

2334  
S

**PROTEGER**

**PROGRAMA TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO  
DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE**



**Município de Estância Velha - RS**

# **Informações Básicas para a Gestão Territorial**



**Avaliação Geofísica  
da Pluma Poluidora  
Gerada por um Depósito  
de Lodo de Curtume**

P  
711.2(816.5)  
C837a  
E. VELHA ex 2

**1994**



Ministério de Minas e Energia - MME

*Delcídio do Amaral Gomes*  
Ministro Interino

Secretaria de Minas e Metalurgia - SMM

*Breno Augusto dos Santos*  
Secretario

Governo do Estado do Rio Grande do Sul

*Alceu Collares*  
Governador

Secretaria de Planejamento Territorial e Obras

*Jorge Decken Debiagi*  
Secretário

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
CPRM

*Carlos Oití Berbert*  
Presidente

*Hermes Augusto Verner Inda*  
Diretor de Geologia e Recursos Hídricos

*Antonio Juarez Milmann Martins*  
Diretor de Recursos Minerais

*Augusto Wagner Padilha Martins*  
Diretor de Administração e Finanças

*Gil Pereira de Souza Azevedo*  
Diretor de Relações Comerciais

*Valter José Marques / Helion França Moreira*  
Coordenador Nacional do GATE

*Cladis Antonio Presotto*  
Superintendente Regional de Porto Alegre

Fundação de Planejamento Metropolitano e Regional - METROPLAN

*Newton Paulo Baggio*  
Diretor Superintendente

*Cilon Estivalet*  
Diretor Técnico

*Halley Filipouski / Joaquim A.A. Braz*  
Diretor de Operações

*Hermes De Souza*  
Diretor Administrativo

*Pedro Geraldo Greve*  
Coord. do Grupo de Saneamento Ambiental

T-96

C P R M - O T E	
ARQUIVO	
Relatório n.º	2334 S
N.º de Volumes:	V:

PHL  
014092  
2007

O Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre - PROTEGER é vinculado ao Programa de Informações para Gestão e Administração Territorial - GATE da CPRM e ao Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado da METROPLAN.

República Federativa do Brasil  
Ministério de Minas e Energia  
Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
Superintendência Regional de Porto Alegre

PROGRAMA TÉCNICO PARA O GERENCIAMENTO  
DA REGIÃO METROPOLITANA  
DE PORTO ALEGRE

**PROTEGER**

AVALIAÇÃO GEOFÍSICA DA PLUMA POLUIDORA  
GERADA POR UM DEPÓSITO DE LODO  
DE CURTUME - ESTÂNCIA VELHA - RS

**Execução**

*Geól. Antonio Flavio Uberti Costa - CPRM ✓*  
*Eng. Civil Carlos Alberto Ferlin - METROPLAN ✓*  
*Téc. Mineração Odilon Corrêa - CPRM ✓*  
*Estag. geologia Toni Eerola ✓*

**Elaboração do Texto**

*Geól. Antonio Flavio Uberti Costa - CPRM ✓*  
*Eng. Civil Carlos Alberto Ferlin - METROPLAN ✓*

Série Degradação Ambiental - Porto Alegre  
Volume 06  
1994

CPRM-Documentação  
Registro n.º 886  
12 12 94

## EQUIPE TÉCNICA

*Eduardo Camozzato/  
Luiz Fernando Fontes de Albuquerque*  
Gerente de Recursos Minerais

*Vitório Orlandi Filho*  
Coordenação Técnica - CPRM

*Nanci Begnini Giugno*  
Coordenação Técnica - METROPLAN

*Antonio Flavio Uberti Costa*  
Chefe do Projeto

*Luís Edmundo Giffoni*  
Serviço de Editoração Regional CPRM

**AVALIAÇÃO GEOFÍSICA DA PLUMA POLUIDORA  
GERADA POR UM DEPÓSITO DE LODO DE  
CURTUME - ESTÂNCIA VELHA - RS**

Geól. Antonio Flavio Uberti Costa - CPRM  
Eng. Civil Carlos Alberto Ferlin - METROPLAN  
Téc. Mineração Odilon Corrêa - CPRM  
Estag. geologia Toni Eerola

### Ficha Catalográfica

C837 Costa, Antonio F.U.

Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume - Estância Velha - RS / Antonio F. U. Costa; Carlos A. Ferlin. - Porto Alegre: CPRM / METROPLAN, 1994.

1 v.; il. - (Série Degradação Ambiental - Porto Alegre - Volume 06)

"Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre - PROTEGER".

1. Planejamento Territorial Regional - Rio Grande do Sul

2. Poluição do Solo - Geofísica - Rio Grande do Sul

I. Ferlin, Carlos A.

II. Título

CDU 711.2 (816.5)

628.396:550 (816.5)

**Ilustração da capa: imagem multiespectral do satélite LANDSAT TM-5, de 16/09/90, abrangendo o Delta do Jacuí e Estuário do Guaíba.**



## APRESENTAÇÃO

---

Este Volume apresenta os resultados dos levantamentos geofísicos realizados na área de disposição final de lodo proveniente de estações de tratamento de efluentes gerados por indústrias de beneficiamento de couros do Município de Estância Velha.

Este trabalho constitui-se em uma demanda especial surgida durante a elaboração do projeto *Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS*, pertencente ao *Programa Técnico para o Gerenciamento da Região Metropolitana de Porto Alegre - PROTEGER*.

Originalmente este trabalho foi editado através de uma série regional de publicações, intitulada *Série GATE - Resíduos Sólidos*, sob a designação de *Caderno Técnico 03*. Visando sua integração às séries nacionais de publicações do GATE, passa a constituir o *Volume 06* da *Série Degradação Ambiental* da Superintendência Regional de Porto Alegre.

Em decorrência, os termos *Volume* e *Caderno Técnico* são apresentados neste trabalho com o mesmo significado.

## SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS.....	4
2.1 - Aspectos Regionais .....	4
2.2 - Aspectos Locais .....	4
3 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DISPOSTOS .....	6
4 - ESTUDOS GEOFÍSICOS .....	7
4.1 - Metodologia Geofísica .....	7
4.2 - Etapas de Desenvolvimento do Projeto .....	8
4.3 - Resultados Obtidos .....	8
4.3.1 - Primeira Etapa - Outubro/91 .....	8
4.3.1.1 - Sondagens Elétricas Verticais.....	8
4.3.1.2 - Perfis EM34-3 .....	9
4.3.2 - Segunda Etapa - Janeiro/92 .....	9
4.3.2.1 - Sondagens Elétricas Verticais .....	9
4.3.2.2 - Perfis EM34-3 .....	10
4.3.3 - Terceira Etapa - Junho/92 .....	10
4.3.3.1 - Sondagens Elétricas Verticais .....	10
4.3.3.2 - Perfis EM34-3 .....	10
4.3.4 - Quarta Etapa - Outubro/92 .....	11
4.3.4.1 - Sondagens Elétricas Verticais .....	11
4.3.4.2 - Perfis EM34-3 .....	11
5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	12
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
• ANEXOS	
1- Documentação Fotográfica	
2- Figuras	
3- Tabelas	

## 1- INTRODUÇÃO

A geração de resíduos está intrinsicamente ligada a vida humana, desde seu processo vital até as suas atividades produtivas e de consumo.

Estes resíduos apresentam as mais variadas características, requerendo manejos específicos para acondicionamento, transporte e disposição, de acordo com o tipo de material.

Os resíduos urbanos municipais apresentam, provavelmente, a composição mais diversificada entre os demais tipos de resíduos. Na sua composição são encontrados entre outros: papéis, latas, madeiras, plásticos, vidros, restos de alimentos, resíduos ambulatoriais, materiais contaminados por óleos minerais, por pesticidas, por desinfetantes, etc.

Segundo diagnósticos realizados pela METROPLAN, estima-se que, atualmente, na Região Metropolitana de Porto Alegre-RMPA, sejam produzidos diariamente 3.500 toneladas de resíduos, das quais 1.600 toneladas são coletadas pelos serviços municipais de limpeza.

A Tabela 1, constante do Anexo 3, apresenta a estimativa de produção "per capita" de resíduos urbanos para o Rio Grande do Sul.

A Tabela 2, constante do Anexo 3, apresenta as populações e as áreas dos municípios da RMPA.

A disposição correta destes resíduos requer um volume considerável de recursos, tanto no que diz respeito a aquisição de áreas, como em gastos para a disposição adequada, no que diz respeito a técnicas, materiais e equipamentos empregados.

A prática corriqueira de manejo de resíduos sólidos é a disposição em áreas de baixo valor monetário, a partir do simples lançamento de resíduos, realizando, em alguns casos, uma cobertura com solo.

O emprego de resíduos sólidos para o aterramento de depressões, voçorocas, banhados, zonas de várzeas etc, é freqüente

e tem sido equivocadamente considerada uma boa alternativa para a solução do problema de disposição, e para a retificação topográfica destes locais.

A inexistência de pesquisas ligadas a disposição de resíduos e os respectivos efeitos ao meio ambiente contribuiu para a prolongada duração do conceito descrito no parágrafo anterior, que encontra-se arraigado como procedimento seguro e correto.

Com a ampliação da produção industrial e o crescimento populacional verificado nas últimas décadas, a geração de resíduos também foi ampliada e, em decorrência, os problemas oriundos do desconhecimento dos efeitos de disposições inadequadas.

A contaminação de aquíferos utilizados como mananciais para o suprimento de água potável para comunidades, despertou o interesse de pesquisadores para o estudo de sítios contaminados por resíduos.

Constatou-se que os problemas, outrora ignorados, são de grande monta e que o número de locais e a extensão das áreas contaminadas extrapola os limites das áreas que receberam resíduos.

Na RMPA, existem no momento aproximadamente 30 locais de disposição de resíduos urbanos, dos quais 23 encontram-se em operação.

A maioria esmagadora destes sítios foi selecionada considerando apenas o custo da terra, ignorando a existência ou não de condições técnicas para esta finalidade.

A exemplo do Brasil e de vários outros países, os estudos relacionados ao monitoramento de sítios de disposição de resíduos constituem matéria recente e em constante aprimoramento técnico.

As metodologias usualmente empregadas para o monitoramento de tais áreas foram desenvolvidas enfatizando os aspectos de coleta de amostras de líquidos e sólidos, em subsuperfície. Isto se justifica porque a coleta de amostras representa a principal fase do monitoramento e é a atividade que



requer o maior volume de serviços complementares e tempo de execução.

Face às dificuldades e custos para a coleta de amostras, em subsuperfície, o número de pontos analisados dificilmente permite uma delimitação contínua e bem definida de uma zona de contaminação em subsuperfície.

Esta incerteza na delimitação da zona contaminada pode conduzir a um super-dimensionamento ou subdimensionamento de obras e serviços para a recuperação do sítio de disposição.

Constata-se, então, a necessidade do desenvolvimento de metodologias de delimitação de zonas contaminadas, em subsuperfície, que gerem resultados confiáveis, que permitam a realização de uma rede densa de pontos amostrados, com uma conseqüente delimitação precisa e que sejam executáveis com rapidez.

Neste sentido, pesquisas recentes, visando o emprego de métodos de prospecção geológica, para a determinação de zonas contaminadas, vêm sendo desenvolvidas, verificando-se bons resultados para os méto-

dos geofísicos, elétricos e eletromagnéticos.

A partir dos conhecimentos adquiridos com tais pesquisas e da possibilidade de execução e teste de tais métodos, dentro do programa PROTEGER, foram concebidos dois projetos de monitoramento de plumas poluidoras geradas por depósitos de resíduos, localizados no município de Estância Velha e na zona norte do município de Porto Alegre.

Com o decorrer do desenvolvimento dos referidos projetos foi decidido aplicar a mesma metodologia em área contaminada por lodo proveniente de resíduos industriais de curtume, visto ser este um problema crítico de toda a região coureiro-calçadista, situada no Vale do Rio dos Sinos. Para a sua viabilização foi escolhida uma área no município de Estância Velha, Figura 1.

Este trabalho apresenta as atividades desenvolvidas na referida área que recebe lodo proveniente de estações de tratamento de efluentes da indústria de curtimento de peles (curtumes) instaladas na cidade de Estância Velha. Os resultados destas atividades estão incluídos no texto a seguir.

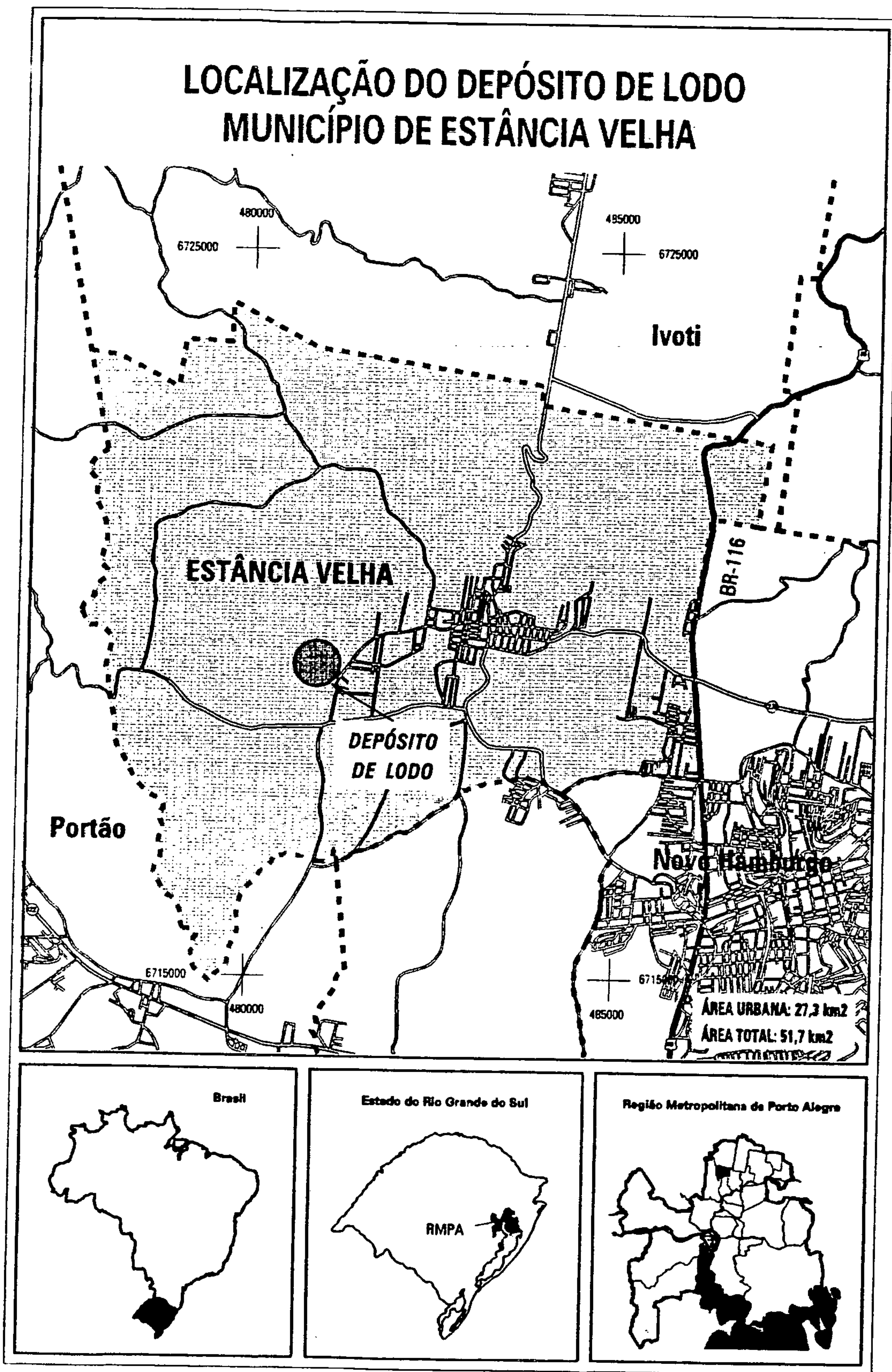


FIGURA 1

## 2 - ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

Situada no sopé da encosta do Planalto Riograndense, Estância Velha desenvolve-se ao longo do vale do arroio homônimo, sendo circundada por morros de formação basáltica e arenítica.

A cidade possui área total igual a 5.174 ha, dos quais 2.734 ha, em zona urbana e 2.440 ha, em zona rural.

Segundo dados preliminares do CENSO-IBGE/1991, a cidade apresentava 28.200 habitantes.

O desenvolvimento da cidade está associado a criação de indústrias de beneficiamentos de peles. Esta atividade industrial é responsável pela geração de resíduos tóxicos, que são descartados, após um tratamento preliminar, nem sempre eficiente, no arroio Estância Velha e em trincheiras escavadas no solo. Verifica-se ainda a ocorrência de odores fétidos gerados pelos resíduos industriais, que, associado a geografia local, é causa de grandes transtornos para a população.

A área do depósito de lodo está situada em uma encosta de morro, localizada na margem direita do arroio Estância Velha, em zona rural, nas imediações do limite da zona urbana.

### 2.1 - Aspectos Regionais

De acordo com Krebs e Orlandi F<sup>o</sup> (1994), a geologia regional é representada pelas seguintes unidades: Formação Serra Geral, Formação Botucatu, Depósitos de Encosta e Depósitos de Várzea.

A Formação Serra Geral é constituída por espessos derrames de rochas vulcânicas básicas, ocorrendo na porção norte do município sob a forma de platôs.

A Formação Botucatu é formada por espessos pacotes de arenitos eólicos, que constituem os morros arredondados e alongados junto aos platôs basálticos.

Os Depósitos de Encosta encontram-se representados por rampas de colúvio e tálus, que são constituídos por blocos de arenito e basalto, dispersos aleatoriamente em uma matriz areno-argilosa.

Os Depósitos de Várzea são formados por sedimentações de areias argilosas e argilas arenosas em planícies de inundação e terraços aluviais relacionados às principais drenagens da área.

Geomorfologicamente, a região é constituída pelas seguintes unidades: Patamares da Serra Geral, Depressão Rio Jacuí e Planície Aluvial da Bacia do Rio dos Sinos.

A unidade Patamares da Serra Geral é constituída por platôs de topo suavemente ondulados e planos, que ocupam cotas entre 120 e 220 m.

As bordas destes platôs são íngremes, apresentando forma côncava e altas declividades.

A unidade Depressão Rio Jacuí é formada por planaltos dissecados com morros rebaixados arredondados ou alongados e morros arrasados, ocorrendo entre as cotas 20 e 105 m. Estes morros possuem encostas planas ou concavas, com declividade moderada. A unidade é representada, na área, por morros testemunho.

A unidade Planície Aluvial da Bacia do Rio dos Sinos é formada por terraços planos e planícies aluviais, ocorrendo entre as cotas 20 e 80 m.

### 2.2 - Aspectos Locais

A área do depósito de lodo está localizada na encosta de um morro-testemunho, constituído por rochas da Formação Botucatu.

A litologia do local está representada por arenitos avermelhados médios a finos, com grãos arredondados, bem selecionados.

O solo do local é do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo, apresentando-se com grande espessura, textura areno-argilosa, má estruturação, nítida distinção de horizontes e

boa permeabilidade.

A vegetação local é constituída basicamente por gramíneas e culturas de Acácia.

### 3 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DISPOSTOS

---

As operações de disposição de lodo proveniente de estações de tratamento de efluentes das indústrias de curtimento de peles instaladas na cidade são verificados em dezenove sítios espalhados pelo município.

Os procedimentos de disposição constituem-se de escavação de trincheiras no solo e do lançamento de resíduos semi-sólidos em seu interior (Foto 1). As trincheiras funcionam inicialmente como leitos de secagem, até que o material apresente condições para suportar cargas de veículos, quando, então, é procedida a cobertura e fechamento com solo.

As operações de disposição de lodo na área estudada foram iniciadas em 1991, encontrando-se até o momento em atividade.

Os resíduos dispostos na área do

depósito de lodo provém de estações de tratamento de efluentes de indústrias de curtimento de peles instaladas no município.

Estes resíduos são compostos por partículas de pele, por pêlos, por gordura, por cloretos de sódio, conservantes e corantes (Foto 2).

Os principais problemas relacionados a este tipo de resíduos estão ligados aos materiais constituintes dos conservantes e corantes, destacando-se o elemento  $Cr^{+6}$  ou cromo hexavalente.

As concentrações destes produtos no lodo disposto são variáveis, devido aos tipos de tratamentos realizados nos lodos, antes da disposição e as otimizações dos processos produtivos verificadas nas indústrias ao longo de 1991 e 1992.

## 4 - ESTUDOS GEOFÍSICOS

Os levantamentos topográficos realizados na área do depósito de lodo constituiram-se do cadastro planimétrico expedido das trincheiras de disposição de lodo e da demarcação de três perfis lineares com extensões iguais a 180, 260 e 220 m e estações a cada 50 metros. Estes levantamentos estão expressos nas figuras 2a, b.

Baseado no fato de que a condutividade elétrica das rochas varia de acordo com a condutividade elétrica das águas subterrâneas e que esta depende da quantidade de substâncias (inorgânicas e/ou orgânicas) nelas dissolvidas, métodos elétricos tem sido utilizados para detectar, delimitar e monitorar a pluma poluidora das águas subterrâneas, provocada por depósitos de lixo industrial e doméstico. Seitz et al (1972), Stollar et al (1975), Kelly (1976), Urisch (1983), entre outros, utilizaram o método eletrorresistividade (sondagem elétrica vertical e caminhamento elétrico), em diversas áreas, para determinar a poluição das águas subterrâneas. Kliefstad et al (1975) abordou as limitações deste método quanto a sua resolução e precisão. Asch et al (1988) desenvolveu procedimento visando otimizar a resolução da eletrorresistividade, utilizando arranjos subsuperficiais. Buselli et al (1988) empregou métodos TEM- Eletromagnéticos Domínio do Tempo, com resultados mais precisos. No Brasil, Ellert et al (1988) e Ellert et al (1990) utilizaram métodos geofísicos no estudo da poluição de águas subterrâneas, com exemplos práticos de aplicações nos aterros sanitários de Santo André, São José dos Campos e São Carlos, no Estado de São Paulo.

### 4.1 - Metodologia Geofísica

Foram empregados os métodos eletrorresistividade (sondagem elétrica vertical) e o eletromagnético EM34-3, fabricado pela GEONICS LTD.

A sondagem elétrica vertical permite determinar a variação da resistividade elétrica com a profundidade, sob um mesmo ponto do terreno.

Trata-se de uma técnica antiga, bastante utilizada na solução de diferentes pro-

blemas geológicos. Consiste na transmissão de uma corrente elétrica  $I$  ao terreno, através de um circuito de dois eletrodos, na superfície, afastados de uma distância  $AB$ ; e na medição de uma diferença de potencial  $\Delta V$  entre dois eletrodos, afastados de uma distância  $MN$ . A resistividade elétrica ( $p$  ou  $p_a$ ) é obtida através da expressão  $p$  ou  $p_a = k(\Delta V/I)$ , sendo resistividade verdadeira ( $p$ ), se o terreno for homogêneo, e aparente ( $p_a$ ) se o mesmo for heterogêneo. A constante geométrica ( $k$ ) depende do arranjo entre os eletrodos  $AMNB$ . A profundidade alcançada aumenta com o afastamento dos eletrodos de corrente  $AB$ .

O condutímetro EM34-3 (McNeill, 1980a e b) compõe-se de duas bobinas (transmissora e receptora), conectadas por cabos de diferentes comprimentos (Foto 3). A transmissora emite um campo magnético primário  $H_p$ , que induz, em subsuperfície, correntes elétricas, que geram um campo magnético secundário  $H_s$ . A combinação destes dois campos,  $H_p$  e  $H_s$ , é medida pela receptora. Sob certas condições, definidas tecnicamente como "operação com baixos valores de indução", admite-se que a relação entre os módulos dos dois campos seja dada por  $H_s = k H_p$ , onde  $k$  depende da frequência do campo, da permeabilidade magnética no vácuo, do espaçamento entre bobinas e da condutividade elétrica do meio.

O equipamento permite a leitura direta da condutividade elétrica, em miliSiemens (milimho) por metro.

A profundidade de investigação depende da distância entre as bobinas e do seu arranjo; as bobinas coplanares podem ser mantidas verticais, sendo o dipolo horizontal, ou em um plano horizontal, com o dipolo vertical. Para 10, 20 e 40m de espaçamento entre as bobinas, as profundidades médias alcançadas, com bobinas verticais, são 7.5, 15 e 30m, respectivamente e 15, 30 e 60m, com bobinas coplanares horizontais. As profundidades médias alcançadas correspondem aos níveis onde a influência das rochas, em subsuperfície, sobre os valores medidos, ainda é significativa.

Fazendo-se medições em uma rede com malha adequada, pode-se gerar mapas da variação lateral da condutividade, para diferentes níveis alcançados. Através dos resultados destes mapas, após a amarração com resultados de análises físico-químicas de amostras de água coletadas em piezômetros (Foto 4), define-se a extensão lateral e em profundidade da pluma de poluição.

#### 4.2 - Etapas de Desenvolvimento do Projeto

Os trabalhos foram desenvolvidos em quatro etapas de aquisição de dados, no período de outubro/91, janeiro/92, junho/92 e outubro/92.

O EM34-3 foi aplicado ao longo de perfis (Figura 2a,b), com medidas a cada 20m. O perfil 1, com 180m de extensão, localiza-se transversalmente as trincheiras de lodo. O perfil 2, com 260m, encontra-se em estrada situada à jusante dos depósitos de lodo, em termos de fluxo das águas subterrâneas. O perfil 3, com 220m, está longitudinal a uma trincheira de depósitos. A finalidade principal de aplicação do método foi estabelecer a relação entre a condutividade elétrica medida em três níveis distintos e o lodo. Em cada ponto medido, foram realizadas três leituras, utilizando arranjo de bobinas coplanares verticais, com os três afastamentos possíveis: 10m, 20m e 40m. Assim, pode-se determinar a condutividade elétrica para três níveis crescentes de alcance em profundidade: 7.5, 15m e 30m.

Quanto a eletrorresistividade, foram realizadas duas sondagens elétricas verticais, (Figura 2a), com a finalidade de estabelecer a variação da resistividade elétrica sob um ponto na estrada, fora do depósito (SEV-01L), e sob um ponto na área de disposição (SEV-02L).

Para a correlação entre os valores geofísicos medidos e os níveis reais de contaminação das águas subterrâneas do local, foram construídos 2 piezômetros para coleta de amostras de água para análises. Essas, entretanto, não foram executadas em virtude de dificuldades financeiras do projeto.

A Figura 2a apresenta a distribuição dos tanques de lodo na área até o final da

segunda etapa. Na Figura 2b tem a distribuição encontrada nas duas últimas fases.

#### 4.3 Resultados Obtidos

##### 4.3.1 Primeira Etapa - Outubro/91

##### 4.3.1.1 Sondagens Elétricas Verticais

-SEV-01-L (Figura 2a, perfil 02, estação 80)

Curva tipo KQ (Figura 3a), quatro camadas com as duas primeiras de elevada resistividade elétrica, 410 e 615 ohm.m, respectivamente, correspondendo ao arenito Botucatu seco, conforme relação com dados de furo de trado no local.

A partir de 8 m, curva descendente, com duas camadas geoeletricas com resistividade 156 e 32 ohm.m, sendo a espessura da primeira igual a 32 m. O furo de trado no local atingiu o nível d'água a 10m de profundidade, revelando que a camada geoeletrica com resistividade 156 ohm.m corresponde ao arenito Botucatu saturado.

-SEV-02-L (Figura 2a, perfil 03, estação 120)

Curva tipo H (Figura 4a), de baixa qualidade, executada ao longo de uma linha de tanques de lodo. Uma camada com resistividade 9 ohm.m e cerca de 6 m de espessura corresponde ao próprio lodo.

Abaixo dessa camada ocorre uma outra com resistividade 465 ohm.m, correlacionável às primeiras duas da SEV-01-L, que corresponde ao arenito Botucatu seco. Desta forma, verifica-se que, nessa área, ainda existe uma faixa de alta resistividade separando o lodo do aquífero. Esse fato deve-se, provavelmente, ao pouco tempo de existência dos depósitos e à profundidade do nível freático no local, maior que 10 m. A espessura para a camada de baixa resistividade, cerca de 6 m, coincide aproximadamente com o observado em poços construídos no local e ainda não preenchidos por lodo: em torno de 5m.

A Figura 5, corresponde a uma seção geoeletrica ao longo do perfil 03, definida com base na interpretação das sondagens elétricas verticais.

#### 4.3.1.2 Perfis EM34-3

##### - Perfil 01 (Figura 6a)

Os valores medidos revelam a forte influência do lodo sobre a condutividade elétrica do meio. O perfil 01, com 180 m de extensão (Figura 2), inicia e termina sobre o arenito Botucatu, com os pontos intermediários 120 e 140 sobre os depósitos de lodo.

O "background" cresce no sentido da estaca 00 para a 180, provavelmente devido a aproximação do nível freático, na medida em que a cota das estações diminui consideravelmente nesse sentido. Poder-se-ia pensar em um aumento da condutividade devido a um princípio de contaminação do aquífero, sob o lodo.

Entretanto, os valores medidos sugerem uma infiltração do lodo na rocha ainda pequena: espaçamento 10 m com valores elevados nas estações 120 e 140; espaçamento 20 m com valor anômalo na estação 120; e espaçamento 40 m com valor fracamente anômalo na estação 140.

##### - Perfil 02 (Figura 7a)

Situado ao longo da estrada, iniciando no alto do morro, sobre o arenito Botucatu, passando em frente aos depósitos de lodo, à jusante, entre as estações 60 e 140, e continuando no Botucatu, topografia abaixo, até a estação 260, junto a um açude.

No perfil, observa-se um aumento geral da condutividade, a medida em que se aproxima do nível freático.

O espaçamento mais superficial, 10 m, revela um alto de condutividade nas estações 60, 80 e 100, podendo indicar já uma possível contaminação provocada pelo lodo. Um pico anômalo, com o espaçamento 40 m, foi detectado na estação 160 m, podendo indicar uma possível contaminação a nível mais profundo, afetando o aquífero a uma distância maior do lodo, no sentido do fluxo das águas subterrâneas.

##### - Perfil 03 (Figura 8a)

Ao longo de uma fileira de depósitos de lodo, com extensão 220 m, situado sobre o lodo no intervalo de 40 m a 180 m.

Verifica-se uma faixa de valores mais elevados entre as estações 40 e 120 com o espaçamento 40 m, que atinge maiores profundidades. Por outro lado, com espaçamento 10 m, mais superficial, a faixa de valores mais elevados encontra-se entre as estações 120 e 180 m.

Explica-se esse comportamento, pelo fato de que os depósitos do último trecho são mais recentes, não havendo tempo para uma infiltração efetiva.

Em função dos levantamentos até então realizados observa-se um nítido contraste de condutividade entre o lodo e a rocha.

Aparentemente, na área estudada, o aquífero ainda não havia sido contaminado pelo lodo, à época da fase 1, tendo em vista o pouco tempo (meses) de existência dos depósitos e da profundidade grande do nível freático (maior que 10 m).

Evidências de infiltração no arenito foram observadas. Possíveis contatos com o aquífero poderão ser esclarecidos a partir da análise de amostras de água a serem coletadas nos piezômetros construídos nas estações 80 e 120 do perfil 02.

É possível que, nas áreas com cotas mais baixas na região, onde o lodo foi depositado a mais tempo, o aquífero já esteja intensamente contaminado, uma vez que o nível freático nessas áreas encontra-se quase à superfície.

#### 4.3.2 Segunda Etapa - Janeiro/92

##### 4.3.2.1 Sondagens Elétricas Verticais

##### -SEV-01-L (Figura 2a, perfil 02, estação 80)

Curva tipo Q (Figura 3b), três camadas, com a primeira de elevada resistividade elétrica, 330 ohm.m, correspondendo ao arenito Botucatu seco.

A partir de 6 m, curva descendente, com duas camadas geoeletricas com resistividades 147 ohm.m e 30 ohm.m, respectivamente, sendo a espessura da primeira da ordem de 32m.



A curva obtida é muito semelhante aquela obtida na primeira fase (Figura 3a), tanto a nível de espessuras, quanto de resistividades das camadas. A espessura um pouco menor da camada de alta resistividade, 6m, sugere uma pequena elevação do nível freático, em relação a etapa anterior.

SEV-02-L (Figura 2, perfil 03, estação 120)

Curva tipo H (Figura 4b), de baixa qualidade, semelhante a obtida na fase anterior. Uma camada com 5m de espessura e 6 ohm.m de resistividade corresponde ao lodo. A resistividade muito elevada, maior que 600 ohm.m, mostra uma camada de arenito seco, entre o lodo e o aquífero, evidenciando a não contaminação deste até o momento no local da SEV-02-L.

#### 4.3.2.2 Perfis EM34-3

As Figuras 6b, 7b e 8b apresentam os resultados obtidos na fase 2, nos perfis 01, 02 e 03. Esses perfis, comparados aos da fase 01, Figuras 6a, 7a e 8a, revelam que, no caso do perfil 01, a contaminação avança nos níveis mais profundos, muito embora de forma incipiente, no caso do perfil 02, os dados sugerem um princípio de contaminação do aquífero em torno das estações 60, 150 e 230, nos níveis mais profundos; e no perfil 30, verifica-se uma variação da condutividade superficial, relacionada à fileira recente de poços de lodo atravessada por este perfil.

#### 4.3.3 Terceira Etapa - Junho/92

##### 4.3.3.1 Sondagens Elétricas Verticais

-SEV-01-L (Figura 2b, perfil 02, estação 80)

Curva tipo HKQ (Figura 3c), 5 camadas com as três primeiras de alta resistividade elétrica, 1210, 240 e 500 ohm.n, respectivamente, correspondendo ao arenito Botucatu seco.

A partir de 6 m, curva descendente, com duas camadas geoeletricas com resistividades 150 e 31,6 ohm.m, com a espessura da primeira da ordem de 36m.

A curva obtida é semelhante as anteriores (Figuras 3a e 3b), com uma variação na resistividade das camadas superficiais. Repetem-se as resistividades para as duas últimas camadas, inclusive a profundidade estimada para o aquífero na fase anterior (6m).

SEV-02-L (Figura 2b, perfil 03, estação 120)

Curva tipo H (Figura 4c), semelhante as obtidas nas fases anteriores. Uma camada com 5,5m de espessura e com resistividade 2,7 ohm.m corresponde ao lodo. A espessura praticamente não mudou, apenas a resistividade vem caindo desde a primeira até a terceira etapa: 9, 6 e 2.7 ohm.m, respectivamente. A resistividade elevada, abaixo do lodo, permite supor, a exemplo das fases anteriores, que até junho de 92 o aquífero não havia sido contaminado neste local.

#### 4.3.3.2 Perfis EM34-3

As Figuras 6c, 7c e 8c apresentam os resultados obtidos na fase 3, nos perfis 01, 02 e 03, respectivamente.

No caso do perfil 01 (Figura 6c), verifica-se um aumento da faixa de alta condutividade, devido ao avanço dos depósitos de lodo nessa área (Figuras 2a,b)

Com relação ao perfil 2a e 2b, o provável avanço da contaminação nos níveis mais profundos, evidenciado na fase anterior, junto às estações 60, 150 e 230, não se confirma. Por outro lado, no nível mais superficial, um pequeno aumento da condutividade sugere um possível avanço da contaminação em torno da estação 80 (Figura 7c e 2b). Esse efeito pode ser o responsável pela diminuição de resistividade na camada superficial, primeira da SEV-01L/1ª e 2ª fases, e segunda da SEV-01L/3ª fase, passando da faixa de 400 ohm.m (1ª e 2ª fases) para 240 ohm.m (3ª fase).

No perfil 03 o comportamento mantém-se para os três níveis, com ligeira elevação dos valores medidos ao longo dos depósitos de lodo.

#### 4.3.4 Quarta Etapa - Outubro/92

##### 4.3.4.1 Sondagens Elétricas Verticais -SEV

###### -SEV-01 L (Figura 2b, perfil 02, estação 80)

Curva tipo HKQ, Figura 3d, 5 camadas semelhantes ao resultado obtido na etapa anterior. A diferença principal é a segunda camada, a meio metro de profundidade, e com 1m de espessura, que apresenta uma resistividade mais baixa (182 ohm.m). Essa variação poderia estar representando um avanço dos poluentes através do arenito, no local da sondagem elétrica.

A partir de 9m, curva descendente, com duas camadas geelétricas com resistividades 160 e 38 ohm.m, com a espessura da primeira da ordem de 23m. Esse resultado sugere um rebaixamento do nível freático em relação a etapa anterior, de 6 para 9 m.

###### -SEV-02 L (Figura 2b, perfil 03, estação 120)

Curva tipo (H), Figura 4d, semelhante as obtidas nas fases anteriores. Uma camada com 5,5m de espessura e 7 ohm.m de resistividade corresponde ao lodo. A espessura mantém-se em relação a fase anterior, e a resistividade volta a crescer ao nível da 2ª fase (janeiro/92). A camada de alta resistividade entre o lodo e o aquífero sugere, como nas fases anteriores, que o aquífero ainda não foi atingido pelos poluentes neste local.

##### 4.3.4.2 Perfis EM34-3

As Figuras 6d, 7d e 8d apresentam os resultados obtidos na última etapa (outubro/92), nos perfis 01, 02 e 03, respectivamente.

No caso do perfil 01 (Figura 6d), em relação à etapa anterior, verifica-se uma redução dos níveis de condutividade associada aos poços de lodo mais antigos, e manutenção dos valores anteriores nos poços recentes (ver Figuras 2a,b - localização dos poços de lodo e Figura 9a). Em todo o trabalho (4 etapas), a variação está associada ao surgimento de poços de lodo na área: aumento nos novos e redução nos antigos (Figura 9b).

Com relação ao perfil 02 (Figura 7d), os valores medidos mantêm-se para os três níveis, entre esta etapa e a anterior.

Apenas a estação 60 (Figura 10a) revela um pequeno aumento da condutividade no nível mais raso (7.5m). Considerando a situação em outubro/91 (etapa 1) e outubro/92 (etapa 4) verifica-se que, para os três níveis medidos, não há variação de condutividade (Figura 10b).

No perfil 3 (Figura 8d), há uma tendência à redução dos valores nos três níveis (Figura 11a), entre a 3ª e a 4ª etapa. Em todo o projeto (outubro/91 a outubro/92), verifica-se um aumento da condutividade medida nos níveis mais superficiais e uma redução no nível mais profundo (30 m), Figura 11b.

## 5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os dois métodos geofísicos empregados: sondagem elétrica vertical e EM34-3, permitiram verificar a estreita relação entre altos valores de condutividade e os depósitos de lodo do curtume. Essa relação fica clara ao analisarmos os resultados obtidos com o EM34-3 no perfil 01, Figuras 6a,b,c e d. As duas primeiras figuras representam os resultados das fases 1 e 2, quando a distribuição dos depósitos de lodo era a da Figura 2a e as duas últimas representam os resultados das fases 3 e 4, quando os depósitos estavam distribuídos conforme a Figura 2b.

O perfil 02 na fase 3, sugere um pequeno avanço do lodo através do arenito, na superfície, em torno da estação 80. De qualquer forma, o avanço, ao que tudo indica, é muito lento nessa área, o que ficou evidenciado principalmente pelos resultados das sondagens elétricas verticais nas quatro fases do levantamento, que praticamente não se modificaram. Uma pequena variação da resistividade superficial identificada na SEV-01L, terceira fase, parece corroborar a evidência do avanço da contaminação em torno da estação 80 do perfil 02/EM34-3, última fase. Essa tendência, entretanto, é contrariada na última fase, onde a resistividade volta a crescer.

De qualquer forma, as sondagens elétricas verticais revelam que, apesar de alguns pequenos avanços da contaminação em alguns pontos, esses não foram suficientes para atingir o nível freático no local, de modo que, com base nos métodos geofísicos empregados, pode-se afirmar que, até o mês de outubro/92, não houve contaminação do lençol freático no local estudado. Esse fato, de grande relevância, pode ser explicado porque o nível freático local encontra-se a uma profundidade considerável: da ordem de 10m, e os depósitos de lodo tem espessura na faixa dos 5m. Além disso, o tempo decorrido entre a disposição dos resíduos e o levantamento geofísico é muito pequeno, insuficiente para que os poluentes alcancem as águas subterrâneas.

Apesar da permeabilidade do solo, caso a percolação/infiltração de água da su-

perfície seja evitada, através do selamento, (material argiloso e vegetação), é possível que se consiga impedir a poluição das águas nesse local. Isso somente é válido para essas condições, onde o aquífero se encontra a uma profundidade de cerca de 10 m. Em outras áreas, onde inclusive já houve disposição de lodo, situados em cotas menores, com o nível freático aflorando ou quase, os prejuízos tomam-se inevitáveis, uma vez que os resíduos são dispostos diretamente nos tanques, sem nenhuma impermeabilização adequada.

Aparentemente, o risco de contaminação das águas subterrâneas é pequeno, a partir da disposição do lodo em áreas elevadas, que apresentam o nível freático profundo. O problema é que esses depósitos são feitos sem nenhum estudo preventivo, e as eventuais situações favoráveis ocorrem por acaso.

As conclusões desse trabalho somente serão definitivas quando forem realizadas análises de amostras de água coletadas nos piezômetros instalados.

A metodologia testada apresentou resultados excelentes e promissores, demonstrando a necessidade de pesquisas complementares que visem relacionar os valores de condutividade elétrica medidos com as concentrações de substâncias dispersas no subsolo de áreas poluídas.

Com essa ressalva, considerando o problema crescente de poluição das águas subterrâneas, em áreas de disposição de resíduos domésticos e industriais, e as dificuldades apresentadas pelas técnicas convencionais no monitoramento destas áreas, a metodologia geofísica apresenta-se como excelente ferramenta alternativa e complementar, a ser empregada em futuros trabalhos.

Revela-se útil, não apenas na delimitação e no monitoramento da pluma, como também na indicação dos locais a serem coletadas as amostras de água para análise.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCH, T. & MORISON, H.F. 1988. Mapping and Monitoring of Toxic Wastes with Subsurface Electrical Resistivity Arrays. *Exploration Geophysics*, 19(1/2):226-228. (ASEG/SEG Conference- Adelaide. 1988)
- BUSSELI, G.; BARBER, C. & ZERILLI, A. 1988. The Mapping of Groundwater with TEM and DC Methods. *Exploration Geophysics*, 19 (1/2):240-243. (ASEG/SEG Conference. Adelaide 1988).
- ELLERT, N.; GREENHOUSE, J.& MONIER-WILLIAMS, M. 1988. A geofísica no Estudo da Poluição da Água Subterrânea. *AMBIENTE, Revista CETESB de Tecnologia*, São Paulo, 2(2):94-100.
- ELLERT, N.; ROSS, S.; MENDES, J.M.B.; MARTIN, E. 1990. Mapeamento Geofísico do Lixão de São Carlos. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 6. Porto Alegre, 1990. *Anais...* Porto Alegre: ABAS. p. 82-88.
- KELLY, W.E. 1976. Geoelectric Sounding for Delineating Groundwater Contamination. *Ground Water*, 14(1):6-10.
- KLEFSTAD, G.; SANDLEIN, L.V.A.& PALMQUIST, R.C. 1975. Limitation of the electrical Resistivity Methods in Landfills Investigations. *Ground Water*, 13(5):418-427.
- KREBS, A.S.J. & ORLANDI Fº,V. 1994. *Geologia do Município de Estância Velha - RS*. Porto Alegre . CPRM/METROPLAN. 1v.
- McNEILL, J.D. 1980a. *Eletromagnetic Terrain Conductivity Measurement at Low Induction Numbers*. Geonics Limited, TN-6. 15 p.
- McNEILL, J.D. 1980b. *EM34-3 Survey Interpretation Techniques*. Geonics Limited, TN-8. 15p.
- SEITZ, H.R.; WALLACE, A.T.& WILLIAMS, R.E.1972. Investigation of a Landfill in Granite-loess Terrain. *Ground Water*, 10(4):35-41.
- STOLLAR, R.L.& ROUX, P. 1975. Earth Resistivity Surveys-A Method for Defining Groundwater Contamination. *Ground Water*, 13(2): 145-150.
- URISCH, D.W. 1983. The Practical Applications of Surface Electrical Resistivity to Detection of Groundwater Pollution. *Ground Water*, 21(2):144-152.

**Documentação Fotográfica**



Foto 1 - Trincheiras de disposição de Lodo



Foto 2 - Detalhe da disposição do lodo



FOTO 3 - Levantamento geofísico com EM34-3



FOTO 4- Piezômetro para coleta de amostras de água

**Figuras**



**ÍNDICE DE FIGURAS****1. LOCALIZAÇÃO DO DEPÓSITO DE LODO**

2a. LOCALIZAÇÃO DOS PERFÍS GEOFÍSICOS EXECUTADOS E DOS TANQUES DE LODO - 1ª E 2ª ETAPAS

2b. LOCALIZAÇÃO DOS PERFÍS GEOFÍSICOS EXECUTADOS E DOS TANQUES DE LODO - 2ª E 3ª ETAPAS

3a. SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL - SEV-01-L - 1ª ETAPA - OUTUBRO/91

3b. SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL - SEV-01-L - 2ª ETAPA - JANEIRO/92

3c. SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL - SEV-01-L - 3ª ETAPA - JUNHO/92

3d. SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL - SEV-01-L - 4ª ETAPA - OUTUBRO/92

4a. SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL - SEV-02-L - 1ª ETAPA - OUTUBRO/91

4b. SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL - SEV-02-L - 2ª ETAPA - JANEIRO/92

4c. SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL - SEV-02-L - 3ª ETAPA - JUNHO/92

4d. SONDAÇÃO ELÉTRICA VERTICAL - SEV-02-L - 4ª ETAPA - OUTUBRO/92

**5. SEÇÃO GEOELÉTRICA AO LONGO DO PERFIL 03**

6a. PERFIL 01 - EM34-3 - 1ª ETAPA - OUTUBRO/91

6b. PERFIL 01 - EM34-3 - 2ª ETAPA - JANEIRO/92

6c. PERFIL 01 - EM34-3 - 3ª ETAPA - JUNHO/92

6d. PERFIL 01 - EM34-3 - 4ª ETAPA - OUTUBRO/92

7a. PERFIL 02 - EM34-3 - 1ª ETAPA - OUTUBRO/91

7b. PERFIL 02 - EM34-3 - 2ª ETAPA - JANEIRO/92

7c. PERFIL 02 - EM34-3 - 3ª ETAPA - JUNHO/92

7d. PERFIL 02 - EM34-3 - 4ª ETAPA - OUTUBRO/92

8a. PERFIL 03 - EM34-3 - 1ª ETAPA - OUTUBRO/91

8b. PERFIL 03 - EM34-3 - 2ª ETAPA - JANEIRO/92

8c. PERFIL 03 - EM34-3 - 3ª ETAPA - JUNHO/92

8d. PERFIL 03 - EM34-3 - 4ª ETAPA - OUTUBRO/92

9a. VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE NO PERFIL 01- OUTUBRO/92-JANEIRO/92

9b. VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE NO PERFIL 01- OUTUBRO/92-OUTUBRO/91

10a. VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE NO PERFIL 02-OUTUBRO/92-JANEIRO/92

10b. VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE NO PERFIL 02-OUTUBRO/92-OUTUBRO/91

11a. VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE NO PERFIL 03-OUTUBRO/92-JANEIRO/92

11b. VARIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE NO PERFIL 03-OUTUBRO/92-OUTUBRO/91

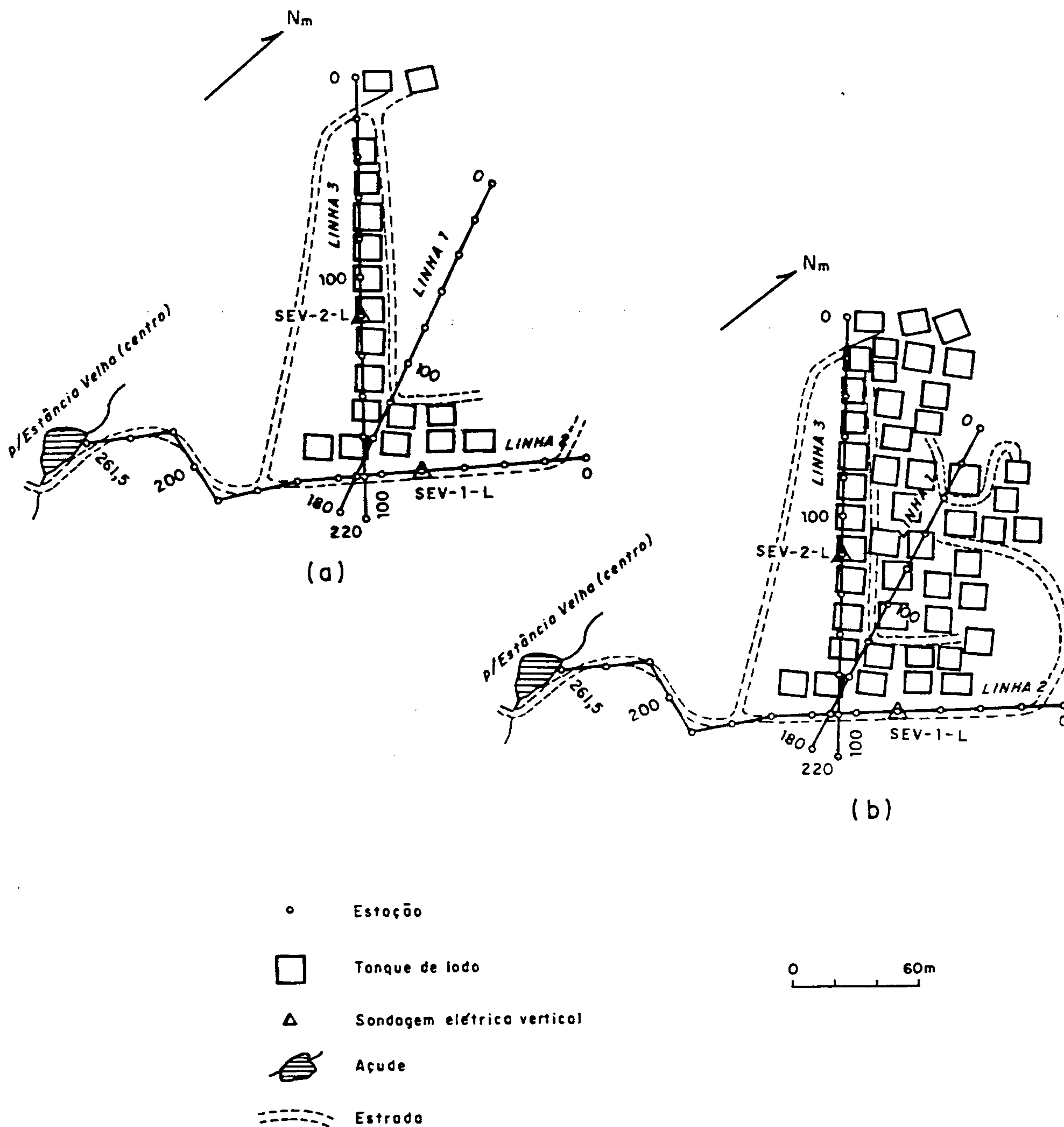


Figura 2 - Localização dos perfis geofísicos executados e dos tanques de lodo.

a-levantamento geofísico executado na 1ª e 2ª etapas  
 b-levantamento geofísico executado na 3ª e 4ª etapas

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* CPM / DEPRO / DIGEOF \*  
 \* PROGRAMA SEVMODD - VERSAO 1.0 - PARA MODELAMENTO DE SEV \*  
 \* === CURVA DIGITALIZADA === ENTRADA PELO TECLADO === \*  
 \* SEGUNDO KOEFOED, O. (1979) - MOD. E ADAP. MARCOS MUNIS (1986) \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

\*\*\* DADOS DO MODELO No. SEV-01-L (PRIMEIRA ETAPA) \*\*\*

CAMADA	RESISTIVIDADE	ESPESSURA
1	410	3.9
2	615	2.85
3	156	32
4	32	

AB/2	* RES. AP.	* DIG.	!-----!-----!-----!
1	410.243	415	I *
1.333521	410.4166	415	I *
1.778279	410.7845	415	I *
2.371374	411.5822	415	I *
3.162278	413.006	415	I *
4.216966	414.812	418	I *
5.623413	415.2193	430	I *
7.498942	408.9477	440	I *
10	387.5408	421	I *+
13.33522	345.6343	350	I *
17.7828	288.6029	282	I *
23.71373	230.9751	230	I *
31.62278	184.6984	196	I *
42.16966	150.2703	160	I *
56.23413	120.5827	120	I *
74.9894	91.36921	86	I **

Fig. 3a

```

*****
*
*          CPRM / DEPRO / DIGEOF
*  PROGRAMA SEVMODD - VERSAO 1.0 - PARA MODELAGENTO DE SCV
*  === CURVA DIGITALIZADA ===== ENTRADA PELO TECLADO =====
*  SEGUNDO KOEFOED, O. (1979) - MOD. E ADAP. MARCOS MUNIS (1986)
*
*****

```

\*\*\* DADOS DO MODELO No. SEV-01-L (SEGUNDA ETAPA) \*\*\*

CAMADA	RESISTIVIDADE	ESPESSURA
1	440	5.85
2	147	31.6
3	30	

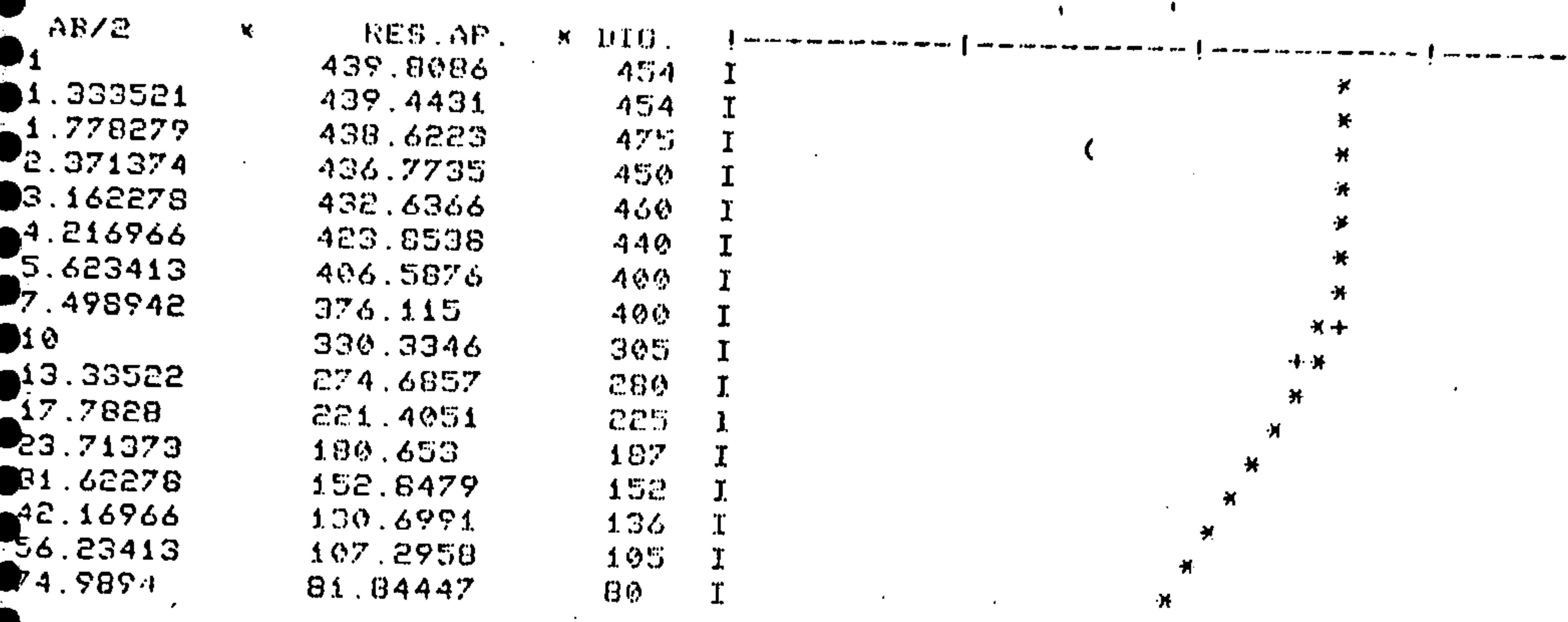


Fig. 3b

```

*****
*
*          CFRM / DEPRO / DIGEOF
*
*  PROGRAMA SEVMODD - VERSAO 1.0 - PARA MODELAMENTO DE SEV
*  === CURVA DIGITALIZADA ===== ENTRADA PELO TECLADO =====
*  SEGUNDO KOEFOED,0.(1979) - MOD.E ADAP. MARCOS MUNIS (1986)
*
*****

```

\*\*\* DADOS DO MODELO No. SEV-01-L (TERCEIRA ETAPA) \*\*\*

CAMADA	RESISTIVIDADE	ESPESSURA
1	1210	.49
2	242	3.3
3	500	1.9
4	150	36.4
5	31.6	

AB/2	* RES. AP.	* DIG.	----- ----- ----- -----
1	704.5841	696	I * *
1.333521	519.097	510	I * *
1.778279	379.1702	380	I * *
2.371374	302.2316	300	I * *
3.162278	272.1593	265	I * *
4.216966	264.755	260	I * *
5.623413	265.1295	255	I * *
7.498942	264.7466	251	I * *
10	256.262	242	I * *
13.33522	236.5436	230	I * *
17.7828	209.7473	206	I * *
23.71373	183.3032	180	I * *
31.62278	161.2639	163	I * *
42.16966	142.0198	139	I * *
56.23413	121.3103	108	I * *
74.9894	97.10045	80	I * *

Fig. 3 c

```

*****
*
*           CPRM / DEPRO / DIGEOF
*   PROGRAMA SEVMOD - VERSAO 1.0 - PARA MODELAMENTO DE SEV
*   === CURVA DIGITALIZADA ===== ENTRADA PELO TECLADO =====
*   SEGUNDO KOEFOED, O. (1979) - MOD. E ADAP. MARCOS MUIIS (1986)
*
*****

```

```

*** DADOS DO MODELO No. SEV-01-L (QUARTA ETAPA) ***
CAMADA  RESISTIVIDADE  ESPESSURA
1        1280           .52
2        182            1.14
3        258            7.05
4        161            22.4
5        38.2

```

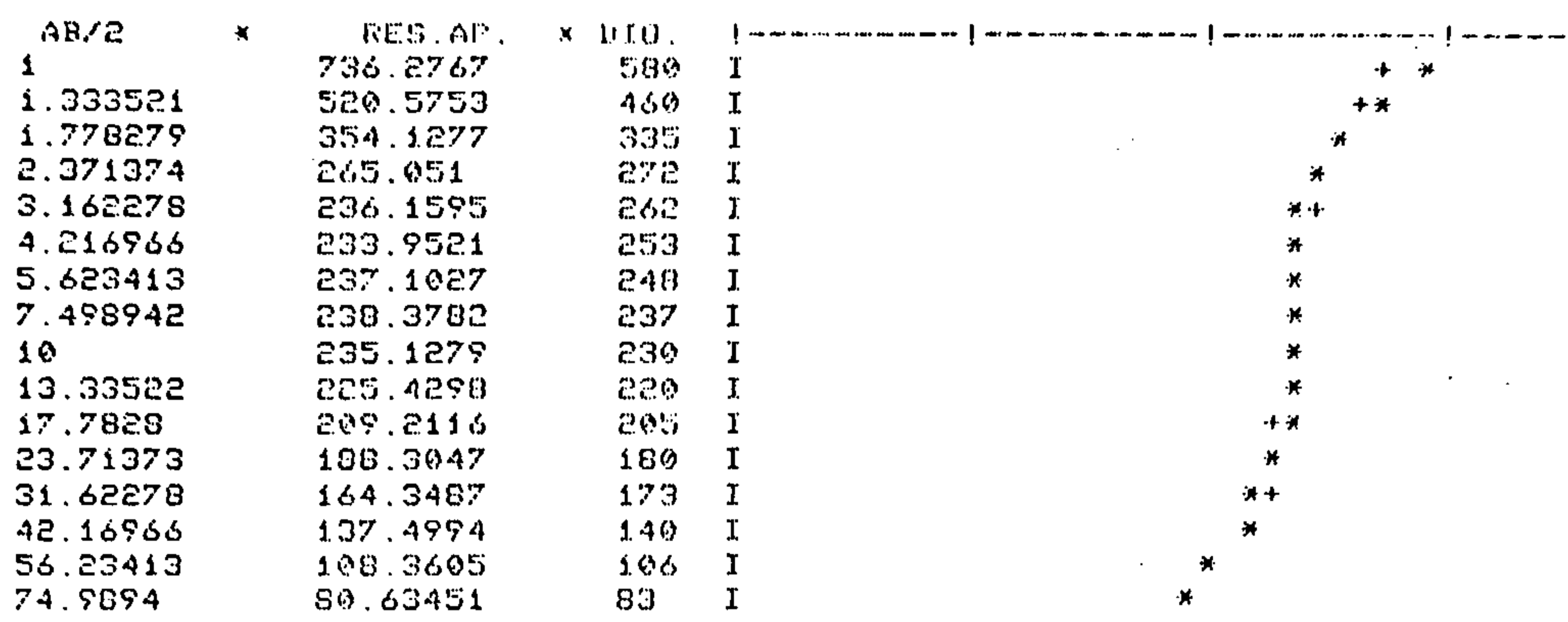


Fig. 3d

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \* CPRM / DEPRO / DIGEOF \*  
 \* PROGRAMA SEVMODD - VERSAO 1.0 - PARA MODELAGEM DE SEV \*  
 \* == CURVA DIGITALIZADA == ENTRADA PELO TECLADO == \*  
 \* SEGUNDO KOEFOED, O. (1979) - MOD. E ADAP. MARCOS MUNIS (1986) \*  
 \*  
 \*\*\*\*\*

\*\*\* DADOS DO MODELO No. SEV-02-L (PRIMEIRA ETAPA) \*\*\*

CANADA	RESISTIVIDADE	ESPESSURA
1	64	.64
2	9.100001	5.8
3	465	

AB/2	* RES. AP.	* DIG.	!-----!
1	44.36256	46	I
1.333521	33.55409	44	I
1.778279	23.03663	22.7	I
2.371374	15.52237	16	I
3.162278	11.78435	11.9	I
4.216966	10.73282	10.3	I
5.623413	11.13553	9.8	I
7.498942	12.64033	13.5	I
10	15.47723	18.5	I
13.33522	19.89141	19.5	I
17.7828	26.0321	26.2	I
23.71373	34.12189	33	I
31.62278	44.53989	48	I
42.16966	57.77442	63	I
56.23413	74.35762	78	I
74.9894	94.80046	85	I

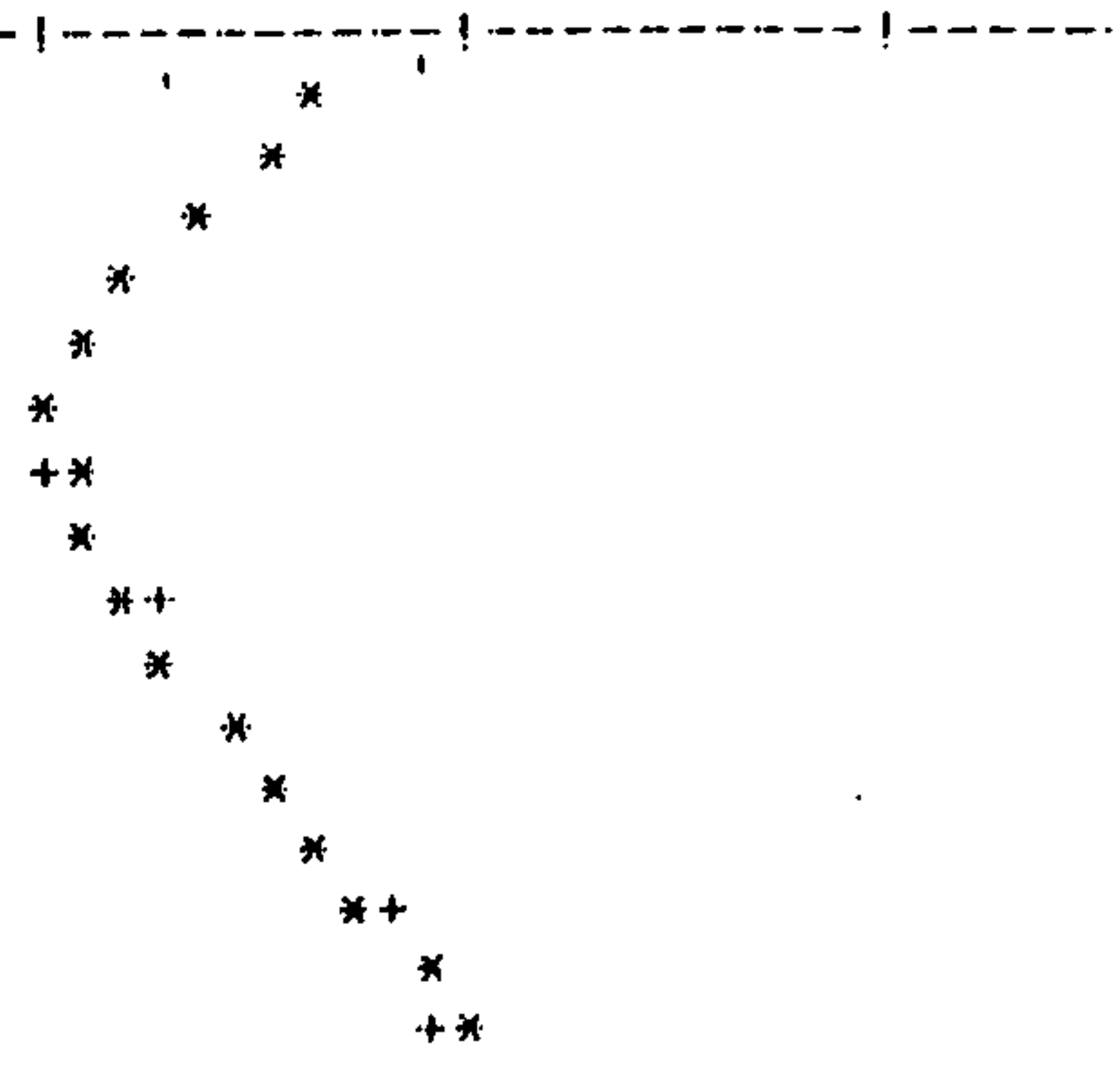


Fig. 4a

```

*****
*
*           CFRM / DEPRO / DIGEOF
*   PROGRAMA SEVMODD - VERSAO 1.0 - PARA MODELAMENTO DE SEV
*   === CURVA DIGITALIZADA ===== ENTRADA PELO TECLADO =====
*   SEGUNDO KOEFOED, O. (1979) - MOD.E ADAP. MARCOS MUNIS (1986)
*
*****

```

\*\*\* DADOS DO MODELO No. SEV-02-L (SEGUNDA ETAPA) \*\*\*

CAMADA	RESISTIVIDADE	ESPESSURA
1	60	1.11
2	6	4.88
3	9990	

AB/2	* RES. AP.	* DIG.	I
1	53.85684	58	I
1.333521	48.12971	58	I
1.778279	39.31779	42	I
2.371374	28.46059	28	I
3.162278	18.3815	17.8	I
4.216966	11.78972	10.8	I
5.623413	9.296368	80	I
7.498942	9.772304	9	I
10	12.06478	11	I
13.33522	15.77567	13	I
17.7628	20.98468	19	I
23.71373	27.98612	26	I
31.62278	37.30619	38	I
42.16966	49.72754	53	I
56.23413	66.27957	70	I
74.9894	88.30268	95	I

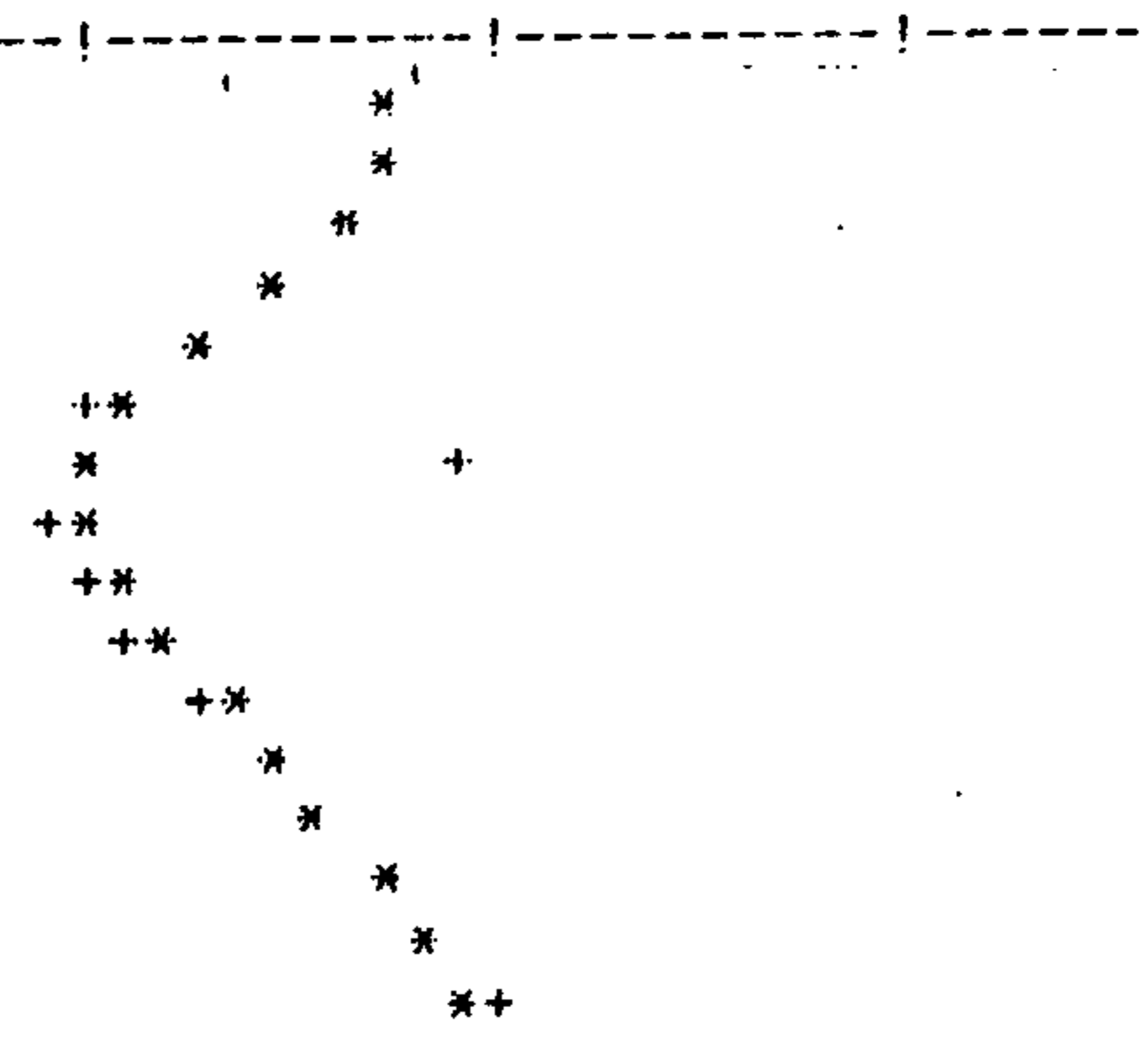


Fig. 4b



```

*****
*
*           CPRM / DEPRO / DIGEOF
*
*   PROGRAMA SEVMODD - VERSAO 1.0 - PARA MODELAMENTO DE SEV
*   === CURVA DIGITALIZADA === ENTRADA PELO TECLADO ===
*   SEGUNDO KOEFOED, O. (1979) - MOD. E. ADAP. MARCOS MURIS (1984)
*
*****

```

```

*** DADOS DO MODELO No. SEV-02-L (TERCEIRA ETAPA) ***
CAMADA RESISTIVIDADE ESPESSURA
1         4.1          .75
2         2.7          5
3         9990

```

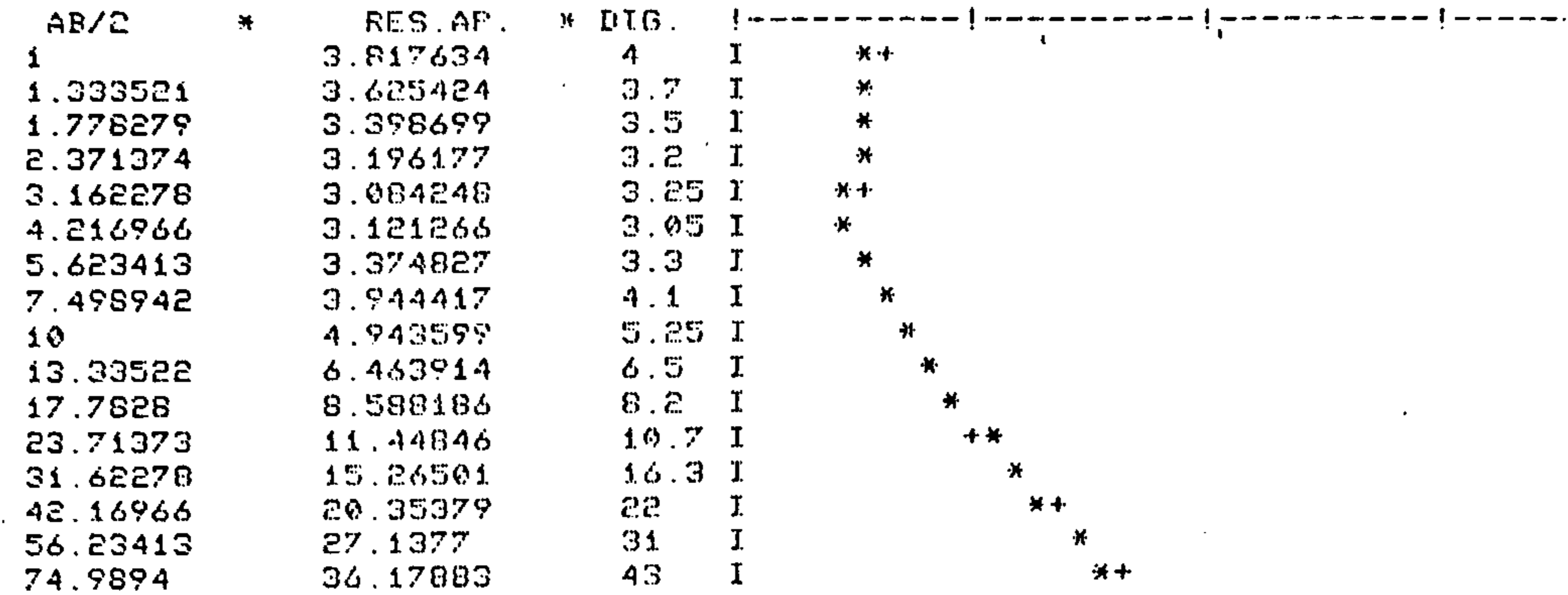


Fig. 4c

\*\*\*\*\*  
 \*  
 \*  
 \*                   CPRM / DEPRO / DIGEOF  
 \*   PROGRAMA SEVMODD - VERSAO 1.0 - PARA MODELAMENTO DE SEV  
 \*   === CURVA DIGITALIZADA ===== ENTRADA PELO TECLADO =====  
 \*   SEGUNDO KOEFOED, O. (1979) - MOD. E ADAP. MARCOS MUNIS (1986)  
 \*  
 \*\*\*\*\*

\*\* DADOS DO MODELO No. SEV-02-L (QUARTA ETAPA)                   \*\*\*

ABADA   RESISTIVIDADE   ESPESURA  
 1           95                   .85  
 2           7.3                   4.59  
 3           420

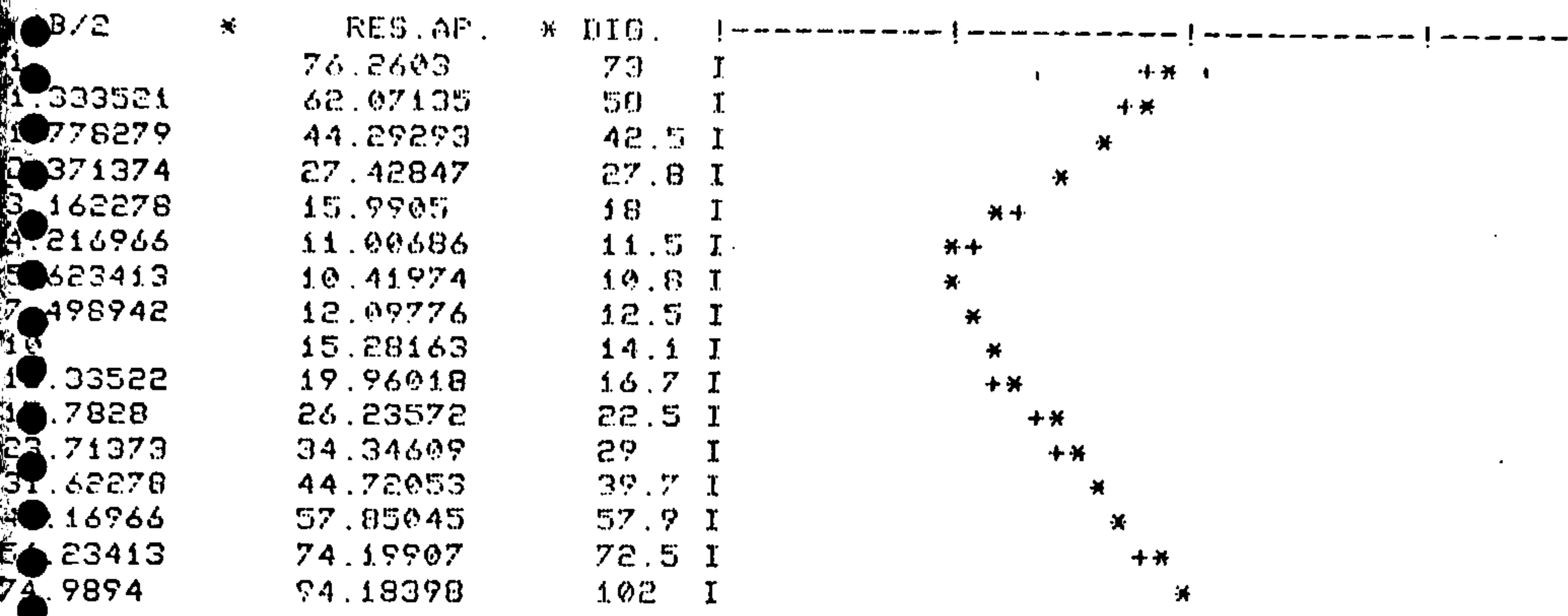
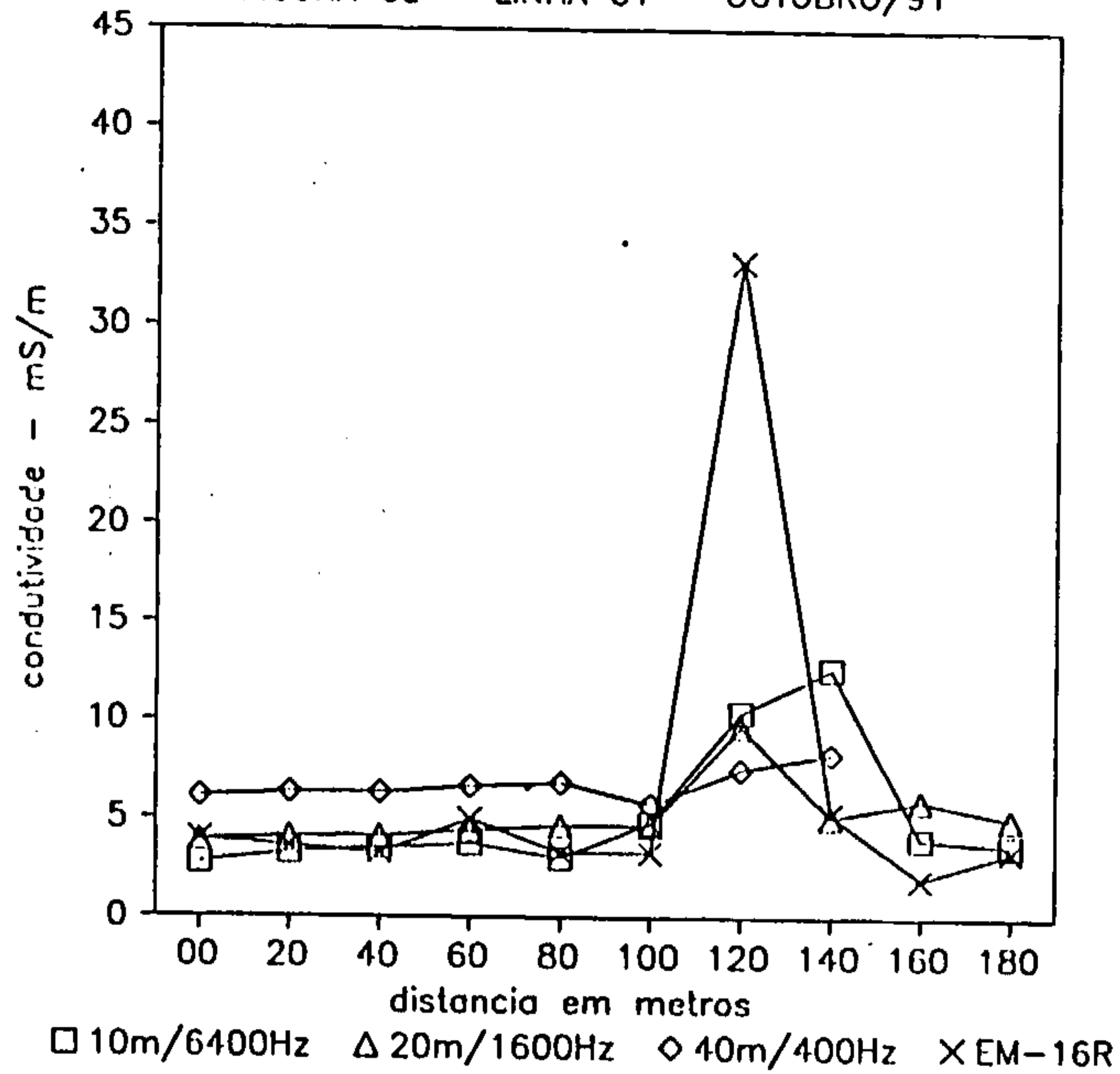


Fig. 4d

FIGURA 6a - LINHA 01 - OUTUBRO/91



### LINHA 3

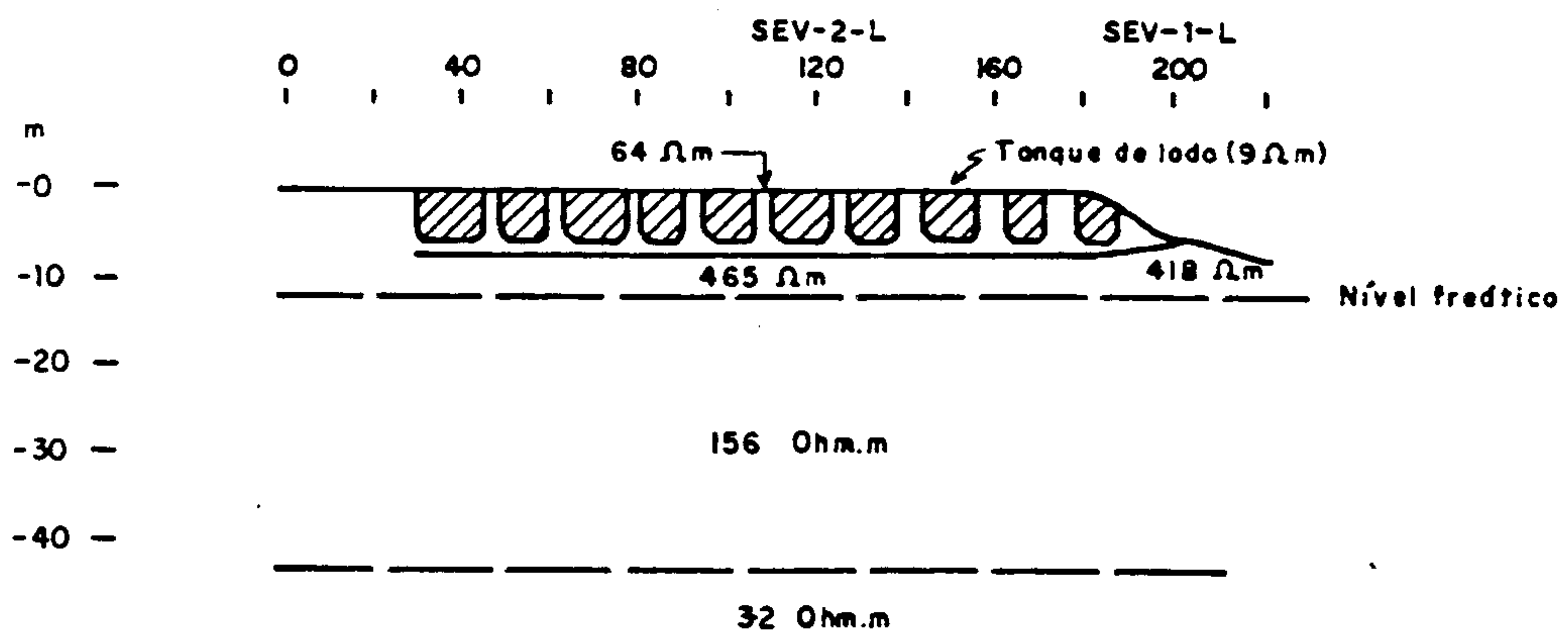


Figura 5 - Seção geoeétrica ao longo da linha 3.

FIGURA 6c - LINHA 01 - JUNHO/92

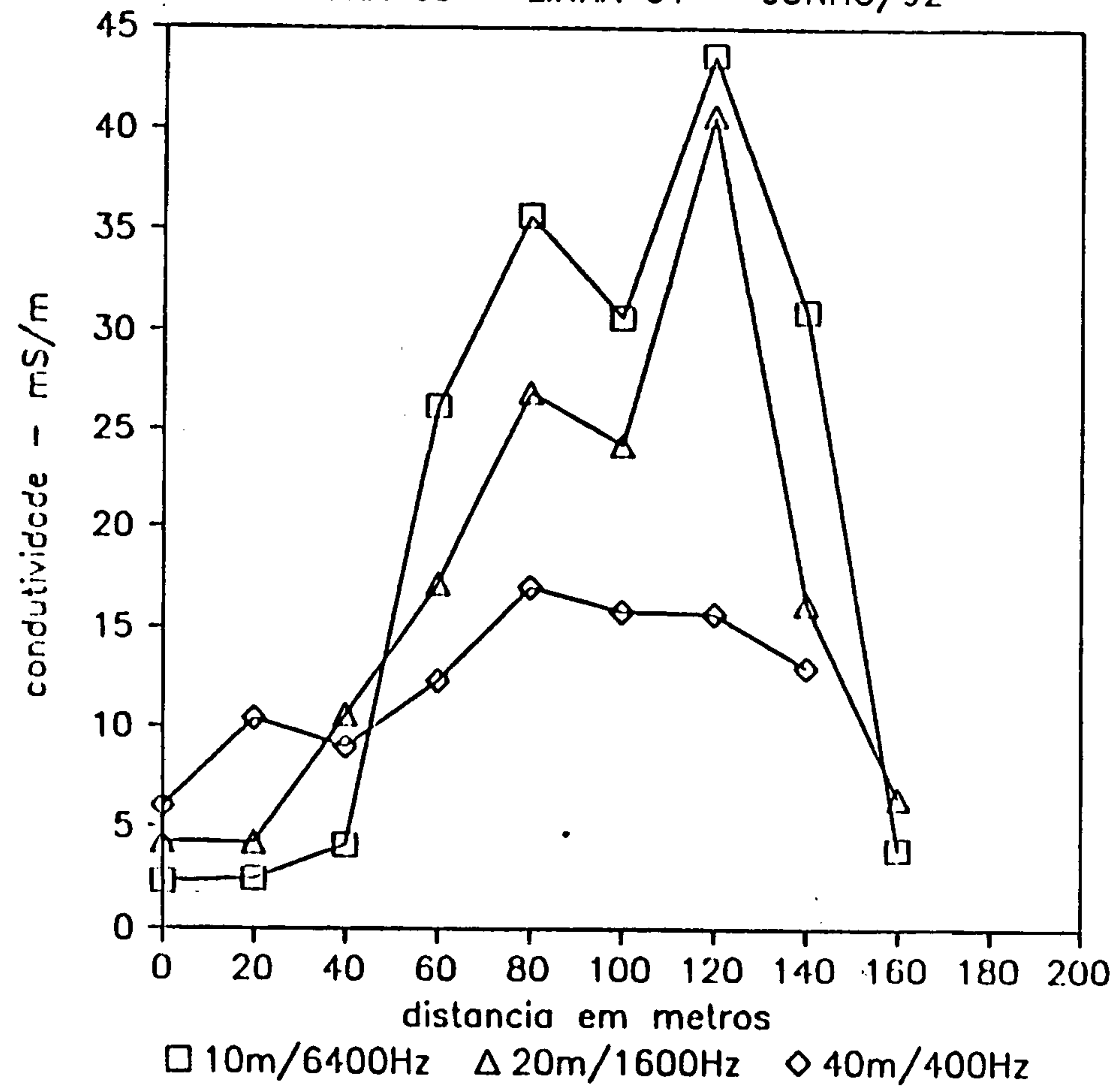


FIGURA 6b - LINHA 01 - JANEIRO/92

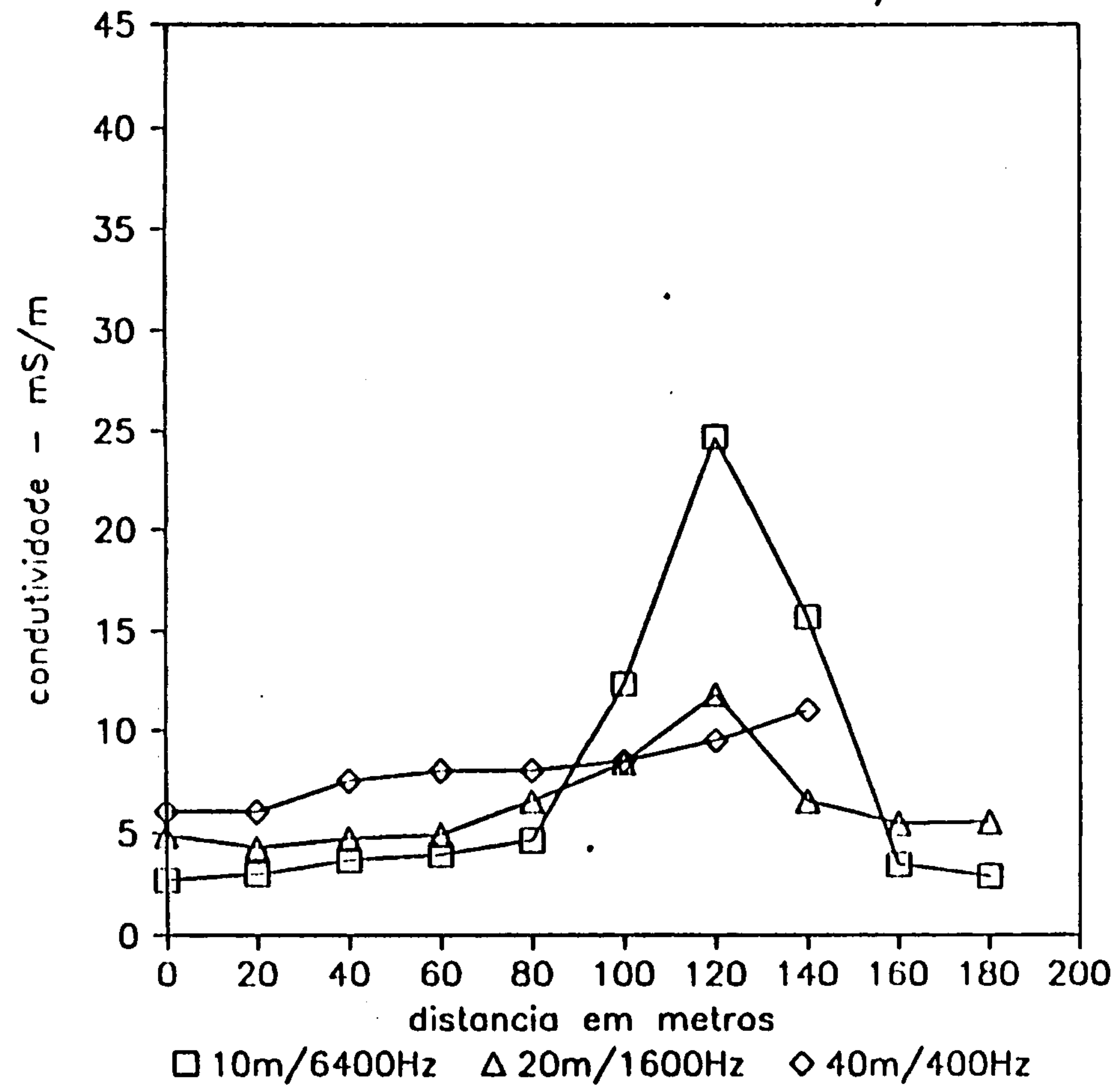


FIGURA 7a - LINHA 02 - OUTUBRO/91

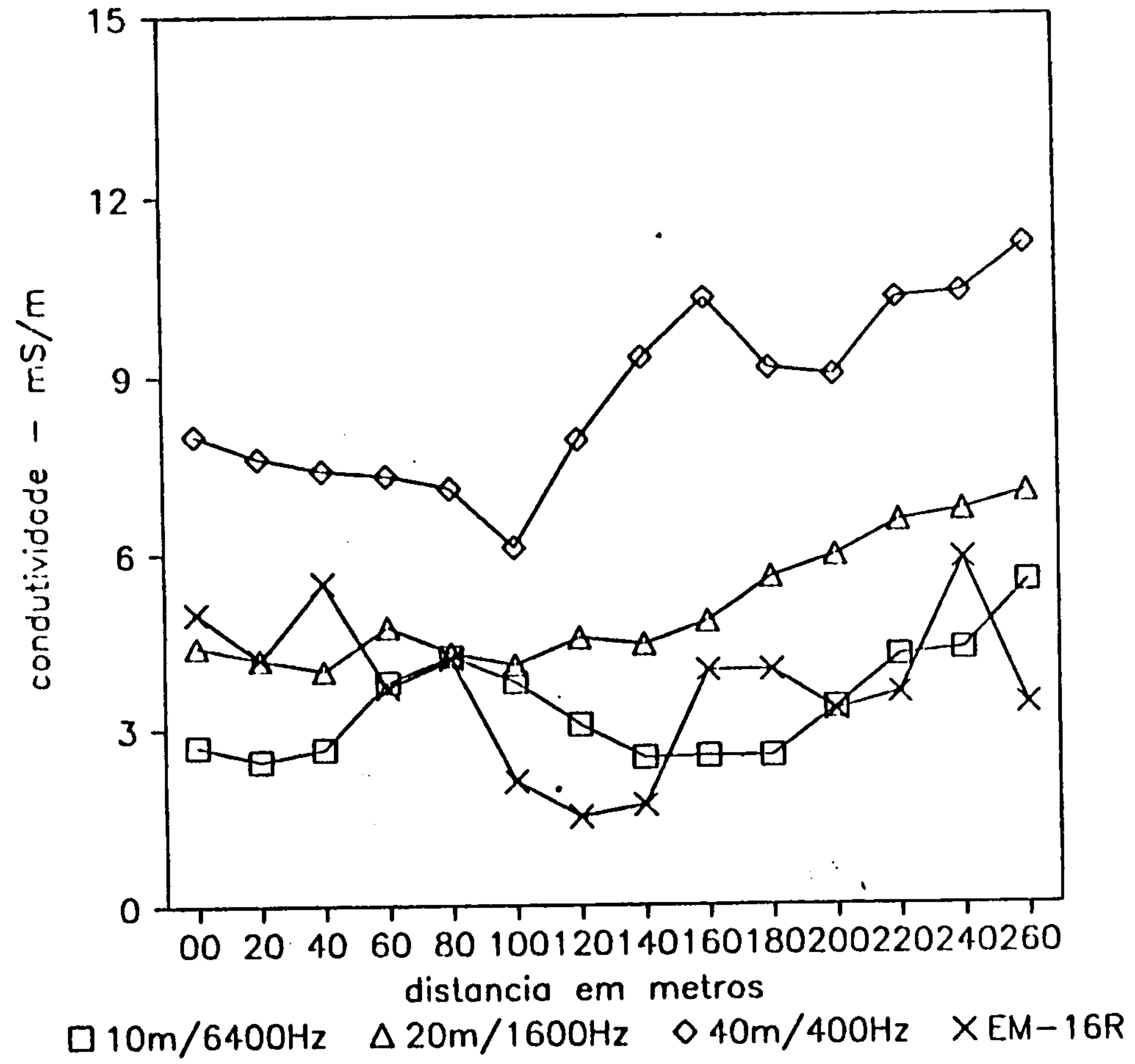


FIGURA 6d - LINHA 01 - OUTUBRO/92

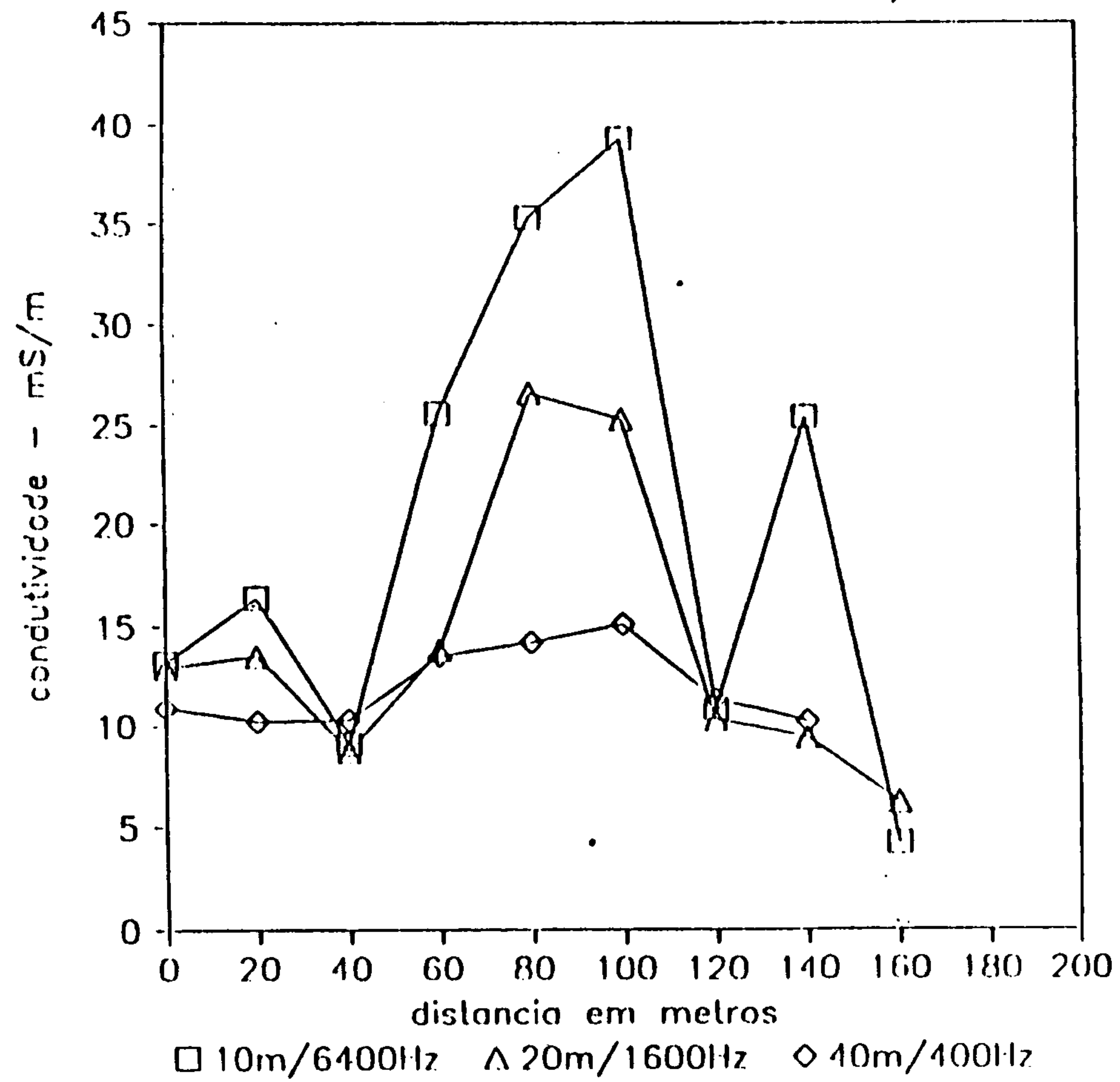




FIGURA 7c - LINHA 02 - JUNHO/92

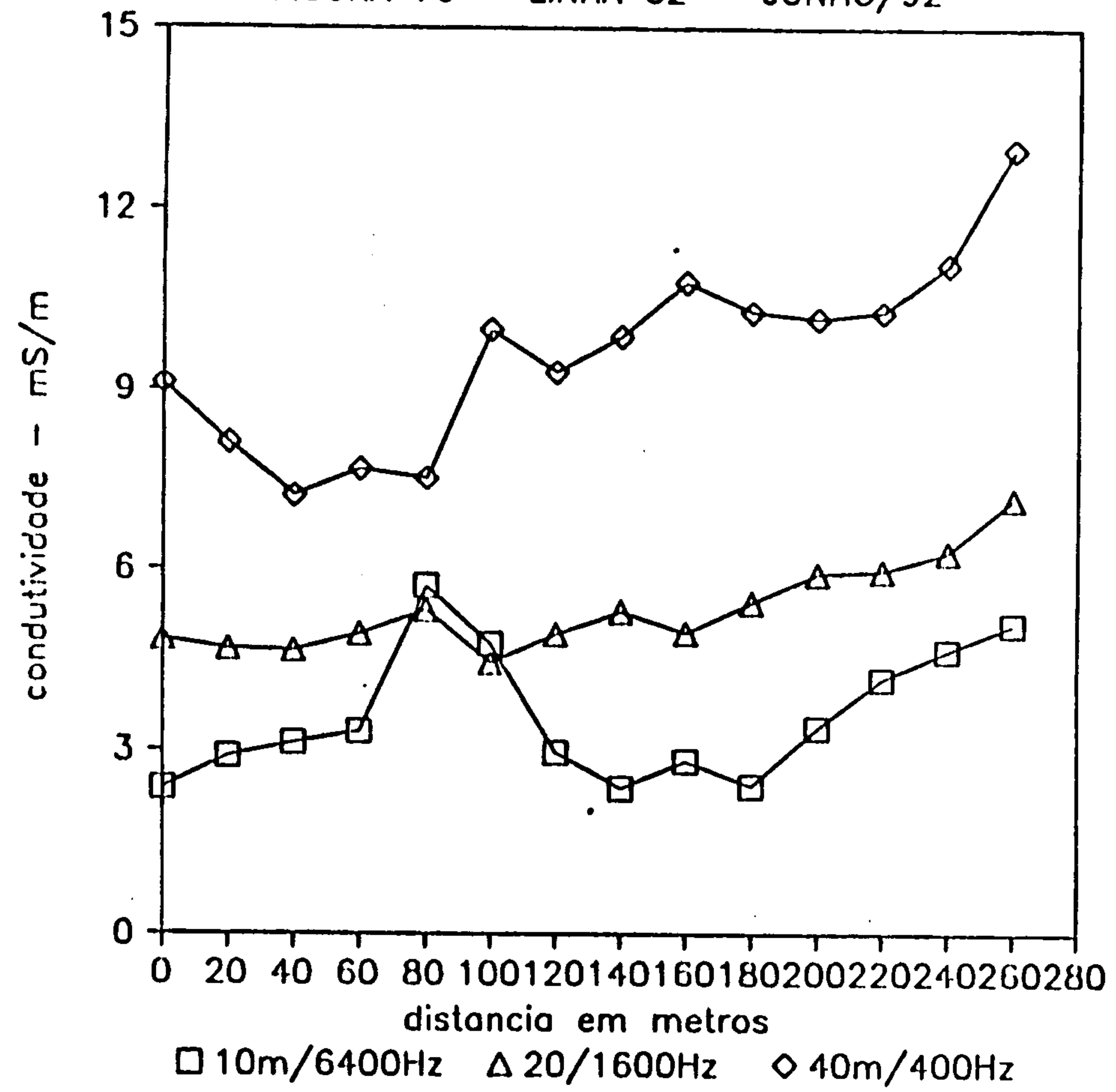


FIGURA 7b - LINHA 02 - JANEIRO/92

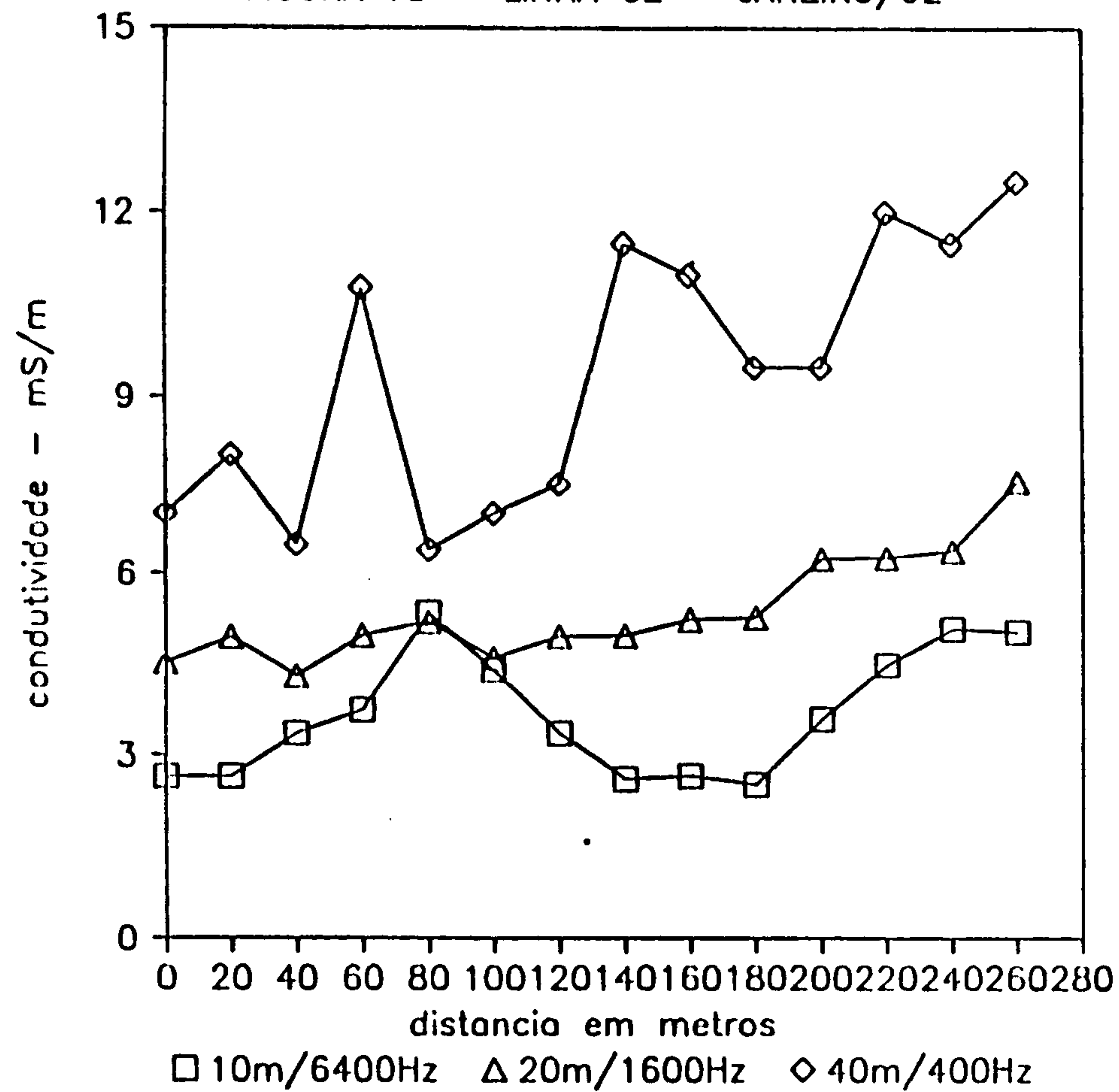
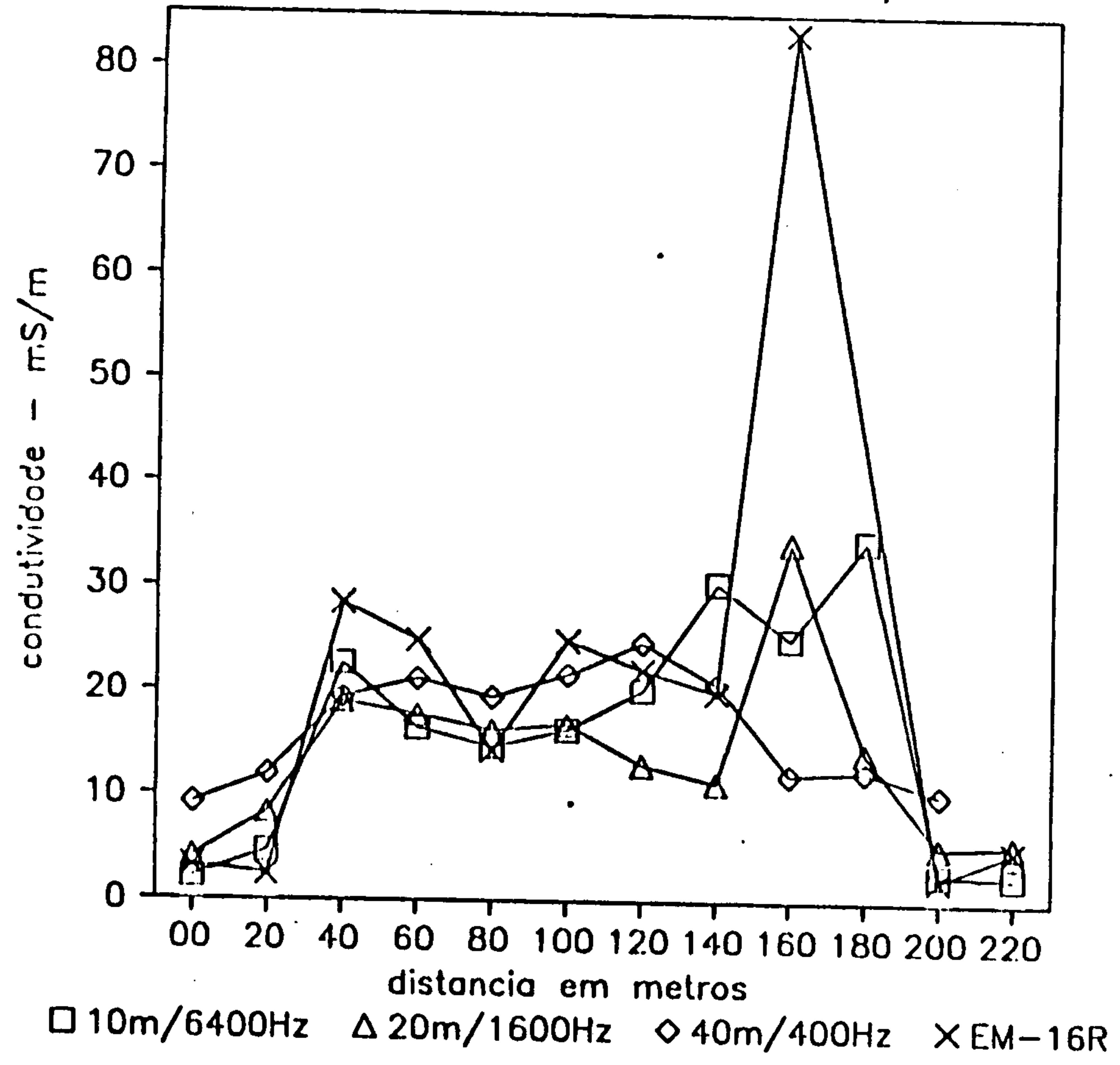


FIGURA 8a - LINHA 03 - OUTUBRO/91



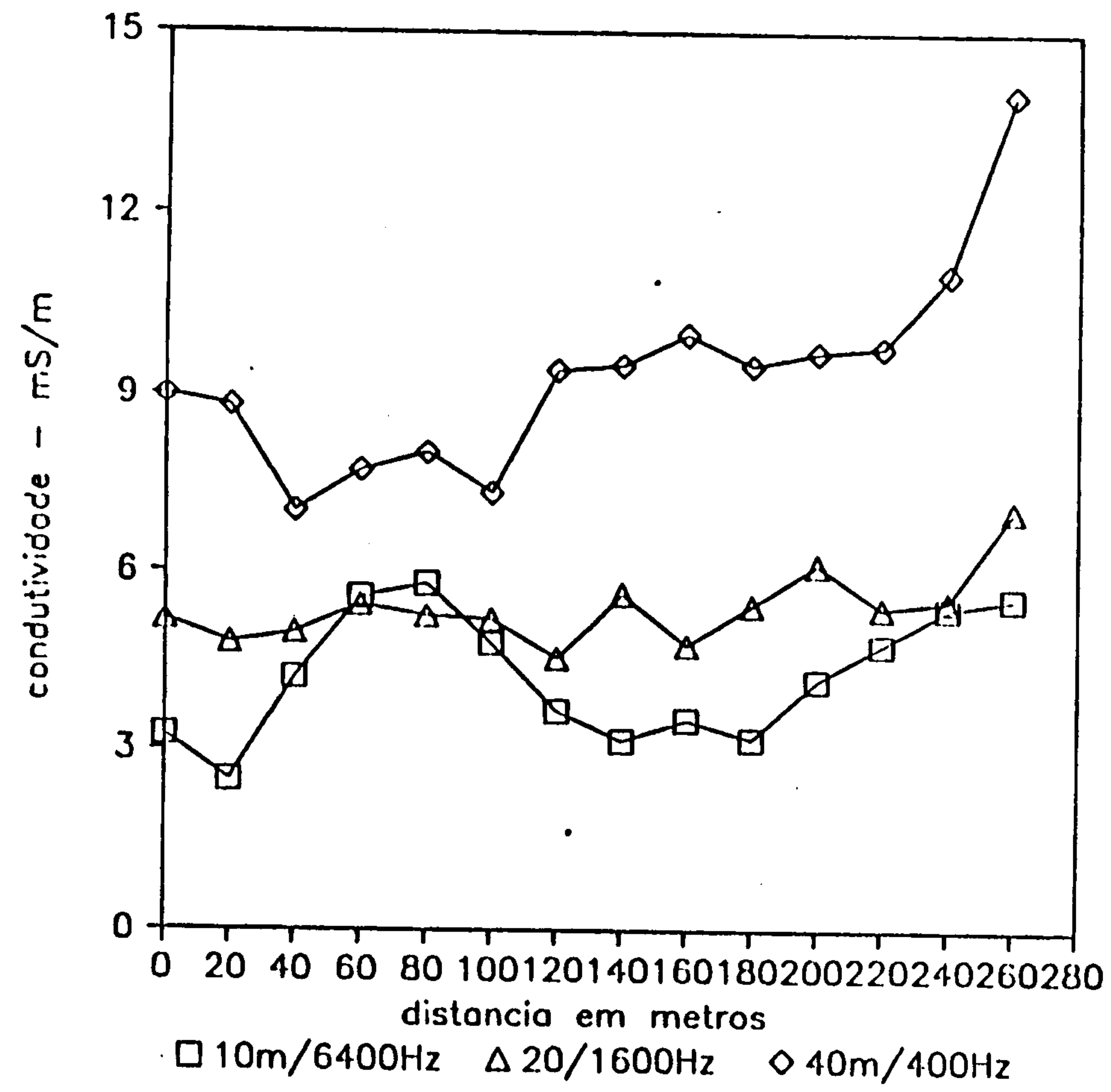
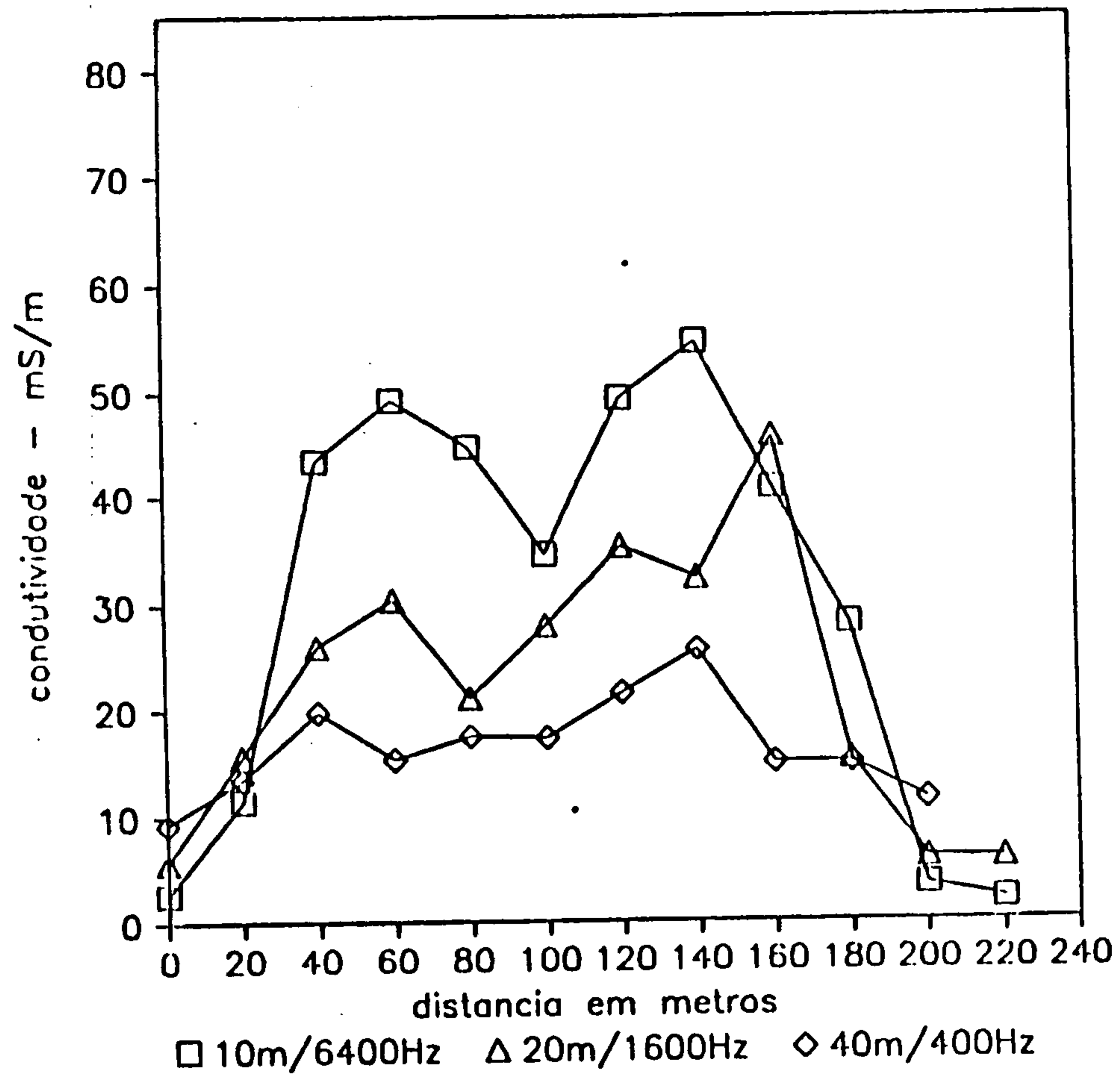


FIGURA 8c - LINHA 03 - JUNHO/92



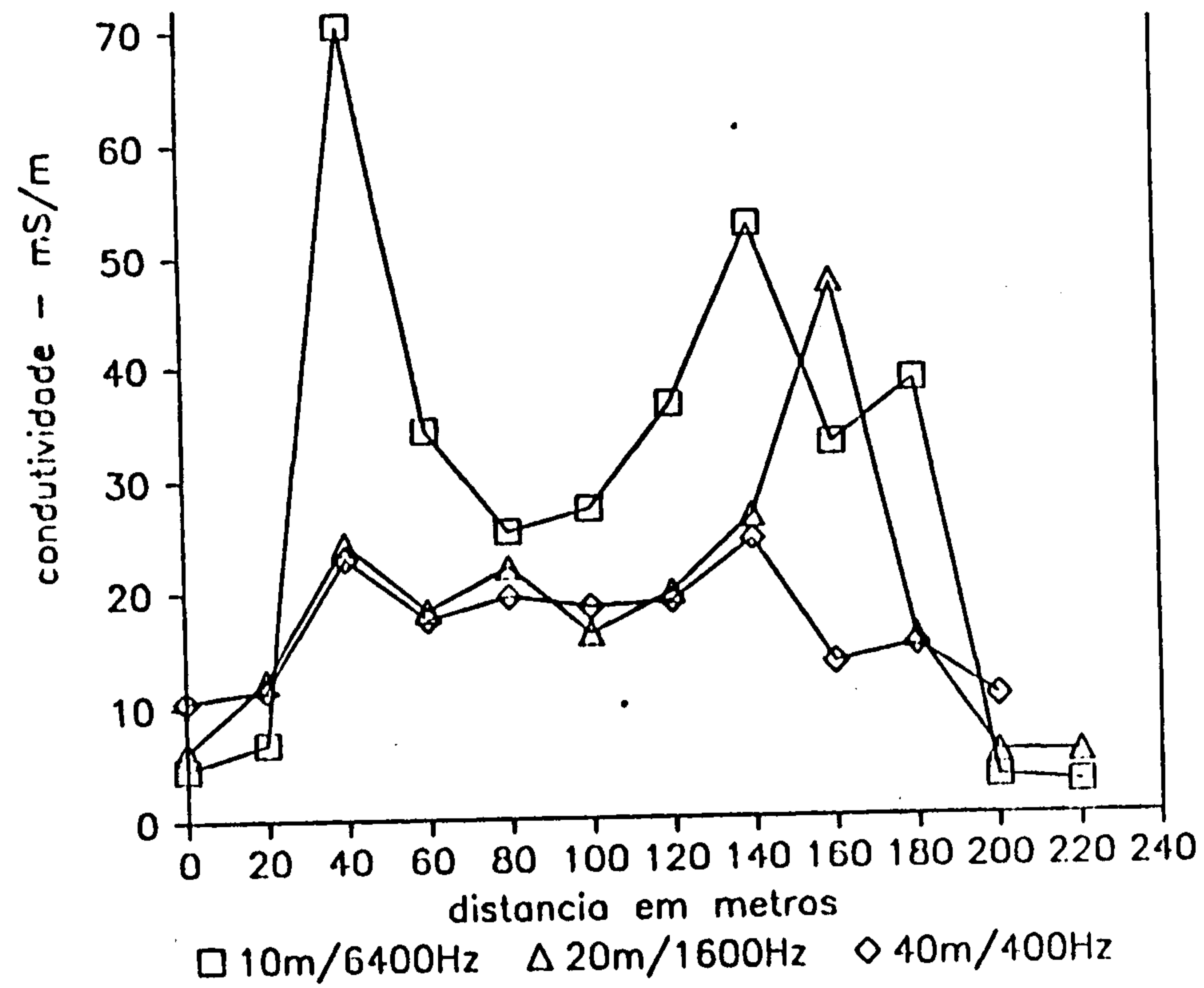


FIGURA 9a - LINHA 1 - OUT/92-JUN/92

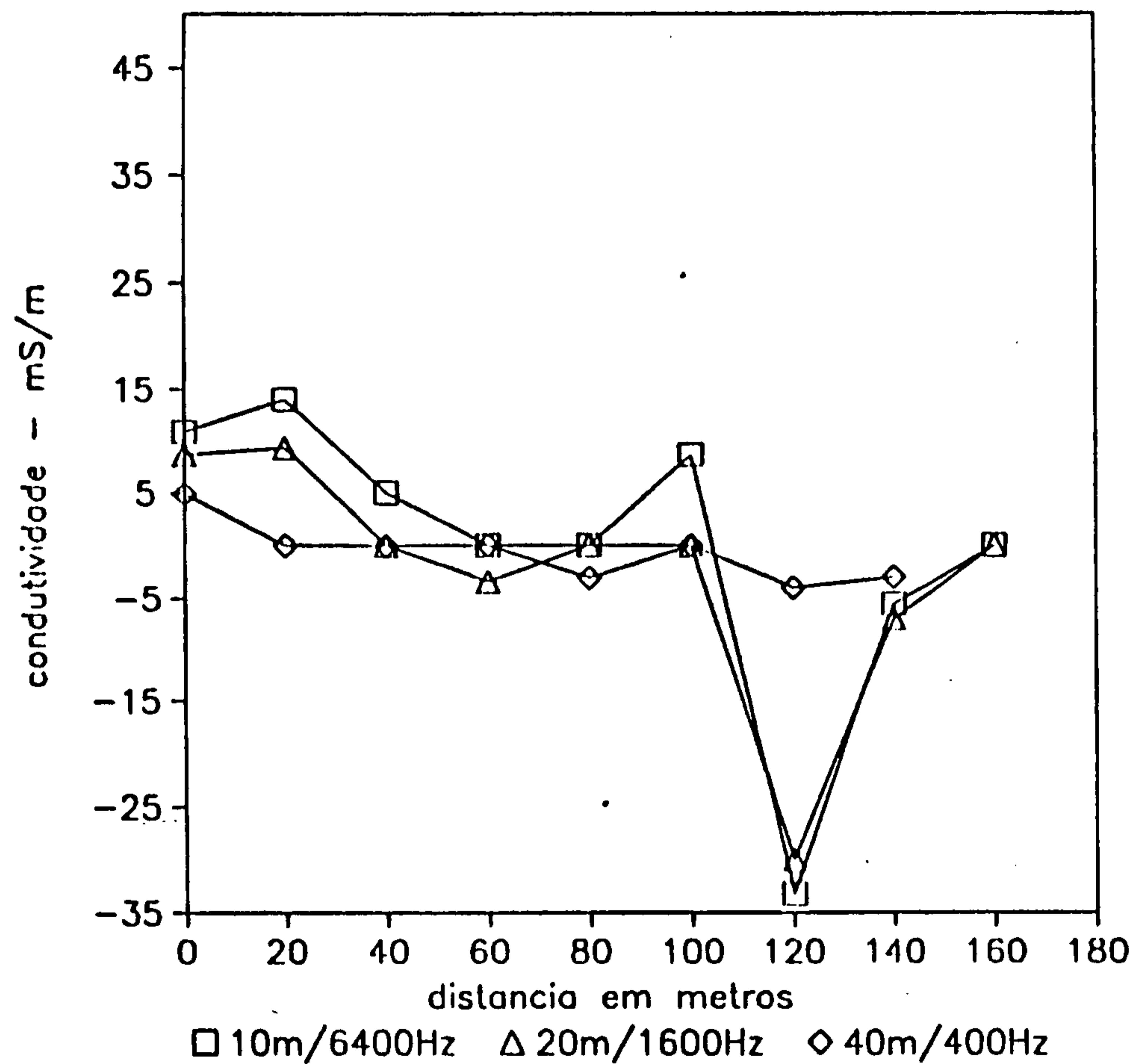


FIGURA 8d - LINHA 03 - OUTUBRO/92

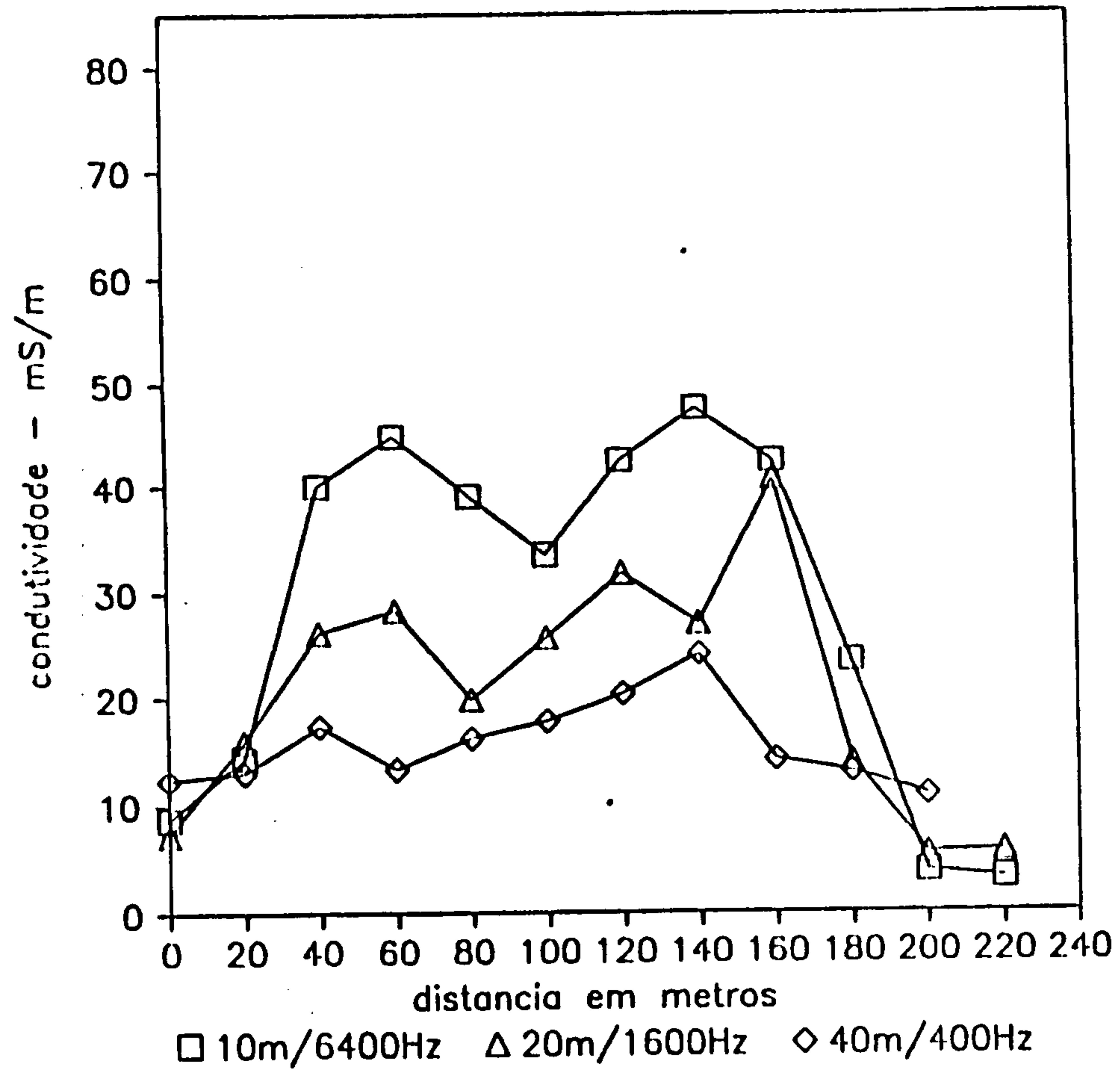




FIGURA 10a - LINHA 2 OUT/92-JUN/9

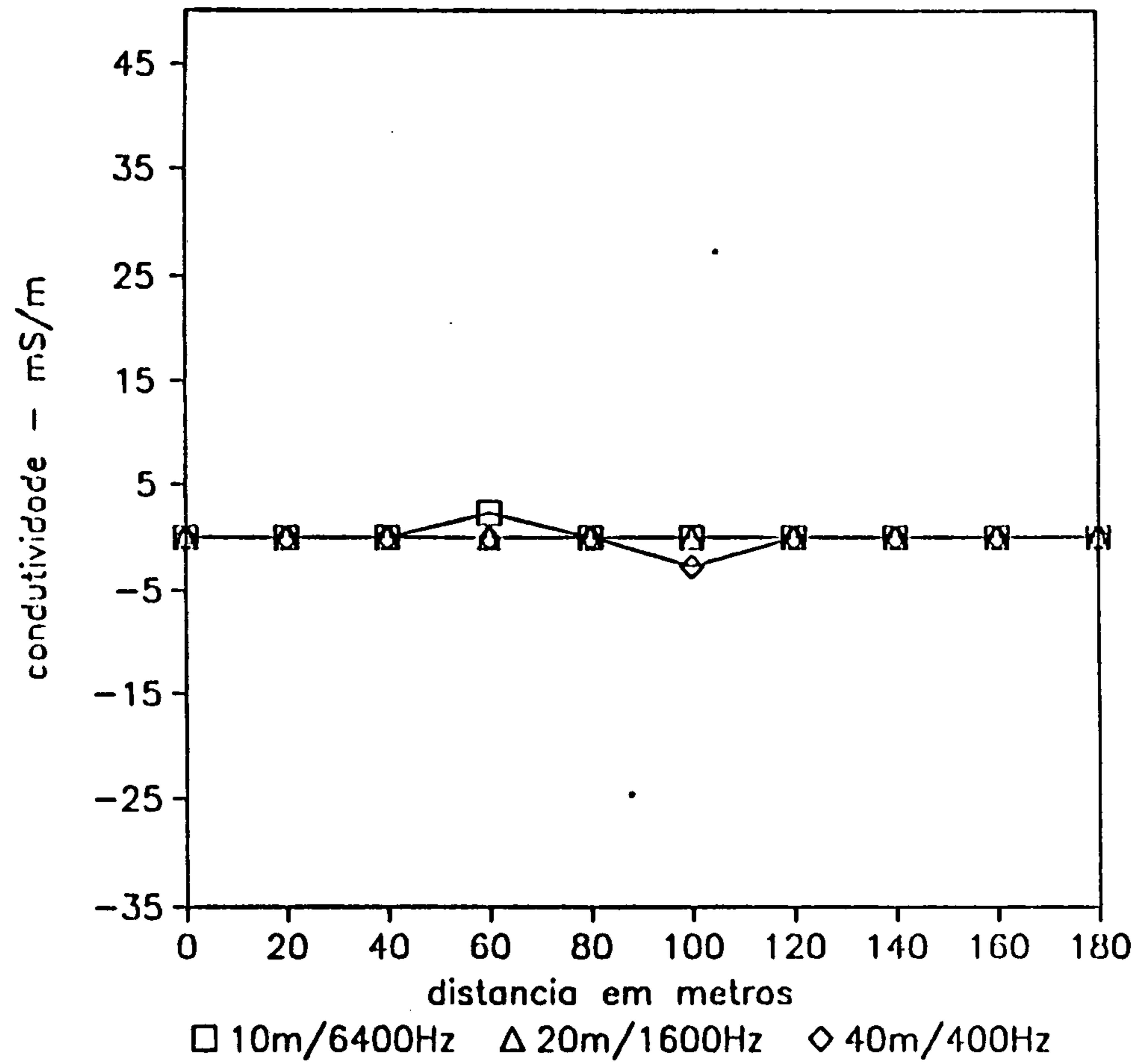


FIGURA 9b - LINHA 1 - OUT/92-OUT/91

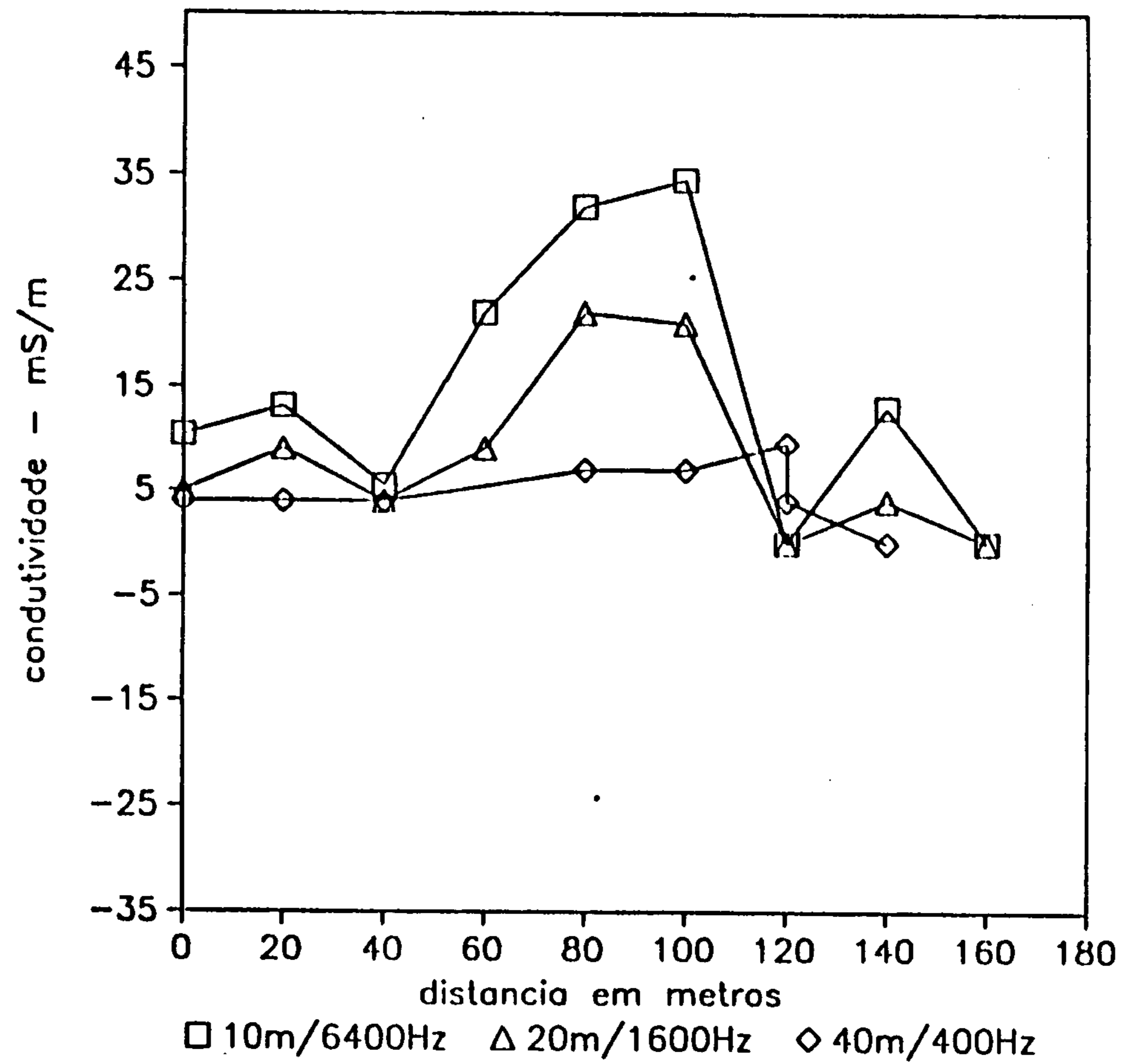


FIGURA 11a - LINHA 3 OUT/92-JUN/92

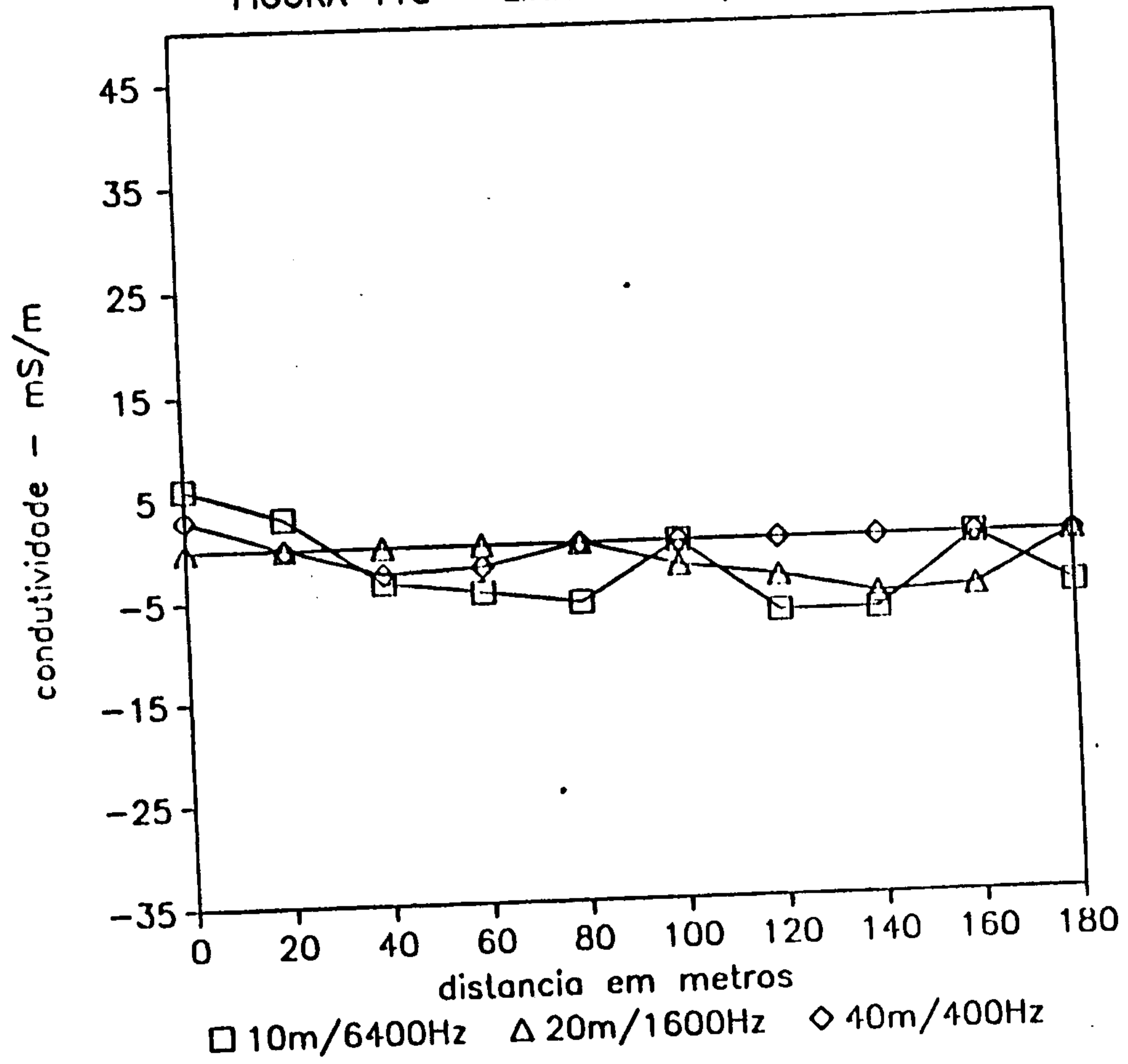
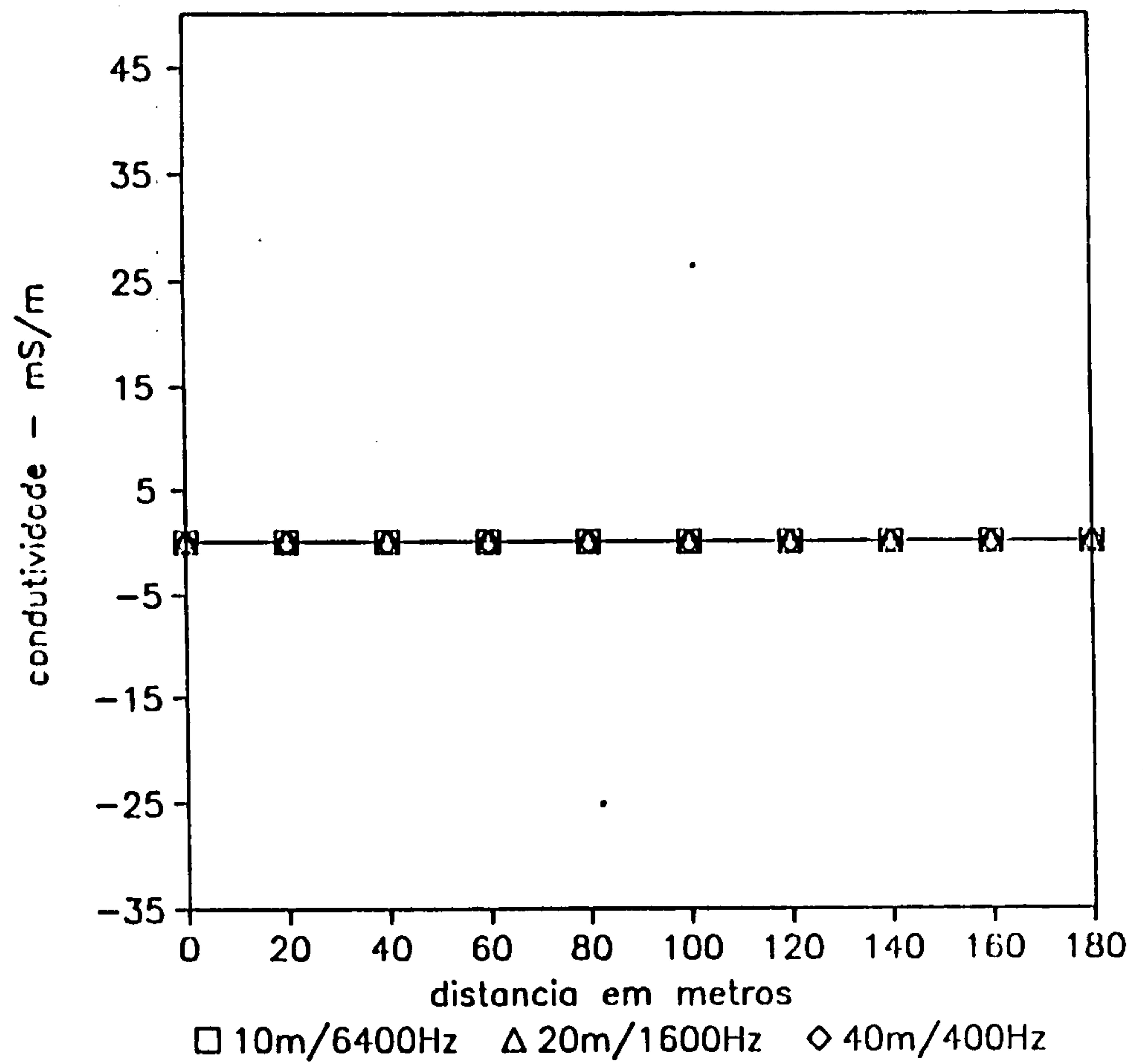


FIGURA 10b - LINHA 2 OUT/92-OUT/91



**Tabelas**

---

FIGURA 11b - LINHA 3 OUT/92-OUT/91

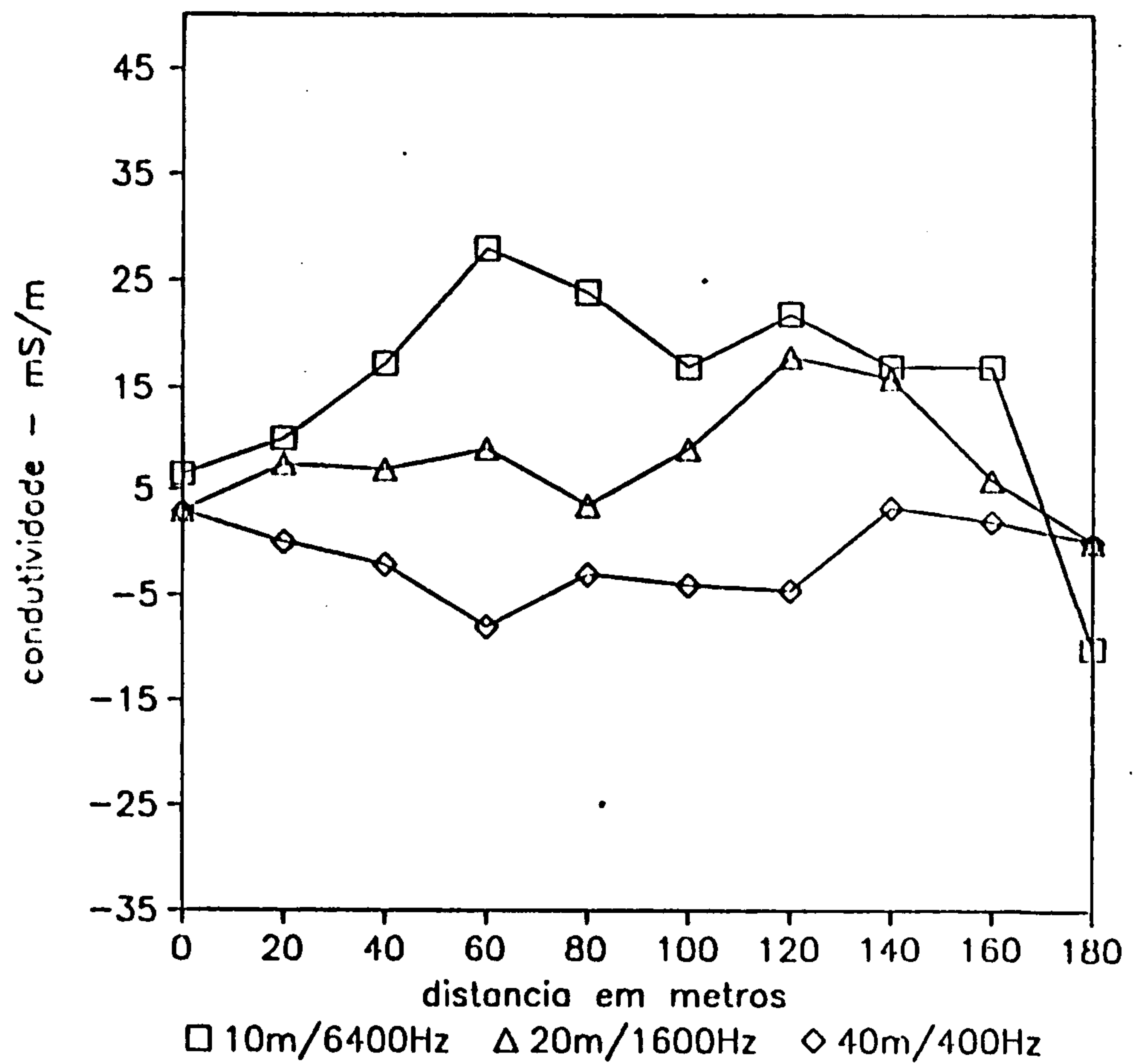


TABELA 1 - PRODUÇÃO "PER CAPITA" DE RESÍDUOS URBANOS ESTIMADA PARA OS MUNICÍPIOS DO RIO GRANDE DO SUL

POPULAÇÃO (habitantes)			PRODUÇÃO "PER CAPITA" (kg/hab/dia)
1	até	50.000	0,4
50.000	a	200.000	0,5
200.000	a	500.000	0,6
	acima de	500.000	0,7

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE

MUNICÍPIO	ÁREA URBANA		ÁREA RURAL		TOTAL	POPULAÇÃO	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(hab)	
1	ALVORADA	5.100	71,6	2.027	28,4	7.127	140.000
2	CACHOEIRINHA	3.463	83,4	688	16,6	4.151	88.100
3	CAMPO BOM	2.417	41,8	3.361	58,2	5.778	46.750
4	CANOAS	9.542	27,1	25.632	72,9	35.165	279.000
5	DOIS IRMÃOS	9.304	60,1	6.167	39,9	15.471	19.000
6	ELDORADO DO SUL	2.153	3,3	62.864	96,7	65.014	17.700
7	ESTÂNCIA VELHA	2.734	52,8	2.440	47,2	5.174	28.200
8	ESTEIO	2.276	83,2	460	16,8	2.736	70.250
9	GRAVATAÍ	12.138	26,4	33.884	73,6	46.022	180.950
10	GLORINHA	131	0,4	32.269	99,6	32.400	4.600
11	GUAÍBA	2.535	3,4	72.479	96,6	75.014	83.100
12	IVOTÍ	656	4,4	14.139	95,6	14.795	16.300
13	NOVA HARTZ	637	9,7	5.933	90,3	6.570	10.000
14	NOVO HAMBURGO	8.048	36,5	13.981	63,5	22.029	200.900
15	PAROBÉ	3.841	36,2	6.763	63,8	10.604	31.900
16	PORTÃO	1.364	8,8	14.083	91,2	15.447	19.450
17	PORTO ALEGRE	32.318	67,5	15.586	32,5	47.904	1.262.650
18	SÃO LEOPOLDO	7.034	65,5	3.710	34,5	10.744	167.750
19	SAPIRANGA	1.757	10,2	15.398	89,8	17.155	58.400
20	SAPUCAIA DO SUL	4.210	65,3	2.235	34,7	6.445	104.850
21	TRIUNFO	9.313	11,4	72.616	88,6	81.929	17.950
22	VIAMÃO	14.236	9,6	134.633	90,4	148.864	168.500
	SOMATÓRIO	135.207	20,0	541.336	80,0	676.543	3.016.300

## Fontes:

- "Evolução dos perímetros municipais na RMPA". METROPLAN, março de 1991;
- "XI Recenseamento geral do Brasil". IBGE, setembro de 1991.

## INFORMAÇÕES BÁSICAS PARA A GESTÃO TERRITORIAL - GATE

Objetivam a criação de produtos relacionados ao meio físico e às gestões ambientais, destinados a subsidiar tecnicamente as decisões dos planejadores e administradores dos diversos tipos de espaços geográficos do território nacional.

As publicações decorrentes dessa linha de atuação da CPRM apontam contribuições das mais diversas áreas do conhecimento ao interesse da ocupação e aproveitamento do meio ambiente, respeitado o condicionamento do meio físico.

Nesse contexto, as publicações foram agrupadas consoante os temas a seguir discriminados:

SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS  
SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL  
SÉRIE DOCUMENTAÇÃO  
SÉRIE ORDENAÇÃO TERRITORIAL  
SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS  
SÉRIE RECURSOS MINERAIS

### SÉRIE CARTAS TEMÁTICAS

#### Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Geomorfologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 02 - Pedologia da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 03 - Geologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 04 - Geomorfologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 05 - Pedologia do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 06 - Cobertura Vegetal do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 07 - Geologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 08 - Geomorfologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 09 - Cobertura Vegetal do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 10 - Formações Superficiais do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 11 - Pedologia do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 12 - Vegetação e Uso Atual do Solo do Município de Criciúma - SC. 1994.

#### Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Levantamento Gravimétrico da Área Sedimentar de Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.



## SÉRIE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

### Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 02 - Caracterização da Pluma Poluidora Gerada pelo Depósito Municipal de Lixo da Zona Norte de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 03 - Fontes de Poluição e Degradação Ambiental do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 04 - Catástrofe de Igrejinha - RS. 1994.
- Vol. 05 - Catástrofe de Nova Hartz - RS. 1994.
- Vol. 06 - Avaliação Geofísica da Pluma Poluidora Gerada por um Depósito de Lodo de Curtume - Estância Velha - RS. 1994.

### Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Os Aterros Sanitários e a Poluição das Águas Subterrâneas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

### Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Espeleologia, Inventário de Cavidades Naturais, Região de Matozinhos, Mocambo - MG. 1994.

## SÉRIE DOCUMENTAÇÃO

### Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Documentação Básica Do Projeto - Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 02 - PROTEGER - Sinopse dos Trabalhos Realizados. RS. 1994.

### Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

### Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
- Vol. 02 - Subsídios para Caracterização do Meio Físico - Informações Básicas. 1994.

### Residência da CPRM de Fortaleza

- Vol. 01 - Índice de Informações Cartográficas - Região Metropolitana de Fortaleza. CE. 1994.
- Vol. 02 - Índice de Informações Cartográficas - Região Costeira do Ceará - CE. 1994.

## SÉRIE ORDENAMENTO TERRITORIAL

### Superintendência Regional da CPRM de Belo Horizonte

- Vol. 01 - Socioeconomia, Zoneamento Geomorfológico, Geologia, Uso da Terra e Cobertura Vegetal, Caracterização dos Solos e Avaliação da Capacidade de Uso das Terras do Município de Capim Branco. MG-1994.
- Vol. 02 - Hidrologia (Uso das Águas Subterrâneas), Hidrogeologia (Favorabilidade à Exploração de Água Subterrânea), Geotecnia (Zoneamento Geotécnico), Espeleologia e Declividade do Município de Capim Branco. MG-1994.

### Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

- Vol. 01 - Diagnóstico Setorial da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 02 - Cobertura Vegetal e Ocupação Atual do Solo da Área de Influência da Barragem Olaria Velha e da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 03 - Suscetibilidade à Erosão da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 04 - Adequação do Uso Agrícola do Solo da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 05 - Isodeclividade da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.
- Vol. 06 - Áreas de Inundação, Alagamento e Banhados da Região Metropolitana de Porto Alegre - RS. 1994.
- Vol. 07 - Isodeclividade do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 08 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 09 - Áreas com Restrição à Mineração do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 10 - Áreas com Maior Favorabilidade à Mineração e Menor Risco Ambiental do Município de Parobé - RS. 1994.
- Vol. 11 - Isodeclividade do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 12 - Suscetibilidade à Erosão do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 13 - Uso e Ocupação do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 14 - Áreas de Proteção do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 15 - Áreas Críticas e com Restrições à Ocupação do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 16 - Adequação do Uso Agrícola do Solo Rural do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 17 - Uso Recomendado do Solo do Município de Estância Velha - RS. 1994.
- Vol. 18 - Diagnóstico Preliminar dos Aspectos Ambientais do Litoral Norte do Rio Grande do Sul. 1994.

### Superintendência Regional da CPRM do Recife

- Vol. 01 - Metodologia para Estudos Neotectônicos Regionais. Caso João Câmara. RN. 1994.

### Superintendência Regional da CPRM de Salvador

- Vol. 01 - Parque Nacional da Chapada Diamantina - BA. Informações Básicas do Meio Físico. BA. 1994.
- Vol. 02 - Área de Proteção Ambiental de Mangue Seco. Plano Manejo. BA. 1994.

### Superintendência Regional da CPRM de São Paulo

- Vol. 01 - Áreas Naturais sob Proteção - Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.
- Vol. 02 - Cartas Temáticas de Planejamento da Região Metropolitana de Curitiba - PR. 1994.

## SÉRIE PUBLICAÇÕES ESPECIAIS

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Turismo Geocientífico: Uma Viagem no Tempo - PE. 1994.

## SÉRIE RECURSOS HÍDRICOS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Hidrogeológico do Município de Estância Velha - RS. 1994.

Vol. 02 - Monitoramento Hídrico da Bacia do Rio Gravataí - RS. 1994.

Vol. 03 - Potencial Hídrico Subterrâneo do Município de Nova Hartz - RS. 1994.

Vol. 04 - Avaliação Geofísica das Águas Subterrâneas no Baieário de Capão Novo - RS. 1994.

Vol. 05 - Qualidade das Águas Superficiais do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Vulnerabilidade das Águas Subterrâneas da Região Metropolitana do Recife - PE. 1994.

## SÉRIE RECURSOS MINERAIS

Superintendência Regional da CPRM de Porto Alegre

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Parobé - RS. 1994.

Vol. 02 - Áreas Mineradas para Carvão - Município de Criciúma - SC. 1994.

Vol. 03 - Potencial Mineral para Não Metálicos do Município de Criciúma - SC. 1994.

Superintendência Regional da CPRM do Recife

Vol. 01 - Insumos Minerais no Sertão do Pajeú: Calcários e Mármore. PE. 1994.

Vol. 02 - A Mineração na Região Metropolitana do Recife. PE. 1994.

Vol. 03 - A Atividade Extrativa Mineral em Jaboatão dos Guararapes. PE. 1994.

Residêncial da CPRM de Fortaleza

Vol. 01 - Potencial Mineral para Não Metálicos da Região Metropolitana de Fortaleza - CE. 1994.