores EM obtidos.

SE-3

Esta SEV foi medida ao longo da linha onde foi executado o perfil 9 EM (eletromagnético). A interpretação da mesma fornece a seguinte coluna:

ESPESSURA (m)	PROFUNDIDADE (m)	RESISTIVIDADE (Ohm.m)	LITOLOGIA PROVAVEL
1,0	0,0 - 1,0	3000	solo seco
6,8	1,0 - 7,8	220	areia argilosa
32,0	7,8 - 39,8	30	arenito e embasamento alterado provavelmente contaminado
	maior - 39,8	00	embasamento cristalino

Assim como detectado no perfil 9 aí medido, comprova-se a presença em profundidade de uma camada com condutividade mais elevada, que poderá ser uma mistura de sedimentos argilosos e soluções saturantes condutoras.

SE-4

Esta SEV, foi medida ao longo do perfil 1 EM, cuja interpretação fornece a seguinte sequência geoeletrica:

ESPESSURA (m)	PROFUNDIDADE (m)	RESISTIVIDADE (Ohm.m)	LITOLOGIA PROVAVEL
1,0	0,0 - 1,0	480	solo superficial
2,7	1,0 - 3,7	2000	camada arenosa seca
10,0	3,7 - 13,7	800	camada areno-argilosa
25,0	13,7 - 38,7	130	camada areno-argilosa e embasamento alterado possivelmente pouco contaminado
	maior - 38,7	00	embasamento cristalino

Suspeita-se por uma pequena poluição em profundidade superior a 13,7m visto que na figura tridimensional há um ramo condutor que partindo do pico se dirige para a extremidade SE.

SE - 5

Esta SEV foi medida na extremidade final do perfil 1, local considerado branco, ou seja, onde as condições geológicas e hidrogeológicas não foram alteradas pela presença do depósito de

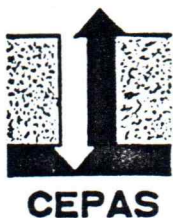
rejeitos, haja visto que os valores de condutividade aí encontrados pela medida EM serem muito baixos. Os dados obtidos pela interpretação da SEV seriam assim utilizados para identificar as resistividades das camadas limpas. A interpretação desta SEV nos fornece o seguinte quadro:

ESPESSURA (m)	PROFUNDIDADE (m)	RESISTIVIDADE (Ohm.m)	LITOLOGIA PROVAVEL
1,0	0,0 - 1,0	3400	solo arenoso seco
2,0	1,0 - 3,0	10000	solo areia grossa seca
3,0	3,0 - 6,0	500	camada de areia argilosa seca
3,5	6,0 - 9,5	700	camada areia seca
25,0	9,5 - 34,5	100	arenito argiloso limpo
	maior - 34,5	00	embasamento cristalino

Conforme identificado neste ponto, a camada basal que cobre o embasamento, mais a parte alterada do mesmo apresenta uma resistividade da ordem de 100 ohm, comprovando que os contaminantes, quando presentes, diminuem a resistividade, ou seja, elevam a condutividade das camadas.

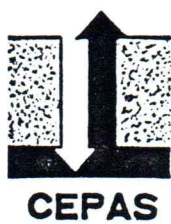
SE-6

Esta SEV foi medida bem a sul da área, em local de cota bastante baixa quando comparada com o topo onde se encontra o depósito de rejeitos. A interpretação desta SEV nos dá a seguinte sequência:



ESPESSURA (m)	PROFUNDIDADE (m)	RESISTIVIDADE (Ohm.m)	LITOLOGIA PROVAVEL
1,0	0,0 - 1,0	1350	solo arenoso seco
6,8	1,0 - 7,8	3800	arenito seco
18,0	7,8 - 25,8	20	arenito argiloso ou embasamento cristalino alterado saturado, possivelmente pouco contaminado
	maior - 25,8	00	embasamento cristalino

Os gráficos e tabelas das sondagens elétricas verticais estão registrados no anexo 3.



4. LEGISLAÇÃO

LEGISLAÇÃO

No que concerne à legislação que disciplina a disposição de resíduos sólidos no solo, existem normas a Nível Federal e Estadual (São Paulo).

Legislação Federal

Decreto - Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975 - Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente, provocada por atividades industriais, inclusive nas áreas críticas.

Decreto nº 76.389, de 3 de outubro de 1975 - Dispõe sobre medidas de prevenção e controle da poluição industrial, de que trata o Decreto - Lei nº 1.413, de 14 de agosto de 1975 e dá outras providências.

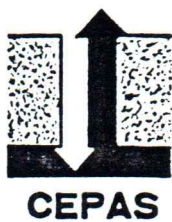
Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.

Legislação de Estado de São Paulo

Lei nº 997, de 31 de maio de 1976 - Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente.

Decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976 - Aprova o regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.

A prática da disposição inadequada do lixo doméstico e industrial no Brasil é decorrente, não da falta de legislação de proteção ambiental, mas sim da ausência de consciência ecológica por parte das entidades geradoras do lixo e de capacidade das autoridades em aplicar a lei.



5. CONCLUSÕES

E

RECOMENDAÇÕES

CONCLUSÕES

Com base nos dados obtidos dos levantamentos geofísicos, e a respectiva representação dos mesmos conclue-se que:

1 - As sondagens elétricas verticais - SEV, confirmadas pelos laudos de sondagens da SONDOSOLO, mostram nas 5 sondagens realizadas, o subsolo com areia ou areia-argila o que favorece a evolução das águas pluviais infiltradas.

2 - As mesmas sondagens SEV, identificaram contaminação no subsolo abaixo de 4 m e até ao embasamento cristalino.

3 - Existe uma nuvem poluente, sob a forma de duas manchas que partindo do topo do divisor de água, onde se encontra o depósito de rejeitos industriais, se dirige para NNE (450N-240E) e SE (05-330E) (vide Figura 4). A mancha que se dirige para NNE apresenta uma intensidade muito maior considerando que as curvas indicam valores mais elevados do que a mancha que se dirige para SE. O piezômetro PZ-5 situado praticamente na cota mais elevada que o restante dos piezômetros, foi o único a atingir o nível freático, apesar de ter a mesma profundidade que os piezômetros restantes, sugerindo que o fluxo da água subterrânea, se faz rumo a NNE.

4 - A camada contendo agentes poluentes se encontra na base da sequência sedimentar e topo do embasamento cristalino.

5 - Os levantamentos geofísicos executados, utilizando-se diferentes métodos (perfilagem, eletromagnético indutivo, eletrorresistividade) forneceram dados que confirmam as informações sobre a geologia (profundidade e espessura das camadas) e presença de manchas nuvens poluentes.

6 - Não é possível fazer afirmações conclusivas acerca da velocidade de escoamento da contaminação, uma vez que o solo não é homogêneo. Contudo, para solos arenosos a velocidade esperada é de 10^{-2} m/s, enquanto que para solos argilosos é de 10^{-3} m/s.

RECOMENDAÇÕES

Considerando que o levantamento geofísico é um procedimento indireto de investigação, os resultados obtidos devem ser considerados orientativos. Com base neste levantamento recomenda-se:

1 - Piezômetros complementares deverão ser construídos dentro das manchas poluentes, pelo menos dois em cada mancha. Na mancha situada na parte N, estes deverão estar localizados nas coordenadas relativas (360N-190E) e (450N-240E). Os piezômetros a serem construídos na face S deverão estar localizados nas coordenadas relativas (200N-210E), respectivamente.

2 - Uma vez confirmada a correspondência entre os elevados valores de condutividade com a presença de agentes poluentes, as manchas deverão ser investigadas na sua extensão de modo a ser avaliada a sua expressão em superfície.

3 - Tendo sido determinada a sua extensão, um levantamento semelhante ao descrito no item anterior será repetido após um período de 60 dias, de modo a avaliar a evolução da nuvem poluente, bem como a sua velocidade de deslocamento, ou seja, um monitoramento no tempo. Entre o término da construção dos piezômetros complementares e a realização do novo levantamento, amostras de água deverão ser coletadas dos piezômetros, a cada 30 dias, de modo a se avaliar a evolução do processo poluente.

Com base nestas recomendações, a Empresa instalou 9 piezômetros dentro das manchas poluentes para monitorar no tempo, a qualidade química das águas subterrâneas. Além disso, está promovendo, sob orientação da CETESB, a recuperação ambiental da área.

6. REFERÊNCIAS

BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Banco de Dados. São Paulo, 1989.

CHERRY, J - An Overview of Hydrogeological Aspects of Waste Disposal: Research Results and Implication - Environmental Research - Technology Transfer Conference, 1986.

LA MOREAUX, P. E. - Hydrogeological criteria for disposal of hazardous wastes to land. In: 19th Congress of the International Association of Hydrogeologists, Karlovy Vary - Czechoslovakia, 1986, Memories, volume XIX. Part 1, p.295-305, Praga, 1986.

ONISHI, E. Y.; PIRES, M. C.; JUNIOR, B. C. - Controle da Poluição por Resíduos Sólidos Industriais. Diretrizes e Política. Anais do 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária Ambiental, Maceió, ago/1985.



ANEXO 1

COLUNA GEOLÓGICA E RESPECTIVAS CONDUTIVIDADES

Fig. 1 - Cóluna geológica do PZ-1

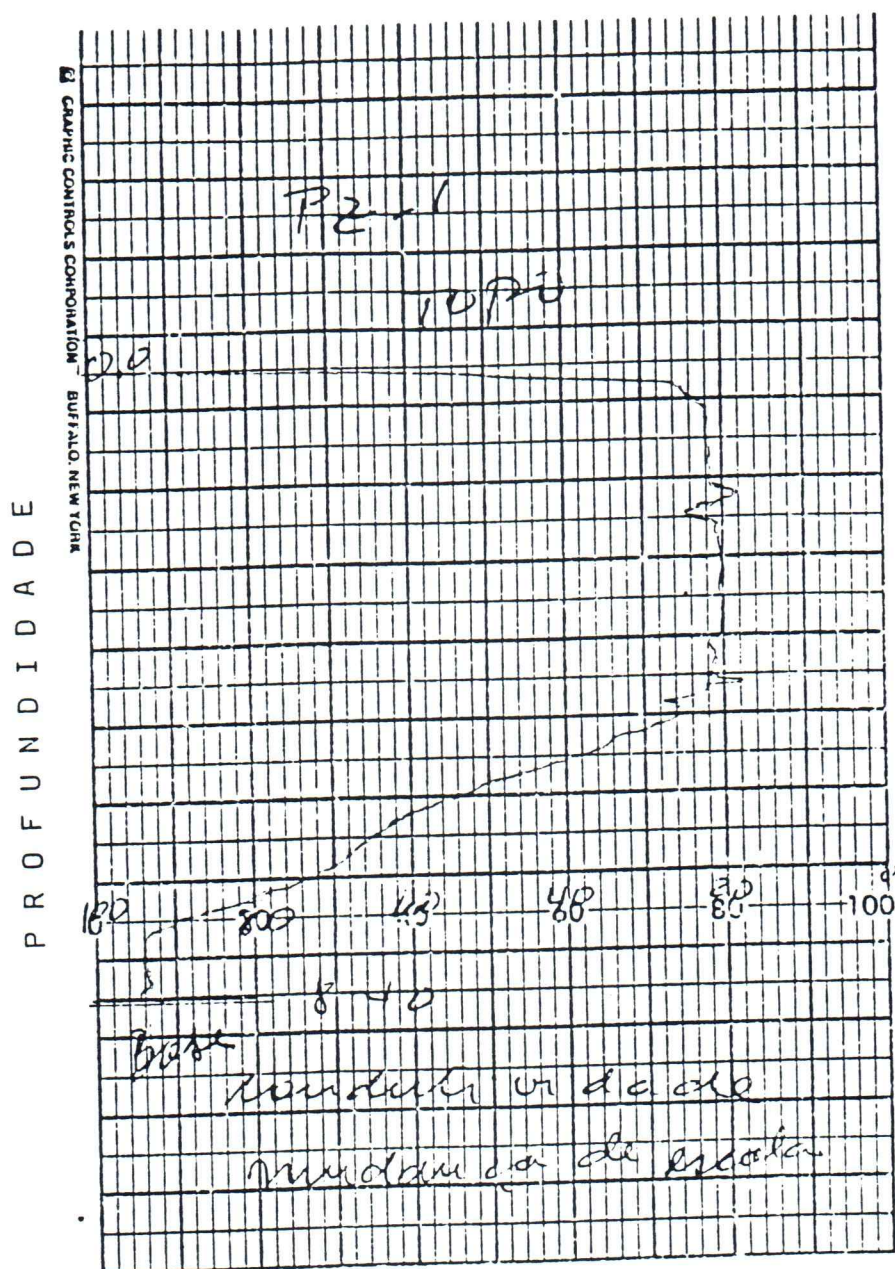


Fig. 2 - Perfilagem do Pz-1 Condutividade

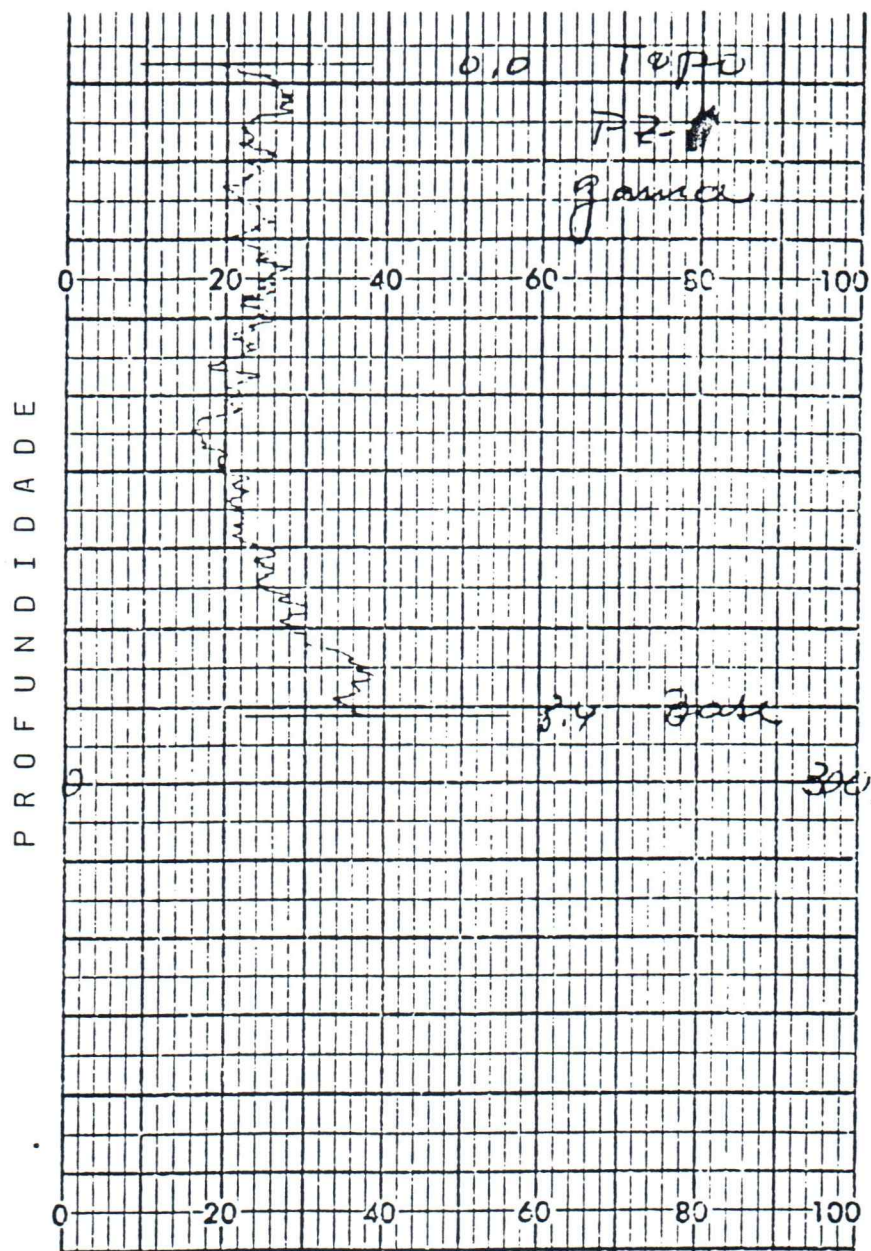


Fig.3 - Perfilagem do Pz - 1 Gama Natural

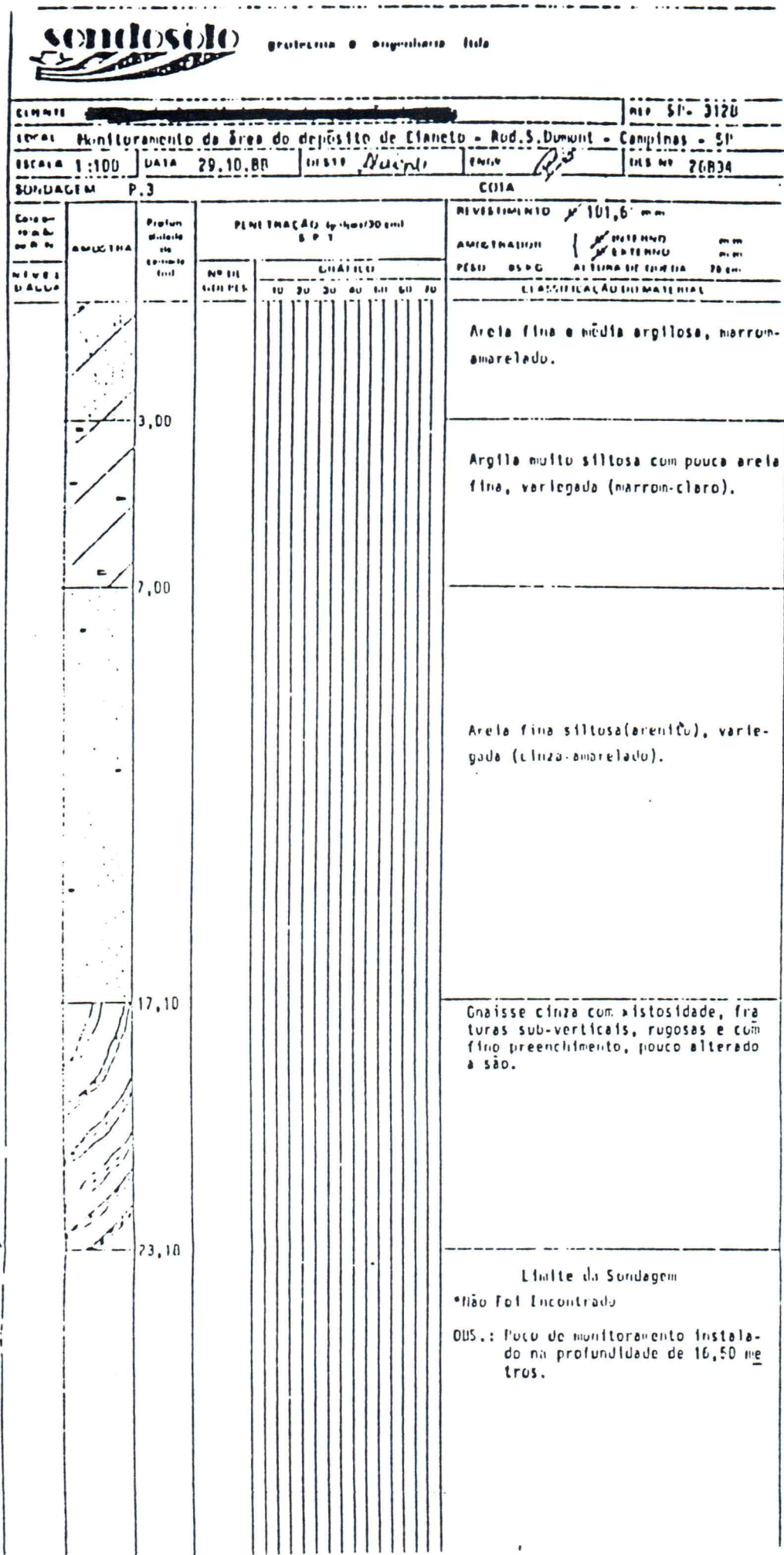


Fig. 4 - Coluna geológica do PZ-3

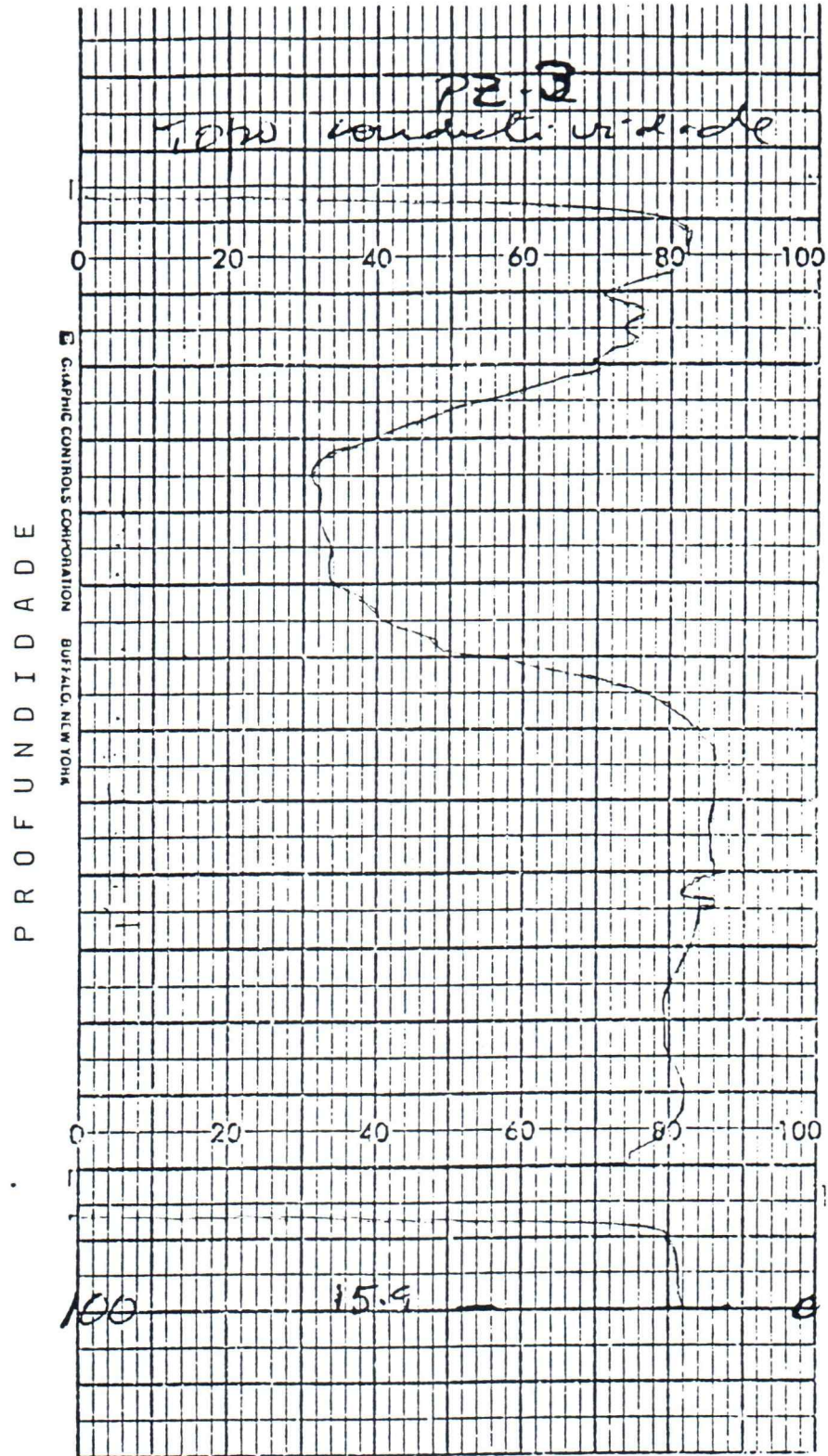


Fig.5 - Perfilagem do Pz - 3 Condutividade

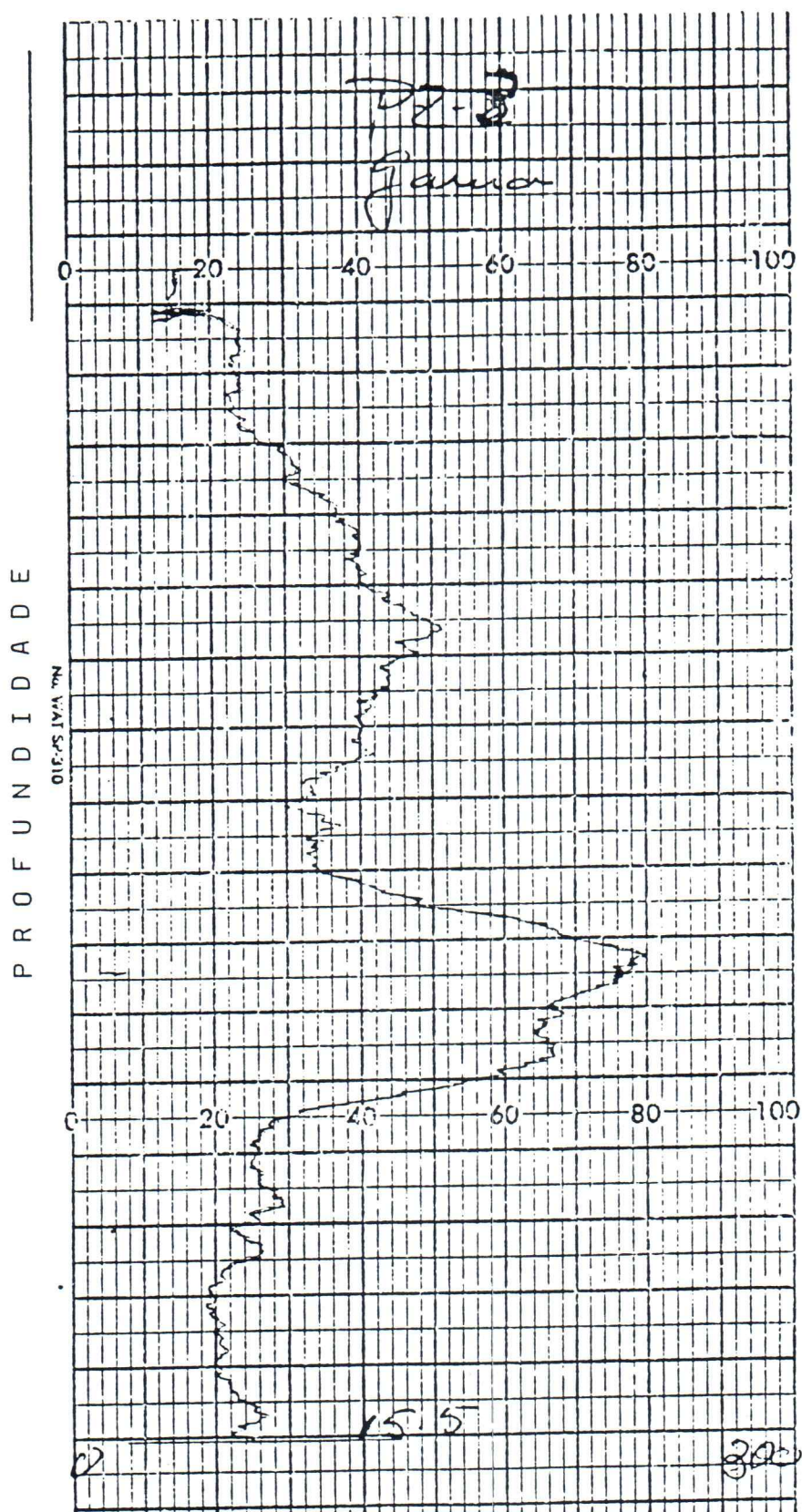


Fig. 6 - Perfilagem do Pz - 3 Gama natural

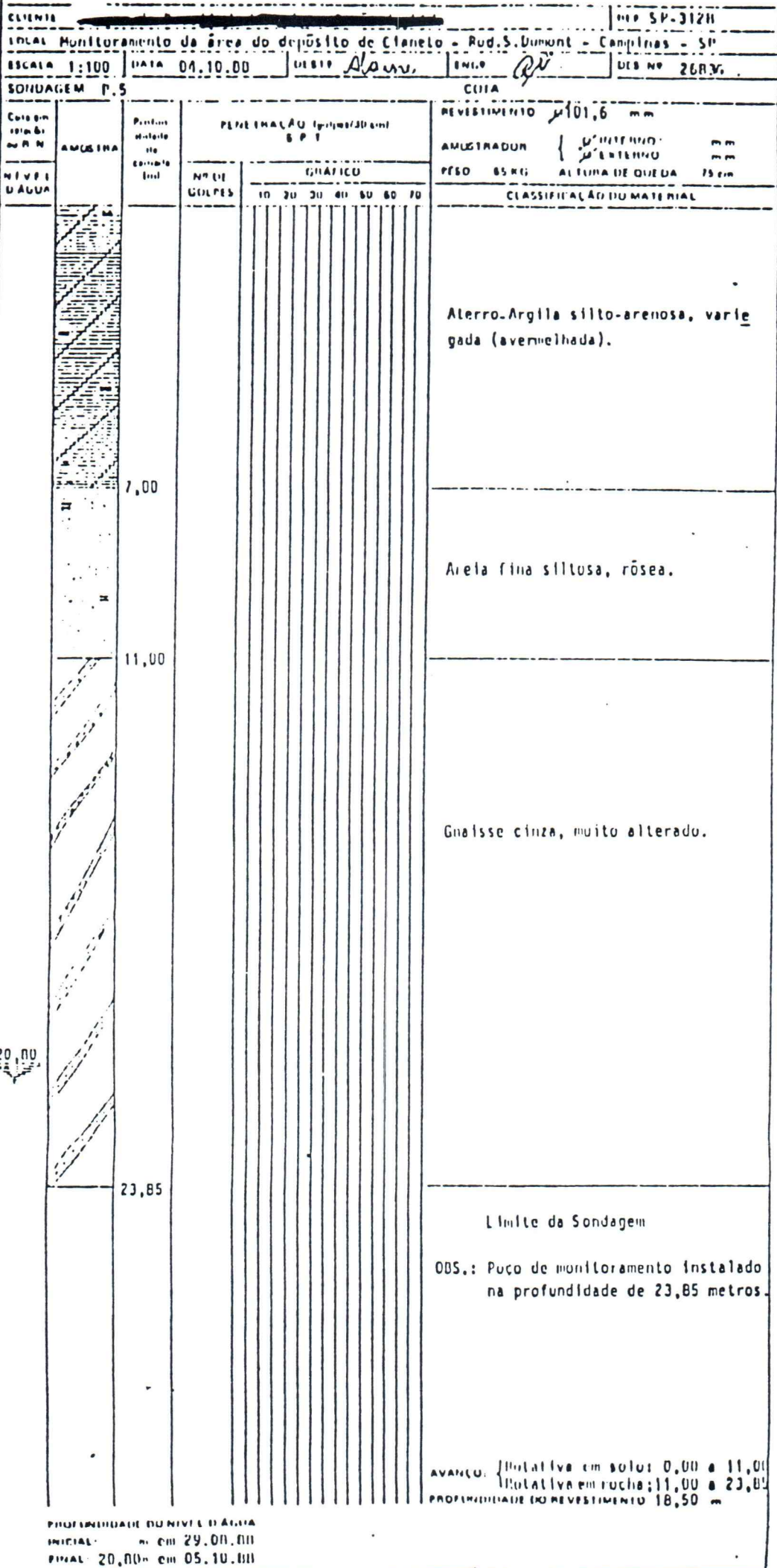


Fig. 7 - Coluna geológica do PZ-5

PROFUNDIDADE

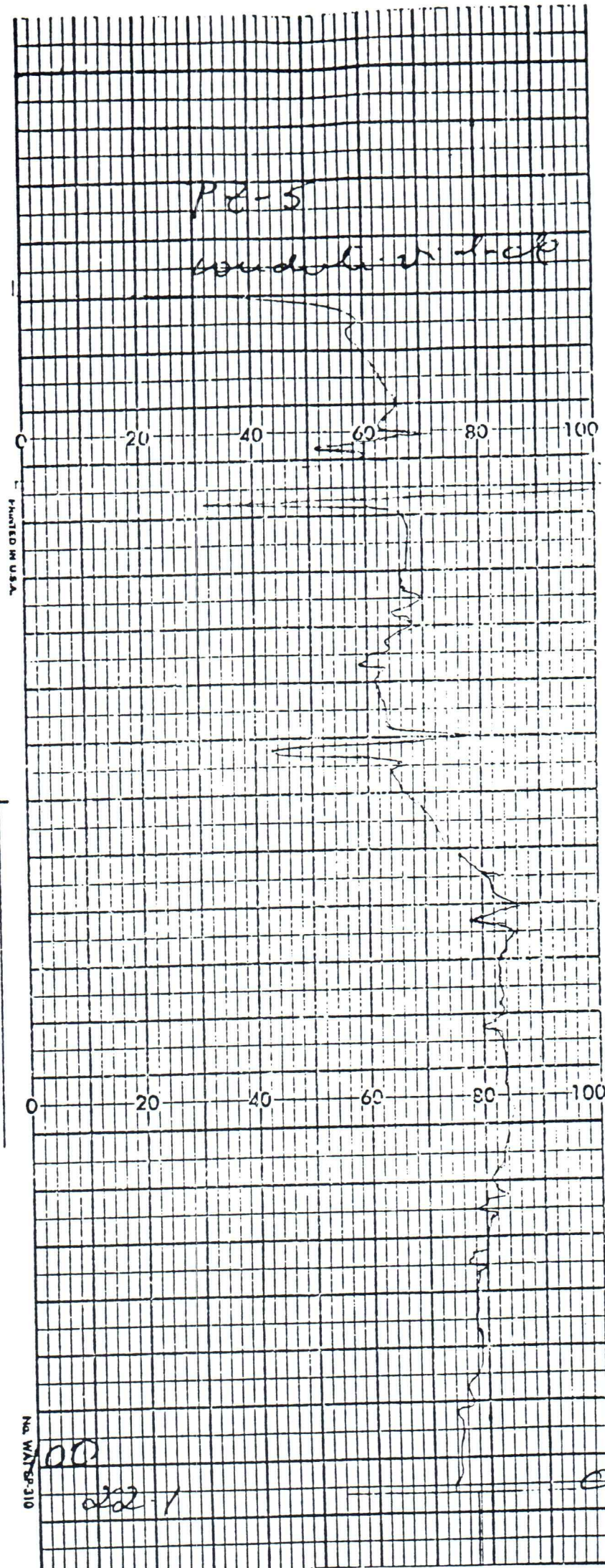


Fig. 8 - Perfilagem do Pz - 5 Condutividade



PROFUNDIDADE

GRAPHIC CONTROLS CORPORATION
BUFFALO, NEW YORK

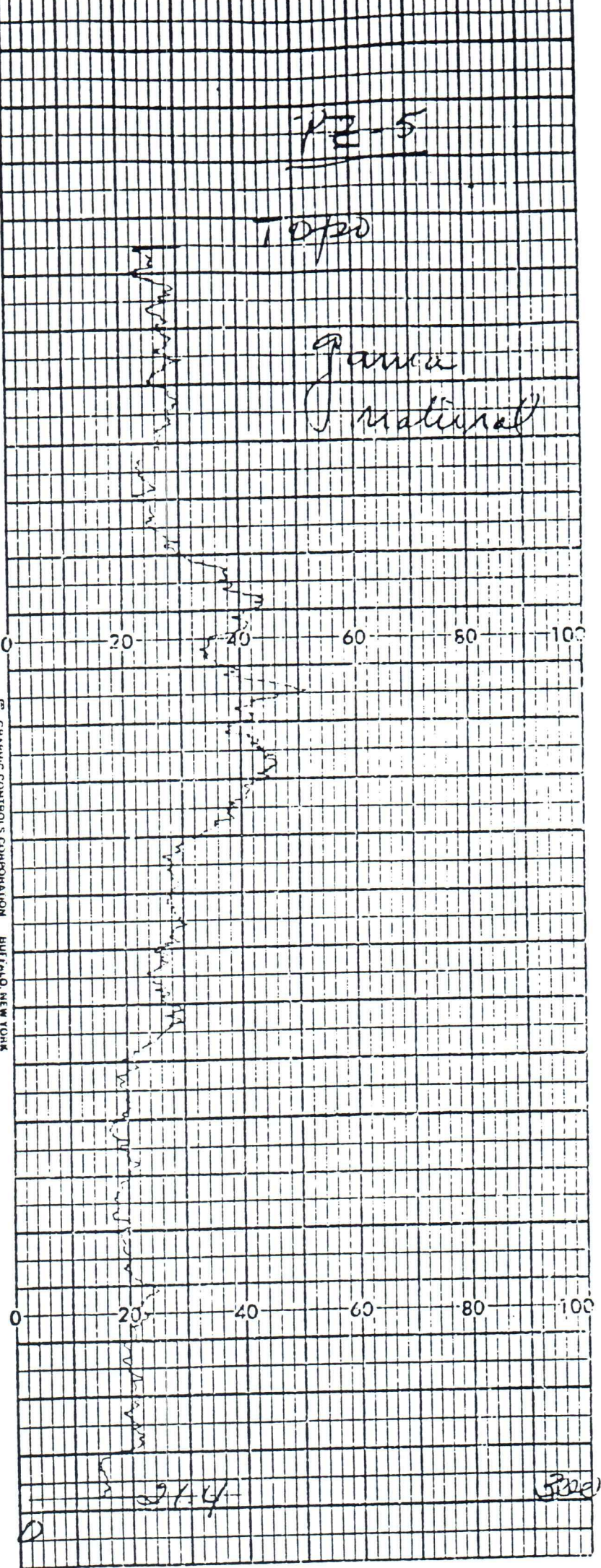


Fig. 9 - Perfilagem do Pz - 5 Gamma Natural

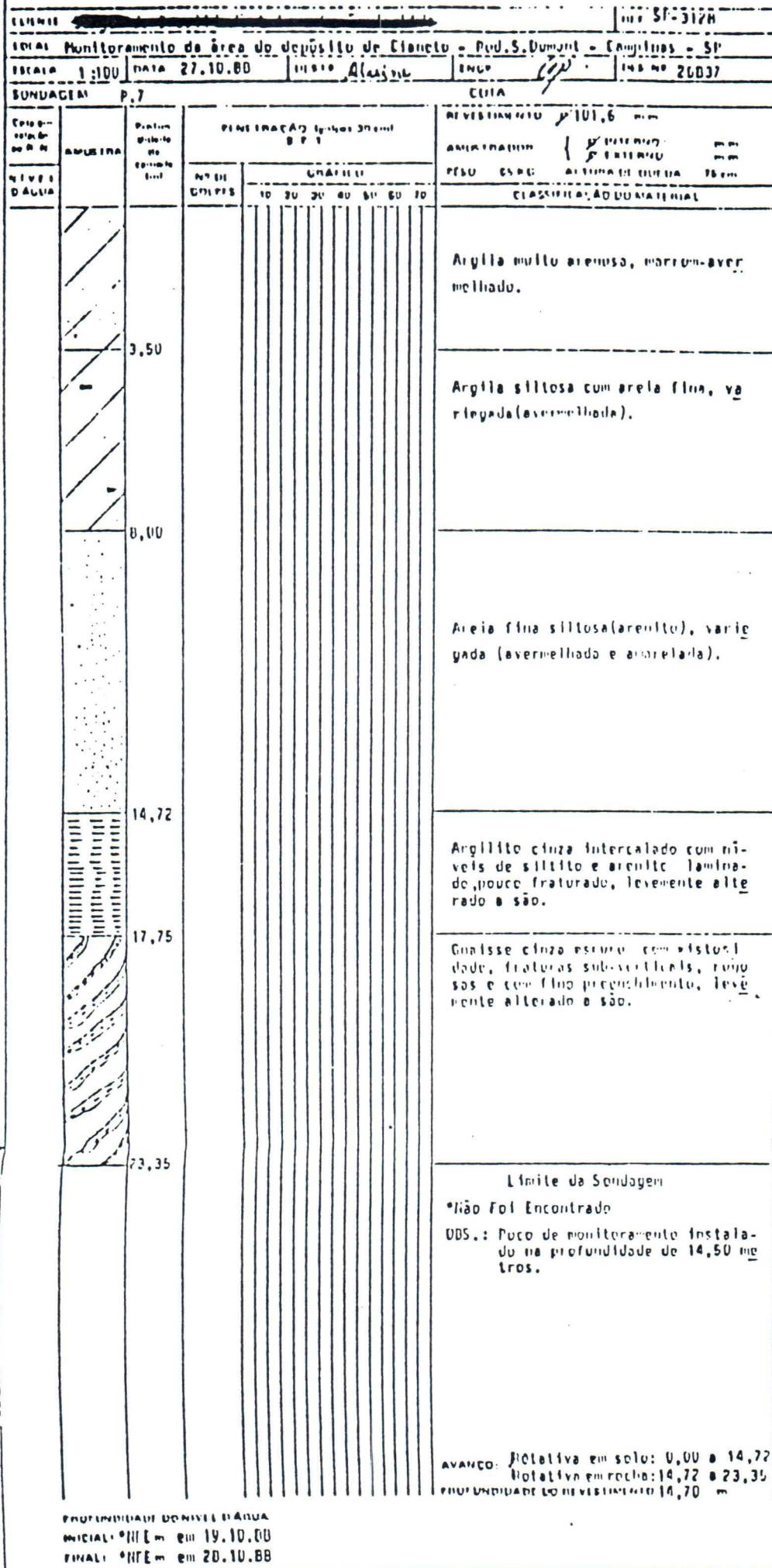


Fig. 10 - Coluna geológica do PZ-7

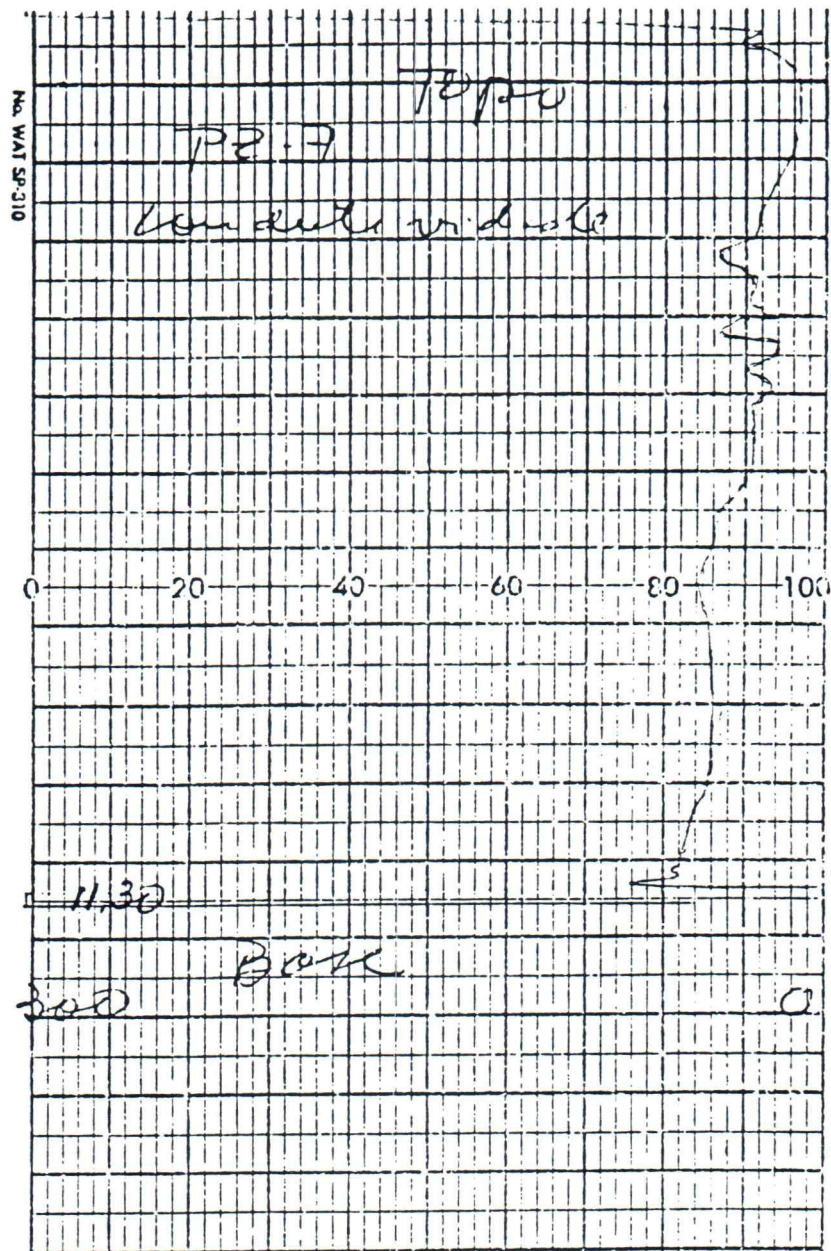


Fig. 11 - Perfilagem do Pz - 7 Condutividade

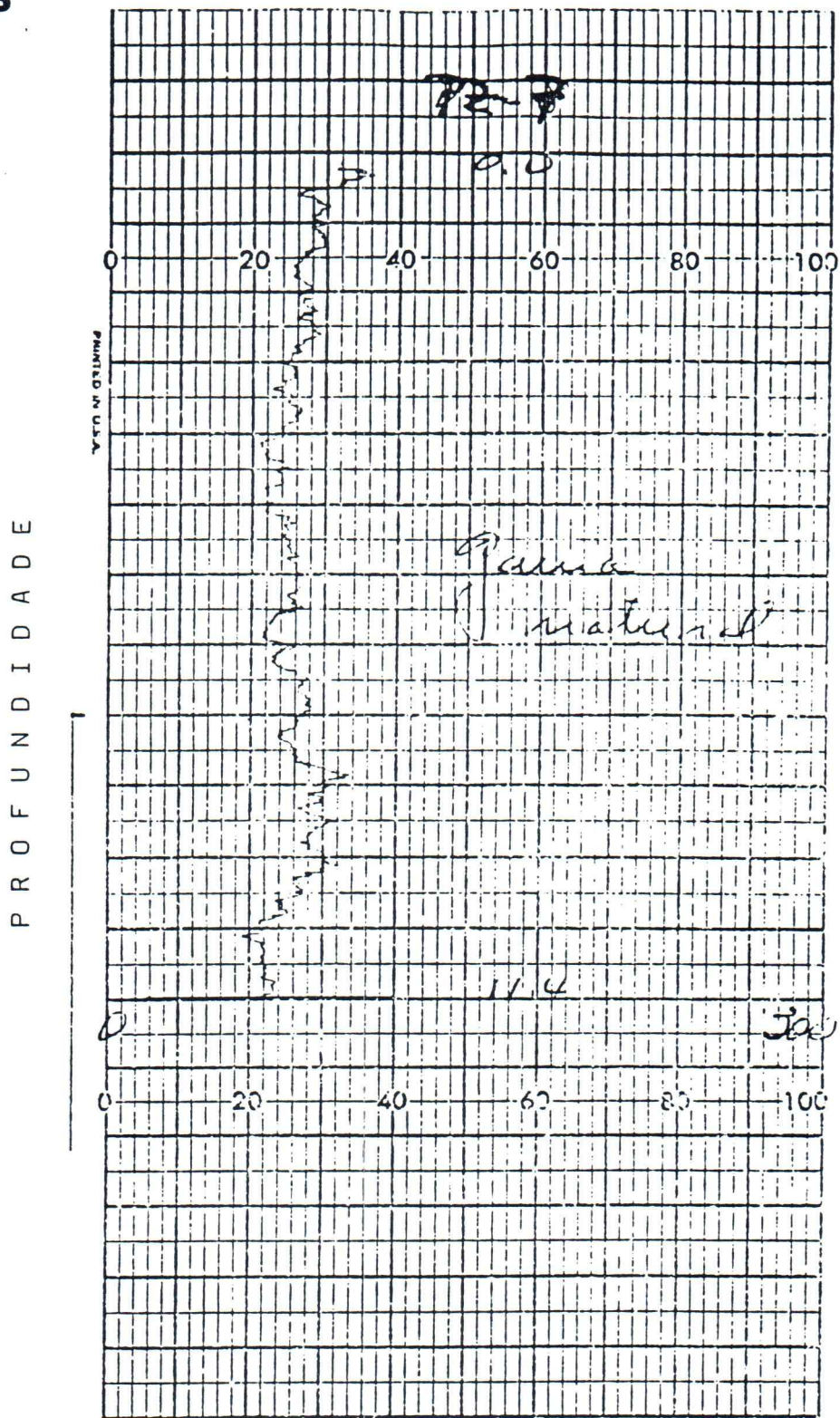


Fig. 12 - Perfilagem do Pz - 7 Gama Natural

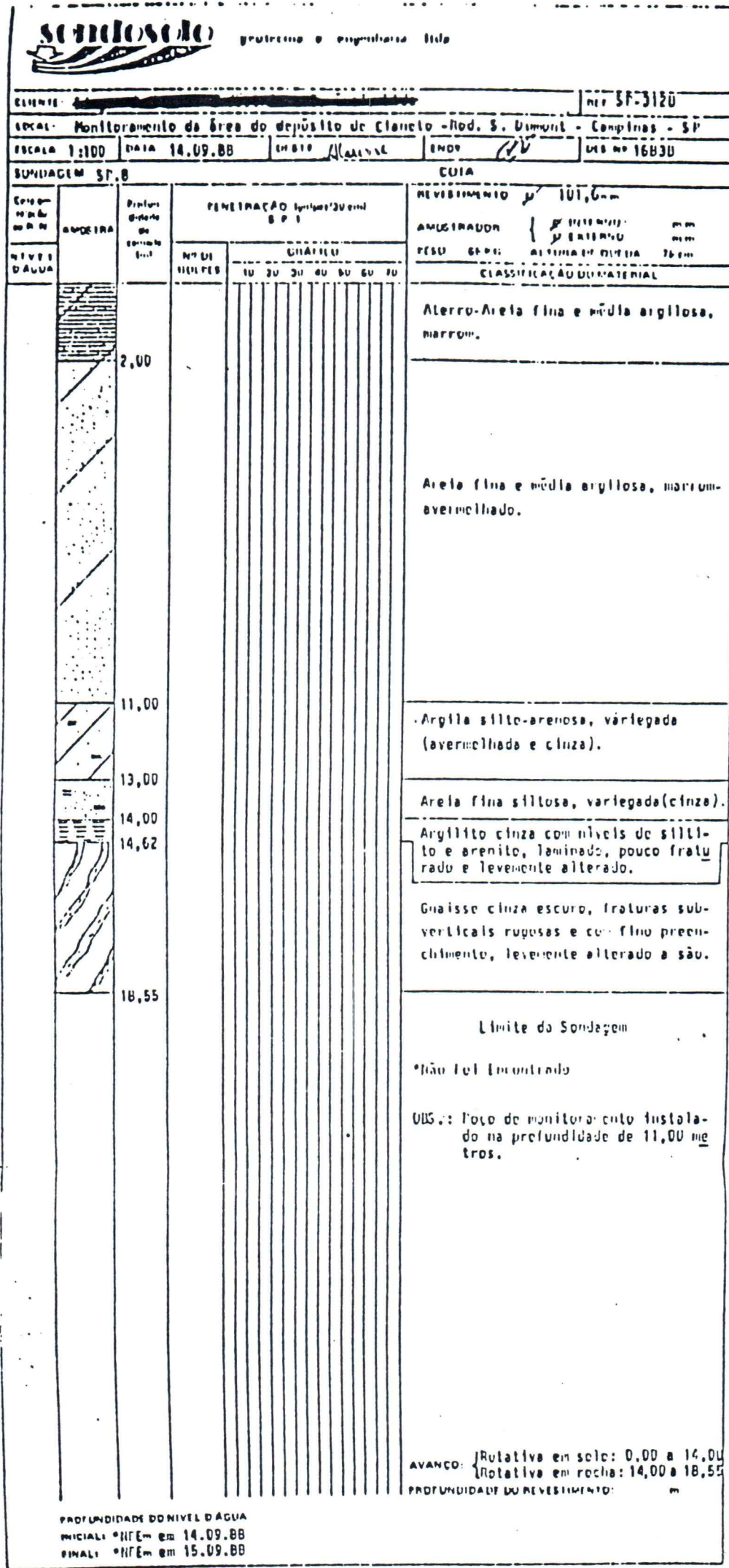


Fig. 13 - Coluna geológica do PZ-8

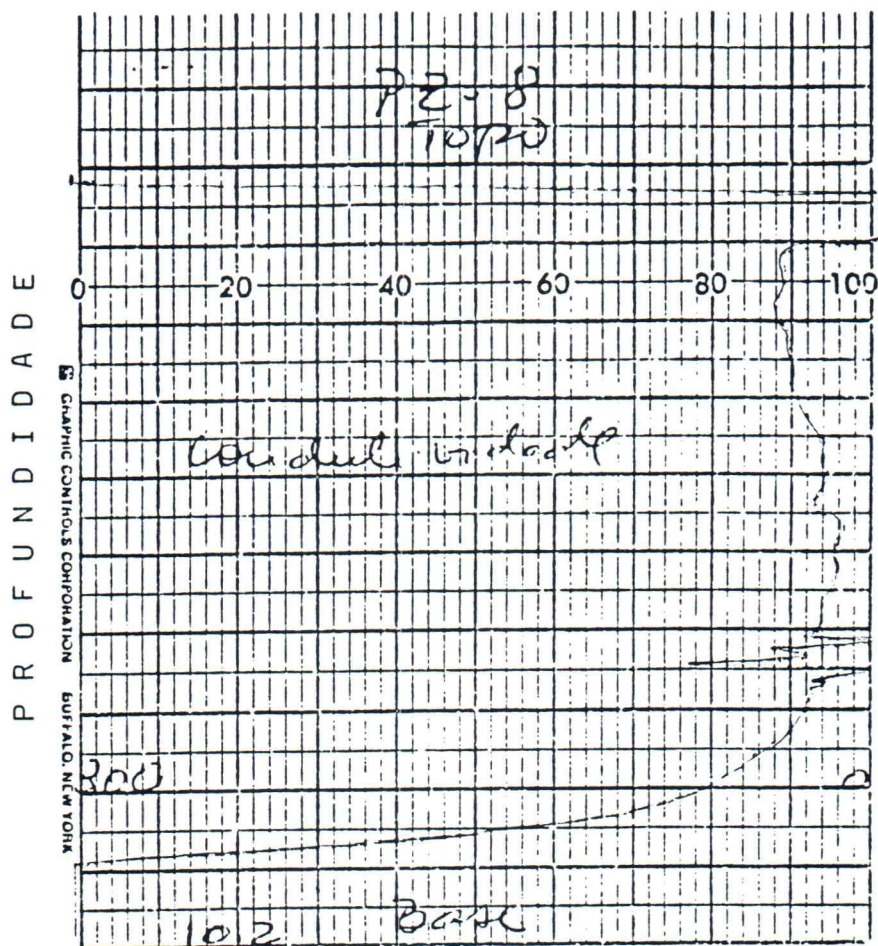


Fig. 14 - Perfilagem do Pz - 8 Condutividade

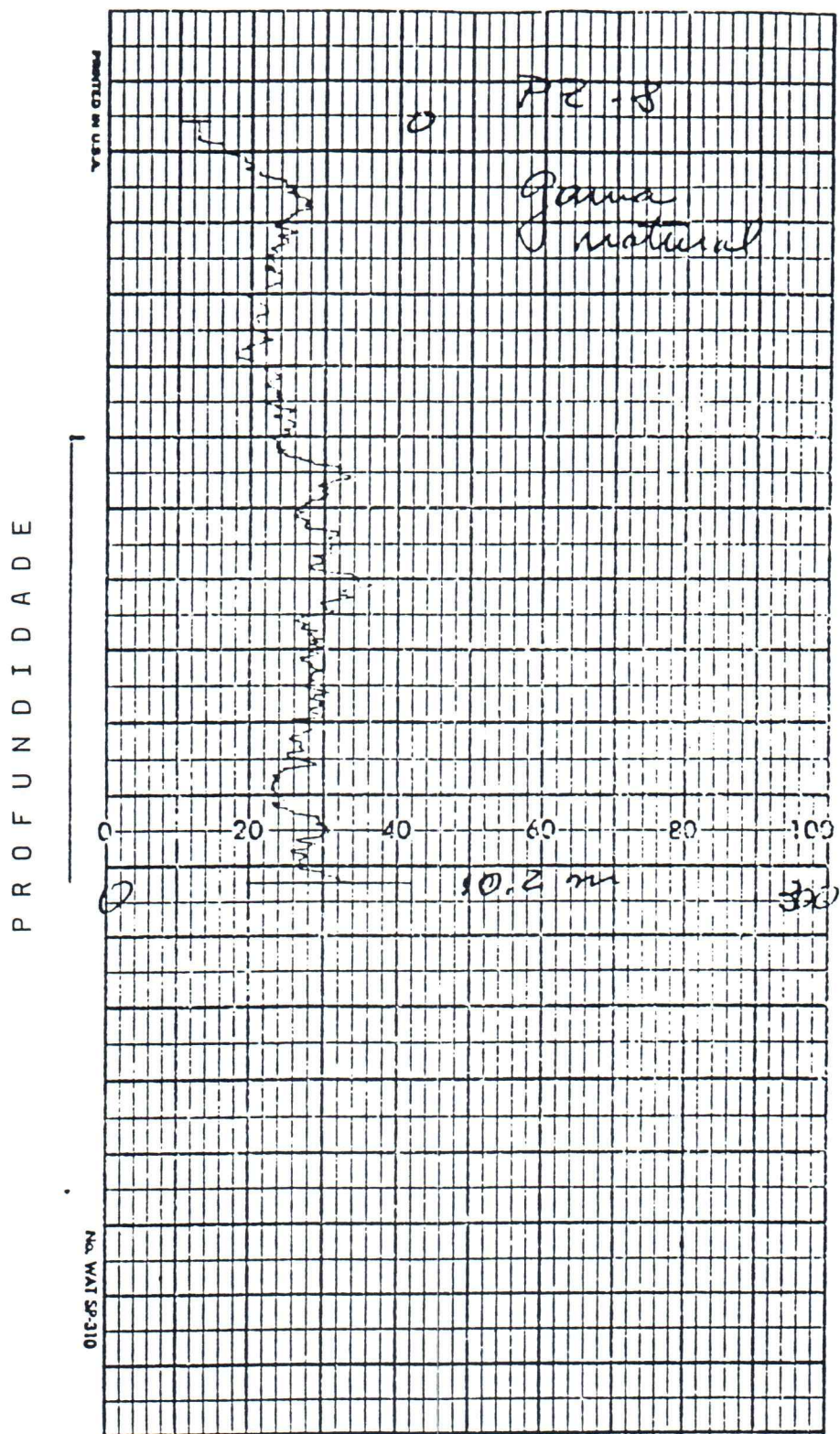
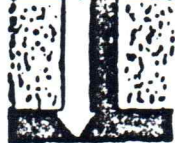


Fig. 15 - Perfilagem do Pz - 8 Gama natural

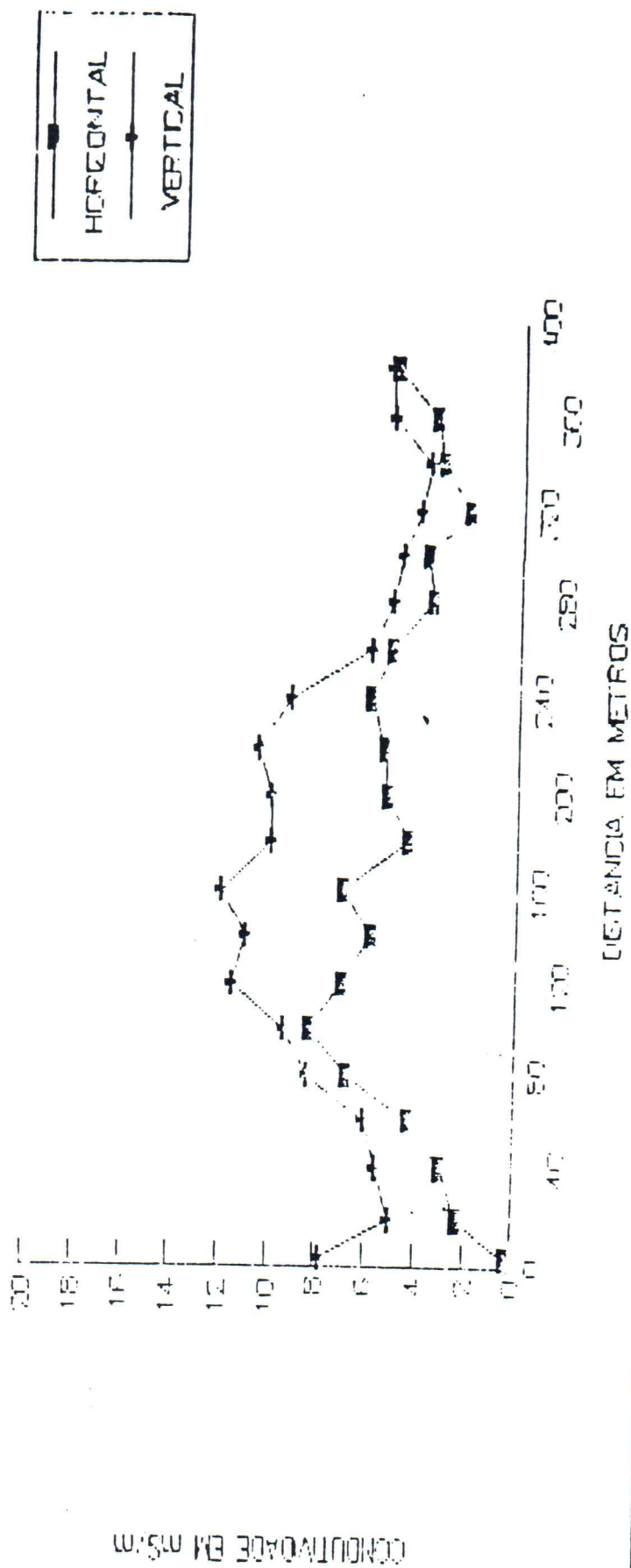


ANEXO 2
CAMINHAMENTOS ELETROMAGNÉTICOS

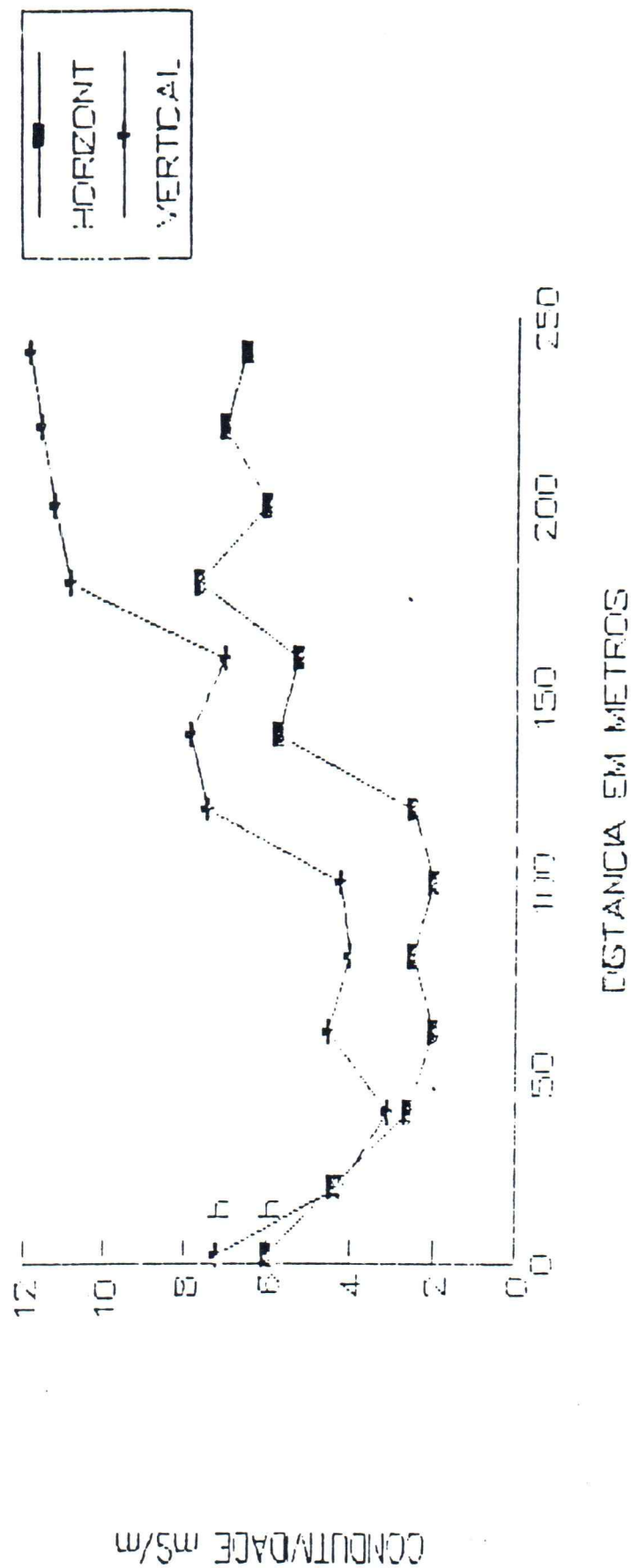


CEPAS

PERFIL 1 - CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO

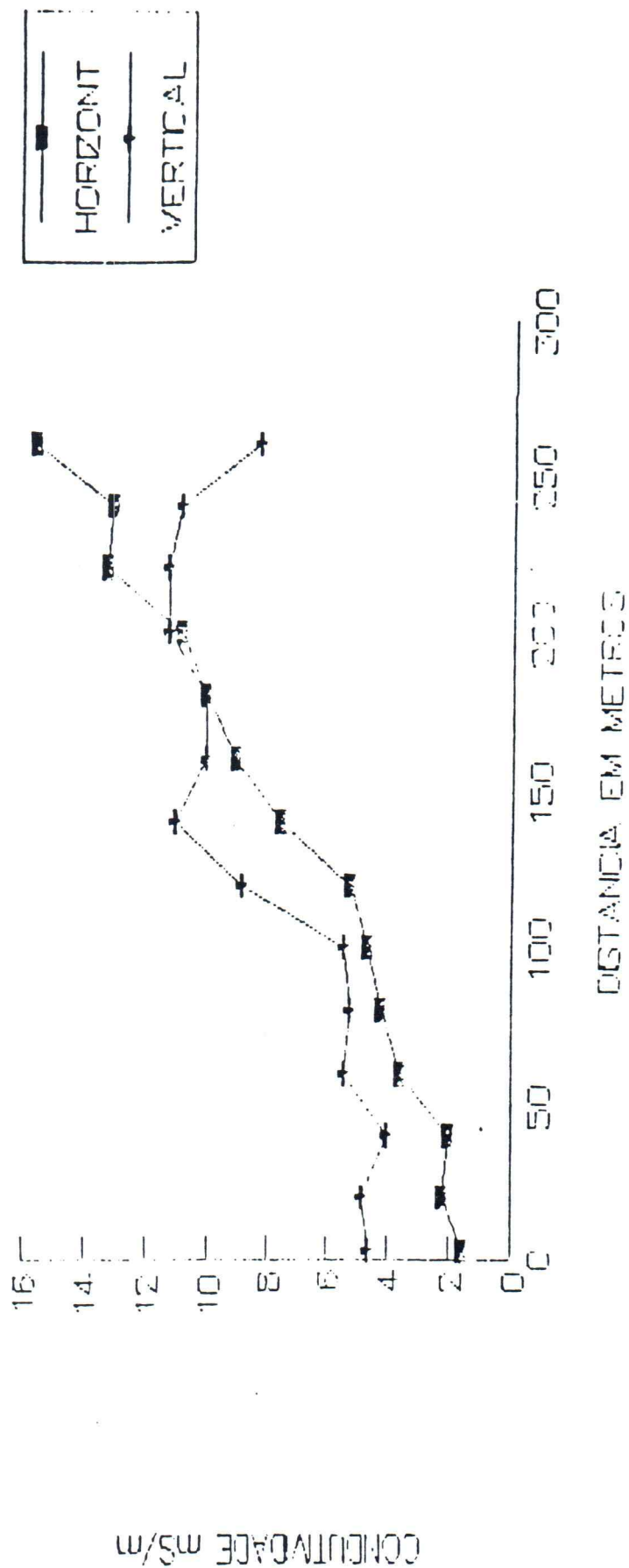


PERFIL 2 - CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO

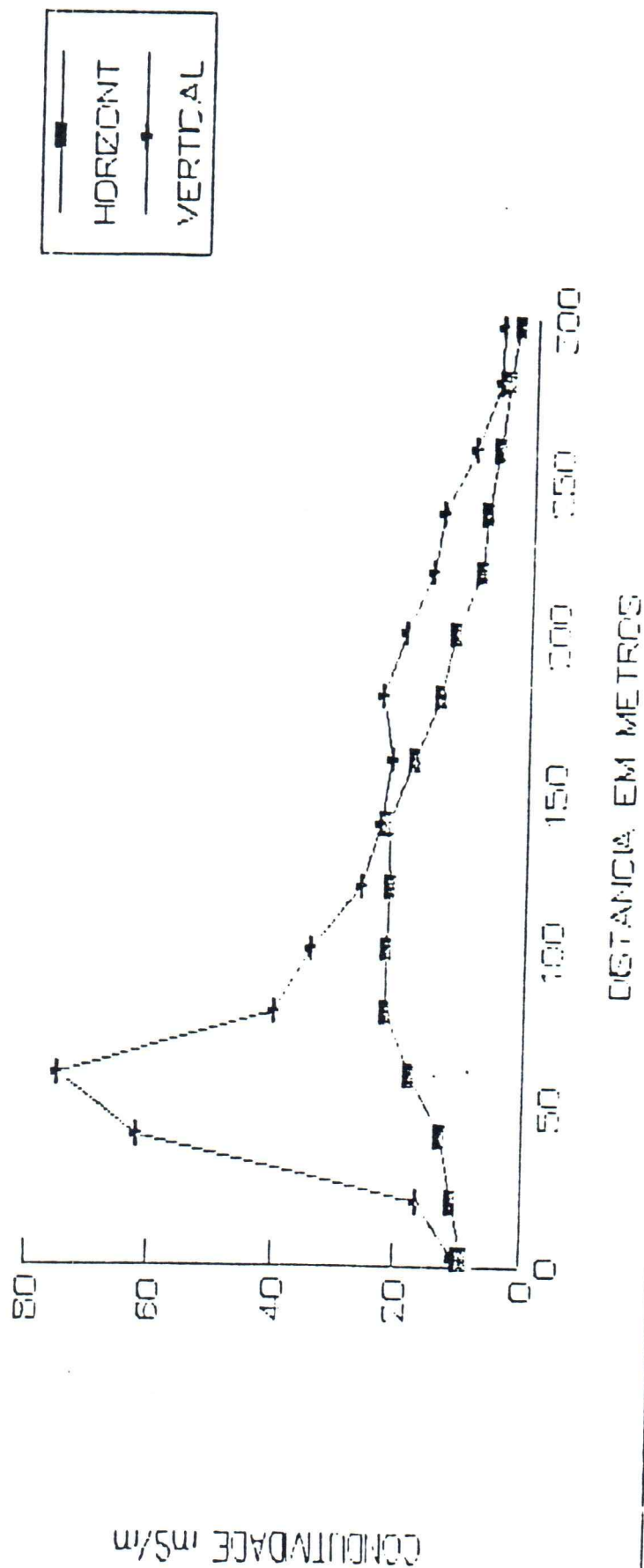


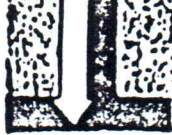


PERFIL 3 - CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO



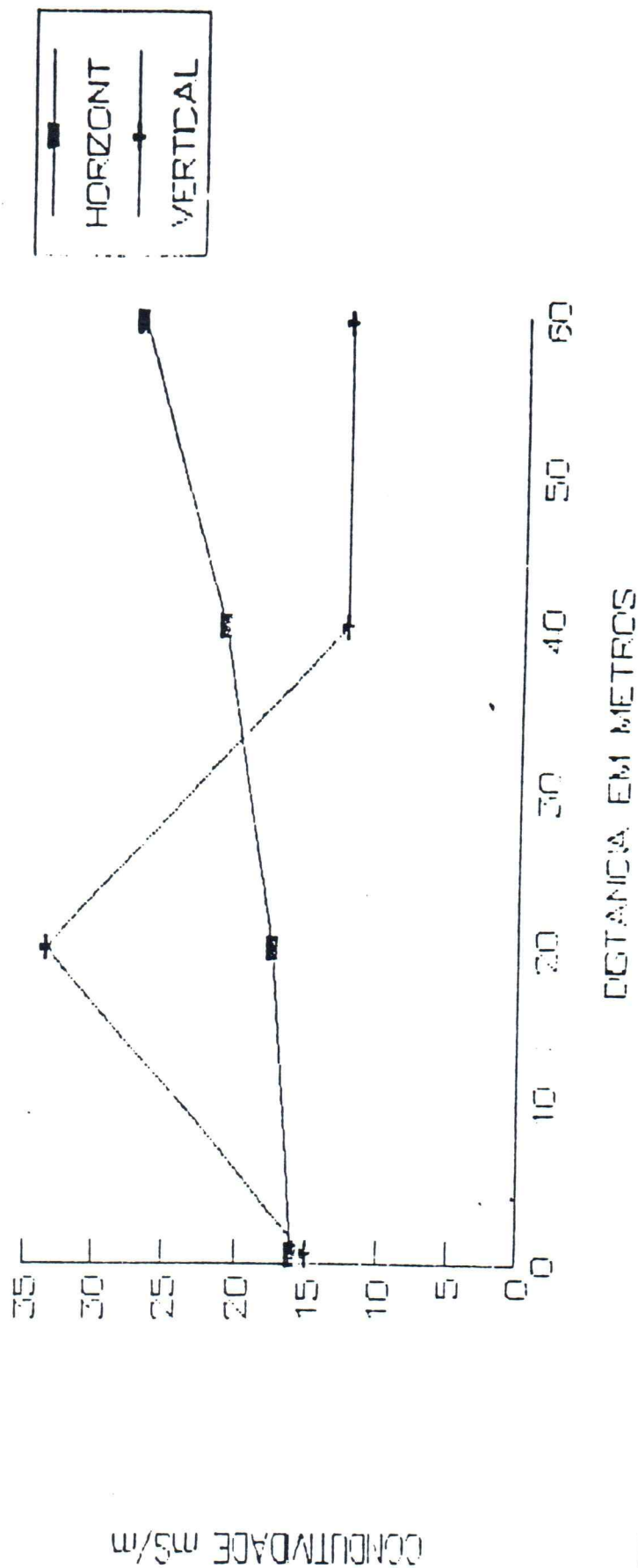
PERFIL 4 -- CAMINHAMENTO ELETTROMAGNETICO





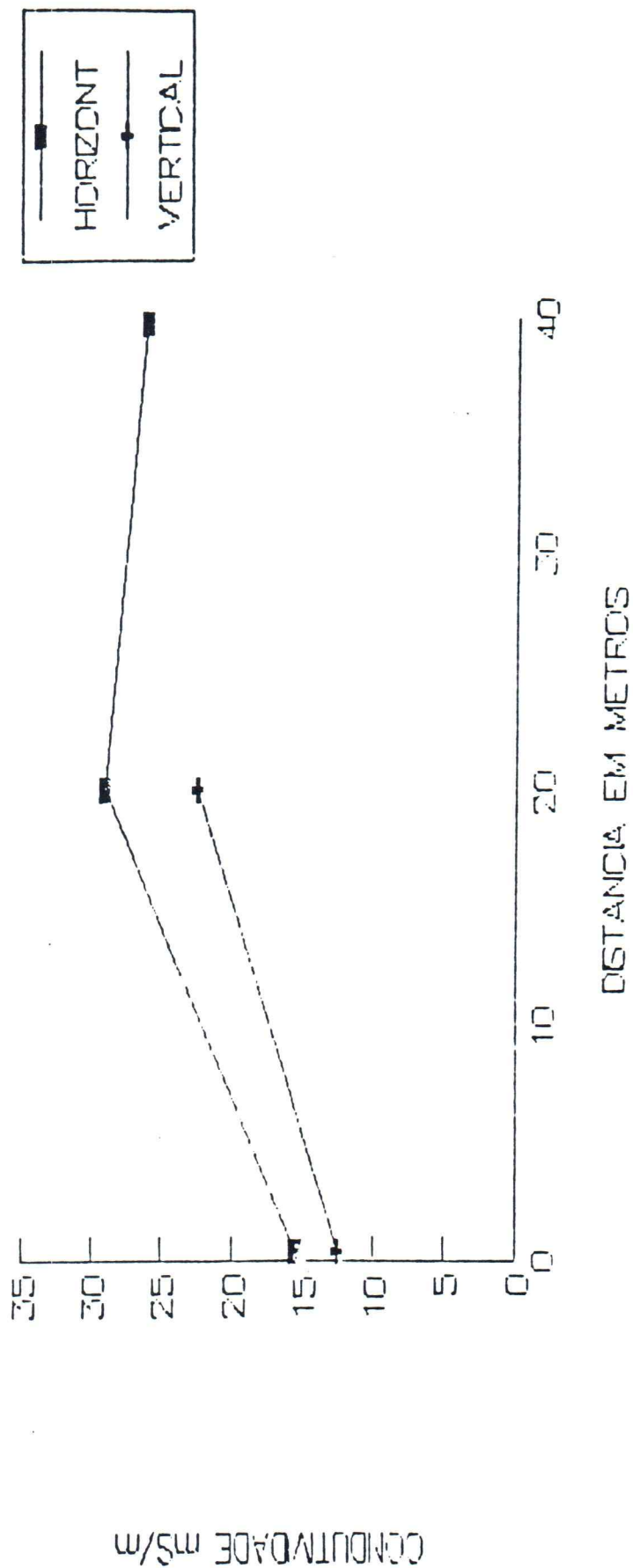
CEPAS

PERFIL 5 - CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO



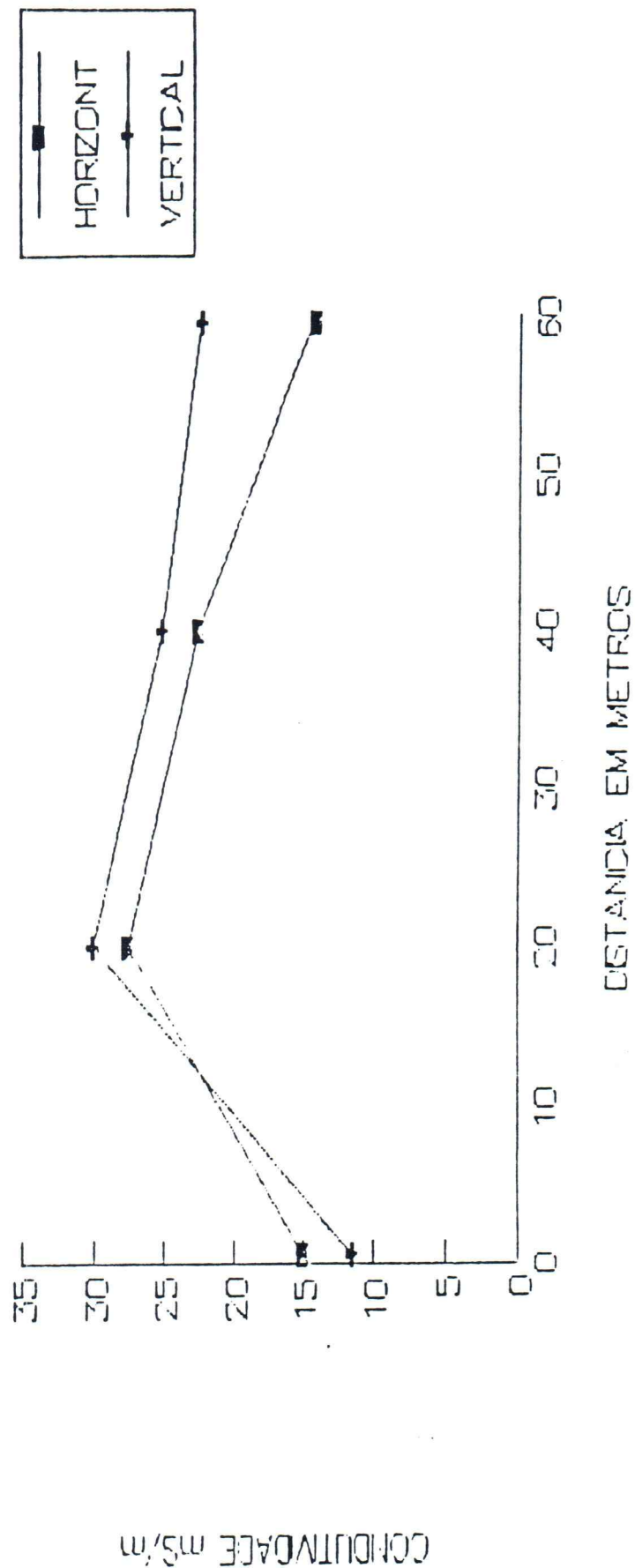
[REDACTED]

PERFIL 6 - CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO

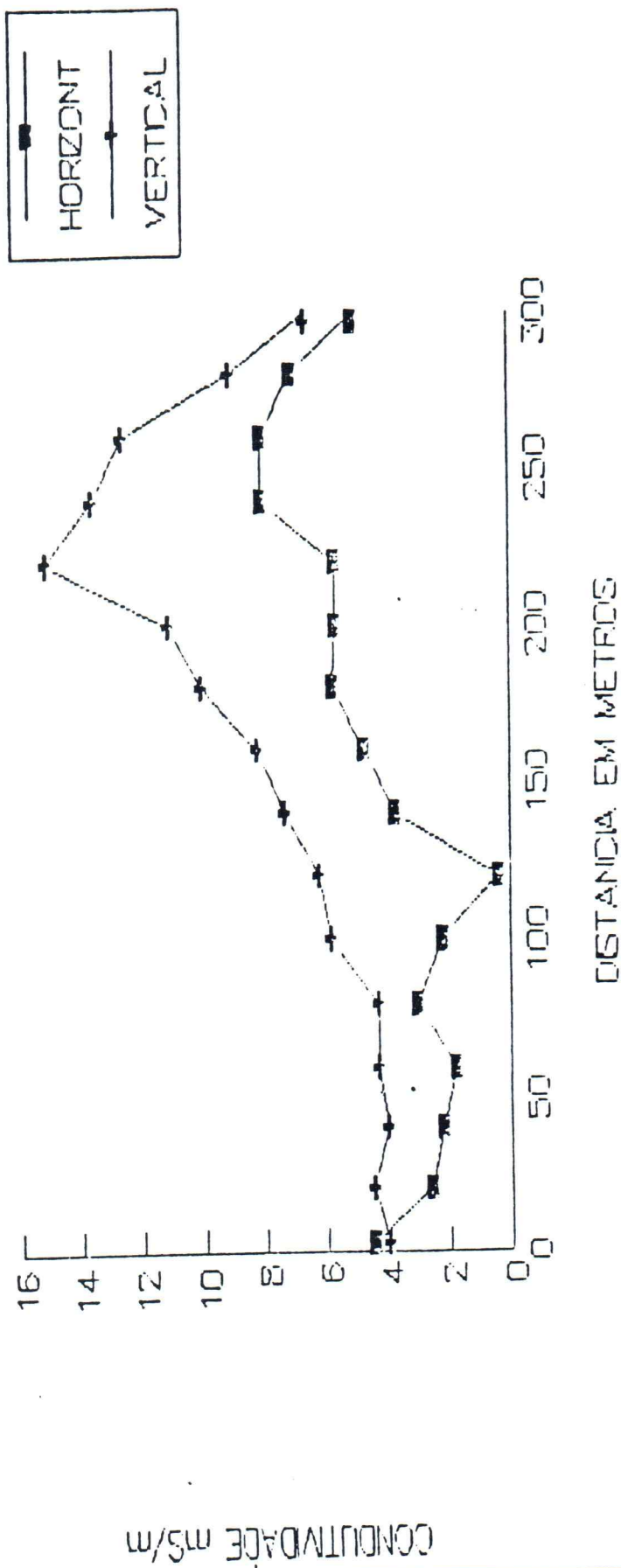


[REDACTED]

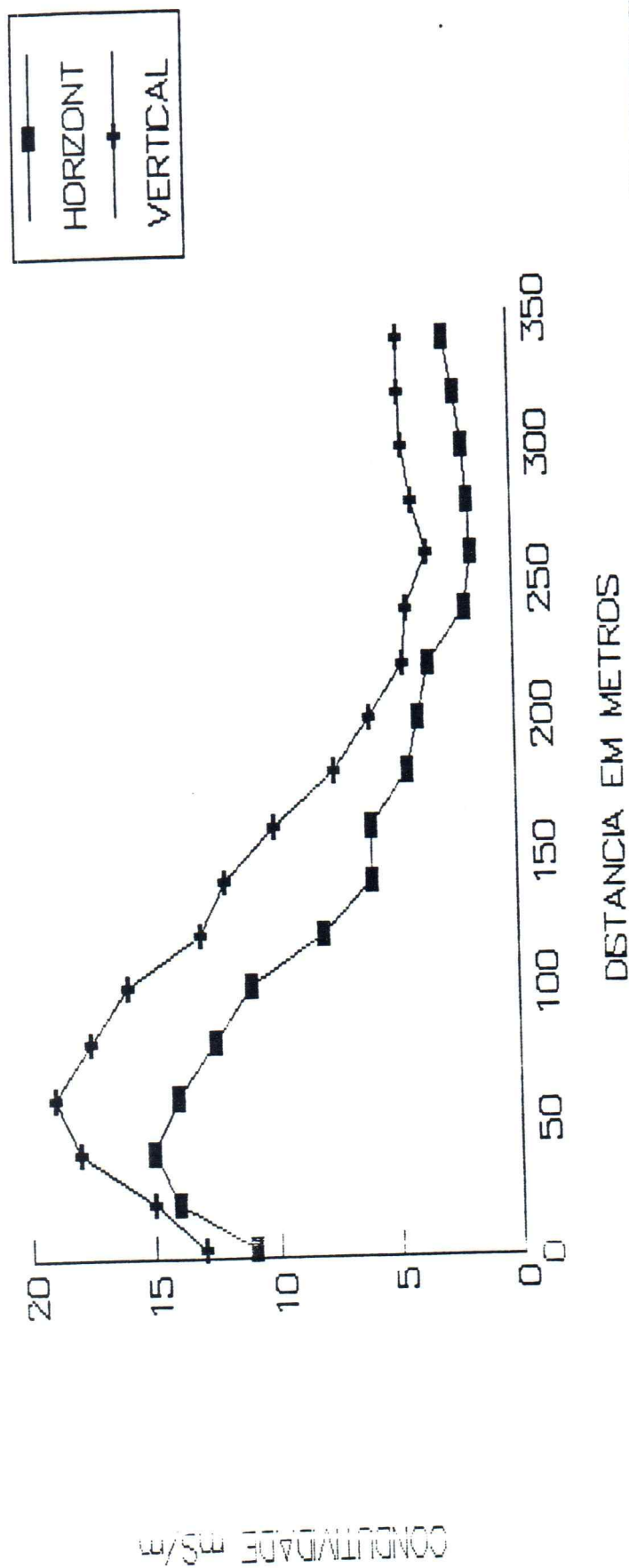
PERFIL 7 - CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO

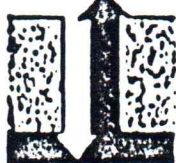


PERFIL 8 - CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO



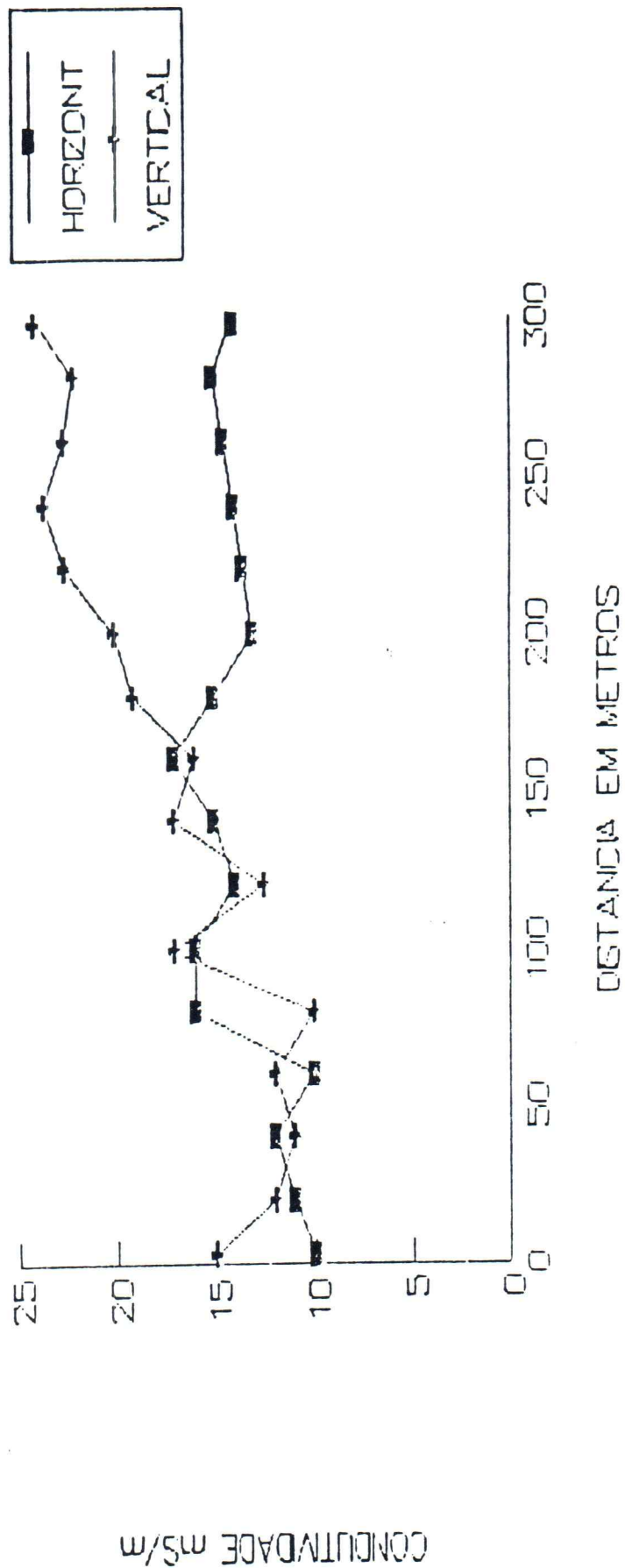
PERFIL 9 - CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO





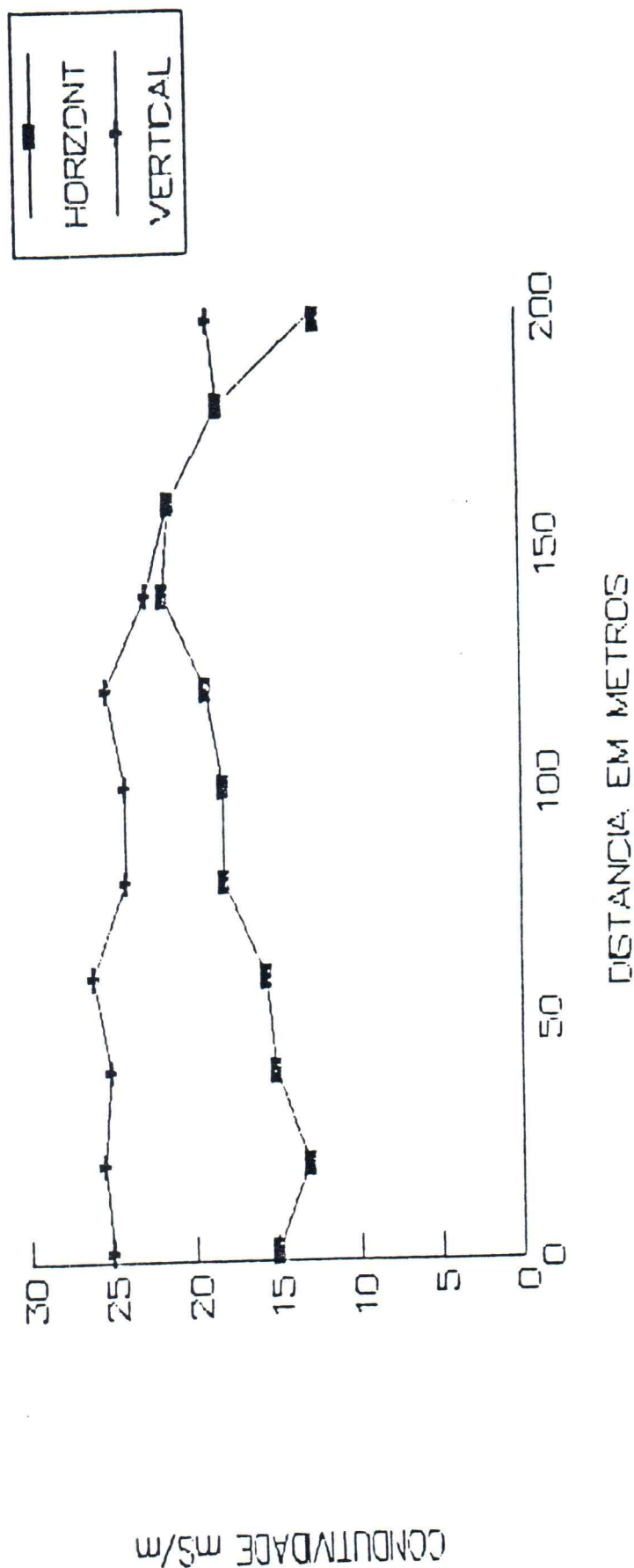
CEPAS

PERFIL 10-CAMINHAMENTO ELETTROMAGNETICO

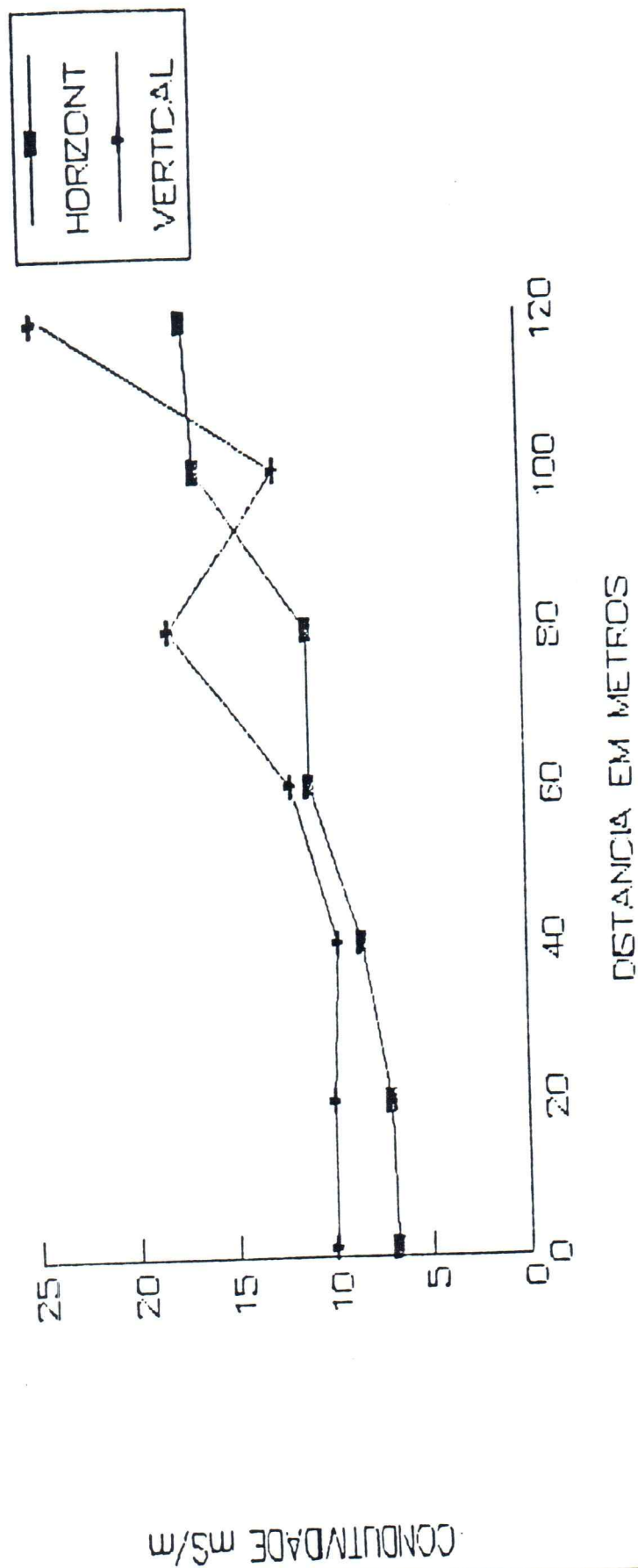


[REDACTED]

PERFIL 11-CAMINHAMENTO ELETTROMAGNETICO



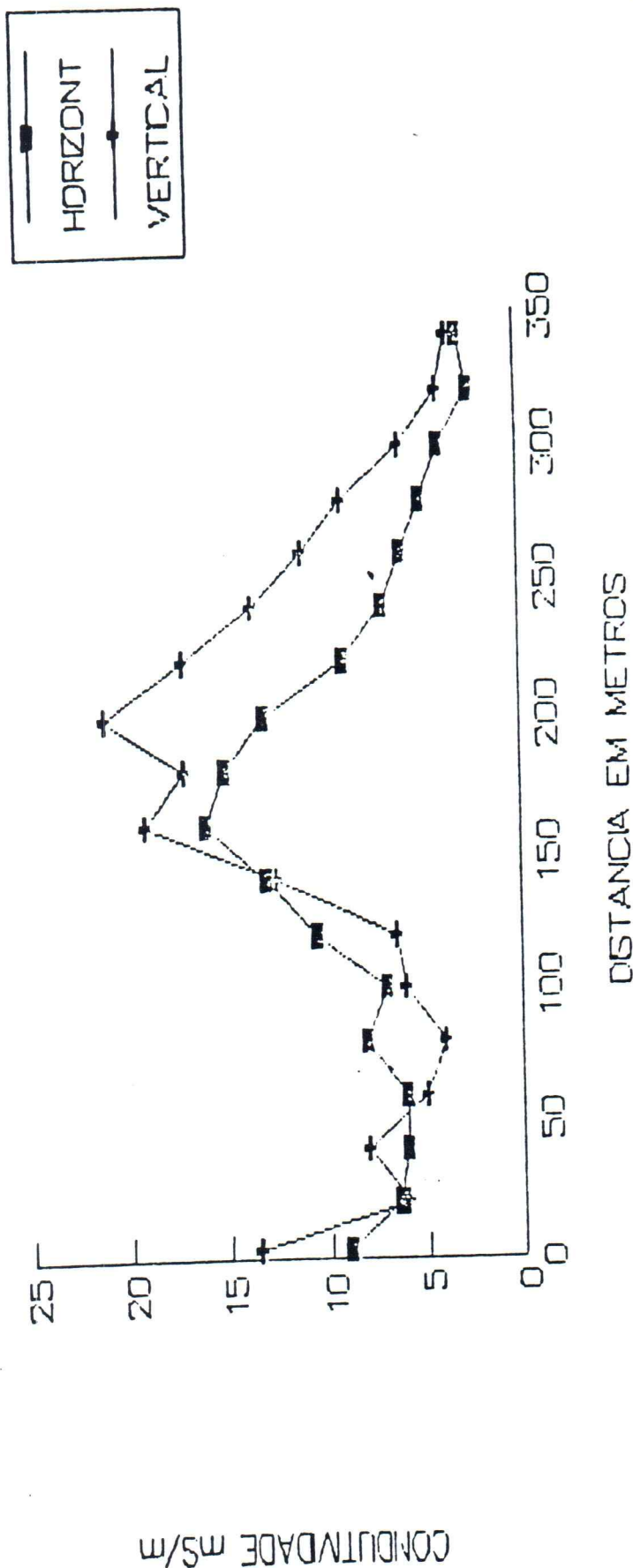
PERFIL 12--CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO



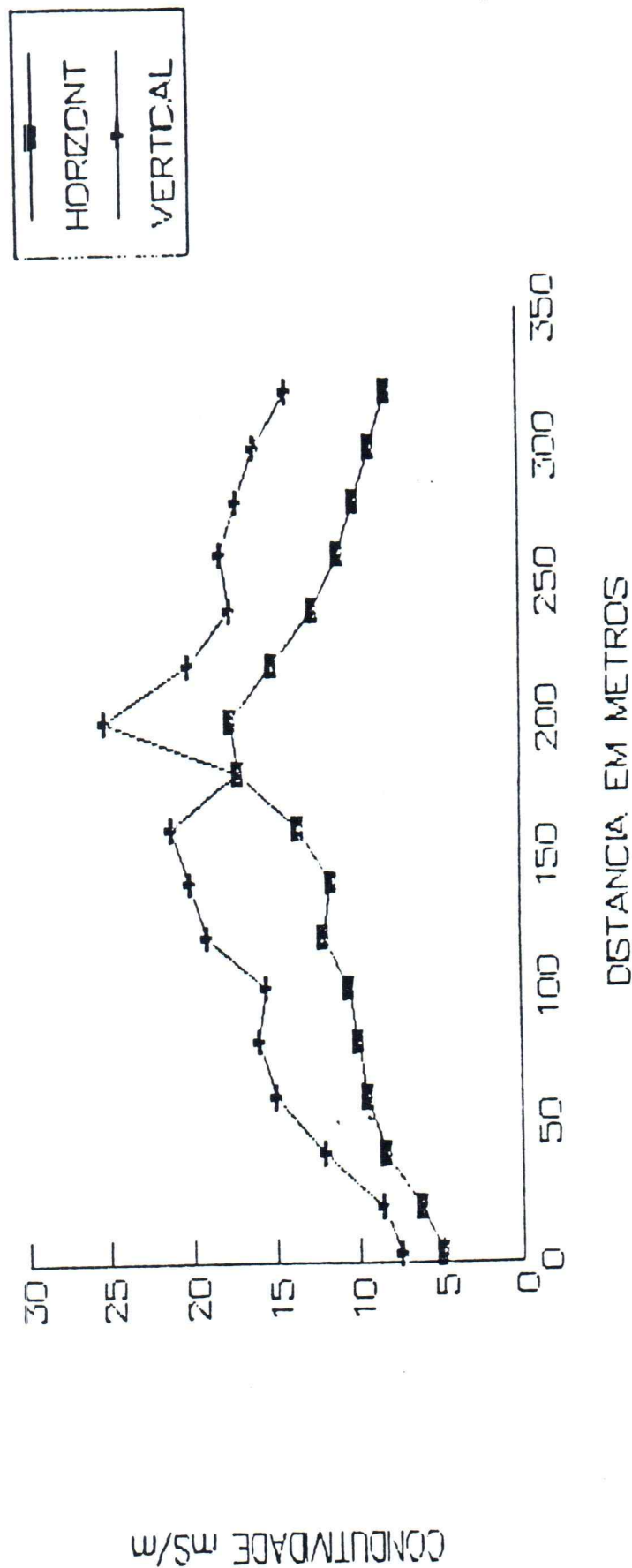


CEPAS

PERFIL 13--CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO



PERFIL 14--CAMINHAMENTO ELETROMAGNETICO





CEPAS

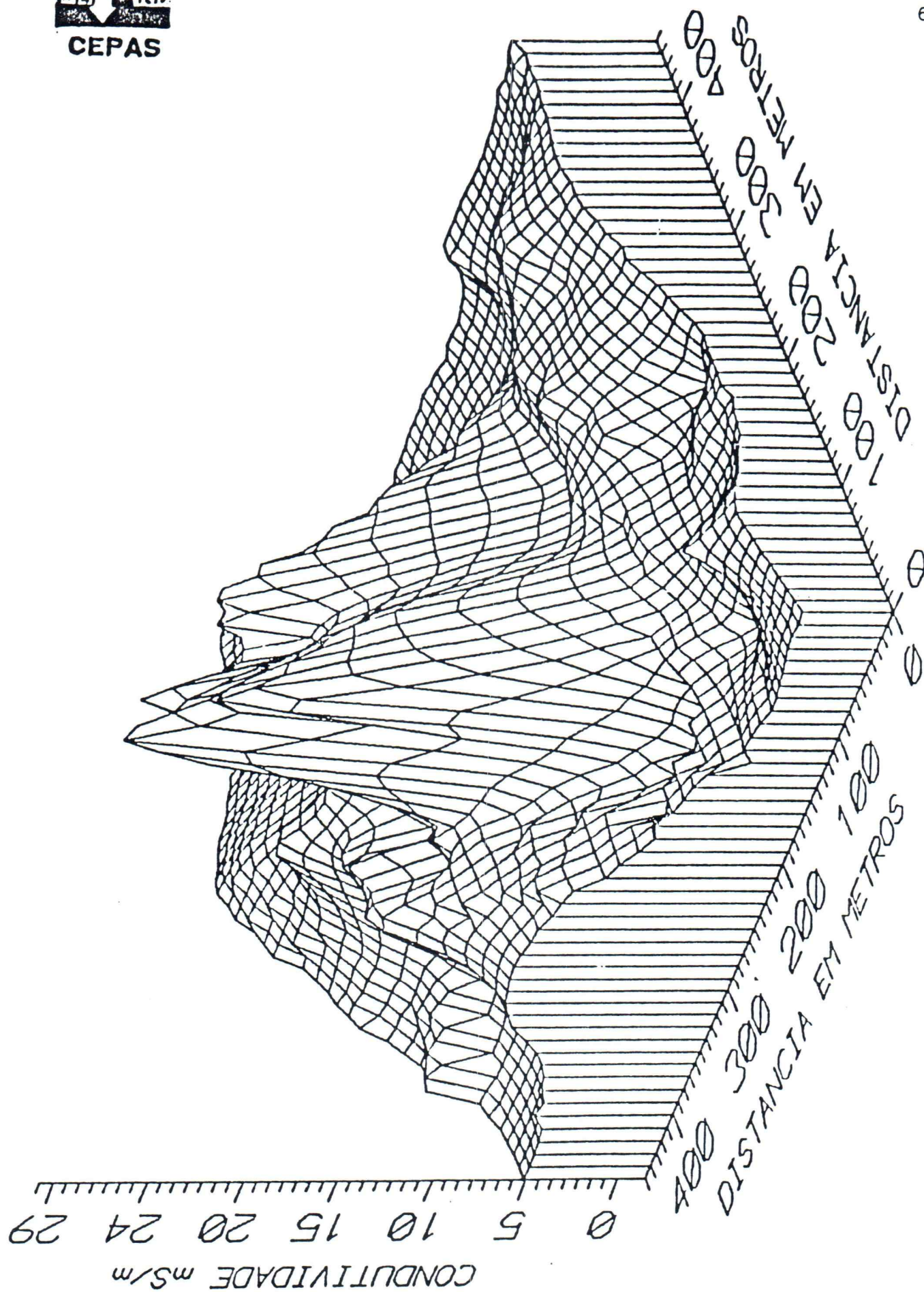
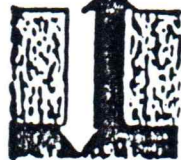


Fig. 01



CLPAS

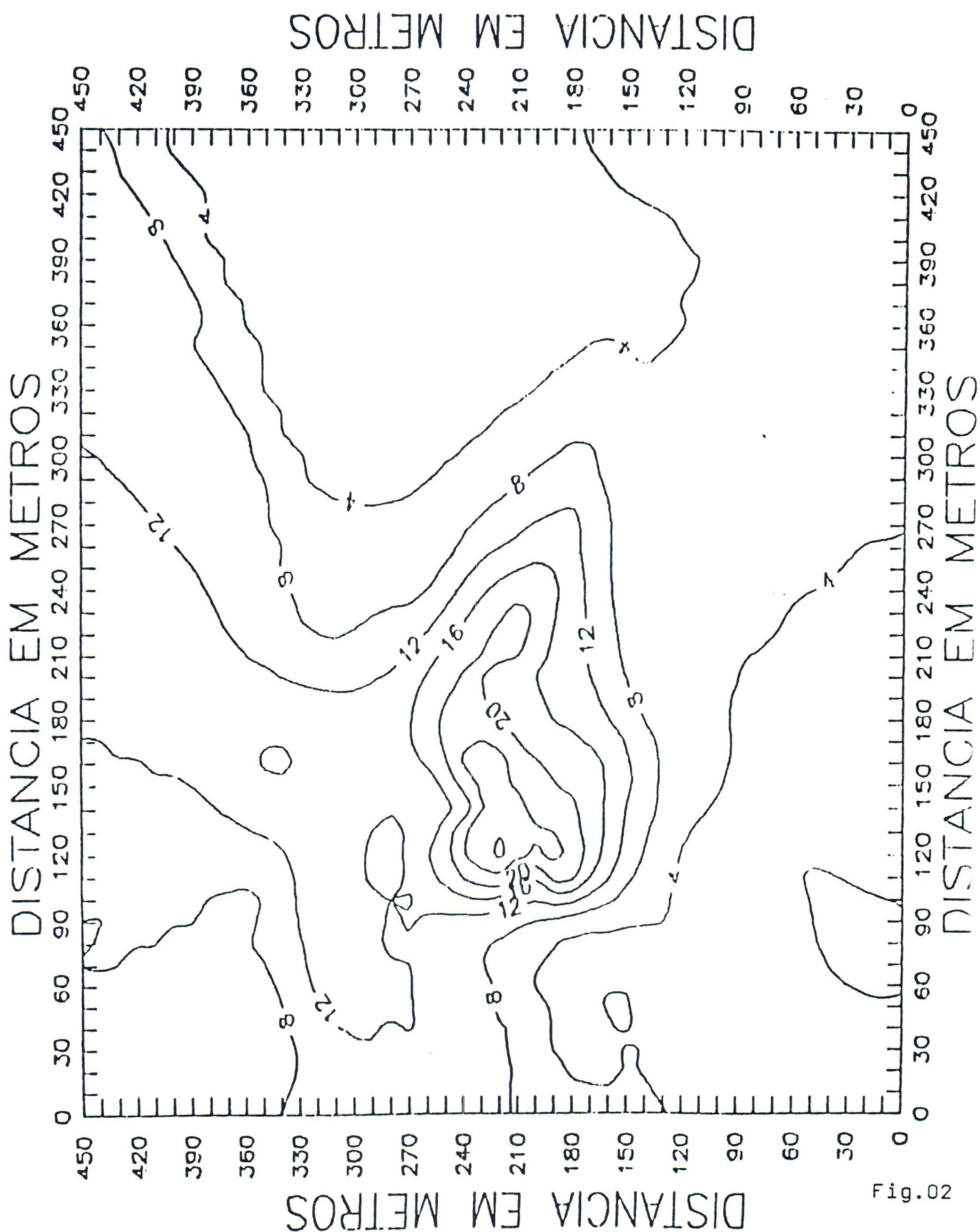


Fig.02



CEPAS

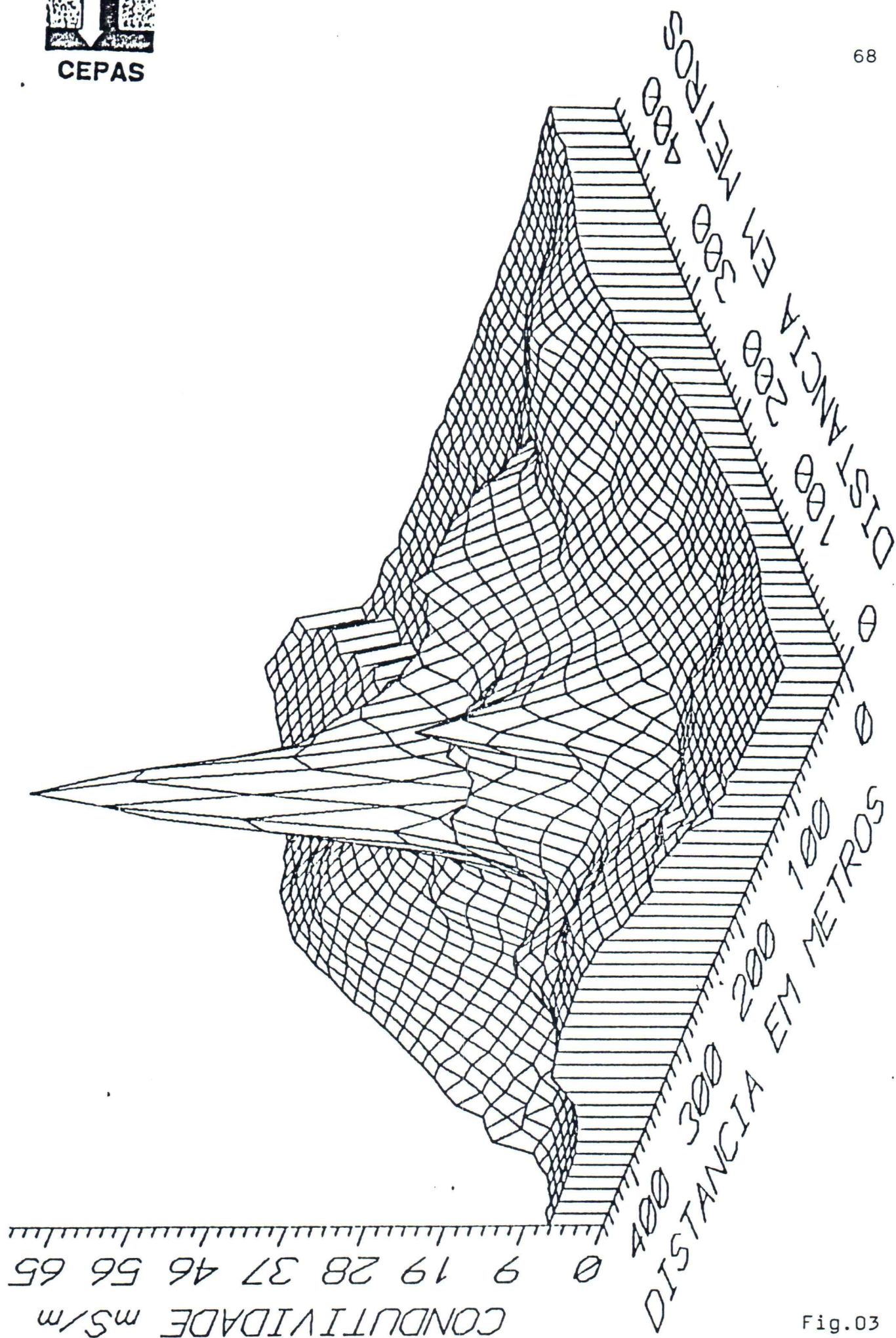
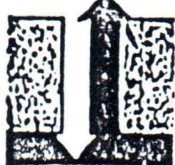


Fig.03



CEPAS

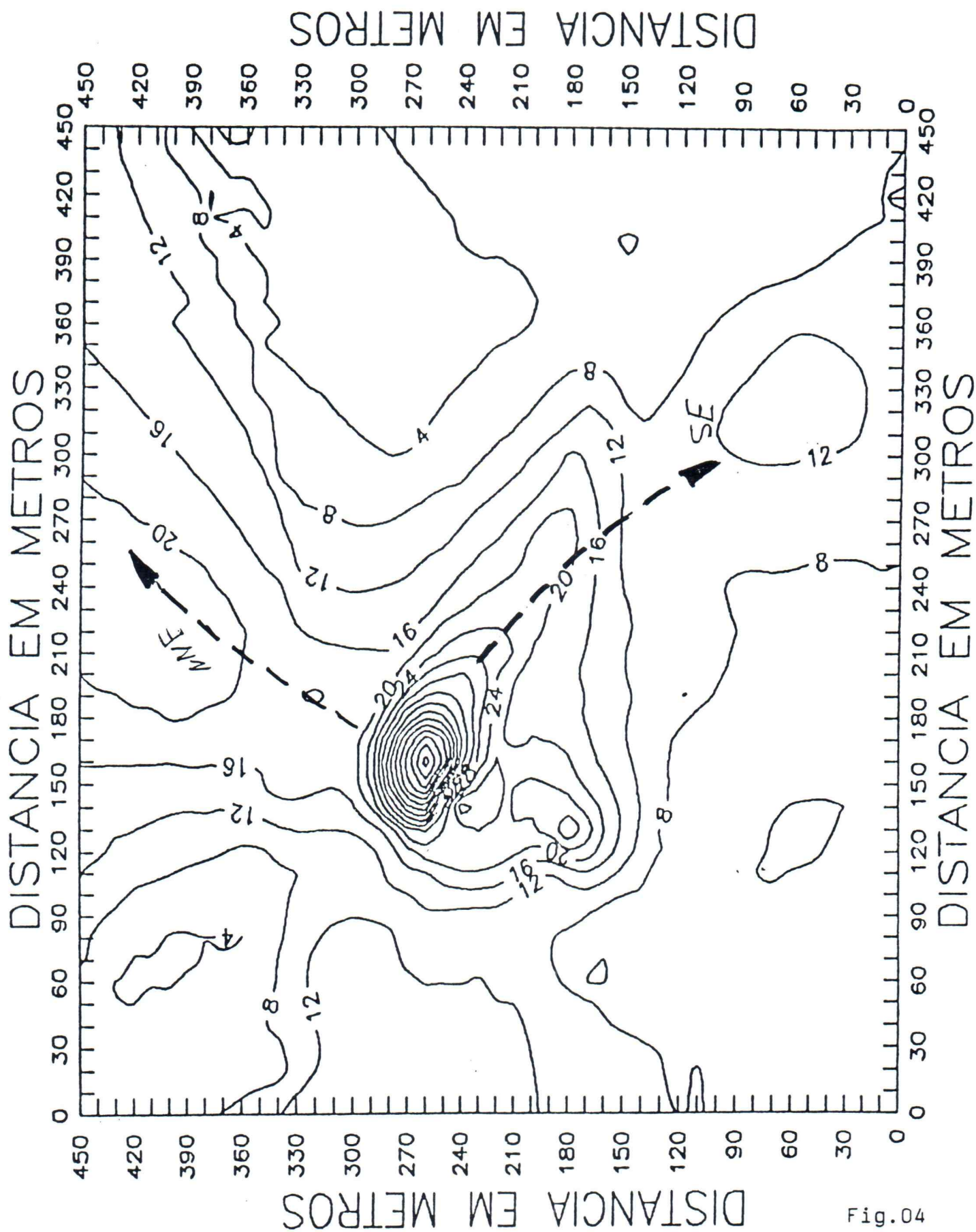
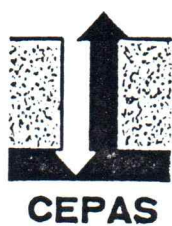
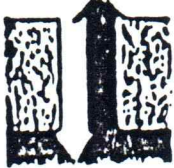


Fig.04

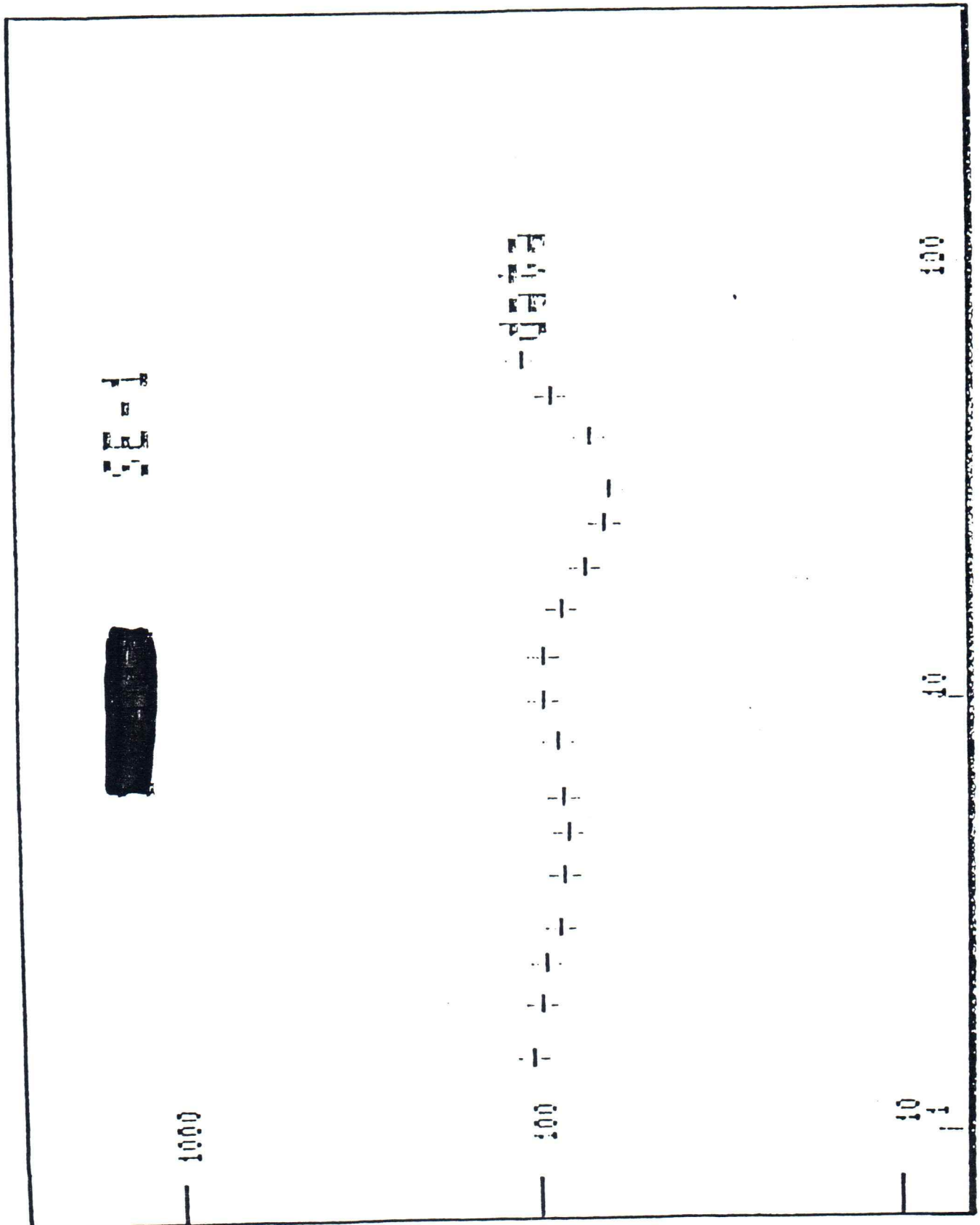


ANEXO 3

SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS



DEPT



SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SEL: 5



RESISTIVIDADE
MODELO DADO

%
ERRO

ESPACAMENTO

1.0
1.5
2.2
3.2
4.6
6.8
10.0
14.7
21.5
31.6
46.4
68.1
100.0
146.8
215.4
316.2
464.2
681.3

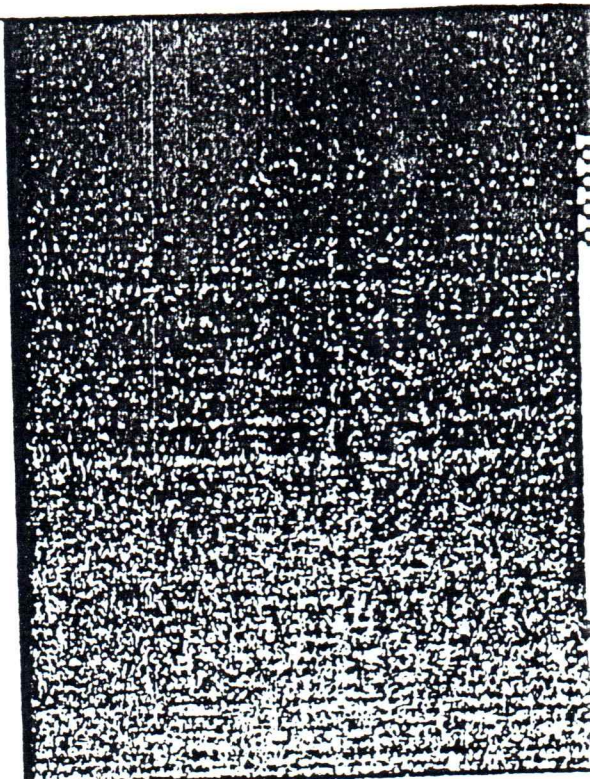
107.6
103.6
95.8
85.7
79.9
83.9
87.9
83.6
69.9
59.7
67.0
93.4
136.1
198.6
288.6
418.6
603.4
863.5

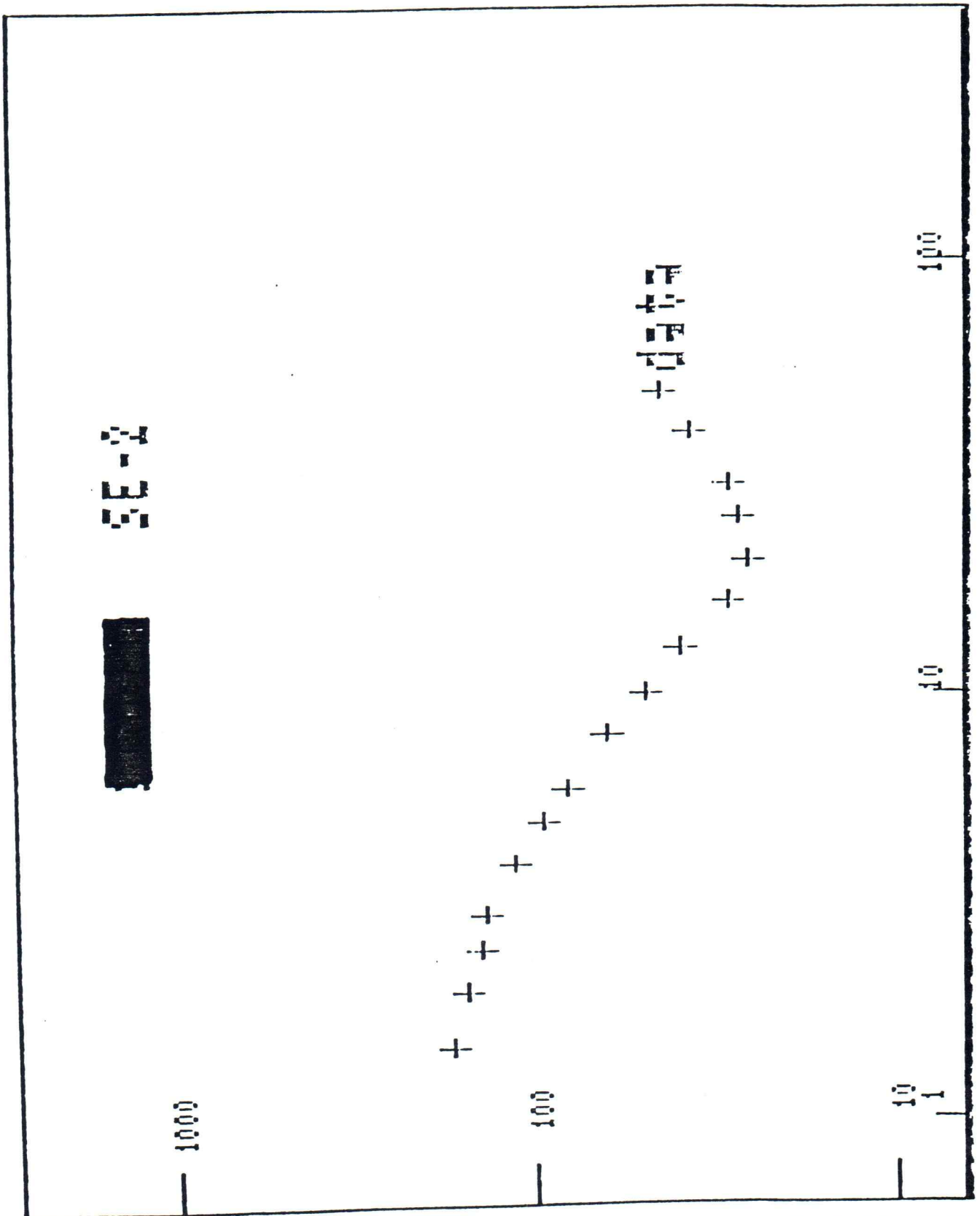
99.0
85.9
82.5
86.3
95.0
90.3
69.1
62.1
82.4

-3.3
-0.3
-3.3
-3.8
-7.5
-7.5
-1.8
-3.6
-18.6



1	1.5	110
2	2.0	45
3	0.8	1000
4	10.0	15





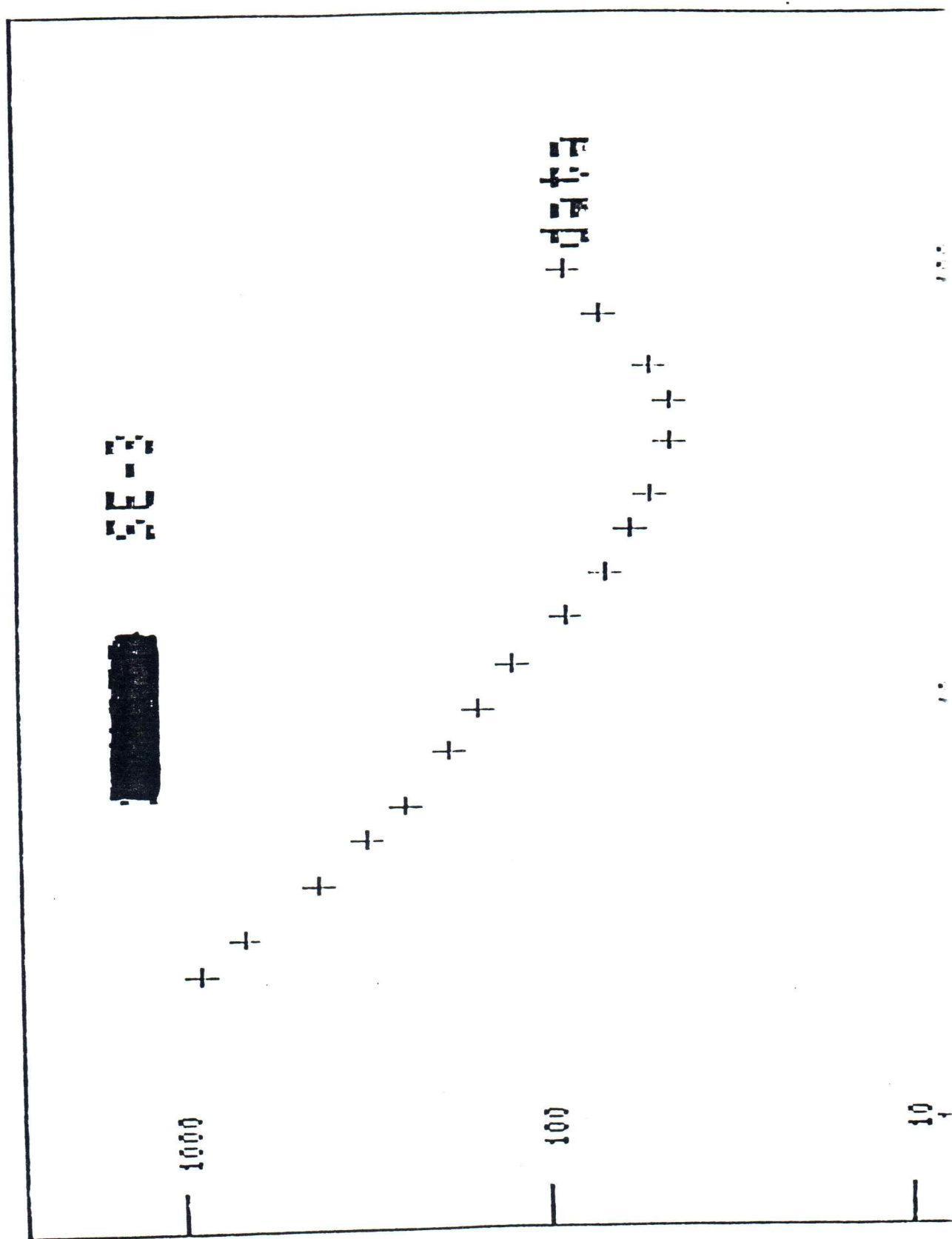


SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SINGER SE-2: 7

ESPAÇAMENTO RESISTIVIDADE %
MODELO DADO ERRO

1.0	191.0	151.5	5.6	1	1.0	200
1.5	179.2	134.7	1.0	2	3.1	120
2.2	159.9	100.8	9.6	3	20.0	18
3.2	136.0	74.8	9.3			
4.6	109.8	50.9	8.3			
6.8	79.7	36.7	5.3			
10.0	49.5	31.0	4.3			
14.7	30.3	19.8	4.2			
21.5	25.3					
31.6	29.7					
46.4	41.0					
68.1	59.7					
100.0	87.6					
146.8	128.4					
215.4	188.3					
316.2	275.9					
464.2	404.0					
681.3	591.0					







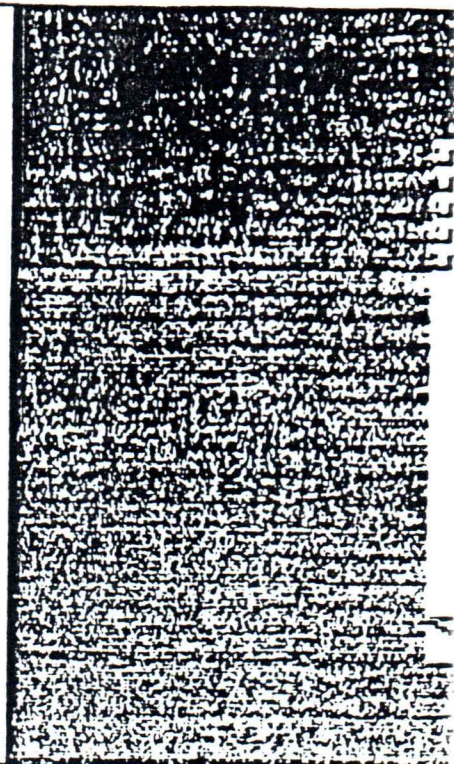
SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SINGER SE-3: 12

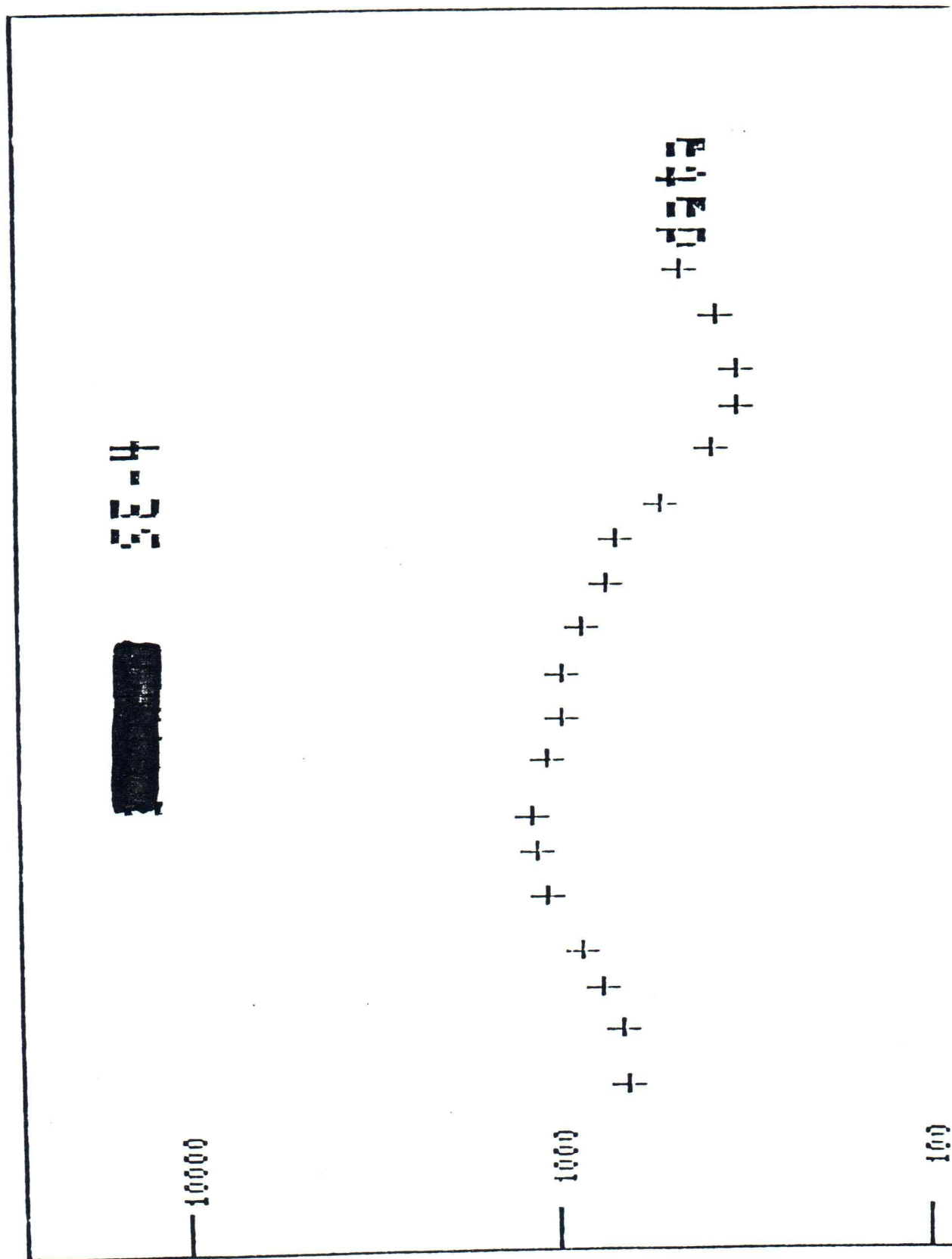
ESPACIMENTO RESISTIVIDADE %
 MODELO DADO ERRO

1.0	2587.7	625.7	5.2
1.5	2071.5	352.7	-9.6
2.2	1328.3	219.7	-0.6
3.2	658.9	155.0	9.2
4.6	318.9	101.3	14.6
6.8	217.3	65.9	4.5
10.0	169.3	52.3	-10.9
14.7	116.1	48.9	1.3
21.5	68.9	60.2	3.7
31.6	46.6		3.3
46.4	47.5		
68.1	63.1		
100.0	91.2		
146.8	133.6		
215.4	195.9		
316.2	287.0		
464.2	420.1		
681.3	614.4		



1	1.0	2000
2	6.8	220
3	32.0	30





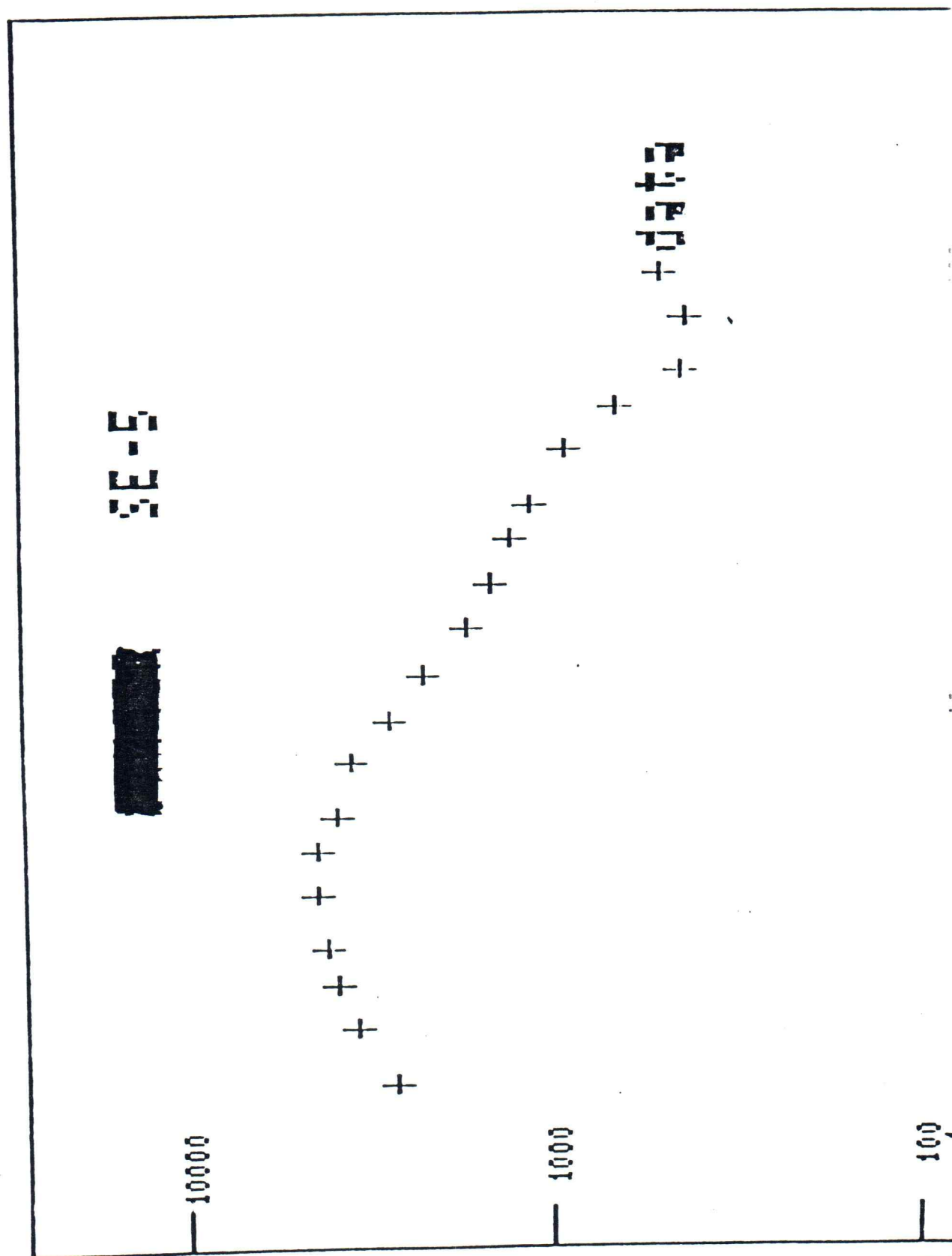


SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SINGER SE-4: 5

ESPACEMENTO RESISTIVIDADE %
 MODELO DADO ERRO

1.0	537.7	705.3	6.2	1.0	480
1.5	616.4	918.5	-0.3	2.7	2000
2.2	749.1	1140.6	-6.2		
3.2	916.1	1164.7	-1.2		
4.6	1069.6	1000.0	1.2	10.0	800
6.8	1150.9	927.7	2.5		
10.0	1112.4	747.9	-4.8	25.0	130
14.7	950.8	491.9	-4.1		
21.5	711.7	346.6	-4.5		
31.6	471.6	351.3	-1.9		
46.4	331.0	502.6	-4.9		
68.1	344.8				
100.0	478.1				
146.8	697.0				
215.4	1017.1				
316.2	1480.4				
464.2	2147.4				
681.2	3099.6				







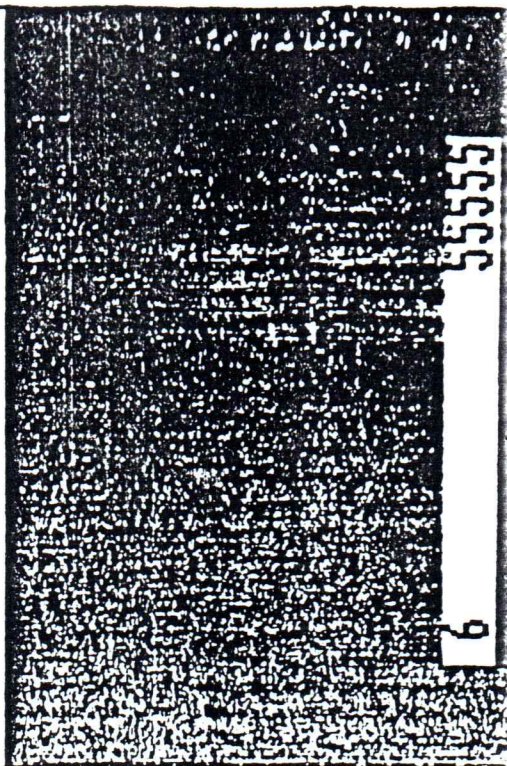
SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SINGER SE-5: 9

RESISTIVIDADE
MODELO DADO
ERRO

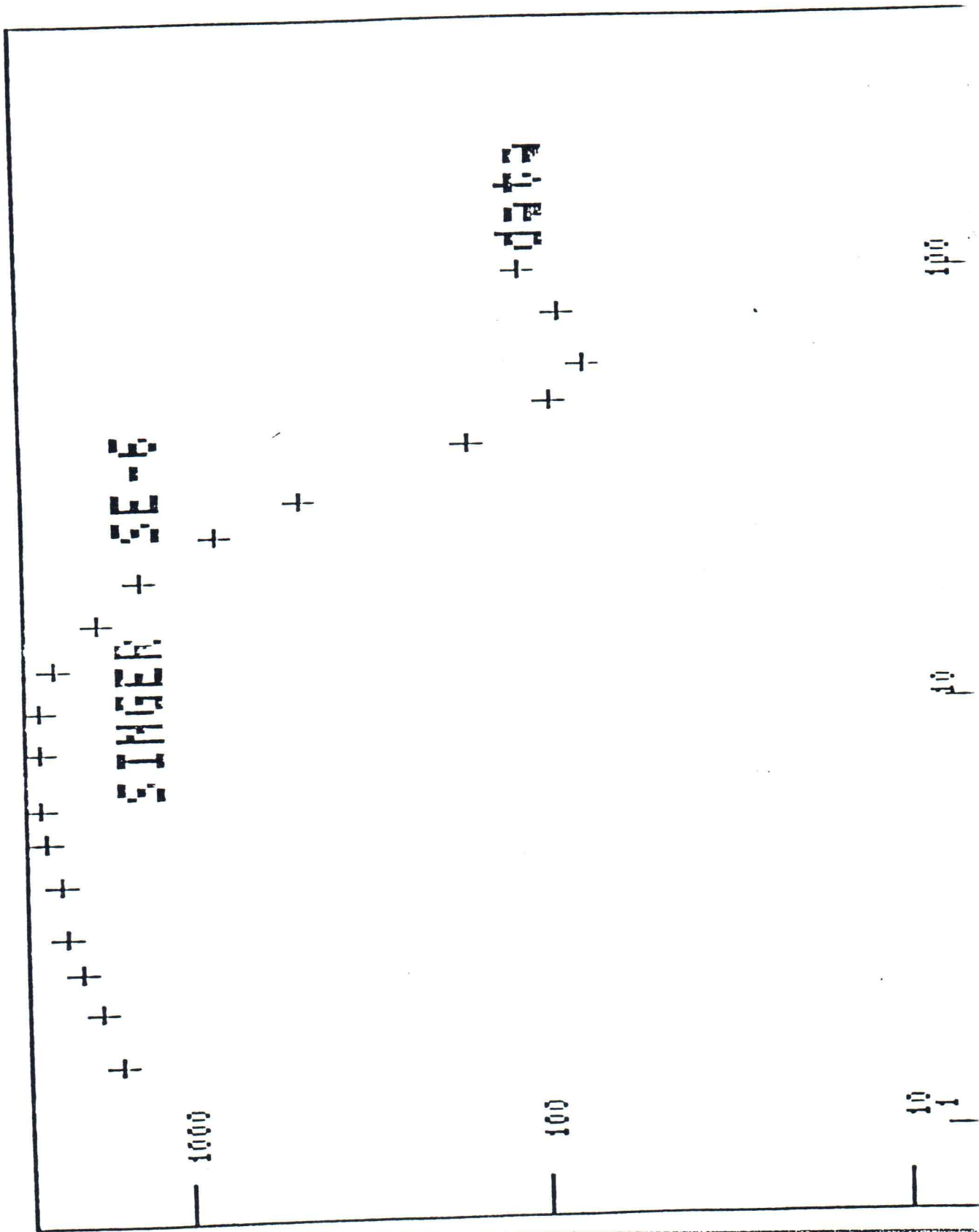
1.0	2672.5	3660.1	-1.6
1.5	3033.1	4326.2	-3.0
2.2	3602.8	4533.1	-1.7
3.2	4198.4	3849.7	5.5
4.6	4457.1	2800.0	10.1
6.8	4059.5	1901.5	10.4
10.0	3082.7	1431.8	7.1
14.7	2098.6	1108.7	5.2
21.5	1533.5	775.0	5.5
31.6	1166.6	416.1	-2.1
46.4	755.8	485.1	-14.1
68.1	455.6		
100.0	416.6		
146.8	567.5		
215.4	826.6		
316.2	1205.0		
464.2	1751.4		
681.3	2535.4		



1	1.0	2400
2	2.0	10000
3	3.0	500
4	3.5	7000
5	25.0	100



6 55555






SCHLUMBERGER MODELO DE SONDAGEM SINGER SE-6: 13

ESPACAMENTO RESISTIVIDADE %
MODELO DADO ERRO

1.0	1372.7	1859.9	-2.1	1	1.0	1350
1.5	1539.7	2231.2	-2.5	2	6.8	3800
2.2	1820.6	2435.8	-3.1			
3.2	2175.2	2578.8	-4.1			
4.6	2510.2	2610.5	-1.0			
6.8	2701.0	2000.4	-2.6			
10.0	2581.7	1170.3	-3.1	3	18.0	20
14.7	2018.8	109.9	-0.3			
21.5	1144.6	78.5	-0.3			
31.6	412.8	110.5				
46.4	111.4					
68.1	78.7					
100.0	110.8					
146.8	162.4					
215.4	238.0					
316.2	348.6					
464.2	510.2					
681.3	745.6					



 ECT		LISTA DE POSTAGEM		DR SP	UNIDADE DE POSTAGEM 400564	DATA DE POSTAGEM 31/10/91	CÓDIGO 000	FOLHA 1
SERVIÇO Sede				A VISTA <input checked="" type="checkbox"/> A FATURAR <input type="checkbox"/>		CONTRATO/HABILITAÇÃO X		COL. QUANT. 0 01
NOME DO REMETENTE Ciberto Pacheco								
ENDEREÇO DO REMETENTE Inst. Geociências / USP							UF SP	CEP DE ORIGEM 05508
01	TIPO Se	Nº DO OBJETO 413323646	PESO EM GRAMAS 535	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO Carlos A. P. Niedermaier	CEP DE DESTINO 05508	AR	VALOR A PAGAR 107,13		
02	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
03	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
04	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
05	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
06	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
07	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
08	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
09	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
10	TIPO	Nº DO OBJETO	PESO EM GRAMAS	VALOR DECLARADO		VALOR A COBRAR DO DESTINATÁRIO		
NF/DC/DES		MP	DESTINATÁRIO	CEP DE DESTINO	AR	VALOR A PAGAR		
99	CGC DA UNIDADE 34028316/293534		T1 311091	T2		VALOR TOTAL A PAGAR 1974,00		
AUTENTICAÇÃO				ASSINATURA E MATRÍCULA - ECT Dodelin				
				ASSINATURA - REMETENTE Elcio Rigueiro Leal				
APRESENTAR ESTA LISTA EM CASO DE RECLAMAÇÃO								

074193

