

UFRGS

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Pesquisas Hidráulicas

CENTRO DE HIDROLOGIA APLICADA

UNESCO

**HIDROLOGIA DE SUB-SUPERFÍCIE
DE UM TRECHO DOS ALUVIÕES DO
ARROIO DILÚVIO**

*Tese apresentada como um dos requisitos ao grau de
Mestre em Ciência em Hidrologia Aplicada*

Por

Mário Luiz Damé Wrege

SETEMBRO — 1972



PROGRAMA
DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O
DESENVOLVIMENTO
— U N D P —



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS
HIDRAULICAS



ORGANIZAÇÃO DAS
NAÇÕES UNIDAS PARA
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA
E CULTURA
— UNESCO —

CENTRO DE HIDROLOGIA APLICADA

TELEG. "HIDROCENTRO"
TELEFONE : 23-33-84

CAIXA POSTAL 520
PORTO ALEGRE - BRASIL

SUA REF. :

NOSSA REF. :

HIDROLOGIA DE SUB-SUPERFÍCIE
DE UM TRECHO DOS ALUVIÕES DO
ARROIO DILÓVIO

TRABALHO APRESENTADO COMO PARTE DOS REQUISITOS
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM CIÊNCIAS EM
HIDROLOGIA APLICADA

Opção - HIDROGEOLOGIA

Autor - MÁRIO LUIZ DAMÉ WREGE

Orientador - Prof. PIERRE COUDERT

Examinadores - Prof. PIERRE COUDERT

Titular das Disciplinas de Água Subterrânea e Geo-
hidrologia, no C.H.A., I.P.H., U.F.R.G.S.

Prof. ADOLPH K. HANKE

Diretor Administrativo do C.H.A. e Titular da Dis-
ciplina de Hidrogeologia, no Instituto de Geociên-
cias, U.F.R.G.S.

Prof. HARDY JOST

Titular das Disciplinas de Geologia de Campo e Geo-
física Básica, no Instituto de Geociências, da U.
F.R.G.S.

Data do Exame - / SETEMBRO / 1972.

Aprovação da Banca

Presidente

DEDICO,

A MEUS PAIS

R E S U M O

Este trabalho é um estudo de Hidrologia Subsuperficial de um trecho dos aluviões do curso superior do Arroio Dilúvio. Nele o autor delimita a zona de interesse hidrogeológico, estabelece a estrutura (utilizando-se de sondagens elétricas e sísmicas), a direção geral de escoamento subsuperficial, condições de alimentação, características hidrodinâmicas, reservas, e outros. Utiliza-se da elaboração de um modelo analógico em papel condutor determinando as relações recíprocas quantitativa e qualitativamente, entre as diversas partes do aquífero, no Arroio Dilúvio e no Arroio Taquara. Para o caso do Arroio Dilúvio, o autor faz uma tentativa de estabelecer um meio eficaz e simples de drenagem da área.

R É S U M É

Ce travail est une étude de l'hydrologie subsuperficielle d'une portion des alluvions du cours supérieur du cours d'eau "Dilúvio". Dans lequel l'auteur délimite la zone d'interêt hydrogéologique, établit la structure (en utilisant des sondages életriques et sismiques), la direction générale de l'écoulement subsuperficial, les conditions d'alimentation, les caractéristiques hydrodynamiques, les réserves, etc. On utilise aussi un modèle analogique en papier conducteur pour déterminer qualitativement et quantitativement les relations réciproques entre les diverses parties, de l'aquífére, dans les cours d'eau "Dilúvio" et "Taquara". Dans le cas du cours d'eau "Dilúvio", l'auteur tente d'établir un moyen simple et efficace de drainage du secteur.

1 - ÍNDICE -

1. - ÍNDICE -	1
2. - ASPECTOS GERAIS -	4
2.1 - Localização e Vias de Acesso -	5
2.2 - Forma e Fisiografia -	6
2.3 - Elementos Climáticos -	8
2.4 - Características Pedológicas e Fitológicas -	10
2.5 - Recursos Naturais e Demografia -	11
2.6 - Trabalhos Anteriores -	11
2.7 - Documentação -	12
2.8 - Agradecimentos -	13
3. - SÍNTESE GEOLÓGICA -	16
3.1 - Generalidades -	17
3.2 - Embasamento Cristalino -	17
3.3 - Laterita Serra de Tapas -	19
3.4 - Região Aluvionar -	21
3.4.1. - Sondagens a Trado Manual -	21
3.4.2. - Prospecção Sísmica -	22
3.4.2.1. - Metodologia e Aparelhagem - ...	22
3.4.2.2. - Resultados Obtidos -	22
3.4.3. - Prospecção elétricas -	23
3.4.3.1. - Metodologia e Aparelhagem - ...	23
3.4.3.2. - Resultados Obtidos -	24
4. - HIDROLOGIA DE SUB-SUPERFÍCIE DOS ALUVIÕES -	27
4.1 - Metodologia e Aparelhagem -	28
4.2 - Estrutura e Dimensões -	28
4.3 - Piezometria -	29
4.4 - Alimentação e Escoamento -	30
4.5 - Características Hidrodinâmicas -	31

4.5.1.	- Metodologia e Aparelhagem -	31
4.5.2.	- Resultados Obtidos -	32
4.6.	- Hidroquímica das Águas Subterrâneas -	33
4.6.1.	- Metodologia e Aparelhagem -	33
4.6.2.	- Resultados Obtidos -	33
5.	- ESTUDO EM MODELO ANALÓGICO -	37
5.1.	- Generalidades -	38
5.2.	- Descrição do Modelo -	40
5.3.	- Aparelhagem -	41
5.4.	- Modelo para o Arroio Dilúvio - Fassa de E- volução do Estudo -	42
5.5.	- Modelo para o Arroio Taquara -	51
5.6.	- Conclusões -	52
6.	- CONCLUSÕES -	56
7.	- BIBLIOGRAFIA -	59
8.	- ANEXOS -	60
8.1.	- Perfis Sísmicos -	63
8.2.	- Sondagens Elétricas -	64
8.3.	- Medições Piezométricas e de Resistividade das Águas Subterrâneas -	70
8.4.	- Método de Cálculo das Vazões a partir das Intensidades Medidas no Modelo Analógico..	73
8.5.	- Hidrologia de Superfície -	76
8.5.1.	- Generalidades -	77
8.5.2.	- Características de Forma -	77
8.5.3.	- Precipitação e Escoamento -	78

2.- ASPECTOS GERAIS -

2.1 - Localização e Vias de Acesso -

O local onde foram desenvolvidos os trabalhos está localizado na região abrangida pela área metropolitana da Grande Pôrto Alegre. Corresponde a um pequeno trecho às nascentes do Arroio Dilúvio, particularmente no trecho onde o mesmo se adentra no município de Pôrto Alegre, ao limite com o município de Viamão. Situa-se no local onde estão instalados os Institutos de Agronomia e Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sendo esta Universidade a proprietária de 9/10 do total da área estudada. É conveniente salientar que, tanto a bacia hidrogeológica como a bacia hidrográfica, do referido arroio, abrangem área bem superior à que foi estudada.

Geograficamente, está localizada dentro da Fôlha de Pôrto Alegre, (SH.22-0-II-2), sendo dadas, no quadro abaixo as coordenadas dos pontos extremos da área onde se desenvolveram os trabalhos de campo.

pontos cardeais	coordenadas geográficas	coordenadas planas	orientação
N	30° 04' 11"	865 734	latitude
S	30° 04' 34"	877 725	Sul
E	51° 07' 11"	884 728	longitude
W	51° 08' 19"	865 734	Oeste

Quadro 1 - coordenadas dos pontos extremos da área da bacia hidrogeológica estudada.

A principal via de acesso à área é a Avenida Bento Gonçalves, a qual liga os municípios de Pôrto Alegre e Viamão, margeando a área em sua parte sul (vide mapa topografico). A distância do local dos trabalhos ao centro de Pôrto Alegre, pela referida avenida, é de, aproximadamente, 15 quilômetros. Secundariamente, tem-se duas outras vias, ou seja, a estrada de Tamanca e a estrada do Rinçã do Leão, ambas situadas ao Sul da avenida Bento Gonçalves.

2.2 - Forma e Fisiografia -

Possui forma alongada, sendo seu maior desenvolvimento segundo o paralelo Leste-Oeste e equivalente a 1.800 metros, aproximadamente. Segundo a direção Norte-Sul dá uma larga "média" de 400 metros, portanto, 4,5 vezes menor que a primeira. O local onde foram desenvolvidos os trabalhos de campo, apresenta uma superfície com área de 600.000 metros quadrados. A escala utilizada no presente trabalho, para os documentos é 1:6667.

O curso principal (Arroio Dilúvio) localiza-se na parte mediana da área, segundo seu maior comprimento, e recebe um total de 4 afluentes, 2 em cada margem, sendo os situados em sua margem esquerda os de maior importância em volume de água. Atualmente, porém, o Arroio Dilúvio encontra-se canalizado em toda sua extensão, na área dos estudos, sendo que aí restam apenas resquícios do antigo leito, estando, por vezes, o mesmo completamente obstruído (vide mapa topográfico). Foram construídos 2 canais, sendo que no mais antigo sofreu obstrução junto ao tributário de Sudoeste, por ocasião do novo traçado, servindo tal tributário de dreno do canal. O novo traçado, de uma maneira geral, tende a tangenciar a encosta Sul do Morro Santana. O gradiente apresentado por este canal é de 1: 366(0,273%).

Para o trecho em estudo, à época em que foram construídos os canais, o Arroio Dilúvio, encontrava-se em fase de juventude, em relação a um ciclo fluvial. Seus meandros não tinham liberdade de movimentação, seus tributários erodindo em direção às cabeceiras, sua planície aluvial com pequeno desenvolvimento. Notou-se também a não diferenciação em terraços fluviais, implicando que o mesmo não sofreu rejuvenescimento em seu ciclo evolutivo. Apresentava-se, ainda, como um rio subsequente, encaixado numa zona de fraqueza das rochas do embasamento, o que é característica regional da drenagem da área (FERREIRA PINTO, comunicação verbal).

Topograficamente, evidenciam-se 2 elementos bem característicos: a zona aluvial (cotas inferiores) e as encostas graníticas (cotas superiores). Quanto à zona aluvial, ela se caracteriza por ser bastante uniforme, havendo, porém, um alto relativo situado em sua parte central provocado pelo fato de as rochas do embasamento cristalino estarem próximas à superfície; em relação aos baixos topográficos relativos na zona dos aluviões, eles se apresentam alagadiços, porém grande parte da área se encontra recuperada pela enorme quantidade de drenos superficiais existentes (vide mapa topográfico). Quanto às encostas graníticas, nota-se também uma diferenciação, uma parte constituindo um alto topográfico relativo e outra região bastante degradada e com encostas mais suaves, explicável pela estrutura e litologia de cada uma (vide item 3.1.) . A primeira provoca, no extremo Oeste da área estudada, um estrangulamento do vale, limitado pelo Morro da Polícia, a Sul, e Morro Santana, a Norte.(vide mapas topográfico e geológico).

DELANEY (5, p.22), regionalmente a incluiu em uma de suas 4 divisões da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, na Planície Soerguida de Viamão, descrevendo-a assim:

"A Planície Soerguida de Viamão estende-se de Itapoã até o esculpamento basáltico (...) caracterizando-se por apresentar morros graníticos ressaltados em sua topografia.(...) As altitudes vão normalmente de 90m a 160m,(...) Litologicamente predomina nesta área, areia quartzosa oxidada, formando uma superfície ondulada de colinas convexas nas quais, ocasionalmente, ressaltam morros de granito."

Em relação a ações antrópicas, a área foi bastante trabalhada, pois além das já citadas (canais e drenos superficiais), há culturas agrícolas, revolvimento de terras, aterros, grande quantidade de edificações e, por fim, na zona Norte da área, há localmente alguns poços domiciliares, junto da encosta onde se encontra a aflente de Nordeste, dos quais estima-se que seja extraída uma vazão diária de uns 300 litros de cada um por dia, num total de 6 poços.

2.3 - Elementos Climáticos -

Não se tentará aqui criar uma classificação climática para a área, mas sim enquadrá-la dentro de um estudo realizado por MORENO (14), tradicionalmente aceito. Este autor adota a classificação de W.Kceppen. Assim sendo, a área inclui-se dentro da zona cuja fórmula é Cfa ou II, que MORENO (ibid,p.15) detalha, regionalmente, para II.1.b, ou seja:

"Periferia do bordo erodido do planalto basáltico, com altitudes muito variáveis, e cuja temperatura média é inferior a 18 °C."

Tomando os dados da estação climatológica de Pôrto Alegre, para um período aproximado de 30 anos, segundo dados do mesmo autor, tem-se que a precipitação pluviométrica média anual está entre 1.300 mm e 1.400 mm, sendo que não é referido o desvio padrão em relação a estas médias anuais. Nota-se uma igual distribuição das precipitações por todo o ano - característica da zona climática Cf -, porém com leve predominância nos meses de inverno (junho, julho, agosto). Quanto às temperaturas, a média anual é de 19,3 °C, discordando um pouco do dado teórico posto acima, tendo sido 24,5 °C o máximo valor médio anual verificado, e sendo janeiro o mes de maior média mensal, e o mínimo médio anual como sendo 14,5 °C, tendo-se em julho o mínimo médio mensal. A insolação média anual, no período considerado, foi de 2.303 horas, correspondendo a 52% sobre o máximo possível anual. Nevoeiros ocorrem, distribuindo-se durante o ano todo, num total de aproximadamente 64, em média, havendo predominância nos meses de maio, junho e julho. A umidade do ar não havendo baixado de 70% e tendo valores máximos na estação de inverno. As geadas são raras, com predominância nos meses de inverno. Os ventos predominantes são os alíseos, de direção ESE, porém, periodicamente, nos meses de inverno, há outro, o minuano, que é um vento frio, seco e continental, oriundo da invasão de massas frias polares. Quanto à evaporação, o autor citado não oferece dados.

2.4 - Características Pedológicas e Fitológicas -

De um modo geral, há duas categorias de solos. Solos zonais nas partes altas que circundam o vale e oriundos da alteração do embasamento cristalino. Na parte correspondente à planície aluvial, tem solos azonais. Os primeiros são solos residuais desenvolvidos sobre um paleosolo de feições semelhantes ao que DELANEY (5) descreve como Laterita Serra de Tapes (vide item 3.2 .) . Segundo KAUPF (comunicação verbal), no levantamento dos grupos de solos do Rio Grande do Sul, ora em andamento, tais solos zonais subdividem-se em 2 unidades, a saber: Bela Vista e Pinheiro Machado. A primeira, pertence ao Grande grupo Vermelho Amarelo Podzólico, com sub-horizonte A₂ pouco diferenciado e horizonte B argiloso, tendo perfis medianamente profundos, avermelhados e porosos, os quais mostram uma grande lixiviação de bases, sendo francamente ácidos com elevado teor de alumínio trocável. A unidade Bela Vista é encontrada nas encostas dos altos do embasamento, enquanto que a unidade Pinheiro Machado, nos topos. Esta última caracteriza-se por ser bem mais rasa que a anterior, sendo seu perfil incompleto e constituido pelos horizontes A e C. Ambos apresentam-se bem drenados.

Quanto aos solos da zona aluvionar são solos transportados, atípicos, jovens, possuindo unicamente o horizonte A desenvolvido, constituindo-se de uma argila orgânica, com variadas proporções de silte e areia, em cores pretas, cinzas e marrons, sendo bastante plástico e com espessura em torno de 0,5 m.

Em relação à cobertura vegetal, desenvolvem-se gramíneas e vegetações de médio e grande porte, sendo importantes os cultivos de Eucaliptus.

2.5 - Recursos Naturais e Demografia -

Como a área pertence quase que totalmente a Universidade, local onde seria instalada a Cidade Universitária, e seus habitantes são, em sua maioria, funcionários da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, advendaí o fato de não haver na área a exploração de seus recursos naturais, porem, potencialmente, a zona apresenta características, nas encostas graníticas, de área fonte de material de empréstimo para aterro e de matéria prima para olarias e pedreiras. Nota-se, no entanto, atividades agrícolas de subsistência, as quais pertencem aos funcionários da U.F.R.G.S., ou atividades experimentais dos Institutos de Agronomia e Veterinária.

Quanto à população, talvez a área em apreço não seja representativa no contexto regional, pois são funcionários da U.F.R.G.S. seus moradores, em sua maioria, advindo daí uma repartição entre zona dos edifícios da Universidade e zona das habitações dos funcionários. A partir do número de casas existentes no mapa-base, restituído a partir de fotos aéreas tomadas em 1956, em escala 1:2.000, com um total de 53 habitações e admitindo um número de 5 pessoas por cada habitação, temos, para o ano de 1956, 265 pessoas. Fazendo uma projeção para a data atual, considerando a taxa de incremento populacional de 3,2% ao ano, temse um total de 425 habitantes para 1972, o que nos dará uma densidade populacional de 708,3 hab/Km².

2.6 - Trabalhos Anteriores -

Os trabalhos científicos que, de uma maneira ou outra, incluem a área estudada estão abaixo relacionados,

notando, porém que os mesmos são, todos, de caráter regional:

- 1965 - DELANEY, Patrick - Escreveu um trabalho sobre a fisiografia e geologia da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, e incluiu a área dentro da Planície Soerguida de Viamão, descrevendo-a. Descreveu também Laterita Serra de Tapes.
- 1971 - HARDY, Jost - Escreveu um trabalho englobando litologia e estratigrafia do Quaternário da região Norte da Planície Costeira do R.G.S., onde define a formação Guaíba e caracteriza a Bacia de Pôrto Alegre.
- Prelo - FERREIRA PINTO J. - Estudaram a geologia geral da colaboradores Fôlha de Pôrto Alegre.
- Prelo - KAUPF, Nestor e - Estudam os Grande Grupos de Solos do R.G.S. e descrevem as unidades Bela Vista e Pinheiro Machado.

2.7 - Documentação

O trabalho foi desenvolvido sobre uma carta planialtimétrica, de escala 1:2.000, restituída a partir de fotos aéreas tomadas em 1956, estando, pois, atualmente já superada, sob todos os aspectos. A origem deste documento é a Secretaria Municipal de Obras e Viação, de Pôrto Alegre. Os mapas do presente trabalho exceto o geológico, fo

ram confeccionados tendo o documento acima como matriz, tendo sido acrescentados aspectos de importância prática para o desenrolar das atividades, porém sem atualizar outros itens não primordiais.

Para a obtenção dos dados de vazão do canal, deparou-se com problemas de ordem prática não solucionáveis, de maneira satisfatória, por meio de artifícios simples, compatíveis com as disponibilidades apresentadas.

Quanto a descrição dos aparelhos utilizados, o será feita no item respectivo, quando se descrever os resultados dos trabalhos de campo.

2.8 - Agradecimentos -

O autor deseja expressar seus reconhecimentos àqueles que direta ou indiretamente vieram a colaborar na realização deste trabalho. Entre os primeiros, ao Professor Pierre Coudert, geólogo perito da UNESCO, sempre solícito às questões que formulávamos e profundamente interessado no desenvolvimento do trabalho e nos resultados obtidos; ao Professor Max Brüderlin, geólogo, Dr.rer.nat., companheiro incansável e solícito, que com sua ajuda e sugestões, foi possível o rápido desenrolar dos trabalhos; ao Professor Nelson Ludwig, geólogo, MSc., por suas sugestões e interesse; ao técnico Cláudio Liedtke, por sua ajuda no campo. Por fim, àqueles que de um modo ou outro vieram a colaborar, ou seja, Prof. Roger Berthelot, perito da UNESCO diretor técnico do BRA-27; ao Centro de Hidrologia Aplicada, em especial; e ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas, como um todo, os quais contribuíram com o apoio logístico; ao Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico, que nos proporcionou o apoio financeiro.

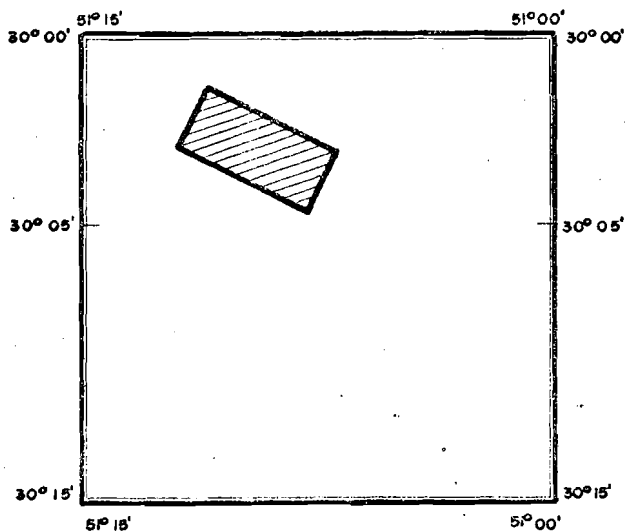
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO



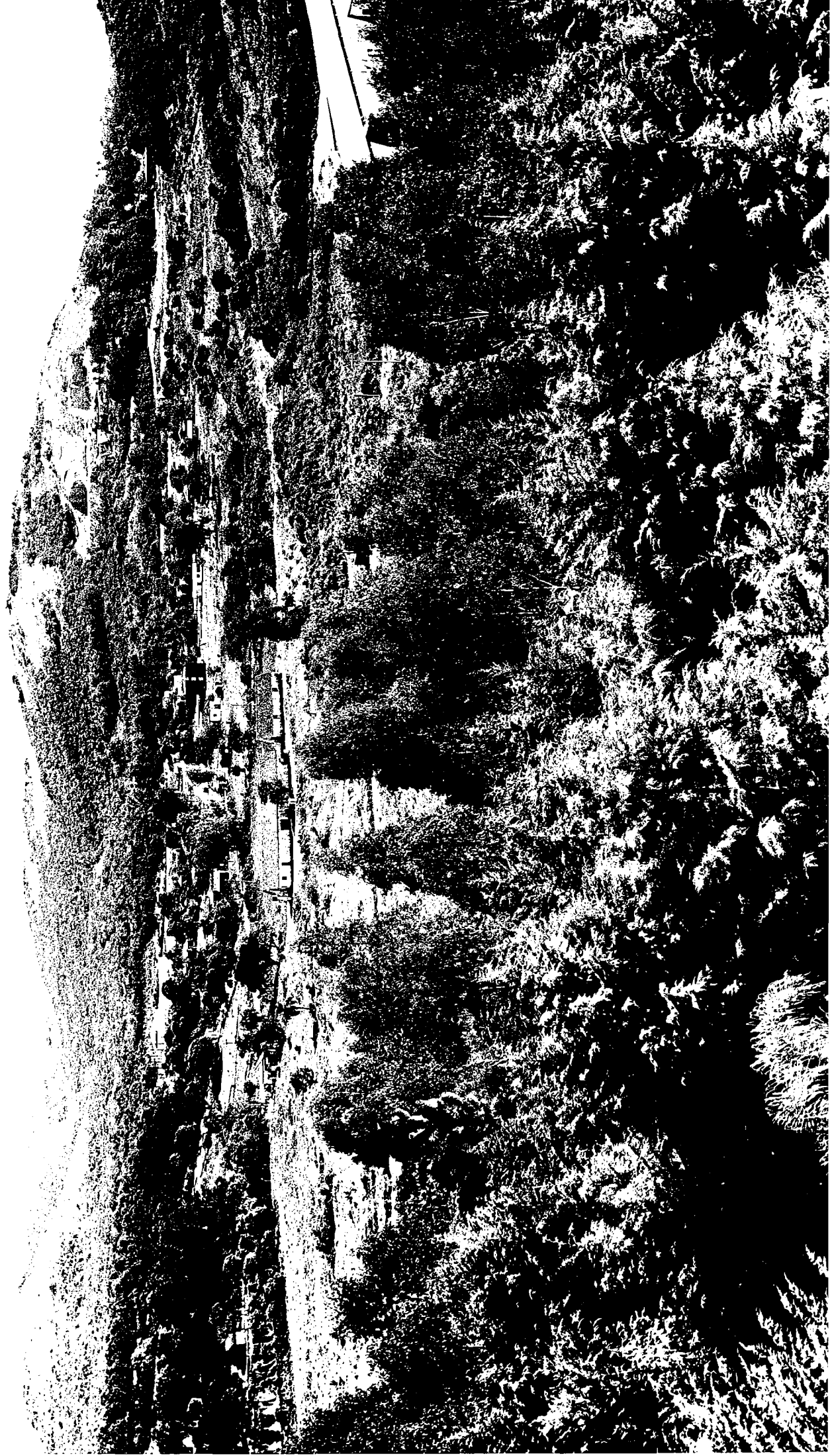
**SITUAÇÃO DA FOLHA
NO ESTADO**

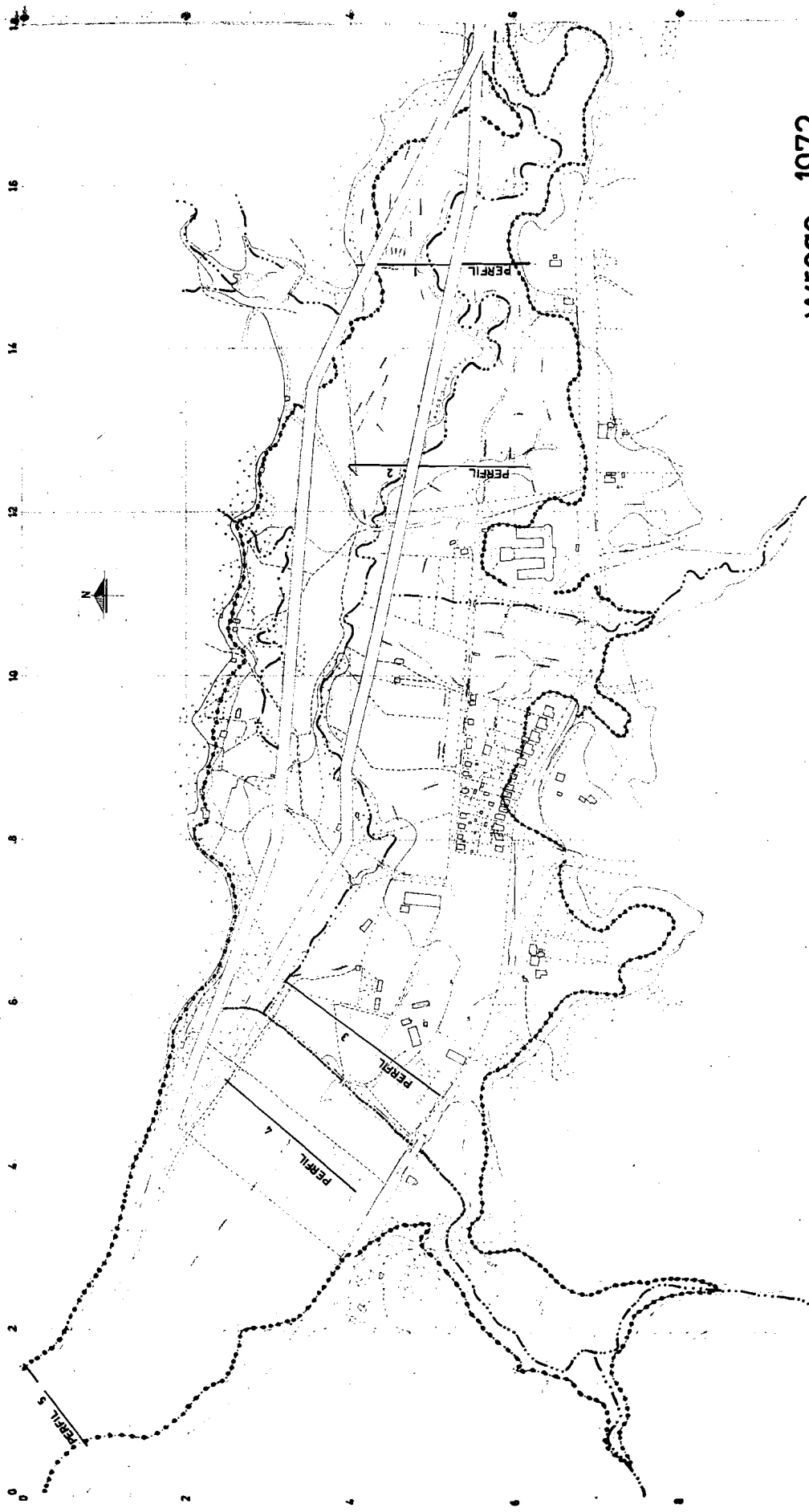
MORRETES	SÃO LEOPOLDO	GRAVAT
GUAIBA	PÔRTO ALEGRE	PASSO DO VIGÁRIO
BARRA DO RIBEIRO	ITAPUÁ	DESERTAL

**INDICE DAS FOLHAS
ADJACENTES**



**CURSO SUPERIOR DO
ARROIO DILÚVIO
NA
FOLHA DE PÔRTO ALEGRE**

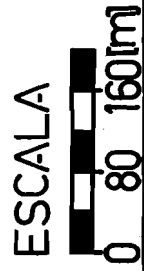




wrege 1972

CONVENÇÕES:

- CÉRCA
- ÁRVORES
- DRENO
- CAMINHO
- CURVA DE NIVEL
- COTA 38 m
- CURSO DE ÁGUA
- ALAGADO



FONTE:
SECRET. MUNIC.
OBRAS E VIACÃO
(ADAPTADO)

MAPA TOPOGRÁFICO
ARROIO DILÚVIO
CURSO SUPERIOR
TRECHIO

3. - SÍNTESE GEOLÓGICA -

3.1 - Generalidades -

A região dos estudos é, em área, muito res-
trita, tendo interesse unicamente a zona aluvionar. Poren,
aqui, far-se-á referências à área-fonte, função das rela-
ções íntimas entre ambas. Regionalmente faz parte do Escu-
do Sul-Riograndense, sendo recoberta por litologias de i-
dade quaternária. É interessante notar que na região das
rochas do escudo o manto intempérico é muito espesso, fun-
ção das condições climáticas (úmido, chuvoso) a que está
sujeito.

3.2 - Embassamento Cristalino -

DELANEY (5,p.72), em seu trabalho sobre a
Planície Costeira do R.G.S., afirma:

"(...) Um conhecimento destas rochas anti-
gas é essencial para a compreensão do con-
junto geológico, uma vez que tiveram pa-
pel importante no fornecimento do materi-
al detrítico incorporado aos sedimentos do
Quaternário."

Também cabe aqui a descrição de OLIVEIRA
(16,p.6), para a área da bacia do Arroio Taquara, ainda den-
tro da Fôlha de Pôrto Alegre e com características semelh-
tes às do presente estudo:

"Constitui um complexo de rochas graníticas,
intimamente associadas a migmatitos(...) .
São realçadas na topografia sob a forma de
morros. Cortadas por diques de rochas áci-

das (...) aplitos e pegmatitos, encaixados em zonas de falhas.

"Estas rochas, de um modo geral, têm granulação média a grossa e a seguinte composição mineralógica: microlíneo, quartzo, oligoclásio, como essenciais; abiotita como varietal; como acessórios, a apatita, zirconita, esfeno, alanita, muscovita e fluorita; entre os secundários, argilominerais, damouritas, carbonatos, clorita, epidoto e opacos."

Afloram na área o migmatito homogêneo (embrechito), em sua parte Oeste, enquanto que na parte Leste aflora o que FERREIRA PÍNTO e colaboradores (comunicação verbal) denominam de Granito Santana (Morro Santana, Morro da Polícia), sendo o contato entre ambos por falha (vide mapa geológico).

Geomórficamente, ambos comportam-se de maneira marcadamente distinta, função da erosão diferencial que é devida a 2 fatores:

- a) o primeiro, mais evidente, é a diferente composição mineralógica sendo, então, o migmatito mais acessível aos processos meteóricos; e,
- b) o segundo deve-se às diferenças de estruturas entre ambos, pois tendo o migmatito estrutura orientada, esta facilita caminhos preferenciais de infiltração e conseqüente intemperisação.

Disto segue-se que, devido a tais processos, a zona de domínio das rochas migmatíticas encontra-se rebaixada relativamente, com colinas suaves e convexas (vide item 2.2)

Além disso, ainda função dos processos intempéricos, FERREIRA PINTO e colaboradores (comunicação verbal), notaram, no âmbito regional, que há:

- a) processos de alitização (lixiviação de certos silicatos com conseqüente formação de hidratos de alumina), na zona de ocorrência dos migmatitos; e,
- b) processo de arenização (concentração de sílica e liberação de bases), na zona dos granitos, fato este possível de identificar na área do presente estudo (vide item 2.4).

Estruturalmente, vale a situação citada por OLIVEIRA (16,p.8):

"Tectonicamente, estas rochas estão seccionadas por falhas subverticais, cuja direção é Nordeste e secundariamente Noroeste, que controlam o sistema de drenagem principal."

3.3 - Laterita Serra de Tapes -

Na área em estudo, esta unidade constitui uma região intermediária topograficamente, entre as rochas do embasamento e os aluviões (não aparece no mapa geológico). DELANEY (5,p.74) refere-se a tal unidade assim:

"(...) em áreas onde estão presentes rochas ígneas e metanórficas, são comuns latossolos. A laterita serra de Tapes é amarela a avermelhada contendo frequentemente nódulos irregulares e concreções de hidróxidos de ferro; sua espessura varia de 8 a 10 m. (...) sendo que um perfil completo ou ideal consiste, do topo para a base, em: (1) areia quartzosa

narron a cinza; (2) limite superior da zona freática; (3) zona de concreções ou nódulos de laterita; (4) limite inferior da zona freática; (5) zona argilosa inferior de ilita, nontronita e montmorilonita misturadas."

Segundo JOST (7,p.72), analisando diversos estudos realizados sobre esta unidade, por diferentes autores, cita como conclusões mais importantes as seguintes:

"A Laterita Serra de Tapes é uma unidade edafoestratigráfica desenvolvida sob condições climáticas diferentes das atuais, constituindo-se pois um paleosolo. Pelo tipo de argilo-mineral presente, representado pela Caolinita de baixa cristalinidade, deduz-se que durante a época de sua formação o clima era úmido, com elevado índice de pluviosidade. Tais condições em virtude da espessura considerável apresentada pela unidade, se prolongaram durante um intervalo de tempo bastante longo, possivelmente desde o fim do Terciário até um máximo no Holoceno Inferior a Médio, quando mudaram as condições climáticas, e os tipos de solos gerados apresentam características diversas da Laterita Serra de Tapes."

"Em termos pedológicos, a Laterita Serra de Tapes constitui um paleosolo em que estão conservados unicamente os horizontes B (cimentoação e C (alteração da rocha sã)."

"Estudos de campo revelaram que, para efeito de reconhecimento, a Laterita Serra de Tapes deixa de existir como tal a cotas superiores a 100 m; para cotas sucessivamente

inferiores, esta unidade torna-se cada vez mais pronunciada em sub-horizontes."

3.4 - Região Aluvionar -

Como se pode observar no mapa geológico, a área-fonte dos sedimentos aluvionais estudados é a região dos migmatitos, cabendo ao Granito Santana influência muito restrita neste aspecto.

Litologicamente, a região se caracteriza por uma extrema heterogeneidade, tanto lateral como vertical, porém a estrutura geral ficou bem evidenciada pelas sondagens sísmicas, onde nota-se 3 camadas, do topo para a base: (1) camada aluvionar (1,5m a 4 m); (2) alteração do embasamento (bem mais espessa que a anterior); (3) embasamento, cujo topo está, de um modo geral, de 10m a 15 m abaixo da superfície, sendo, no entanto, tal cifra sujeita a maiores variações.

3.4.1 - Sondagens a Trado Manual -

Fez-se um total de 38 furos a trado manual de 3,7 cm de diâmetro (1,5"), descrevendo-se as litologias. Dos perfis assim obtidos, a maioria tendo atingido por volta de 1,5m de profundidade, portanto sempre nos limites do aluvião, se pode avaliar a extrema mistura de materiais entre argila, silte e areia. A parte superior é uma argila orgânica, normalmente preta, com variadas proporções de silte e/ou areia, bastante plástica, constituindo o incipiente solo aluvionar. Abaixo segue uma sequência de argila, silte, areia (média e fina) e, por vezes, dependendo da profundidade do embasamento, encontra-se até grânulos. As cores destas camadas subjacentes ao solo variam, predominando largamente o marrom-avermelhado.

3.4.2.- Prospecção Sísmica -

3.4.2.1. - Metodologia e Aparelhagem -

Usou-se o Terra Scout R - 150, da Soil Test Inc., aparelho de fabricação norte-americana, portátil. As distâncias máximas, no campo, em que ainda era possível sensibilizar o aparelho, estavam na gama de 15m a 55m. Normalmente, porém, usou-se 20m a 30m. Conseguiu-se, desta forma, interpretar litologias localizadas a profundidades por volta de 15m. Fez-se um total de 11 sondagens sísmicas correspondentes a 4 perfis transversais à zona aluvionar (os de número 1,3,4, e 5 - vide mapa topográfico).

3.4.2.2. - Resultados Obtidos -

De uma maneira geral, conseguiu-se captar 3 camadas cujas velocidades de propagação das ondas estão no quadro que segue. A primeira camada (V_1), corresponde ao solo e a argilas e/ou areias, cuja espessura varia de 1,5 m a 4 m e que deve corresponder aos aluviões. Abaixo desta vem uma camada mais compacta (V_2), que pode ser interpretada como a zona de alteração do embasamento, com espessura variando de 5m a 12m. Finalmente, a terceira camada captada (V_3) deve corresponder ao embasamento, a qual apresenta uma superfície bastante irregular em seu topo. De um modo geral, nota-se uma tendência destas camadas a se aprofundarem em direção ao antigo leito do Arroio Dilúvio (vide perfis sísmicos).

PERFIL	SOND.	V ₁	V ₂	V ₃	UNIDADE
nº 1	1	590	1800	3500	metros
	2	560	2250	--	
	3	390	1730	--	
	4	350	1750	6180	
nº 3	5	350	1640	2920	por
	6	200	2160	--	
	7	320	1490 1980	--	
nº 4	8	440	1610	4470	segundo
	9	360	1280 2160	--	
nº 5	10	320	1880	--	
	11	430 670	--	--	

Quadro 2 - velocidades das ondas sísmicas em cada uma das sondagens efetuadas.

3.4.3. - Prospecção Elétrica -

3.4.3.1. - Metodologia e Aparelhagem -

Utilizou-se aparelhos portáteis de fabricação francesa, da A.O.I.P., os quais permitiam a injeção de potenciais em níveis fixos. Nos trabalhos de campo da área em estudo, os potenciais de 25 volts e 45 volts foram os mais usados. Utilizou-se o dispositivo de 4 eléctrodos, distribuídos simetricamente, em relação a um ponto, segundo o arranjo Schlumberger. As intensidade de correntes medidas estiveram dentro dos limites 4,1 mA a 40mA, sendo que os valores mais comuns estão na faixa de 15 mA a 30mA. Os valores de AB/2 foram ou 100 ou 70m. Com o que conseguiu-se dectetar camadas cuja profundidade está em torno de 20m.

Fez-se 6 sondagens elétricas, segundo 3 perfis transversais da zona aluvial (número 1, 2 e 5 - vide mapa topográfico). Para a interpretação das curvas, usou-se os gráficos da RIJKSWATERSTAAT (19) para 3 camadas, sendo que para mais de 3 camadas aplicou-se o método explanado em BENTZ (2, pp.737-754).

3.4.3.2. - Resultados Obtidos -

Com as sondagens elétricas conseguiu-se uma maior definição das litologias, podendo-se, então, notar total heterogeneidade litológica, com variações rápidas, tanto vertical como horizontalmente, sendo, pois, difícil estabelecer correlação entre as sondagens de um mesmo perfil (vide sondagens elétricas - S.E.). As curvas obtidas, pois, não apresentam comportamento uniforme, havendo, no entanto, pouca variação no ponto de início das mesmas, com a resistividade do material de superfície correspondente ao solo da zona aluvial, onde predominam argilas. Somente em 3 das 6 sondagens elétricas atingiu-se o embasamento (uma em cada perfil), as quais indicaram 15 m como profundidade provável do mesmo. Pelos valores obtidos para as diferentes resistividades, nota-se a predominância dos materiais finos, argilosos. Nestas sondagens elétricas não foi possível a diferenciação entre a zona de intemperismo do embasamento e os aluviões.

Os gráficos e perfis elétricos estão em anexo (item 8.2). Pela observação de tais gráficos pode se observar que os valores fornecidos pelo aparelho usado nem sempre merecem crédito.

Perfil nº	Sond. nº	Resistibilidade das litologias (ohm.m)	limites	litol.
1	1	790 1050 175 250 5000	3000	embasam.
	2	400 20 1150 300		
2	3	110 250 110 420	800-3000	areia
	4	300 75 3600		
5	5	275 27 360	100	argila
	6	125 900 15 5900		

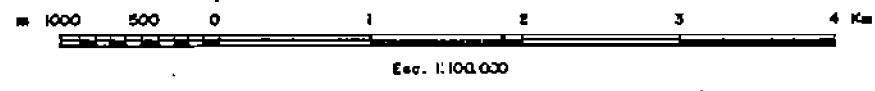
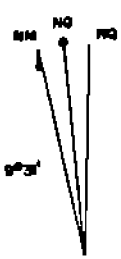
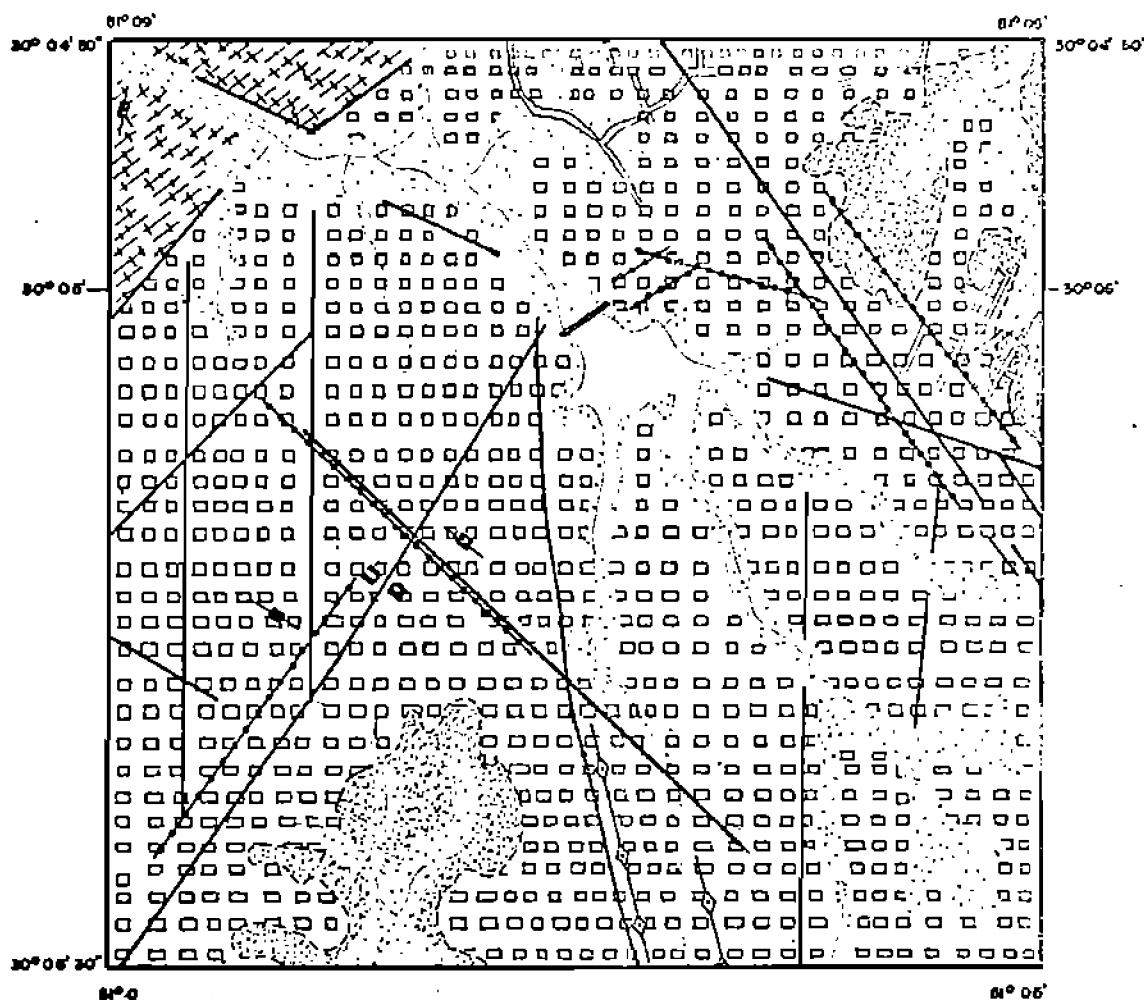
Quadro 3 - resistividades das diversas litologias da zona aluvial obtidas a partir das curvas das sondagens elétricas, do topo (esquerda) para a base.

MAPA GEOLÓGICO

(FOLHA DE PÓRTO ALEGRE-R.G.S.)

BACIA DO ARROIO DILUVIO

Curso Superior



CONVENÇÕES

TOPOGRÁFICAS		GEOLÓGICAS	
	RUAS		FALHAS
	DRENAGEM		DIGUES ÁCIDOS
	REPRÊSAS		DIGUES INTERMEDIÁRIOS
			JUNTAS VERTICAIS
			GRANITO SANTANA
			MIGMATITO HOMOGENEO
			ALUVIÕES
			LATERITA (SERRA DE TAPES)

4 - HIDROLOGIA DE SUB-SUPERFÍCIE DOS ALUVIÕES -

4.1 - Metodologia e Aparelhagem -

Para a obtenção de dados da superfície piezométrica, foi instalado um total de 38 piezômetros, segundo perfis transversais na zona aluvial, utilizando-se um trado manual de rosca, com diâmetro em torno de 3,7 cm (1,5"), sendo introduzido no furo um cano plástico de 2,5 cm (1"), perfurado na extremidade inferior com broca de 0,25 cm e arrolhado em ambas extremidades, havendo, no entanto, uma conexão com o exterior por um furo na rolha respectiva. Introduzido o tubo plástico, preencheu-se inferiormente com areia, de modo a vir esta a funcionar como filtro e, superiormente, evitou-se a infiltração vedando-se lateralmente o tubo com argila.

Após esta fase inicial de instalação de piezômetros, procedeu-se o nivelamento dos mesmos, estabelecendo-se uma altimetria de alta precisão (até o milímetro), segundo o eixo maior da área, com o uso de um nível Leitz-Jena Ni-004, a partir de uma referência de nível localizada na entrada do Instituto de Agronomia. A partir deste eixo tirou-se transversais aos piezômetros, com um nível Kern GK 25, o qual possibilitava uma precisão de até 2,5 cm.

Para a leitura dos níveis do lençol subterrâneo, dispunha-se de um aparelho A. Ott - Kempten, de fabricação alemã, com sinalização luminosa, permitindo uma precisão de até 0,5 cm.

4.2 - Estrutura e Dimensões -

Observando-se ao detalhe, a constituição do meio aquífero caracteriza-se pela inomogeneidade li

tológica (argila, silte, arcias, principalmente finas), como ficou evidenciado pelas sondagens elétricas (item 3.4.3), porém a uma escala menor, pode-se individualizar o meio aquífero como a camada superficial e sotoposta à capa de alteração do embasamento. Neste aspecto as sondagens sísmicas (item 3.4.2) foram de maior utilidade que as elétricas.

Notou-se quando da perfuração a trado que a ascensão capilar era, de uma maneira geral, pouco acentuada e atingia alguns decímetros (¹), o mesmo acontecendo com as zonas de aeração e evaporação, ou seja, a superfície piezométrica está, em média, pouco profunda.

Em relação a espessura do meio ela é muito variável, como ficou evidenciado pelas sondagens geofísicas, tendo, no entanto, a atingir o seu máximo na zona do leito natural do Arroio Dilúvio. Pode-se, para efeito de cálculo, admitir uma espessura "média" do meio aquífero como sendo da ordem de 2,0 m e a zona saturada atingindo, em média, 1,5 m. Como a planimetração deu uma área de 600.000 m², tem-se, pois, um volume de 900.000 m³ de aluviões saturados.

4.3 - Piezometria -

Fez-se um total de 5 medições do nível piezométricas, observando-se daí que as variações do nível do lençol subterrâneo estavam em termos de decímetros (normalmente poucos decímetros) e, ainda mais, tais variações eram razoavelmente uniformes em toda área. Em base a isto, estabeleceu-se uma piezometria média, apresentada no mapa piezométrico.

(¹) Segundo fórmula de KING HUBBERT (in SCHNEEBELI (21), p. 88), usando-se para diâmetro médio dos grãos o valor 0,0062 em obter-se-á uma altura de ascensão capilar de 0,48 m que, no entanto, parece ser algo exagerado para a área dos estudos.

O gradiente hidráulico da superfície piezométrica é variável, sendo no entanto da ordem de 1:119, sendo determinado principalmente pelo gradiente topográfico, estando a zona aluvial comprimida entre os altos topográficos das encostas laterais. Para o canal admitiu-se a hipótese simplificada de ser linear a perda de carga entre os pontos extremos, determinados altimetricamente, obtendo-se daí um gradiente de 1:348.

4.4 - Alimentação e Escoamento -

Inicialmente pensou-se que a alimentação do aquífero era feita pelos cursos d'água superficiais, tributários do Arroio Dilúvio, porém, pela simulação em modelo (item 6), concluiu-se pela pouca influência deste elemento, optando-se então pela alimentação por infiltração direta das águas pluviais, e principalmente alimentação proveniente das encostas laterais, como confirmado também em campo por ocasião de intensas precipitações ocorridas. Esta alimentação é função do escoamento subsuperficial destas encostas, o qual dá-se em zonas de descontinuidades pela capa de alteração das rochas cristalinas.

O fluxo subterrâneo dá-se de um modo geral, em direção oblíquas à orientação dos canais, no sentido destas, notando-se porém que o canal mais antigo está ainda ativo.

4.5 - Características Hidrodinâmicas -

4.5.1. - Metodologia e Aparelhagem -

Como não havia poço na área de interesse e como o Instituto de Pesquisas Hidráulicas possuía uma estação de ensino para ensaios de bombeamento, localizada na mesma planície aluvial, porém a Leste da área estudada, aproveitou-se a mesma e extrapolou-se os resultados para o restante da zona aluvial, ressaltando-se porém que, para a obtenção de valores representativos, seriam necessários vários testes em diferentes locais na zona aluvial.

A estação, como um todo, consta de 1 poço, 2 piezômetros, 1 bomba de reinjeção, 1 vertedor triangular com ângulo de 30°, calha impermeabilizada que lança a água bombeada no canal. Ambos, poço e piezômetros, possuem 0,15 m de diâmetro, sendo a profundidade do poço de 24 m e a do piezômetro utilizado no ensaio, 34 m. Considerou-se a espessura de aluviões como 4 m, baseados em dados de sondagem da Cia. T. Janer.

Os níveis foram medidos no poço e em um piezômetro (o de número 1). Como as características locais da formação eram bastante conhecidas, partiu-se de condições bem determinadas. Bombeou-se a vazão baixíssima ($0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$) e constante. Note-se desde já que, mesmo com tal vazão, não foi conseguida a estabilização. O Prof. BRUDERLIN (comunicação verbal, num bombeamento de 10 horas com vazão constante e igual a $0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$ não atingiu a estabilização. Isto já dá idéia do pequeno potencial do aquífero em questão.

4.5.2 - Resultados Obtidos -

Foram feitos 3 testes de bombeamento, porem os 2 primeiros sem se conseguir resultados satisfatórios, devido a pequenas falhas mecânicas. Em todos eles foi observado tanto o bombeamento como a recuperação do nível do lençol subterrâneo. Os dados do terceiro teste foram processados por computação eletrônica, em linguagem Fortran IV, em programa elaborado pelo Prof. COUDERT, em ambos os casos da equação de Theis (curva da função característica e por aproximação logarítmica). Os resultados estão abaixo:

a) Dados gerais -

Local poço do I.P.H.
Ensaio do dia 23 / 06 / 72 .
Vazão constante de $0,000.3 \text{ m}^3 / \text{s}$.
Espessura da formação..... 4,0 metros .

b) Dados do poço -

Coefficiente angular da reta... 7.633,2 .
Transmissibilidade da formação $2,39 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$.
Permeabilidade da formação.... $5,99 \times 10^{-6} \text{ m} / \text{s}$.

c) Dados do piezômetro 1 -

Coefficiente angular da reta... 7.936,7 .
Transmissibilidade da formação $2,30 \times 10^{-5} \text{ m}^2 / \text{s}$.
Permeabilidade da formação.... $5,77 \times 10^{-6} \text{ m} / \text{s}$.
Distância ao poço..... 15,0 metros .
Coefficiente de armazenamento.. $6,2 \times 10^{-5}$.

Ao se observar os níveis de recuperação, notou-se que a velocidade de ascensão do nível d'água era mais acentuada no poço, ou seja, o canal (a Oeste) fazia as vezes de fonte alimentadora do aquífero (o que concorda com o estabelecido no item 6.6). Então, ambos, canal e poço,

como potenciais de sinais contrários, implicam haver a uma distância (d) entre eles, uma linha de potencial constante e de valor nulo, segundo o princípio das imagens.

4.6 - Hidroquímica -

4.6.1 - Metodologia e Aparelhagem -

Fez-se a medida da resistência da água dos piczômetros, "in loco", por meio de aparelho tipo ponte de Kohlraush, de fabricação francesa (A.O.I.P.), o qual permitia a precisão de 1%. Além disso tomou-se diversas medidas de resistência do tributário de Sudoeste, para fins comparativos. Após, calculou-se as resistividades para 18 °C (vide mapa).

4.6.2 - Resultados Obtidos -

Ao se observar o mapa de resistividades da água subterrânea, nota-se que, de uma maneira geral, aquelas tendem a aumentar no sentido do escoamento, ou seja, a quantidade de sais dissolvidos tende a diminuir no mesmo sentido. Afóra esta, outra observação é a de que as resistividades são muito altas, as quais, segundo tabela apresentada por CASTAGNY (4, p.228), indicam águas com mineralização de fraca a muito fraca. Em relação a estes fatos é interessante citar este autor (ibid, p.231):

"(...) Nous constatons que la minéralisation de l'eau présente une évolution de caractère autonome et constant liée à la vitesse réelle d'écoulement, donc à la perméabilité, à la nature de la roche réservoir, à l'alimentation directe et indirecte."

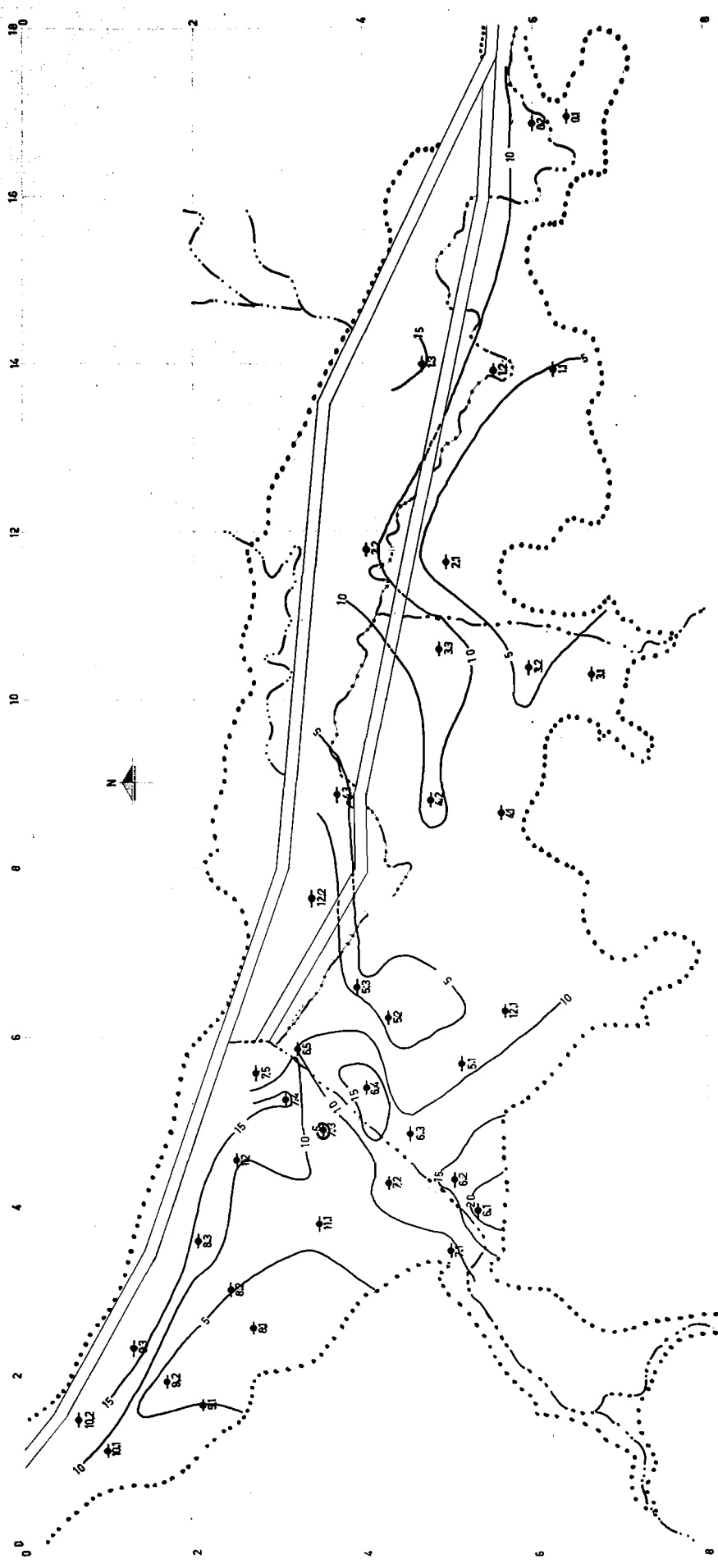
Então, ao se observar o mapa de resistividades das águas, é razoável admitir-se que:

- a) o aumento das resistividades no sentido do escoamento pode ser atribuído à grande capacidade de absorção de ions das argilas dos aluviões;
- b) há pouca influência do sistema de drenagem superficial nos intercâmbios com o aquífero, exceto no trecho do afluente de Sudoeste, aos canais, onde o mesmo cede água ao aquífero, impondo sua resistividade ao mesmo;
- c) as águas do escoamento subsuperficial das encostas laterais encontram-se, relativamente, bastante mineralizadas, o que vem a concordar com o estabelecido nos itens 2.4 e 3.2 .

Fazendo os cálculos, a partir das resistividades calculadas para 18 °C, segundo fórmula de J. RODIER (in CASTAGNY, ibid, p.229), para os resíduos secos, tem-se as relações postas no quadro abaixo.

resistividade (ohm.cm) 18 °C	resíduo seco (mg/l)
20.000	36
15.000	48
10.000	72
5.000	144

Quadro 4 - correspondências entre resistividades e resíduo seco.

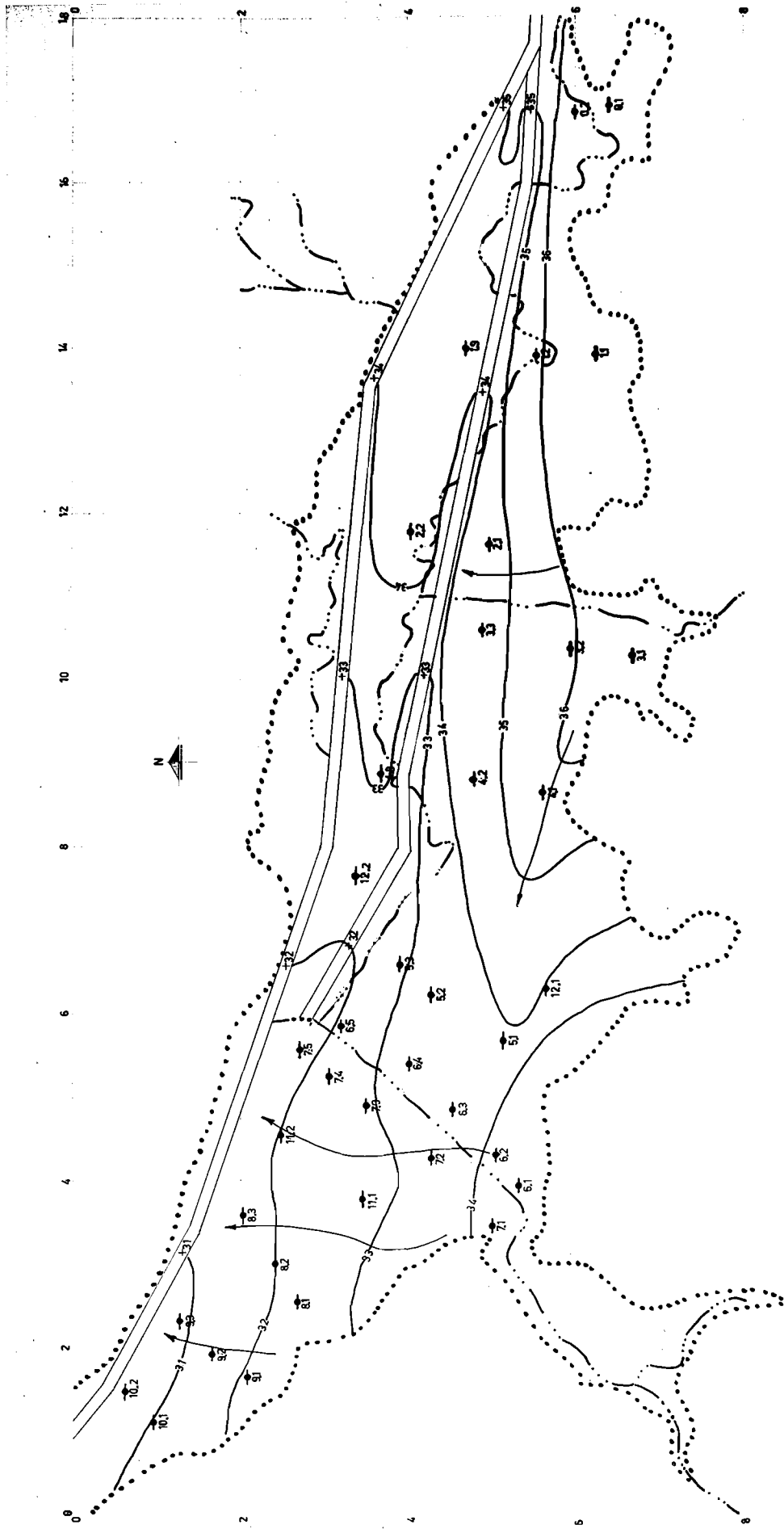


**MAPA DE RÉSISTIVIDADE
DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**
**ARROIO DILÚVIO
CURSO SUPERIOR
TRECHO**



- CONVENÇÕES:**
- LIMITE DA ZONA PERMEÁVEL
 - CURSO DE ÁGUA
 - CURVA DE ISORESISTIVIDADE
ohm-cm a 18 °C
 - ⊕ PIEZÔMETRO
N.º
- DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 9° 31' W

wrege 1972



MAPA PIEZOMÉTRICO
 ARROIO DILÚVIO
 CURSO SUPERIOR
 TRECHO



- CONVENÇÕES:
- + COTA DO FUNDO DO CANAL
 - LIMITE DA ZONA PERMEÁVEL (m)
 - CURSO DE ÁGUA
 - CURVA ISOPRESOMÉTRICA
 - metro número
 - PIEZÔMETRO número
 - DECLINAÇÃO MAGNÉTICA: 9° 31' W
 - ↗ DIREÇÃO DO ESCOAMENTO

wrege 1972

5. * ESTUDO EM MODELO ANALÓGICO -

5.1 - Generalidades -

Com o objetivo de se saber das interrelações entre o aquífero e os outros elementos da zona aluvial, tais como os arroios, os canais, os limites laterais e os de montante e jusante, fez-se um estudo em modelo físico analógico, utilizando-se papel condutor de eletricidade para se realizar a simulação dos fenômenos hidráulicos.

No caso estudado, entre modelo e protótipo, havia semelhança geométrica somente no plano horizontal, não se levando em conta a espessura do protótipo, ou seja, o modelo sofre fenômenos bidimensionais. Para tal admitiu-se 2 hipóteses:

- a) que os escoamentos subterrâneos cuja cota fosse inferior a cota do fundo do canal não afetam os escoamentos das partes superficiais do aquífero;
e,
- b) que os níveis nos canais servem de nível-base para o aquífero.

Ressalte-se também que os fenômenos que ambos sofrem, modelo e protótipo, são qualitativamente diferentes, o modelo sofre fenômenos elétricos, enquanto que no protótipo passam-se fenômenos hidráulicos -, porém, ao compararmos as equações que regem ambos fenômenos, notamos serem análogas em forma, o que foi posto no quadro que segue.

hidráulico	elétrico	
$i = - \frac{1}{\rho} \text{grad } U$	$V = - K \text{ grad } \phi$	(I)
$\text{div } \bar{i} = 0$	$\text{div } \bar{V} = 0$	(II)
$\Delta U = 0$	$\Delta \phi = 0$	(III)

Quadro 5 - analogia formal das equações.

Onde -

- U - potencial elétrico num ponto;
- ϕ - potencial hidráulico no ponto correspondente, no protótipo;
- \bar{i} - densidade de corrente elétrica, num ponto do modelo;
- \bar{V} - velocidade de filtração no ponto correspondente, no protótipo;
- ρ - resistividade do condutor que constitui o modelo;
- K - permeabilidade relativa, no protótipo.

O grupo de equações (I), mostra analogia entre o vetor densidade de corrente elétrica e o vetor velocidade de filtração. O grupo (II) corresponde à equação da continuidade. O grupo (III) mostra o comportamento analógico entre a tensão elétrica e a carga hidráulica. Ou seja:

- a) ambos escoamentos dependem de um potencial harmônico; e,
- b) a repartição dos potenciais, hidráulico e elétrico, em seus respectivos domínios de definição, são totalmente determinados quando conhecidos:
 1. - os limites geométricos dos mesmos; e,
 2. - as condições nestes limites.

Por outro lado, comparando, duas a duas, as grandezas físicas que regem os 2 fenômenos, nota-se correspondente analogia física, postas no quadro que segue.

hidráulico	elétrico
carga hidráulico	tensão elétrica
velocidade de filtração	densidade de corrente
condutividade hidráulica	condutividade elétrica

Quadro 6 - analogias das grandezas físicas

Então, função destas correspondências analógicas, levando-se em conta as relações de escala, chega-se às equações de previsão dos fenômenos (SCHNEEBELI. (21), p. 153).

5.2 - Descrição do Modelo -

Consta de um papel em que um de seus versos possui uma película com um composto de grafite, cujas características de homogeneidade e isotropia são suficientes ao fim que se destina.

O principal problema, na fase inicial, é a determinação dos limites geométricos aos quais se vai efetuar o estudo. No caso particular estudado, convecionou-se com o limite impermeável, a cota de 38 metros (vide mapa topográfico). Desenhou-se, então, no verso do papel condutor a forma deste limite, deixando-se, no entanto, lugares para a locação de elétrodos externos, tais como os de número 1a, 1b, 1c e 1d da fase 2 (fig. 2), os quais correspondem ao lugar geométrico de entrada dos tributários do Arroio Dilúvio na zona permeável. Outro problema, nesta fase inicial, é de

determinar os valores dos potenciais a impor em cada ponto previsto, os quais, é claro, estarão sujeitos a futuras modificações, função dos resultados obtidos no desenrolar dos experimentos. Aqui vale a hipótese simplificadora, admitida na piezometria (item 4.3) e as feitas no item anteriores (6.1). Desta maneira, os canais foram representados por barras onde se impunha o potencial obtido em função das hipóteses citadas.

5.3 - Aparelhagem -

Para a simulação do modelo em questão, em papel condutor, usou-se os seguintes aparelhos (vide fotos nº 10 e 11):

- a) a fonte de energia foi uma pilha comum de lanterna;
- b) a imposição dos potenciais foi feita por meio de uma série de potenciômetros postos em paralelo entre os bornes do gerador, montado no C.H.A. (vide potenciômetro, foto 11);
- c) a pesquisa do campo de potenciais foi realizada por uma sonda, ligada a um potenciômetro zeroador ("field plotter", foto 11).

O que foi dito acima pode ser visualizado no esquema que segue.

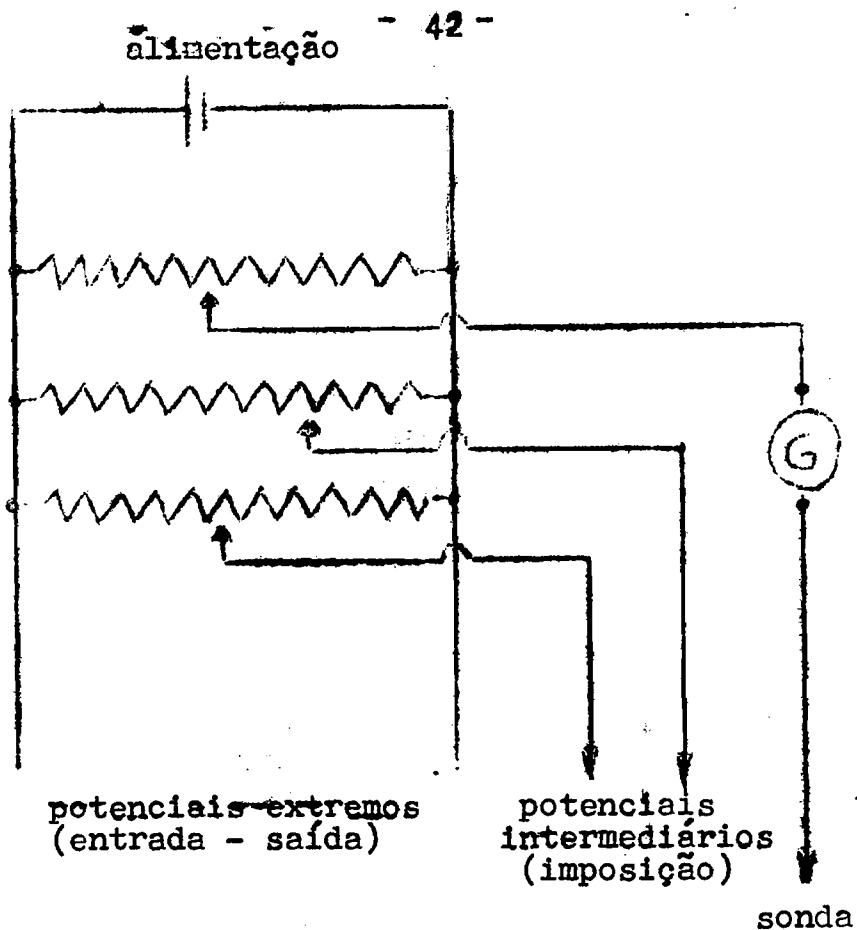


Fig.1 - desenho esquemático mostrando os aparelhos usados e as inter-relações entre os mesmos.

5.4 - Modelo para o Arroio Dilúvio - Fases de Evolução -

Para efeito de apresentação dos resultados, dividiu-se o estudo em 8 fases, sendo as de números 1 a 6, correspondem a tentativa de simulação do escoamento hidráulico do protótipo; as de números 7 e 8, uma tentativa de estabelecer uma maneira simples e eficaz de drenagem da área em questão.

Fase 1 - (foto 1)

Determinados os limites geométricos do escoamento hidráulico em questão, por convenção a curva de nível de cota 38 metros, a qual correspondia a delimitação da zona impermeável, o que equivale, portanto, a uma condição de NEUMANN (nenhuma vazão atravessa essa linha limite segundo sua normal), cortou-se o papel condutor segundo esta linha, prevendo-se, no entanto, lugares para prováveis e létrodos que correspondem a prováveis locais de trocas com as zonas exteriores àquela demarcada, tais lugares correspondem aos pequenos triângulos da foto 1.

Fase 2 - (foto 2)

Fez-se, inicialmente, uma simulação em condições primitivas, seja, sem os canais. Nestas condições, os potenciais nº 1 e nº 2 correspondem aos lugares geométricos de entrada e saída do Arroio Dilúvio, enquanto que aos de nº 1a, nº 1b, nº 1c, nº 1d correspondem aos afluentes. Nestes, introduziu-se os seguintes potenciais hidráulicos, função de suas posições topográficas nos pontos de entrada na área em questão.

elétrodo	potencial hidráulico	potencial elétrico
1	36,0 metros	71,5% do total
1a	37,0 metros	85,8% do total
1b	38,0 metros	100,0% do total
1c	38,0 metros	100,0% do total
1d	33,5 metros	35,7% do total
2	31,0 metros	0,0% do total

Estando representadas na foto as equipotenciais, implica daí que as linhas de fluxo desenvolviam-se paralelamente ao maior comprimento da área, e as equipotenciais estavam muito a jusante, o que não correspondia ao fato observado em campo.

Pela medida das intensidades nos elétrodos, notou-se que todos, exceto la, eram alimentadores.

Fase 3 - (foto 3)

Agora foram introduzidos os canais (barras brancas descontínuas). Além disso, retirou-se os potenciais correspondentes aos afluentes (la, lb, lc, ld), procurando se provocar a subida para as montantes das equipotenciais, o que, efetivamente, aconteceu.

Admitiu-se, aqui, 2 hipóteses simplificadas:

- a) as perdas de carga entre os pontos extremos dos canais seriam lineares (como na piezometria); e,
- b) os potenciais nos canais seriam representados, materializando a condição acima, numa zona de influência (e não pontualmente), fato este externado pelas barras na região dos canais. Estas barras previam a possibilidade de introdução dos potenciais hidráulicos inteiros e um intermediário respectivo.

Nesta fase, não mais foi considerado como local de entrada (potencial extremo máximo) o Arroio Dilúvio e, sim, o ponto onde os canais se adentravam na área em questão (que, por acaso, coincidia ser o mesmo para am-

bos canais), estando representado, na foto pelo potencial de número 1, correspondente ao potencial hidráulico de 35 m. O outro potencial extremo (mínimo), conservou-se (nº2). Entre ambos, introduziu-se potenciais segundo o quadro abaixo (para a numeração vide foto 6).

elétrodo número	potencial hidráulico	potencial elétrico
6	31,0 metros	0,0 % do total
7 e 7'	32,0 metros	25,0 % do total
8 e 8'	33,0 metros	50,0 % do total
9 e 9'	34,0 metros	75,0 % do total
10 e 10'	34,5 metros	87,5 % do total

Quadro 8 - equivalência dos potenciais, na fase 3.

Pode-se, então, observar que, mesmo com as modificações introduzidas, ainda assim não foi conseguido um comportamento das equipotenciais compatível com a realidade de campo, posta no mapa piezométrico. Aqui também foi sendo ventilada a hipótese da pequena influência da drenagem superficial, pois o regime de escoamento subterrâneo não se modificou em seu aspecto geral.

Fase 4 - (foto 4)

Como os resultados da fase anterior não eram satisfatórios, pois sabia-se das observações piezometria que as linhas equipotenciais tinham seu desenvolvimento segundo a maior extensão da área, introduziu-se, para isso, a equipotencial hidráulica de nível mais alto (36m). Notou-se então que, efetivamente, as equipotenciais alongaram-se.

Ficou assim definitivamente confirmada a hipótese, antes posta, de que a drenagem superficial tinha pouca influência na circulação subterrânea, sendo a alimentação proveniente dos escoamentos subsuperficiais das encostas laterais, a principal fonte alimentadora do aquífero.

A distribuição dos potenciais elétricos, função da introdução deste novo potencial, sofreu modificação, exposta no quadro que segue.

elétrodo número	potencial hidráulico	potencial elétrico
1	36,0 metros	100,0 % do total
6 e 12	31,0 metros	0,0 % do total
7 e 7'	32,0 metros	20,0 % do total
8 e 8'	33,0 metros	40,0 % do total
9 e 9'	34,0 metros	60,0 % do total
10 e 10'	34,5 metros	80,0 % do total

Quadro 9 - equivalência dos potenciais, na fase 4.

Porém, mesmo conseguido este alinhamento, havia a acertar alguns detalhes, pois somente a equipotencial elétrica correspondente a equipotencial hidráulica de 35 m (35, na foto), saía na posição correta, tendo-se a corrigir as posições das equipotenciais 34, 33 e 32.

Fase 5 - (foto 5)

Para se conseguir uma melhor situação, introduziu-se, no lugar equivalente ao curso inferior do afluente

de Sudoeste, um potencial elétrico, buscando-se com isso que as equipotenciais 32, 33 e 34 se alongassem paralelas ao maior comprimento da área. O objetivo foi conseguido a penas parcialmente, pois o deslocamento de seus pontos de saída novinentaram-se muito pouco, relativamente ao desejado, sendo que a incorreção relativa ao posicionamento da equipotencial 34 persistia.

A contribuição importante desta fase das experiências, foi a de que tal afluente influenciava o aquífero, no trecho em questão, não se sabendo, nesta altura, se tal influência deva-se na alimentação ou na drenagem do lençol subterrâneo.

Agora a introdução deste potencial no trecho inferior do afluente de Sudoeste - correspondendo ao elétrodo sem número, perpendicular ao elétrodo 7' - a distribuição dos potenciais permaneceu idêntica a da fase anterior.

Fase 6 - (foto 6)

Finalmente, foi conseguido uma distribuição razoavelmente semelhante àquela observada em campo. Para tal, tomou-se 2 providências:

- a) introdução de potenciais nas posições correspondentes aos elétrodos 3 e 4, os quais teriam potencias elétricas um pouco superiores ao potencial elétrico correspondente ao potencial 34; e,
- b) imposição de potencial constante, equivalente ao potencial 33, no local indicado pelo nº 5.

Com a primeira providência, foi logrado um bom posicionamento para a equipotencial 34; com a segunda,

posicionou-se a 32. Ficou, de novo, evidenciado a alimentação do aquífero por meio da infiltração de escoamentos subsuperficiais oriundos das encostas laterais.

Aqui termina a fase de simulação do escoamento subterrâneo observado, ao que se seguiu da medição das respectivas intensidades em cada um dos elétrodos usados. Os resultados destas medições estão no quadro que se segue.

(1)	(2a)	(2b)	(3a)	(3b)	(4a)	(4b)
1	36,0	100,0	+ 0,0770	+ 0,1012	+ 36,96	+ 48,50
2	36,0	100,0	+ 0,4700	+ 0,1873	+225,60	+ 89,80
3	34,9	78,7	+ 0,0320	+ 0,1190	+ 15,36	+ 57,10
rio	33,9	59,4	+ 0,0830	+ 0,1443	+ 39,84	+ 68,60
4	34,9	+78,7	+ 0,0450	+ 0,1417	+ 21,60	+ 68,20
6	31,0	0,0	- 0,0890	- 0,1296	- 42,72	- 62,40
7	32,0	20,0	- 0,0620	- 0,1597	- 29,76	- 76,80
7'	32,0	20,0	- 0,0270	- 0,1169	- 12,96	- 56,20
8	33,0	40,0	- 0,0020	+ 0,0114	- 0,96	+ 5,47
8'	33,0	40,0	- 0,0810	- 0,0810	- 38,88	- 38,88
9	34,0	60,0	- 0,0570	- 0,0301	- 27,36	- 14,45
9'	34,0	60,0	- 0,1350	- 0,0903	- 64,80	- 43,34
10	34,5	70,0	- 0,0410	- 0,0058	- 19,68	- 2,78
10'	34,5	70,0	- 0,0410	- 0,0671	- 96,00	- 32,21
11	35,0	80,0	+ 0,0025	+ 0,0031	+ 1,20	- 1,49
12	31,0	0,0	- 0,0150	+ 0,0243	- 7,20	- 11,66
SOMATÓRIOS			+ 0,0005	+ 0,0030	- 0,24	- 0,44

Quadro 10 - valores dos potenciais impostos, das intensidades medidas e os correspondentes valores das vazões bidimensionais no elétrodo respectivo.

Onle -

- Coluna (1) - número dos elétrodos;
- Colunas(2) - potenciais: (1)
 - (2a)- potenciais hidráulicos (metros),
 - (2b)- potenciais elétricos (porcentagens);
- Colunas(3) - intensidades (miliamperes): (1)
 - (3a)- intensidade sem dreno,
 - (3b)- intensidade com dreno;
- Colunas(4) - vazões bidimensionais ($\times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$): (1)
 - (4a)- vazões bidimensionais sem dreno,
 - (4b)- vazões bidimensionais com dreno.

Os valores usados para os cálculos das vazões bidimensionais, estão abaixo relacionados:

- a) diferença total de potencial hidráulico..5 metros
- b) diferença total de potencial elétrico....0,7 volts;
- c) escala do modelo.....1 : 2.000;
- d) resistência por unidade de área do papel 113 ohms;
- e) permeabilidade relativa do meio poroso... $6 \times 10^{-6} \text{ m/s}$.

Fase 7 - (fase 7)

Visando dar um aspecto prático ao estudo, efetuou-se um rápido intento, no sentido de provocar um rebaixamento no aquífero, com o fito de tornar mais eficaz qualquer sistema de drenagem superficial. Função das condições observadas em campo, escolheu-se a parte da área que mais se necessitava de tal estudo, assinalada na foto pela região branca, quem em campo se apresentava bastante alagadiço.

(1) Convenção dos sinais:

- a) sinal positivo (+), corresponde a alimentação; e,
- b) sinal negativo (-), corresponde a drenança.

Fase 8 - (foto 8)

Comparando-se a situação nesta fase com a da fase nº 6, nota-se 2 modificações, que seguem:

- a) o trecho do afluente de Sudoeste foi completamente isolado (não aparece na foto 8); e,
- b) a introdução de uma linha em "T", com potencial constante e igual ao 32.

Com tais providências, foram conseguidas as seguintes modificações no comportamento das equipotenciais, em relação à fase 6:

- a) a total intercepção da equipotencial 34, vindo seu ponto de saída a se colocar logo ao lado da 35, sendo que a posição desta não se modificou;
- b) a equipotencial 33 adentra-se bastante, recuando uns 100m para a montante de seu ponto de saída e seu desenvolvimento na área, também recuou bastante em direção às encostas laterais, como que vindo a ocupar o lugar que, na fase 6, postava-se a 34; e,
- c) a equipotencial 32 sofre pequenas modificações, mas também recua à montante, vindo a ocupar a posição que anteriormente pertencia à 33.

Ou seja, conseguiu-se, desta maneira, rebaixar o nível do lençol subsuperficial de 1m e, para tal, será necessário escavar linearmente 259 m, assim distribuídos: 140 m na haste de pé do "T" e 120m na haste de topo do "T". A profundidade máxima a escavar seria 2m, na haste de topo, na parte Leste, num comprimento de 50m. Para se saber o volume total a escavar, ter-se-ia que dimensionar o dreno baseando-se no seguinte:

- a) estabelecer um período de recorrência e calcular a precipitação máxima provável para a área em questão. (1)
- b) determinar a área de contribuição para a zona a drenar e o volume de água a drenar;
- c) determinar o tipo de material filtrante a utilizar o preenchimento do dreno, função das condições existentes na região;
- d) conhecimento das características de infiltração do material superficial;
- e) estabelecer um tempo mínimo e um tempo máximo para que se verifique esta drenagem, função das condições locais.

5.5 - Modelo Analógico para o Escoamento no Arroio Taquara -

Tendo-se os resultados da simulação da bacia do Arroio Dilúvio e, daí, sabendo-se não ser a fonte alimentadora deste aquífero a drenagem superficial, pensou-se em simular o escoamento da bacia hidrogeológica do Arroio Taquara a comparar-se os resultados com aqueles obtidos na simulação do escoamento da bacia hidrogeológica do Arroio Dilúvio. Para tal, dispunha-se de um estudo de campo daquela bacia, efetuado por OLIVEIRA (16), no qual, observando-se o comportamento das linhas equipotenciais, notou-se que o desenvolvimento das mesmas era, também, segundo o arroio. Então deste estudo em modelo, para a referida bacia, chegou-se as seguintes conclusões:

(1) Segundo PFAFSTETTER (17), tem-se, na região de Porto Alegre, para uma chuva de duração de 6 dias e para um tempo de recorrência de 10 anos, uma intensidade de 205 mm.

- a) a alimentação do aquífero se faz também pela infiltração do escoamento subsuperficial das encostas laterais, confirmando uma das afirmações de OLIVEIRA (ibid,p.23). Este fato pode ser observado na foto 9, atentando que, para se conseguir um formato razoável para a equipotencial apresentada (50), foi necessário impor potenciais (altos) às montantes da mesma cercando-a em todo o seu desenvolvimento;
- b) o Arroio Taquara drena fortemente o aquífero, em seus cursos médio e inferior. Saliente-se aqui que JOST (comunicação verbal), afirmou estarem, os cursos de água superficiais da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, em seus cursos médio e inferior, em processo de erosão às cabeceiras;
- c) o tributário de Noroeste, marcado na figura pelo potencial 40, drena, também, o aquífero, o que está em plena concordância com o estabelecido no item anterior e com o que afirma OLIVEIRA (op,cit.,p.23), sendo lógico afirmar que todos os afluentes que desembocam nos cursos inferior e médio do Taquara, encontram-se também em processo de aprofundamento dos seus leitos.

5.6 - Conclusões Gerais -

Primeira - Como, em ambos estudos, os resultados obtidos são bastantes semelhantes, é possível uma generalização dos mesmos, para áreas próximas às estudadas e que se encontrem em condições geológicas, climatológicas, pedológicas, hidrológicas semelhantes às estudadas, ou seja:

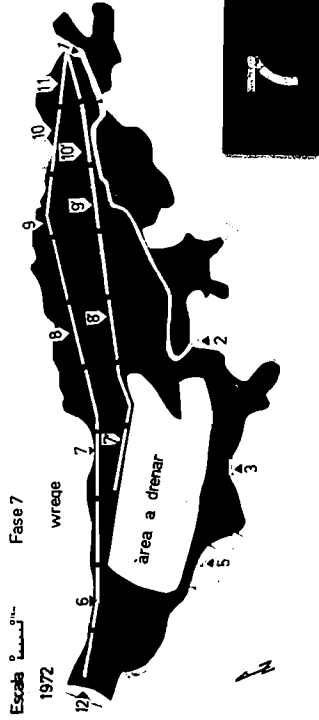
- a) a alimentação de tais aquíferos se faz por infiltração direta e lateral das águas pluviais;
- b) está havendo, atualmente, um processo de erosão as cabeceiras nos cursos d'água superficiais da área em questão, em seus leitos médios e inferior, função de um movimento, de maior amplitude, no sentido de um nível-base inferior.

Segunda - Particularizando, no caso do Arroio Dilúvio, temos:

- a) o sistema de drenagem superficial não tem influência alguma sobre o escoamento do aquífero, exceto numa pequena parte do trecho inferior do afluente de Sudoeste, onde o mesmo o alimenta (vide fig.6, elétrodo sem número e perpendicular ao 7');
- b) os canais, de maneira geral, drenam o aquífero, exceto em pequeno trecho em montante onde o alimentam (vide fig.6, elétrodo nº 11);
- c) um sistema eficiente de rebaixamento do aquífero; constitui-se na construção de drenos perpendiculares ao canal mais próximo, no local de interesse.

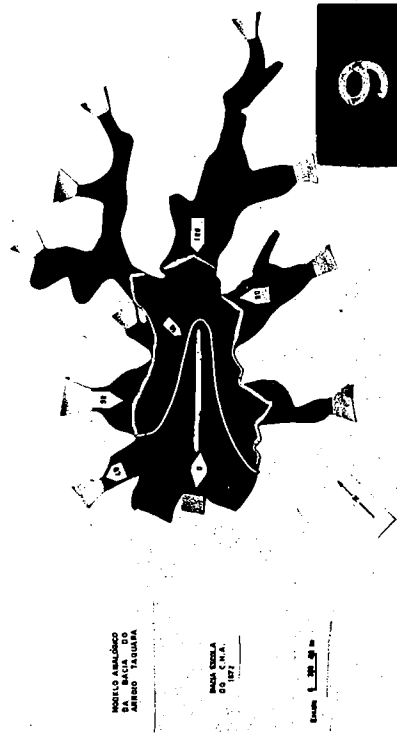
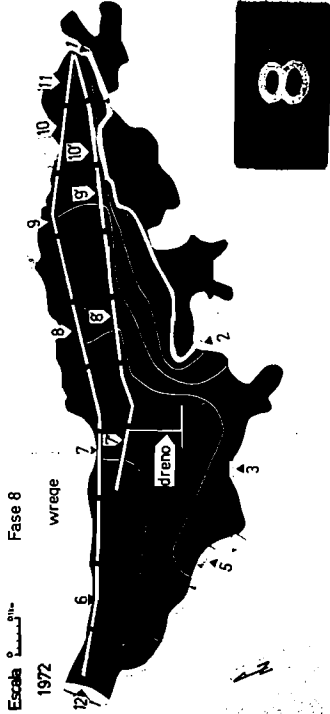
MODELO EM PAPEL CONDUTOR

DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO



MODELO EM PAPEL CONDUTOR

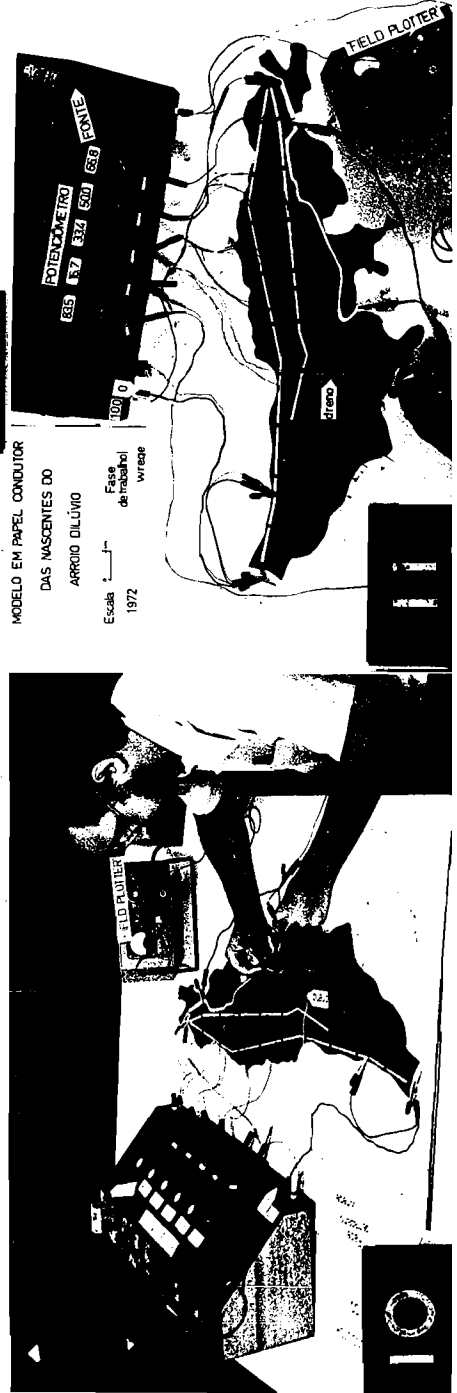
DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO



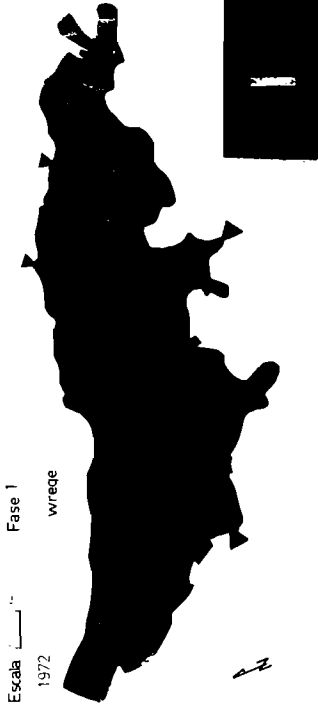
MODELO EM PAPEL CONDUTOR

DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO

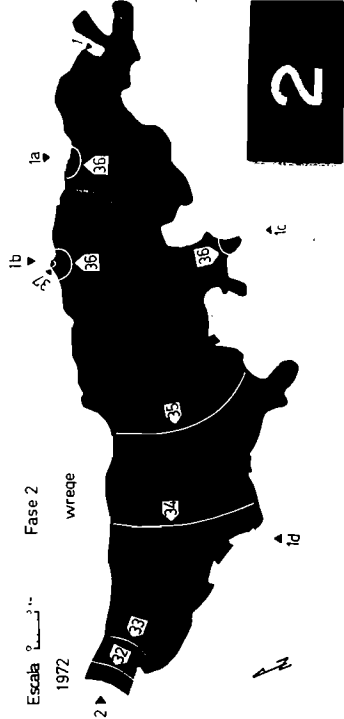
Escala 1:12,500 Fase de trabalho
wreque



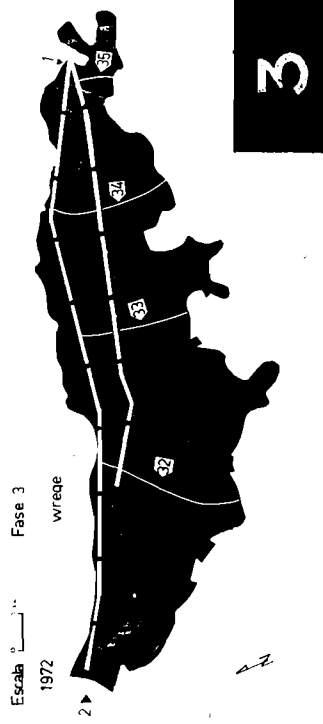
MODELO EM PAPEL CONDUTOR
DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO



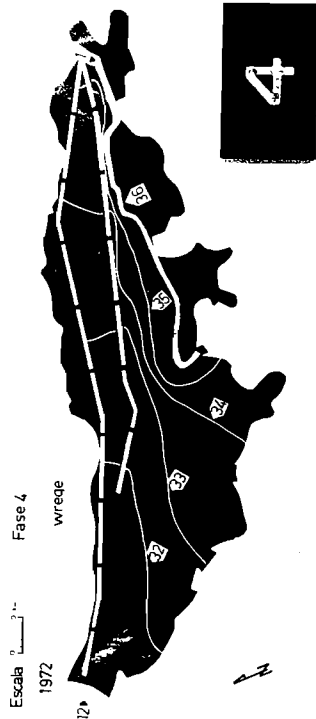
MODELO EM PAPEL CONDUTOR
DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO



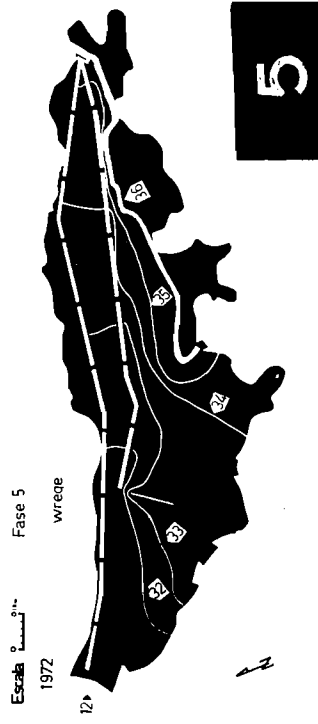
MODELO EM PAPEL CONDUTOR
DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO



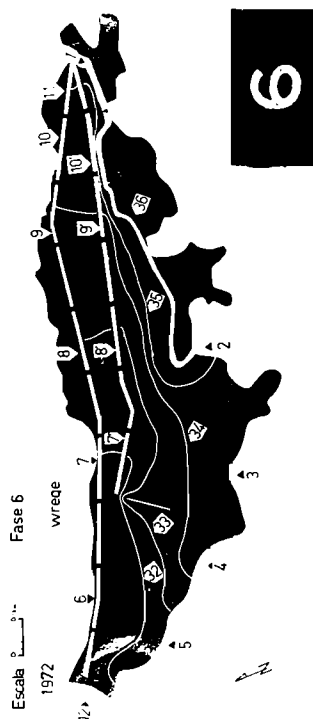
MODELO EM PAPEL CONDUTOR
DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO



MODELO EM PAPEL CONDUTOR
DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO



MODELO EM PAPEL CONDUTOR
DAS NASCENTES DO
ARROIO DILÚVIO



6. - CONCLUSÕES

- Primeira - o aquífero em si apresenta características pouco expressivas, sem exceções. Assim sua espessura, transmissibilidade, permeabilidade, coeficiente de armazenamento são muito pouco significantes do ponto de vista da utilização prática das reservas do aquífero, as quais, como consequência daquelas características, são de pequeno potencial, podendo ser estimadas em 900.000 m^3 de aluviões saturados, com S igual a $6,2 \times 10^{-5}$.
- Segunda - a alimentação do aquífero faz-se, principalmente, pelos escoamentos hipodérmicos (subsuperficiais), provenientes das encostas laterais, dando-se pois a alimentação segundo zonas preferenciais, coincidentes com zonas de descontinuidades físicas ("fraturas") existentes no seio do manto de alteração do embasamento. Outra fonte alimentadora do aquífero é a infiltração direta. Ressalte-se aqui a influência quase nula do sistema de drenagem superficial.
- Terceira - o escoamento dá-se no sentido dos canais, sendo o gradiente hidráulico variável e bastante influenciado pela conformação topográfica do terreno e com valor da ordem de 0,008. Os canais drenam a parte superficial do aquífero, servindo de nível de base para o mesmo.
- Quarta - a mineralização das águas subterrâneas, é fraca, porém as águas alimentadoras provenientes das encostas laterais são, relativamente aos padrões da área, bastante mineralizadas. A evolução desta característica é a de diminuir o conteúdo de sais no sentido da percolação. Ao observar-se o mapa

de resistividade das águas subterrâneas fica patente a ação alimentadora do afluente de Sudoeste, no trecho junto aos canais, onde o mesmo impõe sua resistividade à das águas subterrâneas.

- Quinta - as características geológicas da área enquadram-se dentro dos padrões regionais, tendo interesse específico, litologicamente, o Granito Santana, o migmatito homogênio (embrechito), a Laterita Serra de Tapes e os aluviões.
- Sexta - segundo um corte vertical da zonal aluvial teríamos disposição: (1) superiormente o solo aluvionar; com 0,3 m; (2) abaixo a camada dos aluviões propriamente dita constituindo-se de litologias finas, tendo por volta de 1,5m de espessura; (3) zona de do embasamento, bastante espessa; (4) em basamento. Note-se aqui que as camadas tendem a se aprofundarem no sentido do antigo leito do Arroio Dilúvio.

7 - BIBLIOGRAFIA -

- 1) - ASTIER, J.L. - Géophysique Appliquée a l' Hydrogéologie, Paris, Masson et Cie., 1971, 227 p.
- 2) - BENTZ, A. - Lehrbuch der Angewandten Geologia - Stuttgart, Ferdinand enke Verlag, 1961, p.737-754, Band 1.
- 3) - CASTAGNY, G. - Traité Pratique des Eaux Souterraines-2^o ed., Paris, Dunod, 1966, .661 p.
- 4) - CASTAGNY, G. - Prospection et Exploitations des Eaux Souterraines - Paris, Dunod, 1968, .717 p.
- 5) - DELANEY, Patrick J.V., - Fisiografia e Geologia de Superfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Pôrto Alegre, Esc. de Geol., Public. Espec. nº 6, 1965, 105 p.
- 6) - GARCEZ, Lucas Nogueira - Hidrologia - São Paulo, Edgard Blücher Ltda., 1967, 249 p.
- 7) - JOST, Hardy - Geologia de Campo - Pôrto Alegre, Edições C.A.E.G., 1970, 3 vols.
- 8) - JOST, Hardy - O Quaternário da Região Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Brasil - Pôrto Alegre Instit. de Geociencias, 1971, 80 p.
- 9) - JUNG & ROQUES - Introdução ao Estudo Zoneográfico das Formações Cristalofilianas - Pôrto Alegre, Edições C.A.E.G., 1967, 88 p.
- 10)- LAHEE, Frederich H. - Field Geology - 16^o ed. Tokio, Kogusha Company, 1961, 926 p.
- 11)- LEMOS, R. et alli - O solo na Cultura de Trigo no Brasil Rio de Janeiro, Minst. da Agric., 1967, 40p.
- 12) -MABILOT, A. - Les Forages d'Eaux - França, Crepines Johnson, 1971, 237 p.
- 13) -MANOEL FILHO, J. & RIJO. L. - Reconhecimento Hidrogeológico da Planície de Morada Nova, CE - Recife, SUDENE , 1968, 129 p.
- 14)- MORENO, José Alberto - Clima do Rio Grande do Sul - Pôrto Alegre, Secret. da Agric. 1961, 42 p.

- 15) - MOTTA, Victor Freire - Curso de Simulação Física-Pôrto Alegre, C.H.A., I.P.H., U.F.R.G.S., 1971.
- 16) - OLIVEIRA, Luis Barreto de - Estudo Hidrogeológico da Bacia do Arroio Taquara - Pôrto Alegre, Centro de Hidrol. Aplic., Inst. Pesq. Hidrául., U.F.R.G.S 1970, 47 p.
- 17) - PFAFSTETTER, otto - Chuvas Intensas no Brasil-Depatan, Nac. de Obras de Saneamento., 1957.
- 18) - REBOUÇAS, Aldo da Cunha et alli - Inventário Geológico do Nordeste - Programas e Normas Técnicas -Recife SUDENE, 1969, 40 p.
- 19) - RIJKSWATERSTAAT - Standart Graphs for Resistivity Prospectina - Holanda, Associação Européia de Explorações Geofísicas, 1969.
- 20) - ROCHE, M. - Hydrologie de Surface - Paris, Gauthier-Villars, 1963, 430 p.
- 21) - SCHNEEBELI, G. - Hydraulique Souterraine - Paris, Eyrolles editeur, 1966, 362 p.
- 22) - SCHOELLER, H. - Les Eaux Souterraines - Paris, Meason et Cie., 1962, . 642 p.
- 23) - THORNBURY, W. - Principles of Geomorphology - Tóquio, Toppan Co. Ltd, 1954, p. 99-175.
- 24) - TODD, D. - Hidrologia das Águas Subterrâneas - São Paulo, Edgard Blücher Ltda., 1967, 319 p.
- 25) - TRINDADE NEVES, Eurico - Manual de Hidráulica - Pôrto Alegre - , Editora Globo, 1968, 2ª ed., 577 p.

8. - ANEXOS




8.1 - Perfis Sísmicos -

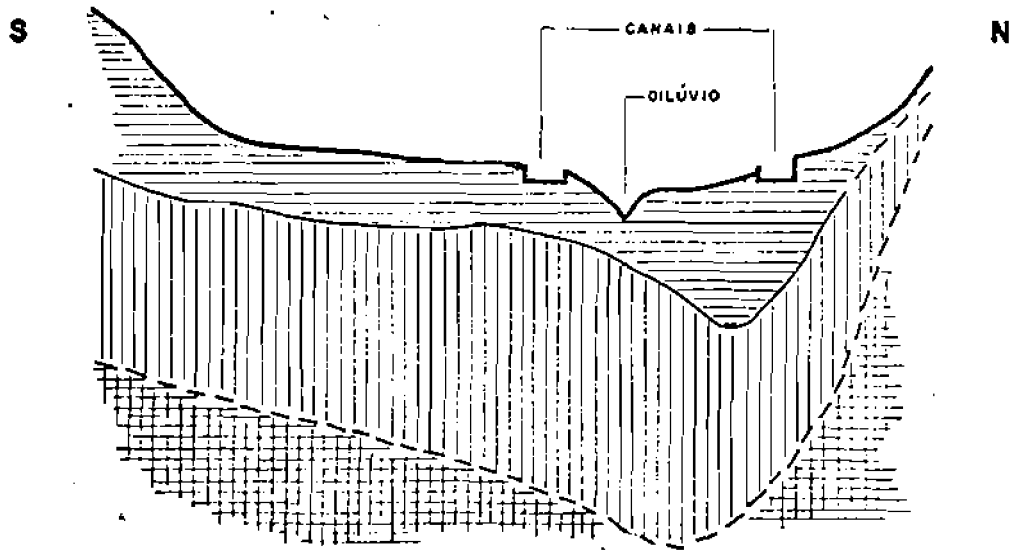
PERFIL SÍSMICO · Nº 1

ARROIO DILÚVIO

EH: 1:2.000

EV: 1:200

-  V-1
-  V-2
-  V-3






Wrege-72

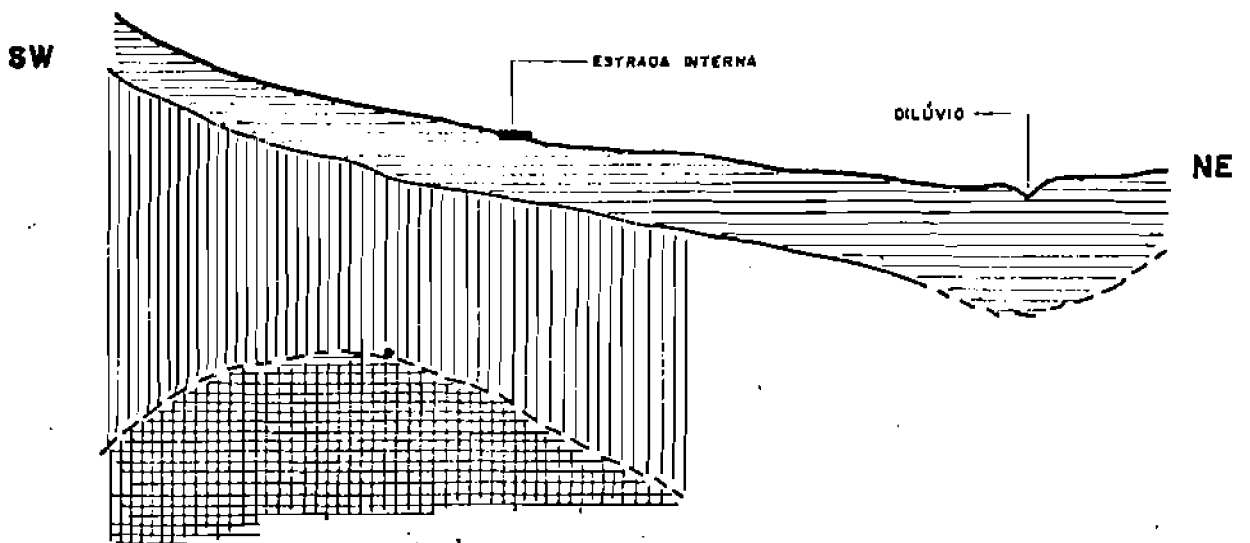
PERFIL SÍSMICO · Nº 3

ARROIO DILÚVIO

EH: 1:2.000

EV: 1:200

-  V-1
-  V-2
-  V-3



PERFIL SÍSMICO · Nº 4

ARROIO DILÚVIO

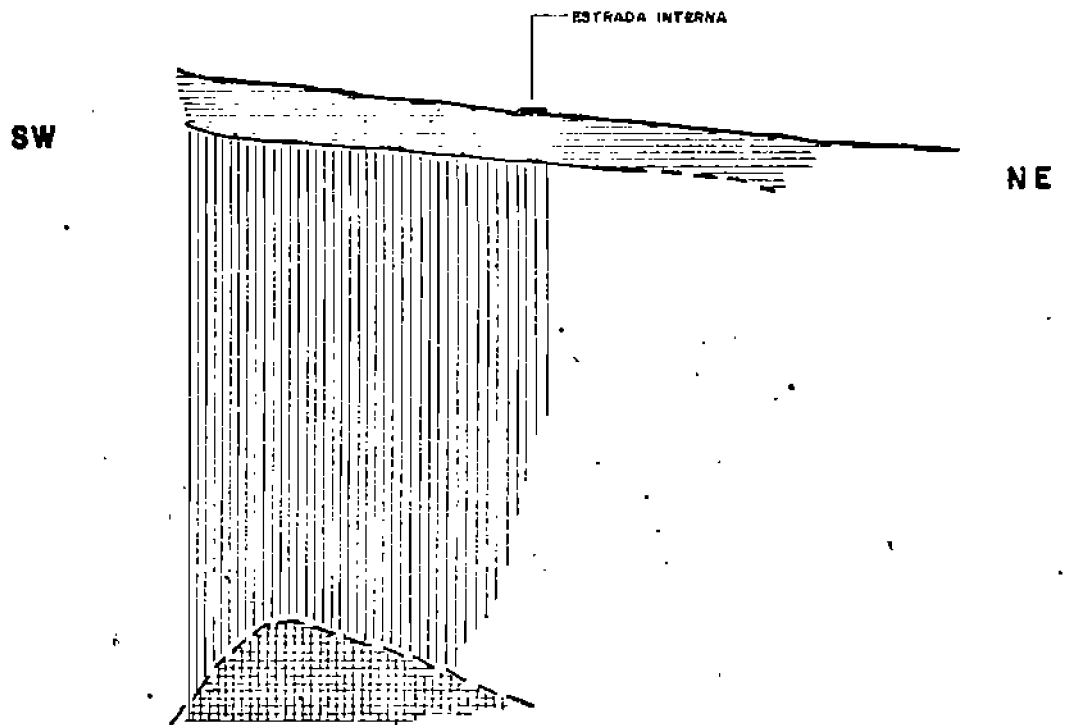
EH: 1:2000

EV: 1:200

 V-1

 V-2

 V-3




Wrega-7

PERFIL SÍSMICO · Nº 5

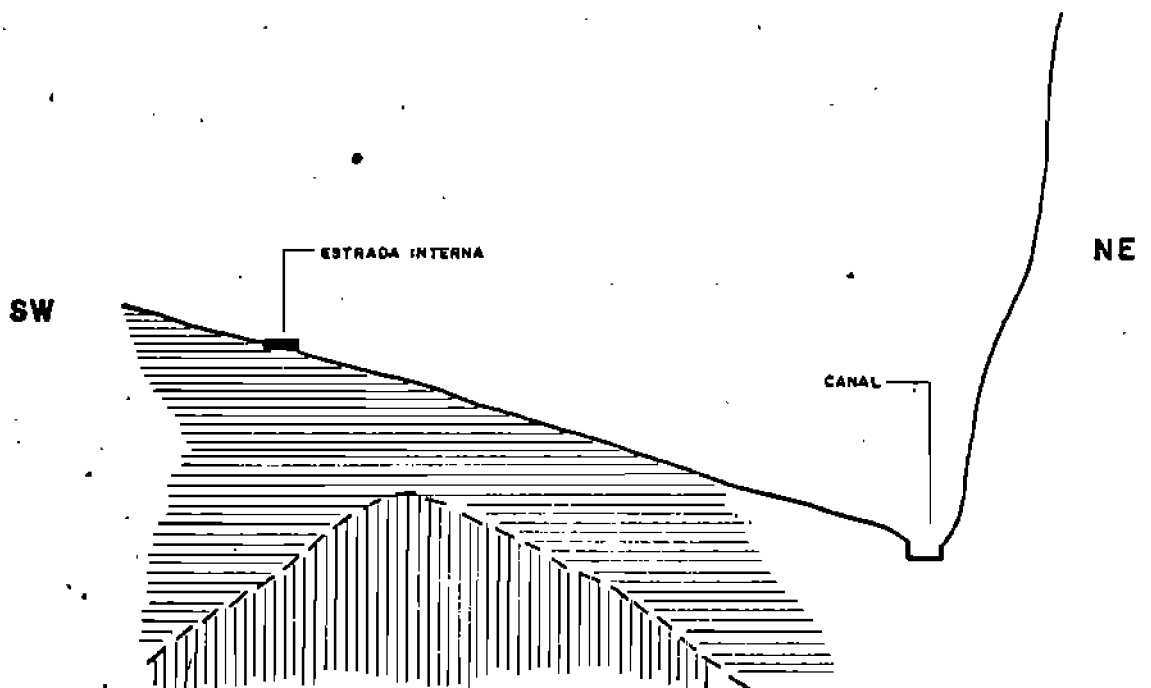
ARROIO DILÚVIO

EH: 1:1000

EV: 1:100

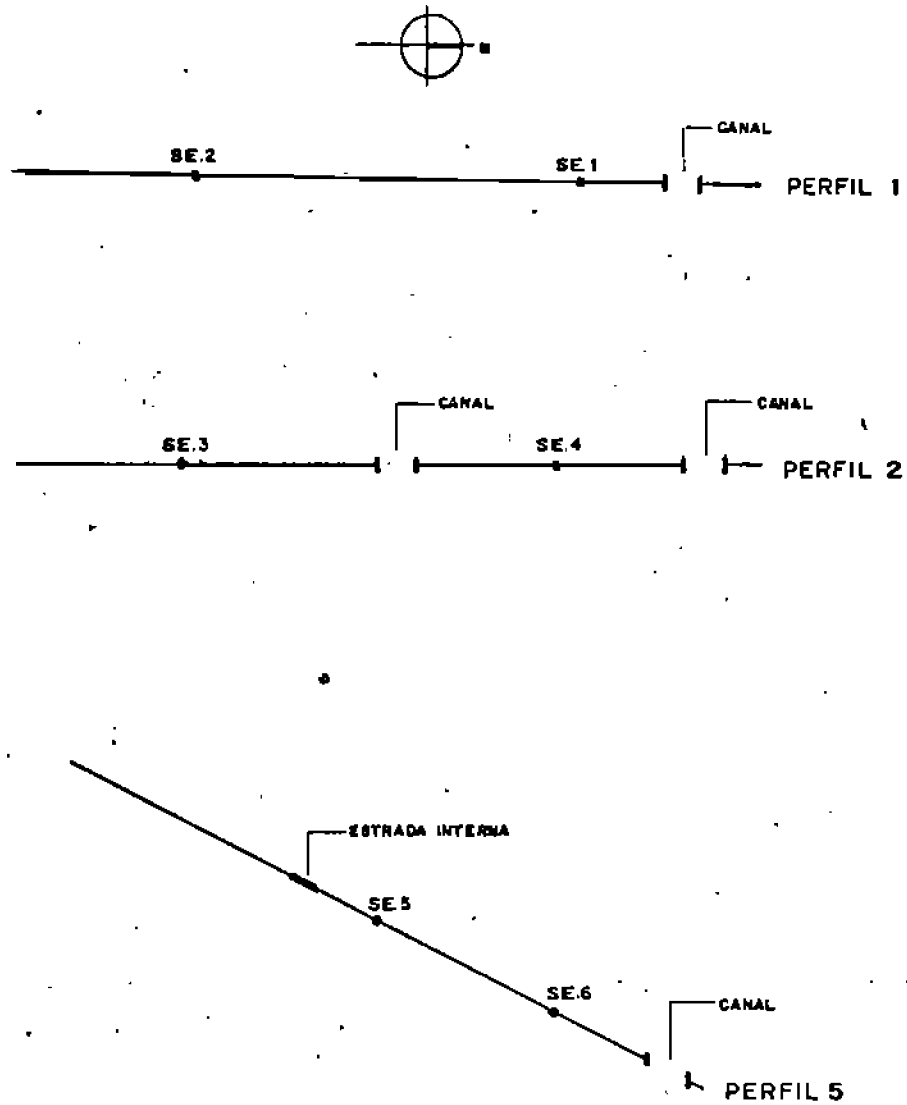
 V-1

 V-2



8.2 - Sondagens Elétricas

LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS ELÉTRICAS NOS RESPECTIVOS PERFIS



SIMBOLOGIA



ARGILA



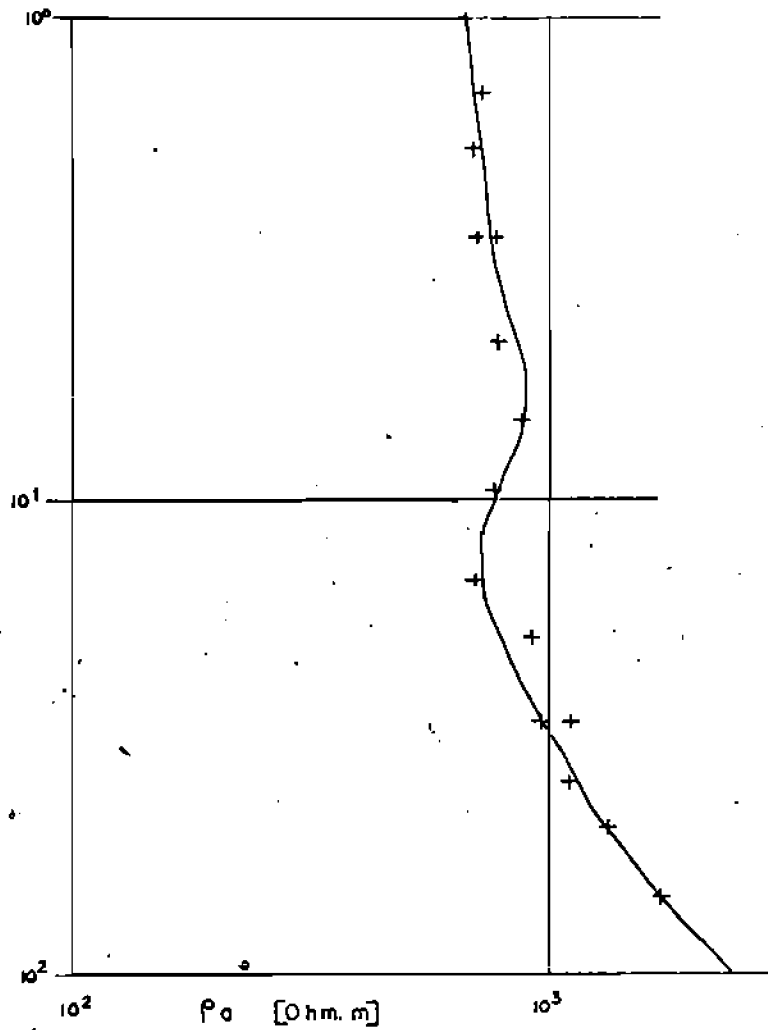
AREIA



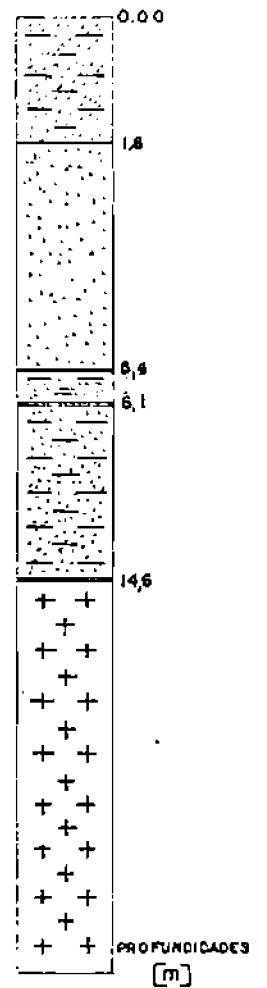
EMBASAMENTO

S.E. - Nº 1
ARROIO DILÚVIO

$\frac{A B}{2}$
 [m]



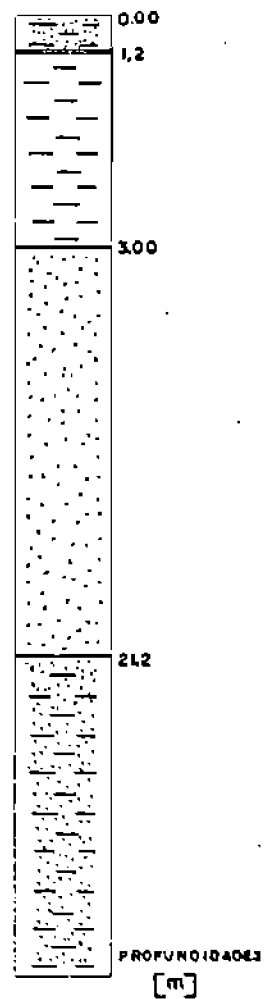
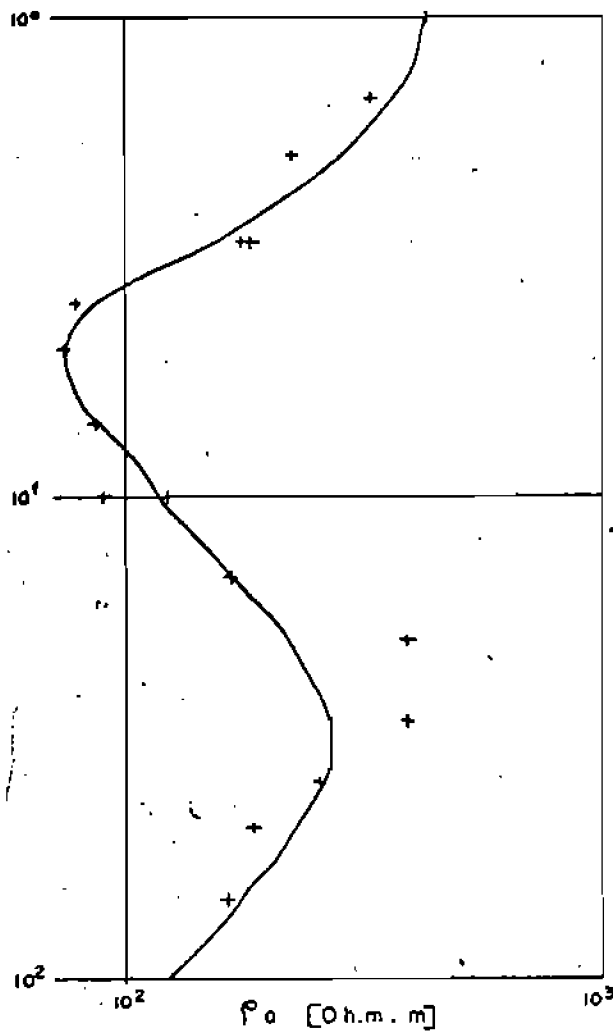
LITOLOGIAS



Wrege - 72

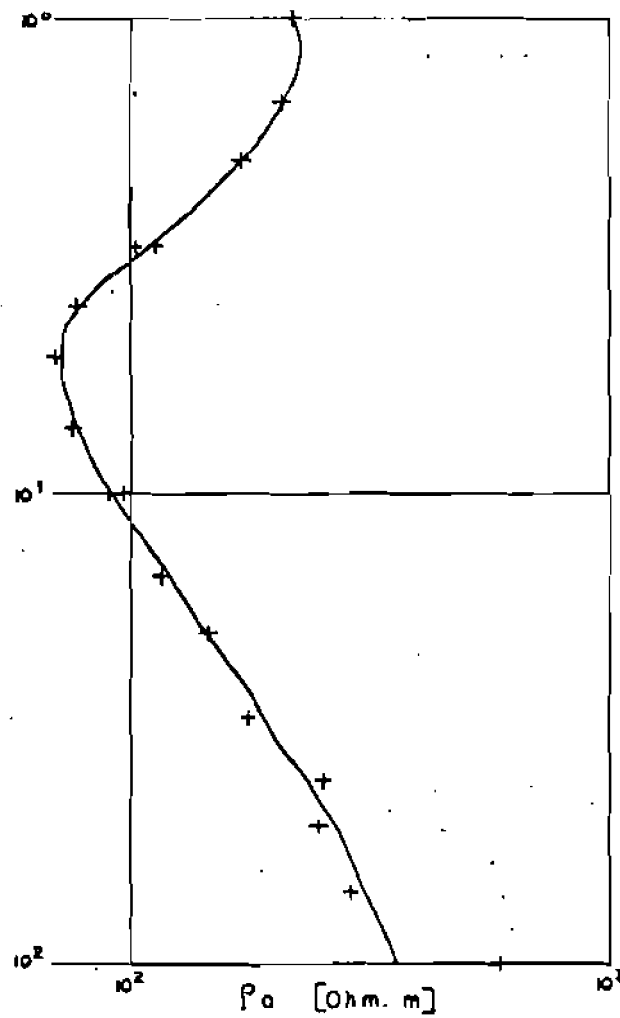
S.E. - Nº 2
ARROIO DILÚVIO

$\frac{A B}{2}$
 [m]

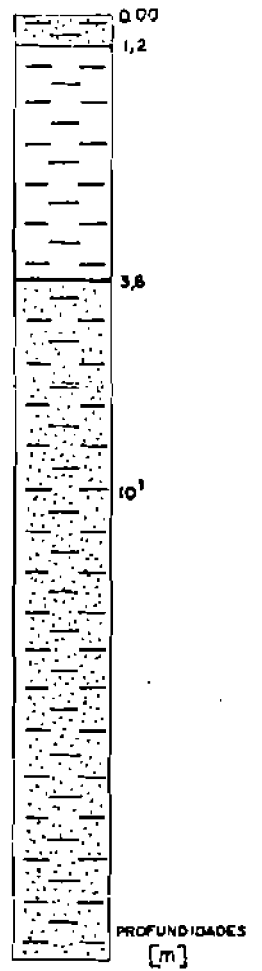


SE.-Nº 3
ARROIO DILÚVIO

$\frac{A B}{2}$
 [m]



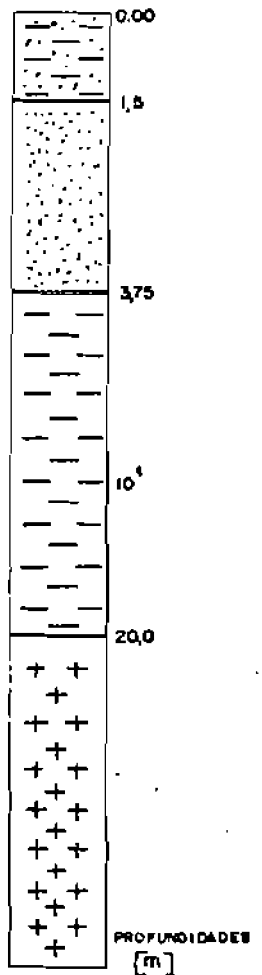
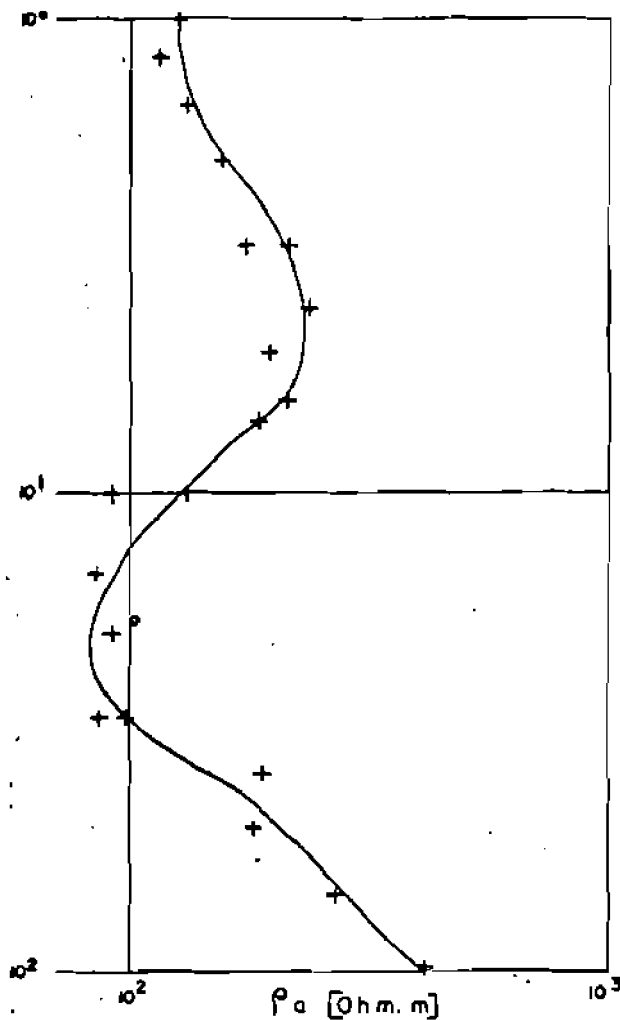
LITOLÓGICAS



Wrage-72

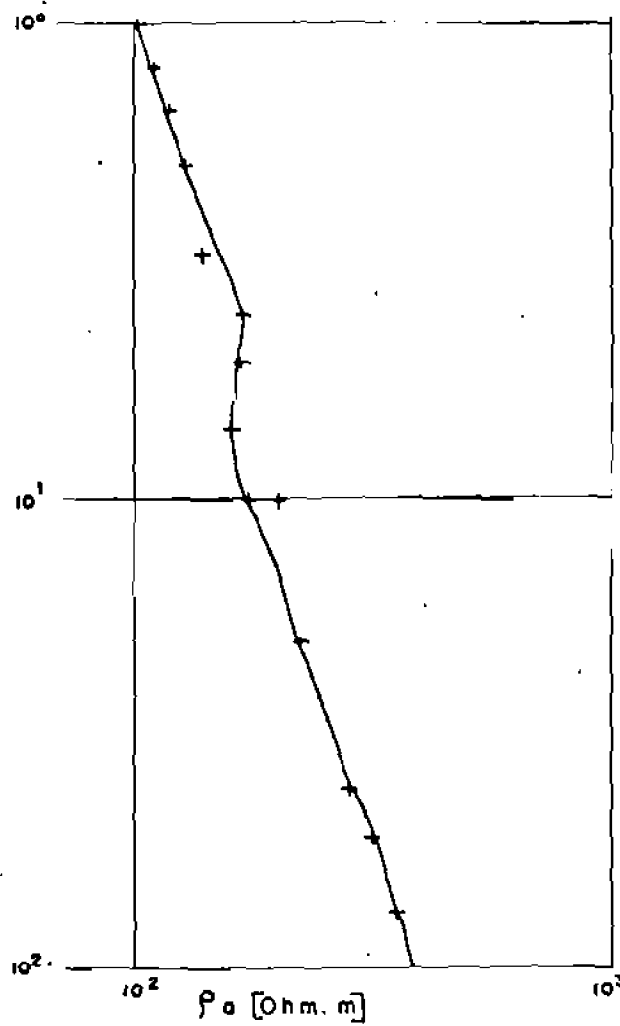
SE.-Nº 4
ARROIO DILÚVIO

$\frac{A B}{2}$
 [m]

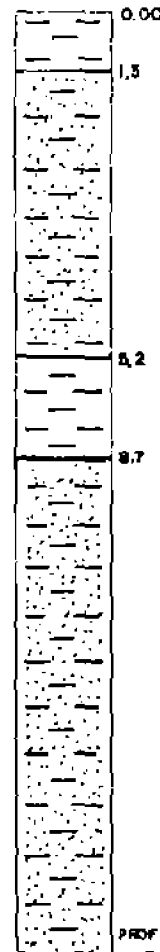


S.E.-Nº 5
ARROIO DILÚVIO

$\frac{AB}{2}$
 [m]



LITOLOGIAS

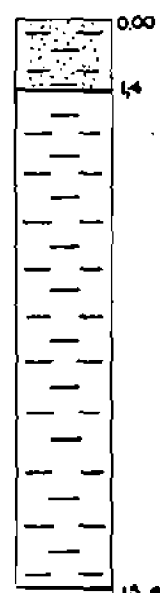
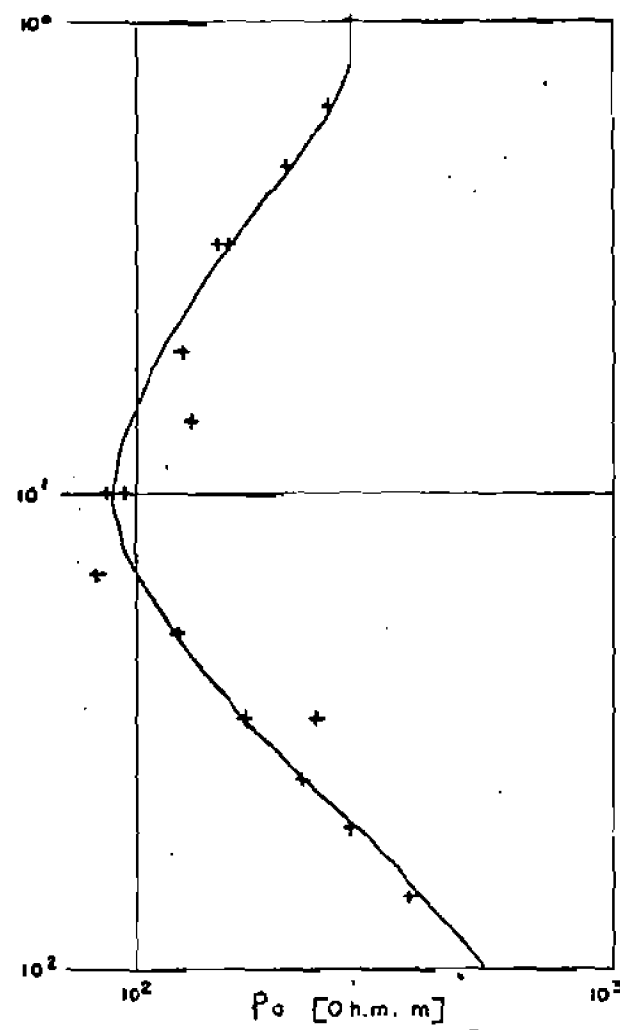


PROFUNDIDADES
 [m]

Wrege-72

S.E.-Nº 6
ARROIO DILÚVIO

$\frac{AB}{2}$
 [m]



15.4
 PROFUNDIDADES
 [m]

8.3 - Medições Piezométricas e de Resistividade das águas Subterrâneas.

Piezon. nº.	Cotas (m)	Profundidades (m)					Resistiv. (ohm.cm)
		07/03	14/03	07/04	17/04	09/05	
0.1	37,163	-	-	0,930	0,705	0,905	6.480
0.2	37,690	-	-	1,430	1,350	1,540	-
1.3	37,372	1,005	1,075	0,605	0,495	0,985	15.140
1.2	36,391	0,615	0,645	0,245	0,200	0,385	6.190
1.1	37,016	0,315	0,370	0,190	0,000	0,270	4.920
2.2	35,510	0,985	1,060	0,660	0,605	0,980	11.840
2.1	35,566	-	1,005	0,760	0,695	0,880	1.782
3.3	35,233	0,580	0,655	0,500	0,420	1,640	12.360
3.2	36,192	0,390	0,460	0,290	0,250	0,345	33.750
3.1	37,022	0,140	0,180	0,100	0,065	0,145	9.260
4.3	34,258	-	1,580	0,900	0,820	1,225	4.100
4.2	35,155	0,750	0,905	0,530	0,460	0,845	10.610
4.1	37,157	-	1,440	1,150	1,070	1,400	7.625
5.1	34,025	0,290	0,405	0,195	0,060	0,355	8.640
5.2	33,616	0,345	0,355	0,190	0,130	0,275	2.400
5.3	33,519	-	0,945	1,175	0,525	0,880	4.527
6.1	35,401	1,035	1,140	0,770	0,655	1,160	22.214
6.2	34,841	1,135	1,160	0,720	0,650	0,965	16.010
6.3	34,313	0,880	0,960	0,855	0,680	-	11.400
6.4	33,561	0,500	0,630	0,330	0,250	0,570	18.150
6.5	33,499	-	1,365	1,120	1,040	1,325	9.800

continua

7.1	35,266	0,815	s/água	0,585	0,490	1,100	8.670
7.2	34,096	0,885	1,020	0,830	0,865	1,040	12.430
7.3	33,274	0,350	-	0,155	0,085	0,405	4.860
7.4	33,659	1,000	1,250	0,955	0,920	1,220	15,520
7.5	32,684	-	1,600	-	1,275	1,525	-
8.3	32,781	-	1,110	0,930	0,940	1,065	14.150
8.2	32,540	-	0,580	0,250	0,165	0,595	5.600
8.1	32,651	-	0,610	0,280	0,110	0,570	119
9.1	32,715	-	1,290	0,190	0,140	0,605	5.130
9.2	31,768	-	0,475	0,255	0,195	0,400	2.770
9.3	32,215	-	1,180	0,910	0,820	1,200	17.900
10.1	31,950	-	0,840	0,685	0,650	0,860	7.158
10.2	32,093	-	1,755	1,145	1,020	1,545	-
11.1	32,906	-	-	0,070	0,040	0,070	6.600
11.2	33,891	-	-	0,715	0,630	0,910	10.740
12.1	33,891	-	-	0,22	0,100	0,330	6.440
12.2	32,987	-	-	0,400	-	-	-

8.4 - Método de Cálculo das Vazões
a partir das Intensidades Me
didas no Modelo Analógico.

CÁLCULO DAS VAZÕES A PARTIR DAS INTENSIDADES DE CORRENTE ELÉTRICA MEDIDAS EM CADA ELÉTRODO DO MODELO ANALÓGICO

Temos (1) -

$$\frac{\rho' \times I}{U_0} = \frac{q}{K \times \psi_0}$$

- Onde - ρ' - resistência da unidade de área do papel;
I - intensidade da corrente elétrica no eletrodo;
 U_0 - diferença de potencial elétrico a qual está submetido o modelo;
q - vazão bidimensional (vazão por unidade de espessura)
K - condutividade hidráulica do protótipo;
 ψ_0 - perda de carga total no protótipo.

$$\text{Daí - } q = \left(\frac{U_0}{\psi_0} \right) \times (I) \times (\rho' \times K)$$

Dimensão (11) -

$$q = \left[\frac{L}{U} \right] \times [I] \times \left[\frac{L \cdot U}{I} \cdot \frac{1}{L} \times \frac{L}{T} \right]$$
$$q = [L^2 \times T^{-1}]$$

Exemplo

- (1) IN SCNEEBELI (21, p.153) - uma das 4 equações de previsão dos fenômenos, baseadas na analogia dos fenômenos hidráulicos e elétricos.
(11) Adote-se o sistema dimensional simplificado que se baseia nas unidades fundamentais: [L U I].

Cálculo -

$$q = \left(\frac{5,0}{0,7} \right) \times (I) \times (113 \times 6.10^{-6})$$

$$q = (4,8 \times 10^{-4}) \times (I) \times [\mu^2 / s]$$

Exemplo -

Seja o caso do eletrodo nº 1. A intensidade de corrente elétrica medida foi de 0,0770 mA. Temos:

$$q = (4,8 \times 10^{-4}) \times (7,7 \times 10^{-2}) [\mu^2 / s]$$

$$q = (36,96 \times 10^{-6}) [\mu^2 / s]$$

Observação -

Como a corrente elétrica estava alimentando o eletrodo e como, por convenção, designou-se a alimentação com sinal positivo, temos então:

$$q = + (36,96 \times 10^{-6}) [\mu^2 / s] .$$

8.5 - Hidrologia de Superfície

3.5.1 - Generalidades -

Objetivando dar uma idéia das condições superficiais da bacia Hidrográfica na qual a zona em estudos se localiza, o autor fez um pequeno estudo da bacia de captação, desde suas nascentes até o limite artificial de Noroeste, imposto para o estudo do aquífero (Morros Santana e da Polícia).

Os dados de litologia, pedologia, geologia, citados na introdução, são aqui válidos.

3.5.2 - Características de Forma -

Os números relativos à bacia hidrográfica estão abaixo relacionados:

a) coordenadas geográficas	N - 30° 04' 03"
(latitude sul)	S - 30° 06' 30"
(Longitude Oeste)	E - 51° 08' 40"
	W - 51° 04' 30"
b) área.....	30,00 Km ²
c) perímetro.....	27,50 Km
d) somatório dos comprimentos dos cursos d'água superficial....	66,00 Km
e) densidade de drenagem.....	2,2 Km/Km ²
f) índice de compactidade.....	1,4
g) retângulo equivalente.....	10,98 Km x 2,77 Km
h) altura máxima.....	231 m (Morro da Polícia)
i) altura mínima.....	32 m (Agronomia)

8.5.3 - Precipitação e Escoamento

Num trabalho realizado pelo autor na Disciplina de Hidrometeorologia II, no C.H.A., sobre dados de precipitação em Pôrto Alegre, num período de 31 anos (1940-1970), foram os seguintes os resultados obtidos:

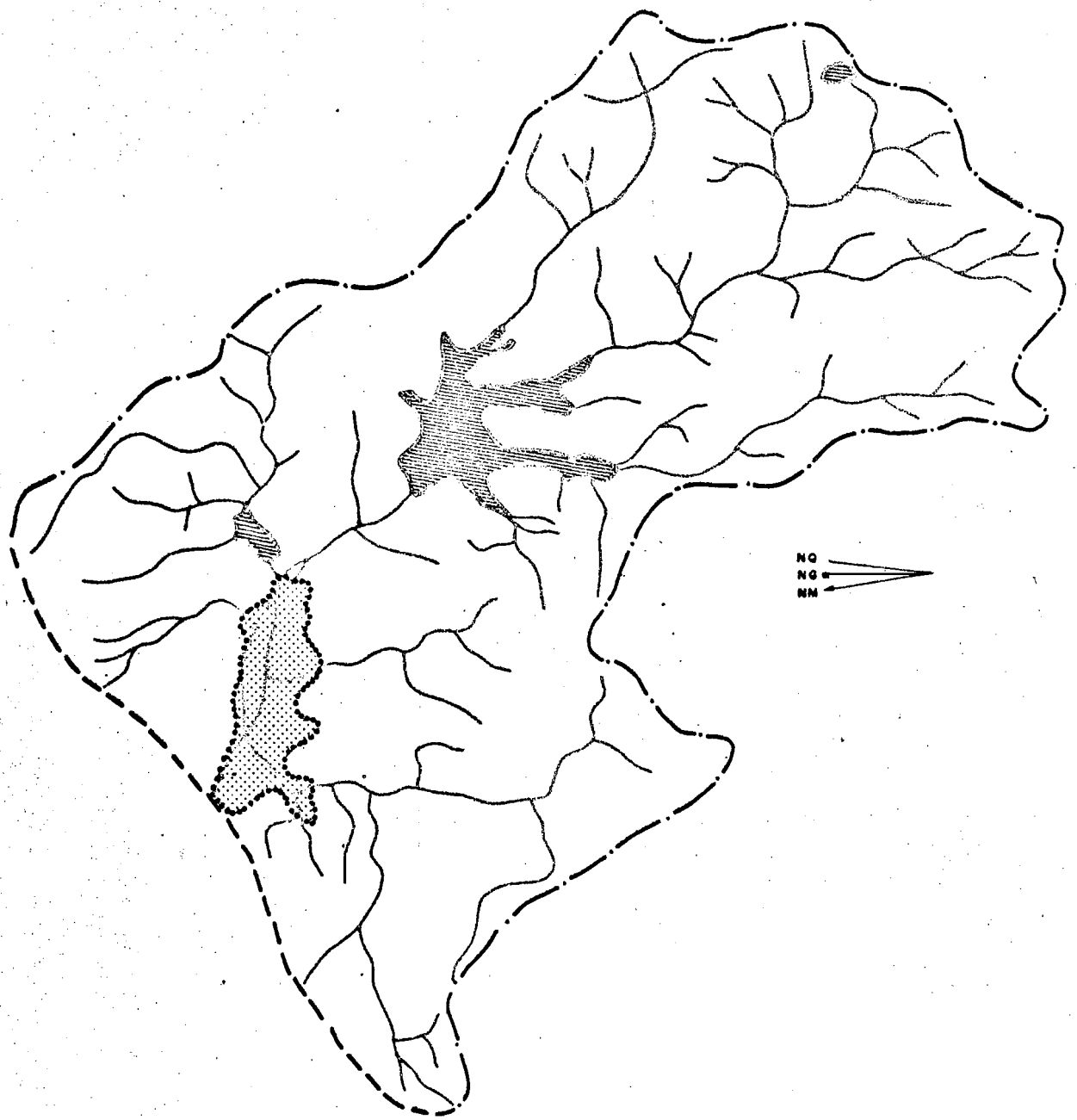
a) média.....	1265 mm
b) desvio padrão.....	258 mm
c) valores extremos	
máximo.....	2099 mm
mínimo.....	711,9mm
e) altura pluviométricas máximas prováveis	
10 anos.....	1580 mm
100 "	1860 mm
1000 "	2050 mm
10000 "	2220 mm
f) probabilidade de ocorrer uma altura pluviométrica menor que 1000 milímetros..	15,15 %
g) isopleta de Pôrto Alegre.....	32,30 %
h) coeficiente pluviométrico mensal	
máximo.....	10,4(set.)
mínimo.....	5,4(nov.)

O sistema de drenagem superficial está com suas nascentes encravadas nos terrenos cristalinos, onde os gradientes são muito fortes, e apresentam zonas aluviais bastante estreitas ou ausentes. Em sua grande maioria são cursos permanentes, porém com vazões fracas.

Existem na área dois sistemas de captação, das águas superficiais. Destes reservatórios, um tem fim de abastecimento público (Hidráulica da Lomba do Sabão) e o outro particular (I.P.H.). Então, a vazão do Arroio Dilúvio sofre influência não apenas das chuvas, mas também das liberações destes reservatórios.






Regionalmente o padrão de drenagem é o dendrítico, sendo o mesmo determinado pelas zonas de fraqueza das rochas do embasamento (drenagem subsequente).

Em relação aos diversos componentes do escoamento na bacia, o único de importância é o escoamento superficial, sendo, tanto o escoamento hipodérmico, como o subterrâneo, negligenciáveis em relação ao primeiro, pois as características de permeabilidade dos terrenos do embasamento assim o determinam.



**BACIA HIDROGRÁFICA
ARROIO DILÚVIO**

ESC. 1:50.000

CONVENÇÕES	
	LIMITES NATURAIS
	LIMITES IMPOSTOS
	ESTUDO EM CAMPO
	RIOS
	LAGOS