

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO ESTRATIGRÁFICA, FACIOLÓGICA E  
HIDROGEOLÓGICA DO ARENITO LAPA, SUBGRUPO  
ITARARÉ (P - C), NORTE DO ESTADO DE SANTA  
CATARINA E SUL DO ESTADO DO PARANÁ

Ivo Trosdtorf Junior

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto  
Co-Orientadores: Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos  
Prof. Dr. Uriel Duarte

Monografia de Trabalho de Formatura

SÃO PAULO  
1998

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

CARACTERIZAÇÃO ESTRATIGRÁFICA, FACIOLÓGICA E  
HIDROGEOLÓGICA DO ARENITO LAPA, SUBGRUPO  
ITARARÉ (P - C), NORTE DO ESTADO DE SANTA  
CATARINA E SUL DO ESTADO DO PARANÁ

DEDALUS - Acervo - IGC



30900002814

Ivo Trosdtorf Junior



Orientador: Prof. Dr. José Roberto Canuto

Co-Orientadores: Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos

Prof. Dr. Uriel Duarte

Monografia de Trabalho de Formatura

SÃO PAULO  
1998

TF  
T857  
I.C.

*A terra, porém, estava sem forma e vazia; havia trevas  
sobre a face do abismo, e o Espírito de Deus  
pairava por sobre as águas.*

*Gênesis 1.2*

# Índice

<b>Índice de Figuras</b>	ii
<b>Índice de Tabelas</b>	iii
<b>Agradecimentos</b>	iv
<b>Resumo</b>	v
<b>Abstract</b>	vi
<b>1. Introdução</b>	01
<b>2. Trabalhos Anteriores</b>	04
2.1 Estratigrafia	04
2.2 Hidrogeologia	09
<b>3. Materiais e Métodos</b>	11
<b>4. Desenvolvimento do Trabalho</b>	18
<b>5. Atividades Realizadas e Interpretações</b>	19
5.1 Fotointerpretação	19
5.2 Análise Faciológica	21
5.3 Petrografia Sedimentar	30
5.4 Geofísica	33
5.5 Análise Granulométrica	38
5.6 Hidrogeologia	42
<b>6. Conclusões</b>	50
<b>7. Bibliografia</b>	51
<b>Anexos</b>	

## Índice de Figuras

<b>Fig. 01:</b> Mapa de localização do Complexo Arenito Lapa / Vila Velha (Canuto <i>et. al.</i> , 1996).	02
<b>Fig. 02:</b> Foto da região do Parque do Monge, mostrando parte das escarpas do Arenito Lapa.	03
<b>Fig. 03:</b> Diagrama esquemático preliminar das principais fácies do Arenito Lapa, observáveis entre Campo do Tenente e Lapa, PR (Canuto <i>et. al.</i> , 1997).	07
<b>Fig. 04:</b> Seção sísmica na área dos poços de Chapéu do Sol - Garça Branca (França <i>et. al.</i> 1996).	08
<b>Fig. 05:</b> Seção geológica entre os poços de Chapéu do Sol e Garça Branca no Estado do Paraná (França <i>et. al.</i> , 1996).	08
<b>Fig. 06:</b> Arranjo dos eletrodos AB e MN (Dehaini, 1995).	13
<b>Fig. 07:</b> Experimento de Darcy (Feitosa & Manoel Filho, 1997).	15
<b>Fig. 08:</b> Corpo semelhante ao Arenito Lapa de direção N - S.	20
<b>Fig. 09:</b> Diamictito com matriz siltica – arenosa e camadas deformadas de arenito..	22
<b>Fig. 10:</b> Ritmito com clastos caídos.	22
<b>Fig. 11:</b> Geometria dos corpos alongados da facies Cg.	23
<b>Fig. 12:</b> Estratificação cruzada tangencial da facies A do Arenito Lapa.	24
<b>Fig. 13:</b> Estratificação cruzada longa e de baixo ângulo.	25
<b>Fig. 14:</b> Estratificação cruzada <i>hummocky</i> , ressaltada pela água corrente liberada do Arenito Lapa	25
<b>Fig. 15:</b> Clasto caído, Parque do Monge, Lapa (PR).	26
<b>Fig. 16:</b> Coluna estratigráfica do Arenito Lapa.	29
<b>Fig. 17:</b> Tipos de contato entre os grãos. a) Côncavo - convexo e b) Suturado	30
<b>Fig. 18:</b> Classificação de Folk (1968).	32
<b>Fig. 19:</b> Localização das sondagens geoelétricas verticais.	33

<b>Fig. 20:</b> Seção geofísica do canal Lapa, no Parque do Monge.	34
<b>Fig. 21:</b> Equipamento utilizado para a realização das sondagens elétricas verticais	35
<b>Fig. 22:</b> Disposição dos eletrodos em campo.	35
<b>Fig. 23:</b> Seção geofísica do canal Lapa, no Parque do Monge, segunda interpretação.	37
<b>Fig. 24:</b> Resumo das análises granulométricas, das amostras do Arenito Lapa.	39
<b>Fig. 25:</b> Curva de porcentagem granulométrica do Arenito Lapa	41
<b>Fig. 26:</b> Cacimba nas proximidades do Parque do Monge, com o proprietário, o Sr. Robson, à esquerda	45
<b>Fig. 27:</b> Fonte da “água milagrosa” de Lapa, no Parque do Monge.	46
<b>Fig. 28:</b> Seção geofísica de raio - gama, mostrando um vale preenchido (Douglas, 1992).	49

## Índice de Tabelas

<b>Tab. 01:</b> Quadro esquemático mostrando as diversas litofácies presentes no Arenito Lapa e no Arenito Vila Velha (França <i>et. al.</i> , 1996).	06
<b>Tab. 02:</b> Análise química da água da fonte no Morro do Monge (Maack, 1946).	10
<b>Tab. 03:</b> Resumo das interpretações das sondagens geofísicas.	36
<b>Tab. 04:</b> Classificação granulométrica de Udden - Wentworth (Blatt <i>et. al.</i> , 1972).	40
<b>Tab. 05:</b> Mediana $d_{50}$ (mm).	42
<b>Tab. 06:</b> Porosidade total e eficaz de diversos materiais (Custodio & Llamas, 1996).	44
<b>Tab. 07:</b> Medições de pH e Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ ).	46
<b>Tab. 08:</b> Concentração média dos ânions (ppm) nas águas do Poço e da Fonte	47

## Agradecimentos

Diversas pessoas colaboraram, direta ou indiretamente, para que esta monografia fosse realizada.

Primeiramente gostaria de agradecer aos meus pais, o Sr. Ivo Trosdtorf e a Sra. Maria Silverio Trosdtorf, que nesses 5 (cinco) anos de graduação, sempre me apoiaram e incentivaram, pelas palavras de carinho e compreensão que nunca deixaram faltar. Também devo agradecer aos meus irmãos, Wilians Trosdtorf e Priscila Trosdtorf, pela paciência que tiveram em todos esses anos com seu irmão do meio.

Também quero agradecer ao Prof. Dr. José Roberto Canuto, pela orientação e amizade em todas as etapas deste trabalho; ao Prof. Dr. Paulo Roberto dos Santos, pelo incentivo e orientação nas discussões sobre a faciologia do Arenito Lapa, e por sua sincera amizade; ao Prof. Dr. Uriel Duarte, pelo apoio na parte de hidrogeologia, minha gratidão.

A SANEPAR / UsHG (Unidade de Serviços de Hidrogeologia), nas pessoas da geóloga Jurema Feltrin e do engenheiro Arlineu Ribas (gerente da unidade), pelos dados de poços e informações fornecidas, que muito enriqueceram este trabalho.

À doutoranda Jamile Dehaini e ao Prof. Dr. José Milton Benetti Mendes, pela ajuda oferecida com os dados de geofísica, e pelo apoio nos trabalhos de campo.

À técnica Lúcia Helena, pelas análises químicas e pelo empenho para que estas fossem realizadas.

À graduanda Juliana (Kola), pela ajuda nos trabalhos de fotointerpretação.

Aos colegas George (Cecê), Rosely, Valéria, Ivandra, Mika, Pedro (Phezes), Luciana (Vagal), Claudia (Mokoka), Giovana (Piu), Raquel, Marcos Dutra (Socró), Luciano, Alexandre (Thobias), Lucelene (Val), Guilherme (Kami) e Juliana, que assim como eu, pertencem a primeira turma do currículo novo, minha sincera gratidão pelo apoio e incentivo.

A todos os professores e funcionários deste Instituto, que durante esses 5 (cinco) sempre me apoiaram e incentivaram.

Em especial, ao melhor Amigo que alguém pode ter, a Deus.

## Resumo

O Arenito Lapa é um corpo arenítico de morfologia linear, que estende-se por aproximadamente 180 Km, com direção geral NNW – SSE, desde ao sul de Rio Negrinho (SC), até ao norte de Palmeira (PR). O corpo rochoso varia de algumas centenas de metros a até 2 Km de largura, podendo elevar-se até 80 m acima da topografia circunvizinha. Em sua extremidade norte, ao norte de Lapa (PR), na área do Parque de Vila Velha (PR), o corpo apresenta-se desmembrado em várias cristas menores, que se confundem com o Arenito Vila Velha.

Mapeamento recente, mostrou que o corpo rochoso é composto de várias litofacies, que aparecem preenchendo o vale-túnel, o qual escavou profundamente os sedimentos do Subgrupo Itararé, alcançando o substrato, os arenitos do Paleozóico Médio (Formação Furnas) em sua extremidade norte, isto indica que o vale esteve escavando rochas de idades cada vez mais velhas, de sul para norte, a relação exata dessas idades com o Subgrupo Itararé ainda não foram bem compreendidas. O perfil do vale é irregular, tanto transversalmente, como ao longo de seu eixo.

O modelo deposicional interpretado para o Arenito Lapa, envolve a formação de uma drenagem subglacial ou um vale-túnel sob a geleira, com a erosão do substrato através da água de degelo confinada, e com uma possível contribuição da abrasão glacial. A erosão pode ter-se iniciado por *piping*, na margem da geleira. Sendo assim, os sedimentos erodidos eram transportados e depositados em um extenso leque ou delta em frente a margem marinha do lobo glacial. Com o recuo da geleira e exposição do corte subglacial na topografia, sendo preenchido por sedimentos fluviais, deltaicos, glácia-marinhos e marinhos. Este processo terminou com a elevação do continente por glácia isostásia.

Nesta monografia, o Arenito Lapa foi subdividido em 4 (quatro) facies principais (A, B, C e Rc). Outras 2 (duas) fácieis relacionadas indiretamente ao corpo rochoso foram consideradas: facies Dm (substrato regional) e Cg, situada entre o substrato e o Arenito Lapa.

Dados de furos de sondagem para petróleo e sísmica de reflexão, realizados pela Petrobrás e Paulipetro, indicam que há outros corpos semelhantes ao Arenito Lapa em subsuperfície, os quais podem ser utilizados como reservatórios, tanto de petróleo/gás como de água.

Adicionalmente a análise faciológica, estudos de petrografia sedimentar, análise granulométrica e geofísica, confirmam as boas qualidades do Arenito Lapa como aquífero. Podendo ser explorado em praticamente toda a sua extensão para esse fim. Entretanto, as potencialidades do Arenito Lapa como aquífero, vêm sendo ignoradas, sendo muito pouco exploradas.

## Abstract

The Lapa sandstone forms an almost continuous, broadly sinuous, linear ridge that extends for about 180 Km, with a general NNW – SSE trend, from south of Rio Negrinho (SC) to north of Palmeira (PR). The ridge varies from a few hundred meters to 2 Km in width and it rises up to 80 m above the surrounding topography. At its northern end, north of Lapa (PR), the ridge is dismembered into several smaller, elongated sandstone crest that seem to merge with the Vila Velha Sandstone.

Recent mapping showed that the ridge comprises several lithofacies that seem to make up the exhumed fill of a subglacial tunnel – valley deeply carried into Itararé Subgroup sediments and reaching bedrock of middle Paleozoic sandstone (Furnas Formation) at its northern extremity this indicates that the valley was cut into rocks its exact age older from south to north its exact age relationship within the Itararé Subgroup is not yet entirely clear. Maximum tunnel hight was at least 80 m, but relatively steep erosional contacts along the sides of the ridge suggest an originally deeper floor. Valley profile is irregular both transversely, as well as along its axis.

The preliminary depositional model interpreted for the Lapa Sandstone involves formation of a subglacial drainage way or tunnel – valley below the glacier through headward erosion by confined meltwater with possible contribution of glacial abrasion. Erosion may have started by piping at the margin of the glacier. Eroded sediments were transformed and deposited as an extensive apron or delta in front of the marine margin of the lobe. Retreat of the glacier margin and subsequent rise in sea level resulted in exposure of the subglacially cut topography and its recurrent infilling by fluvial ,deltaic, glacial – marine and marine sediments, and by marine reworking of these. These processes ended with post – glacial isostatic upwarping.

In this monograph, the Lapa Sandstone was subdivided into three main lithofacies (A, B and C) and one secondary lithofacies (Rc). Other two lithofacies indirectly related to the rock body had also been recognized: facies Dm (regional substratum), and Cg situated between the substratum and the Lapa Sandstone.

Data derived from well drilling and seismic reflection carried out by Paulipetro and Petrobrás indicate other similar bodies in subsurface, which can be used as reservoirs for oil/gas and water.

In addition to the lithofacies analysis, studies of sedimentary petrography, grain size analysis and geophysical analysis confirmed the potentiality of the Lapa Sandstone as a water – bearing structure. However, although this property can be explored in practically all the extension of the body, the potentialities of the Lapa Sandstone has been ignored or very little explored.

## 1. Introdução

O Arenito Lapa é um corpo rochoso de morfologia linear, sinuoso, com direção predominantemente N – NW, situado no 2º planalto, próximo à atual borda leste da Bacia do Paraná. Apresenta-se com uma coloração avermelhada, granulometria média – fina, com porções mais grossas e até conglomeráticas, sendo constituída basicamente por grãos detriticos de quartzo e feldspato potássico.

Esse corpo arenítico aflora desde a sul de Rio Negrinho (SC), estendendo-se por aproximadamente 180 km até ao norte de Palmeira, na região de Vila Velha, no Estado do Paraná (Canuto et. al., 1996 e 1997b), como mostra a figura 1.

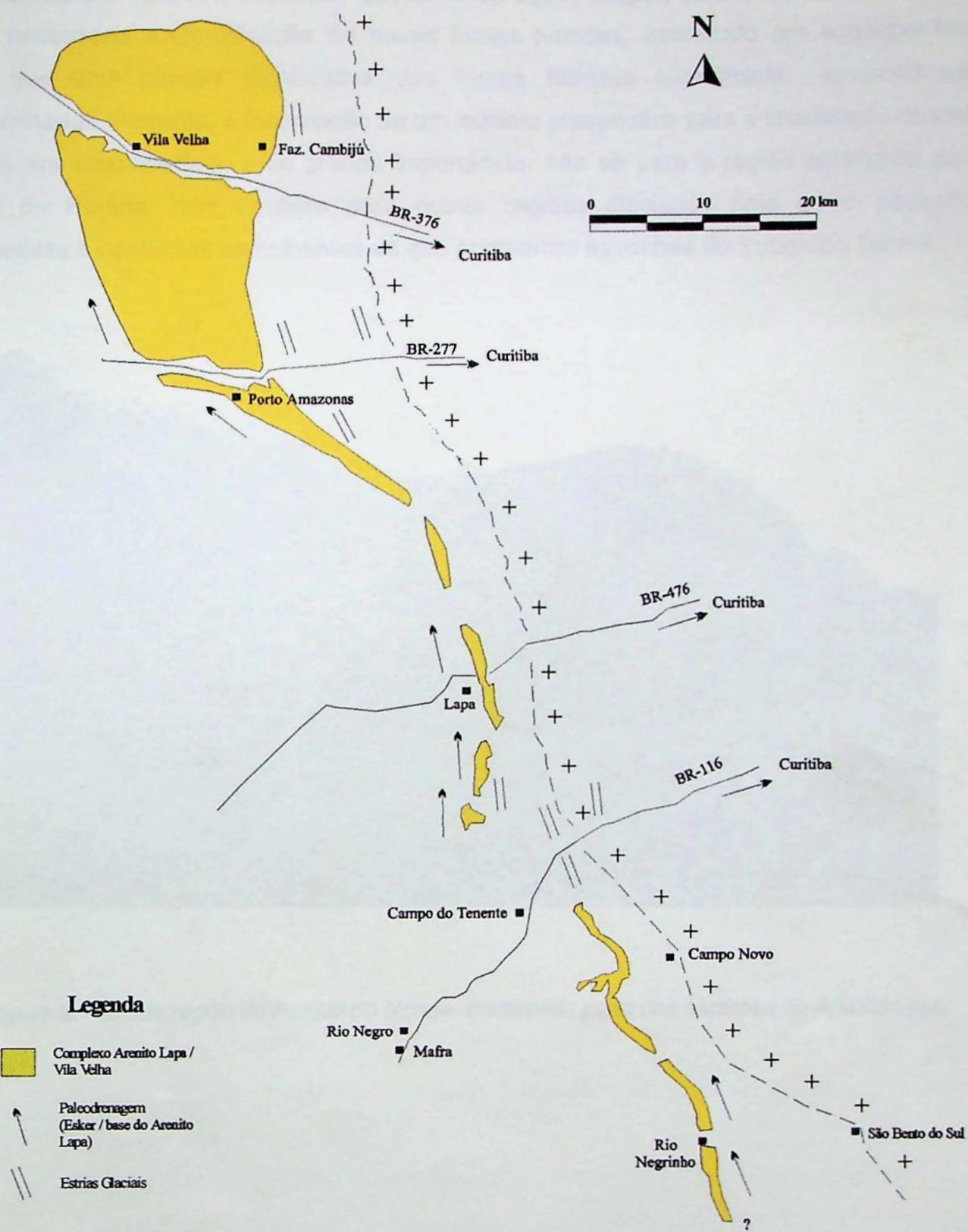
Apesar de sua grande extensão e de sua importância para o entendimento da paleogeografia do Subgrupo Itararé, o Arenito Lapa passou desapercebido por um longo período pelos pesquisadores, sendo pouco conhecido até pelos geólogos graduados na Universidade Federal do Paraná (UFP).

Morfologicamente o Arenito Lapa destaca-se na topografia por extensas e elevadas escarpas (fig. 2), semelhantes às observadas nos arenitos da Formação Furnas, sendo fruto da diferença entre o grau de resistência ao intemperismo do Arenito e de suas encaixantes (diamictitos, varvitos e folhelhos). Diferencia-se, geometricamente, por ser o Arenito Lapa um corpo em forma de “cordão”.

Os estudos realizados durante este período tiveram por objetivos:

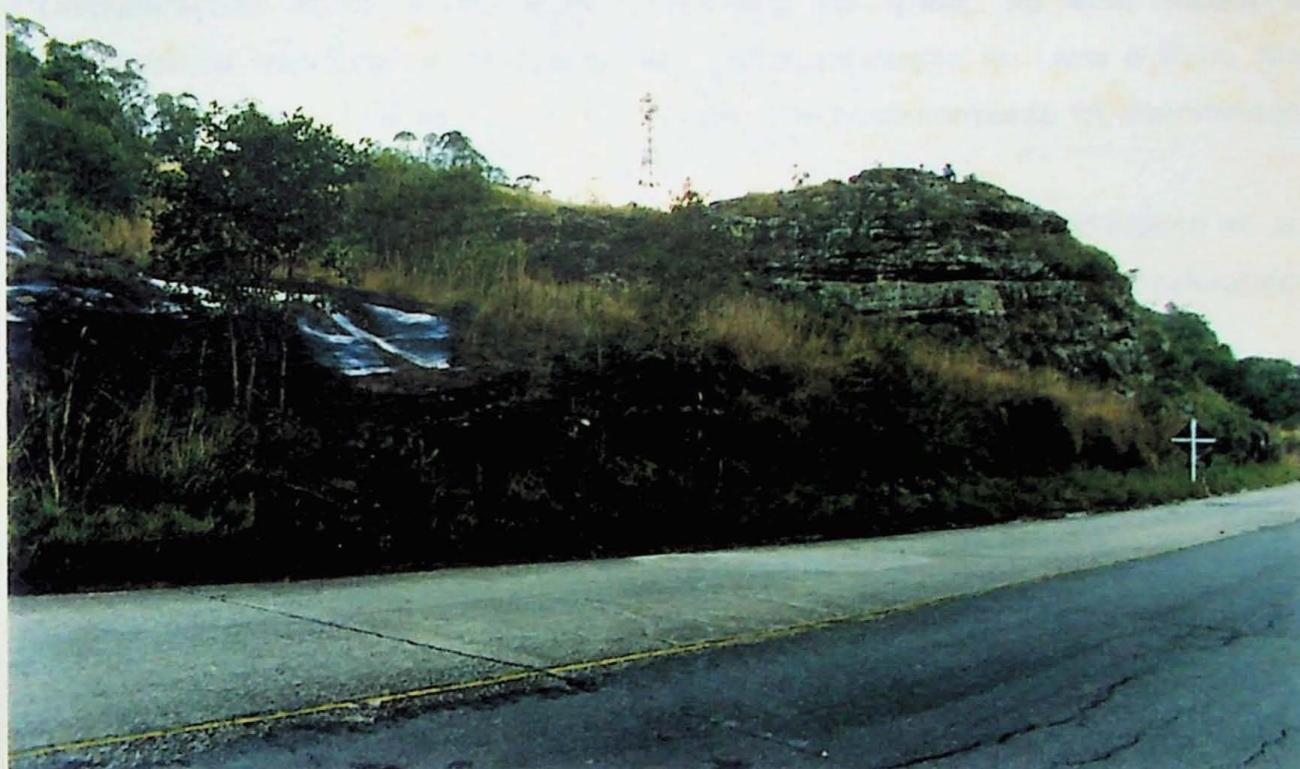
- i) Identificar os controles sedimentares que governaram a deposição do Arenito Lapa e de outros corpos menores que aflorem na área;
- ii) Determinar a potencialidade do Arenito Lapa, projetando-se um possível modelo prospectivo para o mesmo e para outros corpos rochosos semelhantes a ele, que possam ser identificado em subsuperfície, visando seu aproveitamento como fonte de abastecimento d’água;
- iii) Determinação das melhores porções do corpo arenítico, objetivando sua utilização como fonte d’água para a região.

Apesar dos trabalhos realizados nesta região datarem da primeira parte deste século (Maack, 1946), a história da sedimentação do Arenito Lapa ainda causa controvérsias, sendo, portanto, altamente relevante a formulação de um modelo genético, tendo em vista a sua importância para o entendimento da paleogeografia do Subgrupo Itararé e a disponibilidade de novas fontes de dados (furos de sondagem para petróleo, sísmica de reflexão, etc.)



**Figura 1:** Mapa de localização do Complexo Arenito Lapa / Vila Velha (Canuto et al., 1996).

Além da relevância de se tentar elaborar, ou discutir e aprimorar, um modelo genético para o corpo, a demanda crescente de água, exigida pela sociedade moderna, torna necessária a identificação de novas fontes hídricas, sobretudo em subsuperfície, visto que uma parcela significativa das fontes hídricas superficiais encontram-se contaminadas. Portanto, a formulação de um modelo prospectivo para a localização desses corpos em subsuperfície, é de grande importância, não só para a região abrangida pela Bacia do Paraná, mas também para outras regiões glaciadas hoje e no passado, submetidas a condições semelhantes as que originaram as rochas do Subgrupo Itararé.



**Figura 2:** Foto da região do Parque do Monge, mostrando parte das escarpas do Arenito Lapa.

## 2. Trabalhos Anteriores

### 2.1 Estratigrafia

O Arenito Lapa vem sendo estudado desde a primeira metade deste século, destacando-se o trabalho elaborado por Maack (1946) como um dos primeiros a sugerir-lhe uma origem sob influência glacial, atribuindo ao corpo arenítico uma gênese flúvio-glacial.

Em seu trabalho *Geologia e geografia da região de Vila Velha, Estado do Paraná, e Considerações sobre a glaciação carbonífera do Brasil*, no qual Maack descreve afloramentos semelhantes ao Arenito Vila Velha, na região de Lapa e Porto Amazonas, relacionou-os na época ao Arenito Vila Velha, que posteriormente foi denominado Arenito Lapa.

Ao final da década de 60, Tommasi & Roncarati (1970), *apud* França *et. al.* (1996), avançaram um pouco na interpretação da gênese do Arenito Lapa, considerando-o como um depósito de preenchimento de canais.

Atualmente há uma tendência de se considerar em conjunto o Arenito Lapa e o Arenito Vila Velha, sendo que existem duas linhas de interpretações para a origem desse complexo deposicional.

Um desses ramos é defendido por França *et. al.* (1996) que consideram os arenitos Lapa e Vila Velha como um trato de sistemas deposicionais, onde o primeiro representa o predomínio de canais, e o último, pelo conteúdo fossilífero (*Tasmanites sp*, *Botryccoccus sp*, além de matéria orgânica amorfia), indicaria um ambiente de lobos subaquosos salobro a, possivelmente, marinho, em um contexto de sedimentação periglacial e/ou glacialmente induzida.

Três hipóteses foram formuladas pelo autor para a origem dos canais:

- 1) vales fluviais incisos (*incised valleys*) durante nível de mar baixo, coincidente com um pico de avanço das geleiras;
- 2) prolongamento de canais de lavagem glacial (*outwash*) encaixados em *fjords*;
- 3) canais escavados por eventos catastróficos do tipo *jöklhloup*.

Dez litofacies foram observadas pelos autores no trato de sistemas deposicionais Arenito Lapa / Vila Velha, as quais estão resumidas na tabela 1.

**Tabela 1**

Quadro esquemático mostrando as diversas litofacies presentes no Arenito Lapa e no Arenito Vila Velha (França et al., 1996).

Facies	Características Gerais	Ocorrência	Granulometria Máxima	Espessura	Geometria Estratal	Processos
Gc	- ortoconglomerado polimítico - seixos e matações - caótico	canal	Matação	30 cm à 1 m	Lenticular	Depósitos residuais de fluxo detritos coesivos. Transformações de fluxos superficiais
Gm	- conglomerado - maciço - sustentado por clastos - seixos quartzosos - intraclastos	canal	Seixos (5 cm)	1 m	Lenticular	Transformações de fluxo por gravidade
Gi	- conglomerado - gradação inversa	canal e lobo	Calhau (20 cm)	1 à 2 m	Lenticular	Tapetes de tração
Sg	- arenito - gradação normal	canal e lobo	Areia Grossa	1 à 2 m	Tabular (?)	Tração
Sm	- arenito - maciço - "rip-up" clastos - fluidização	canal e lobo	Areia Média com matações suspensos	1 à 3 m	Sigmóide	Congelamento súbito de alta / altíssima densidade
Sh	- arenito - laminações ondulantes / horizontais	canal e lobo	Areia Média	Até 3 m	Tabular e Sigmóide	Depósito por congelamento a partir de suspensões de alta densidade
Sp / St	- arenito - estratificação cruzada: planar (dominante) acanalada	canal e lobo (raro)	Areia Grossa	1 à 2 m	Tabular	Tração
Fl / Sr	- argilito / folhelho - cinza / marrom - Westphaliano (G)	Lobo	Areia Fina	12 m	Lençol (?)	Turbiditos de baixa densidade (diluídos)
Fld	- folhelho / siltito - clastos caídos - cinza / marrom - Westphaliano (G)	Encaixante	Matação	1 à 5 m	Lençol (?)	Turbiditos de baixa densidade (?), distais com gelo flutuante
Dms	- diamictito - cinza / marrom - Westphaliano (G)	Encaixante	Grânulos e Matações	> 20 m	Lençol (?)	"rain-out"-fluxos de detritos coesivos-fluxos hiperconcentrado

Outro ramo é defendido por Canuto *et. al.* (1996 e 1997b), que propuseram a origem do Arenito Lapa através da formação de um vale-túnel (*tunnel-valley*) sob o lobo glacial Paraná.

Canuto *et. al.* (1996 e 1997b) definiram preliminarmente as principais facies observáveis no Arenito Lapa, entre Campo do Tenente e Lapa (fig.3). Particularmente nesse trecho, alguns corpos alongados compostos por conglomerado grosso, arenito e diamictitos intercalados, bastante deformados, dobrados e falhados, de contato brusco, erosivo na base, abaixo do Arenito Lapa, assemelham-se fortemente a *eskers*, sugerindo que a escavação do canal ocorreu subglacialmente.

O vale-túnel é uma feição subglacial produzida através da abrasão glacial e pelo deslocamento de água confinada de degelo sob alta pressão, que promove a erosão do substrato, do qual os detritos resultantes são transportados e depositados pró-glacialmente, em um extenso leque ou delta, instalando-se em plataforma marinha rasa, representado pelo Arenito Vila Velha (Canuto *et. al.*, 1996 e 1997b). Assim sendo, há que se pensar que o Arenito Lapa não deve ter sido o único vale-túnel formado sob uma calota glacial tão extensa, como a da Glaciação Gondvânica. Portanto, muitos corpos semelhantes ao Arenito Lapa devem estar presentes em subsuperfície, constituindo importantes reservatórios de água e petróleo / gás, dadas as suas características como rochas areníticas, envolvidas por rochas argilosas (diamictitos, ritmitos e folhelhos).

O termo vale-túnel foi primeiro proposto em 1903 por Using (apud Ehlers & Wingfield, 1991) para descrever uma série de feições deposicionais em sedimentos glaciais na Dinamarca, associados a canais resultantes da erosão subglacial causada por água confinada de degelo.

A maioria dos vales-túneis conhecidos atualmente são do Quaternário e estão no hemisfério norte: Alemanha (Piotrowski, 1994); Irlanda (Eyles & McCabe, 1989); Canadá (McClung & Mollard, 1986; Brennand, 1994) e EUA (Wright Jr., 1973). Apenas um corpo deste tipo foi identificado como depositado em épocas geológicas mais antigas, além do Arenito Lapa, no Ordoviciano da Mauritânia (Ghienne e Deynoux, 1998). Portanto, é altamente relevante para o entendimento da evolução paleogeográfica do Subgrupo Itararé, a descoberta de uma feição subglacial desta magnitude, considerando-se, inclusive, o fato de que o vale-túnel Lapa, definido por Canuto *et. al.* (1996 e 1997b), constitui-se no primeiro a ser identificado com idade pré-cenozóica no mundo.

A presença desses corpos areníticos já foi comprovada em subsuperfície, tanto por seções sísmicas (fig. 4) como por furos de sondagens (fig.5), apresentando larguras próximas de 3 km e até 150 m de espessura (França *et. al.*, 1996).

## Facies

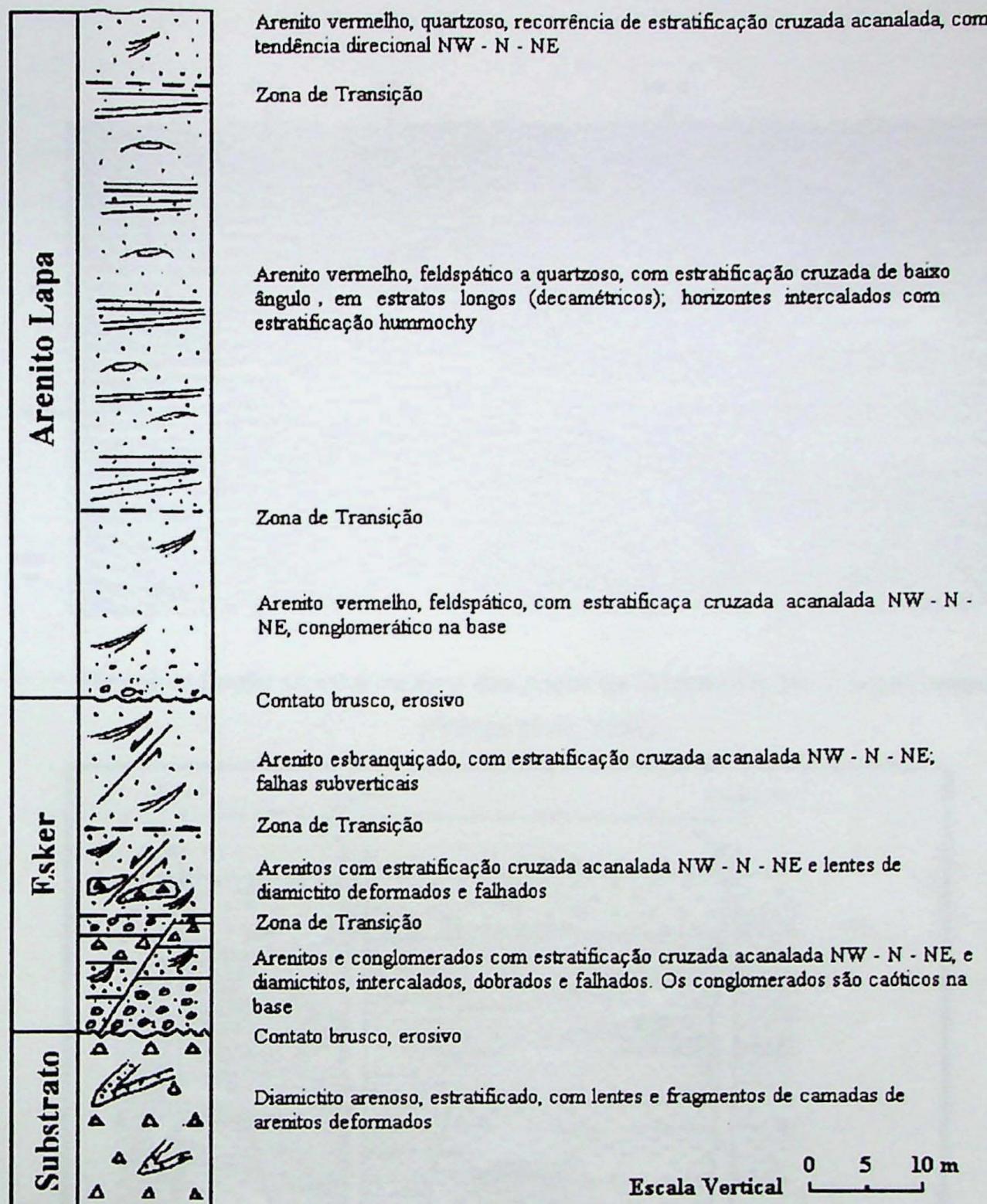
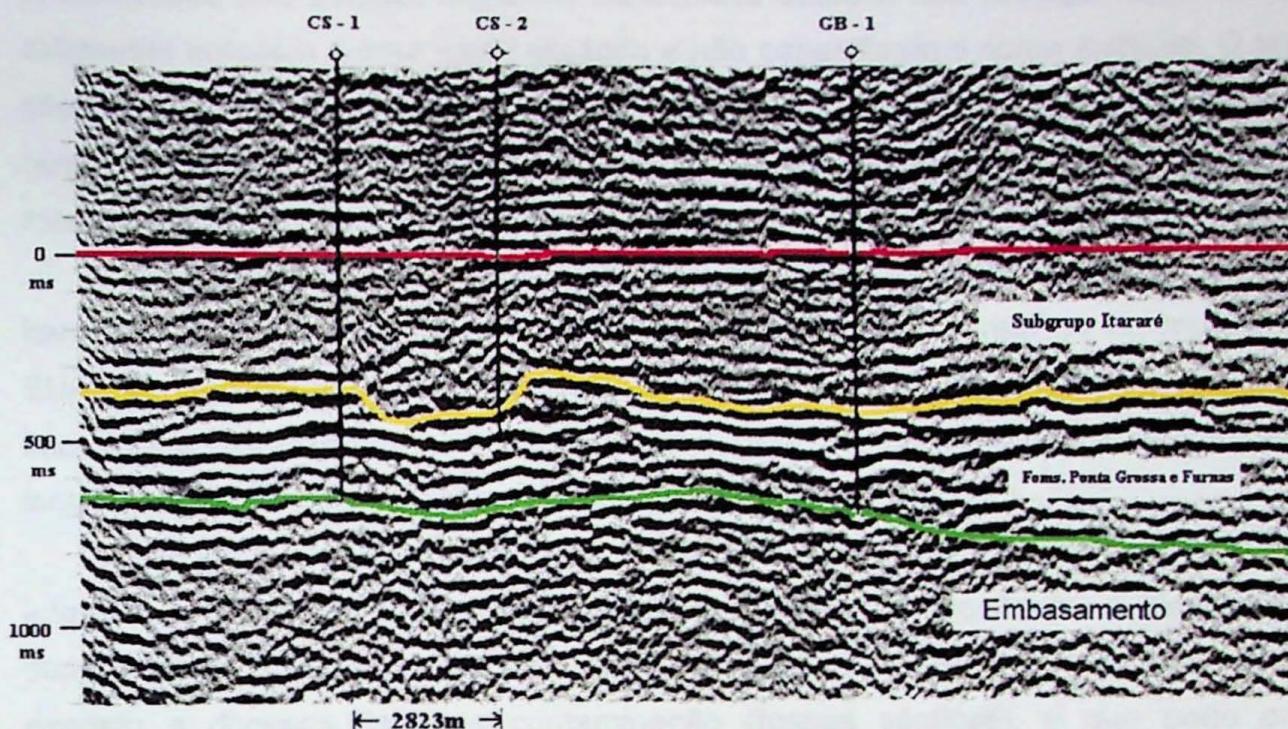
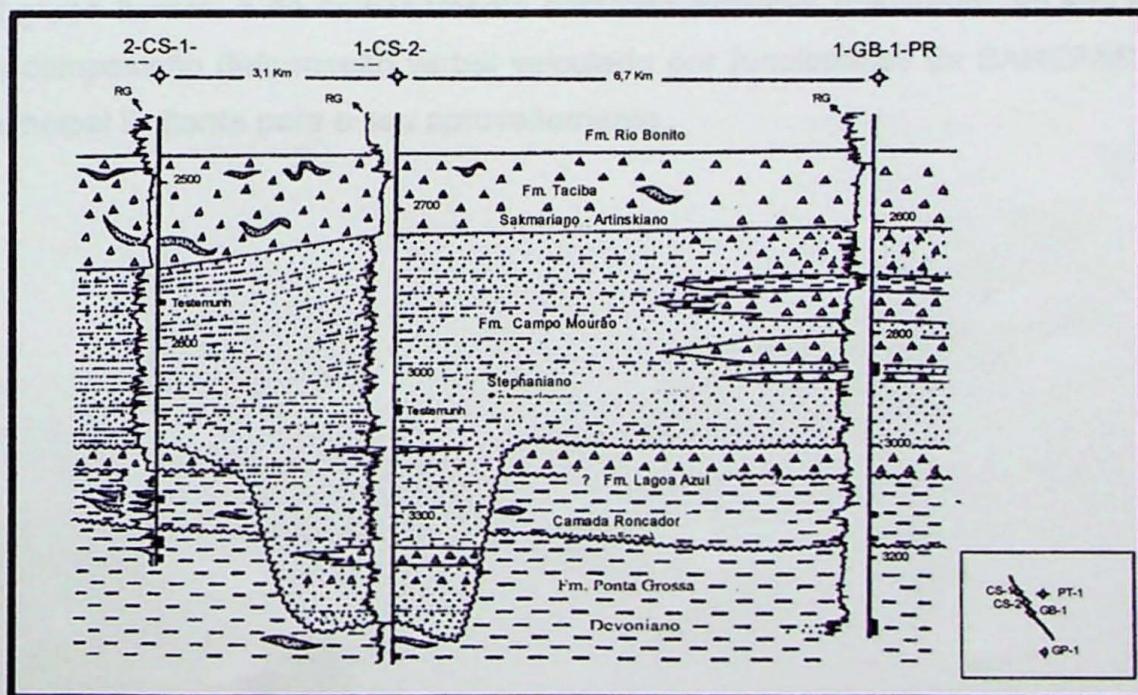


Figura 3: Diagrama esquemático preliminar das principais facies do Arenito Lapa observáveis entre Campo do Tenente e Lapa, PR (Canuto et al., 1997b).

Nesta seção (fig. 5) ocorre um corte profundo na área do poço 1-CS-2-PR, onde pode-se observar que a Formação Lagoa Azul foi totalmente erodida no evento que originou o canal, o qual possui direção norte - sul, que é a mesma do canal de Lapa.



**Figura 4:** Seção sísmica na área dos poços de Chapéu do Sol - Garça Branca (França et al., 1996).



## 2.2 Hidrogeologia

Apesar do Arenito Lapa já estar sendo explorado atualmente como fonte de abastecimento de água, por famílias residentes em casas e fazendas, situadas em suas proximidades não existem trabalhos específicos sobre a sua hidrogeologia. Os trabalhos existentes enfocam a área como um todo e não especificam o corpo rochoso. O que existe são pequenos comentários, como o de Maack (1946) sobre a “água milagrosa de Lapa”, que brota de um paredão do arenito, ocasião na qual realizou-se uma análise química da mesma (tab. 2).

Em outro trabalho, Maack (1970) calcula que os sedimentos glaciais do Subgrupo Itararé forneçam em média 7.800 L / h de água. Em outras regiões do mundo (NE dos EUA, Canadá e na Europa) os depósitos sedimentares glaciogênicos possuem grande importância hidrogeológica (Freeze & Cherry, 1979), formando diversos tipos de aquíferos, inclusive aquíferos formados em vales - túneis.

Devido a essa escassez de trabalhos hidrogeológicos sobre o Arenito Lapa, não há informação a respeito de sua potencialidade, como consequência, o mesmo não vêm sendo aproveitado adequadamente; associa-se ainda o fato do Arenito Lapa vêm sendo exposto a diversos tipos de contaminação (fossas sépticas), o que pode prejudicar substancialmente o seu aproveitamento futuro, visto que existe uma necessidade crescente de água na região e pelo fato das águas subterrâneas de algumas porções do Subgrupo Itararé, e do embasamento cristalino próximo, possuírem um alto teor de Fe na sua composição (informação verbal veiculada por funcionários da SANEPAR), sendo este o principal limitante para o seu aproveitamento.

**Tabela 2**

Análise química da água da fonte no Morro do Monge, perto da cidade de Lapa, executada por R. Spitzner e J. Raváglia, no Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas em Curitiba. Extraído de Maack (1946).

Vazão: 2 litros por minuto  
 Temp. Ambiente: 24° C  
 Temp. da água: 18° C  
 Aspecto in natura: límpida-incolor  
 Aspecto após fervura: límpida-incolor  
 Cheiro: nenhum  
 Sólidos em suspensão: nenhum  
 Rádio atividade no local: inferior a 1 mache

Resíduo de evaporação a 110° C	0,0272 %o gr.
Resíduo ao rubro sombrio	0,0164 %o gr.
Resíduo volátil	0,0108 %o gr.
Matéria orgânica em meio ácido	0,0006 %o gr.
Oxigênio consumido: meio alcalino	0,0008 %o gr.
Nitrogênio amoniacial em NH <sub>3</sub>	nenhum
Nitrogênio albuminóide em NH <sub>3</sub>	nenhum
Nitritos em NO <sup>2</sup>	nenhum
Nitritos em NO <sup>3</sup>	nenhum
SiO <sup>2</sup>	0,0143 %o gr.
Fe <sup>2</sup> O <sup>3</sup> + Al <sup>2</sup> O <sup>3</sup>	0,0001 %o gr.
CaO	0,0005 %o gr.
Ca	0,0003 %o gr.
MgO	indícios
Mg	indícios
K	indícios
Na	indícios
Li	nenhum
NH <sup>4</sup>	nenhum
Cl	indícios
Br	nenhum
I	nenhum
H <sup>2</sup> S	nenhum
SO <sup>4</sup>	indícios
CO <sup>2</sup>	vestígios
CO <sup>3</sup>	
HCO <sup>3</sup>	indícios
P <sup>2</sup> O <sup>5</sup>	nenhum

### 3. Materiais e Métodos

A metodologia empregada neste projeto foi subdividida em 4 (quatro) fases:

#### *Fase Inicial*

Esta fase foi destinada ao levantamento de dados bibliográficos, análise das fotografias aéreas disponíveis, análise de perfis e relatórios (quando colocados à disposição) de furos de sondagem (pioneiros, estratigráficos e para captação d'água), junto a empresas e instituições de ensino (Petrobrás, Paulipetro, UFP, SANEPAR, etc).

#### *Segunda Fase: Trabalhos de Campo*

Nesta fase procurou-se conhecer a atual situação da exploração de água no corpo arenítico e sua importância para a população próxima, bem como uma amostragem para testes em laboratório e no próprio local (pH e condutividade elétrica).

Ainda nesta fase foi realizado um estudo relativo à análise faciológica do Arenito Lapa. Uma análise faciológica envolve a identificação, descrição e a classificação das unidades de rochas em facies, que podem ser definidas com base na combinação distinta dos parâmetros geometria, litologia, cor, estruturas sedimentares, paleocorrentes e conteúdo fossilífero. Sendo assim, a abordagem às ocorrências do Arenito Lapa foi feita pelo “método telescópico”, descrito por Castro (1986) ou pelo método “zoom” de Della Fávera (1990).

A metodologia utilizada para a descrição dos afloramentos foi modificada de Lanzarini (1995), e está pormenorizada abaixo:

1. olhe o afloramento como um todo, a uma distância adequada. Analise-o no contexto estratigráfico e paleoambiental. Faça um desenho esquemático indicando as grandes variações faciológicas, não se esquecendo de orientar o desenho e de estimar as dimensões (escala), e coloque o sentido predominante das paleocorrentes;
2. aproximando-se, descreva as facies com maior detalhe (litologia, contatos, cor, textura, estrutura sedimentar, paleocorrente, atitudes dos planos de estratificação, conteúdo fossilífero e geometria). Desenhe e fotografe detalhes representativos desses parâmetros, retirando, quando necessário, amostras para seções delgadas e outras análises;

3. levante o perfil estratigráfico do afloramento e ressalte as porções que mostrem feições importantes para a compreensão do mesmo. Construa diagramas e utilize a simbologia convencional para os parâmetros faciológicos.
4. faça o levantamento fotográfico do afloramento, definindo escala e distanciamento adequado das fotos, com recobrimento entre imagens de 40% à 60%, para reduzir as deformações nas bordas;
5. monte painéis com as fotos (fotomontagem), recubra-as com papel transparente e faça o traçado das feições deposicionais (no escritório);
6. acrescente ao trabalho de campo, o resultado da fotomontagem.

Além da análise faciológica, foram realizados estudos geofísicos (eletrorresistividade). Pretendeu-se inicialmente realizar seções transversais e longitudinais ao Arenito Lapa, através de sondagens elétricas verticais (SEV), mas devido a condições climáticas adversas, reinantes durante os trabalhos de campo destinados a essa atividade, foi possível realizar apenas um perfil transversal, mas que forneceu dados grandemente importantes quanto à morfologia do canal, e bastante sugestivas quanto à variação litológica interna e dos horizontes mais saturados de água.

A eletrorresistividade é um método geofísico que se utiliza da resistividade elétrica para identificar os diferentes tipo de materiais presentes no subsolo. Ela expressa a maior ou menor facilidade com que a corrente elétrica flui pelo material, o depende da natureza e do estado físico do corpo considerado (Dehaini, 1995).

A técnica de campo consiste em introduzir uma corrente elétrica no subsolo, possibilitando determinar as resistividades a várias profundidades. No campo são necessários 4 eletrodos, os quais são cravados no solo. Dois eletrodos (AB) têm a função de introduzir corrente elétrica no subsolo, enquanto através dos outros dois (MN) mede-se a diferença de potencial devido a corrente gerada (Dehaini, 1995).

O arranjo mais utilizado dos eletrodos é do tipo Schlumberger, onde a distância MN (fixa), teoricamente tende a zero em relação à distância AB, o que facilita tanto na interpretação, como no trabalho de campo (Dehaini, 1995), mas dependendo da resposta do aparelho durante a sondagem é necessário afastar a distância entre os eletrodos MN para uma melhor leitura, este procedimento é chamado de *embreagem* e foi utilizado durante os trabalhos de campo na região de Lapa, nas proximidades do Parque do Monge.

O arranjo dos eletrodos no campo está indicado na figura 6.

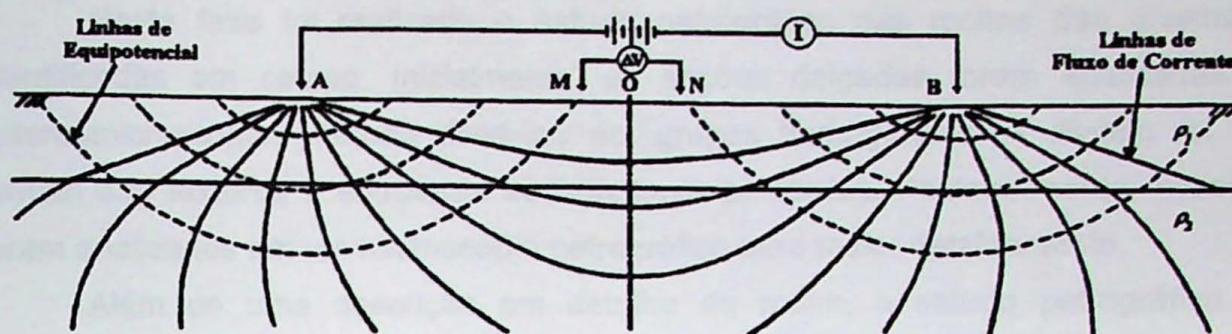


Figura 6: Arranjo dos eletrodos AB e MN (Dehaini, 1995).

Com base no chamado *fator geométrico*, pode-se determinar a resistividade elétrica dos materiais do subsolo em diferentes profundidades.

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}}$$

onde:

- K** = *fator geométrico*
- AM** = distância entre os eletrodos A e M
- BM** = distância entre os eletrodos B e M
- AN** = distância entre os eletrodos A e N
- BN** = distância entre os eletrodos B e N

Essas atividades visaram determinar a geometria aproximada dos contatos basais e laterais do corpo com as rochas encaixantes (folhelhos, diamictitos, varvitos, arenitos, etc.), os quais serão importantes para a identificação do tipo de canal cujo corpo está alojado, e consequentemente, para a elaboração do modelo genético e prospectivo.

### Terceira Fase: Trabalhos de Laboratório

Nesta fase foi realizado o estudo petrográfico das rochas das diversas facies identificadas em campo. Inicialmente, as seções delgadas foram analisadas em um estereomicroscópio, visando dividi-las em grupos homogêneos. A divisão foi feita em função das texturas e estruturas sedimentares presentes. Posteriormente, esses grupos foram analisados em um microscópio petrográfico para maior detalhamento.

Além de uma descrição em detalhe da rocha, o estudo petrográfico visou a obtenção de informações que possam auxiliar na compreensão de sua gênese e na determinação de uma estimativa inicial de sua porosidade. Para isso, a descrição dos tipos mineralógicos, de cimento, da matriz e de suas estruturas são importantes.

Outros trabalhos também foram realizados em laboratório. Um deles é a determinação dos parâmetros hidrogeológicos do Arenito Lapa, como: condutividade hidráulica e porosidade efetiva. Para isto foi realizada uma análise granulométrica de 4 (quatro) amostras (LA-10, LA-15, LA-19 e LA-21).

Os procedimentos adotados para a realização da análise granulométrica foram:

- desagregar a amostra com um martelo de borracha e secar em uma estufa;
- pesar aproximadamente 50 g da amostra seca;
- adicionar água destilada e 1 g de pirofosfato (para evitar a floculação da argila) e agitar em uma batedeira por alguns minutos;
- colocar toda a amostra em uma bureta de 1000 ml;
- realizar a *pipetagem* nos intervalos de tempo de 58", 1'52", 7'44", 31' e 2h3';
- colocar em "forminhas", previamente pesadas, o produto das *pipetagens* e secar em uma estufa à aproximadamente 60° C;
- o material que restou na proveta deve ser filtrado a vácuo e colocado para secar;
- depois de seco, pesar as "forminhas";
- peneirar o material filtrado em um conjunto de peneiras de 2,00 mm à 0,62 mm, e pesar o material retido nas diferentes granulometrias;

É importante ressaltar que a condutividade hidráulica é uma característica intrínseca do meio poroso, e pode ser determinada através da fórmula de Darcy.

$$Q = K A \frac{(h_1 - h_2)}{L}$$

Darcy chegou a esta fórmula através do experimento mostrado abaixo (fig. 7).

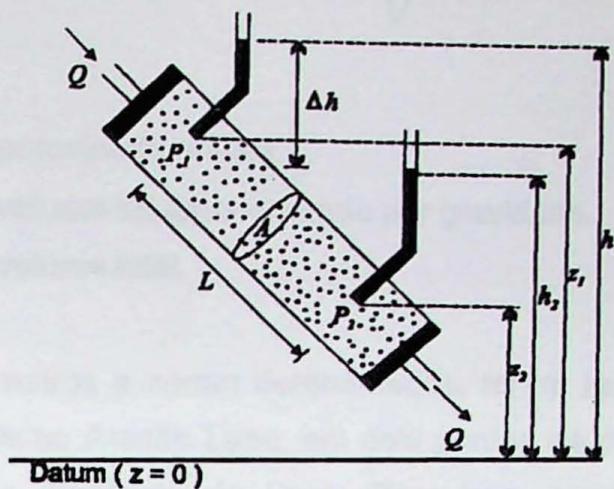


Figura 7: Experimento de Darcy (Feitosa & Manoel Filho, 1997).

onde:

- $h_1$  = carga hidráulica no piezômetro 1 [L]
- $h_2$  = carga hidráulica do piezômetro 2 [L]
- $z_1$  = cota do ponto  $P_1$  (piezômetro 1) [L]
- $z_2$  = cota do ponto  $P_2$  (piezômetro 2) [L]
- $Q$  = vazão constante que passa pelo cilindro  $[L^3 T^{-1}]$
- $A$  = área de seção transversal do cilindro  $[L^2]$
- $\Delta h$  = variação da carga hidráulica entre os piezômetros 1 e 2 [L]
- $L$  = distância entre os piezômetros 1 e 2 [L]

A partir deste experimento, Darcy concluiu que a vazão do escoamento (volume por unidade de tempo) era:

- Proporcional à seção transversal ( $A$ ) do filtro;
- Proporcional à diferença de cargas hidráulicas ( $h_1$  e  $h_2$ ), entre os piezômetros 1 e 2 (figura 3);
- Inversamente proporcional à distância ( $L$ ) entre os piezômetros 1 e 2.

Outro parâmetro importante a ser determinado refere-se à porosidade efetiva, a qual pode ser definida como a quantidade de água fornecida por unidade de volume do material, ou seja, a razão entre o volume de água efetivamente liberado de uma amostra de rocha porosa saturada e o volume total.

$$\eta_e = \frac{V_D}{V}$$

onde:

$\eta_e$  = porosidade efetiva

$V_D$  = volume de água drenada por gravidade

$V$  = volume total

Além desses parâmetros a serem determinados, foram realizadas análises físico-químicas da água presente no Arenito Lapa, em dois pontos de coleta, nas proximidades do Parque do Monge, no município de Lapa. Para isso, algumas normas gerais de amostragem foram seguidas, as quais são aplicáveis na maioria dos casos e podem sofrer adaptações sempre que necessário. Essas normas gerais foram modificadas de Feitosa & Manoel Filho (1997):

- O objetivo da amostragem é coletar uma porção representativa para análise, cujo resultado fornecerá uma imagem mais próxima do universo estudado.
- Quando o aquífero é homogêneo e isotrópico, uma amostra d'água tomada em qualquer ponto é representativa do mesmo.
- O número de amostras, a freqüência da amostragem, o número de pontos de coleta e a escolha dos indicadores de qualidade dependem da finalidade do estudo.
- A coleta de amostras d'água num poço deve ser realizada após o seu bombeamento por alguns minutos, para evitar amostras não representativas do aquífero, estagnadas e/ou contaminadas.
- As amostras devem ser coletadas, acondicionadas, transportadas e manipuladas antes do seu exame, de maneira a manter suas características, permanecendo, assim, inalterados os seus constituintes e suas propriedades.
- Todos os reagentes a serem utilizados na preservação de amostras e na lavagem de frascos deverão ser de qualidade, para que não acha alterações na análise.
- Cada amostra coletada e devidamente identificada deverá ser acompanhada de uma ficha contendo informações que a caracterize perfeitamente (data da coleta, condições climáticas, nome do coletor, nome do interessado, e observações que possam auxiliar tanto a análise como a interpretação do resultado), bem como relacionando as medidas efetuadas em campo (pH, temperatura da amostra e do

ar, vazão de bombeamento, profundidade do nível d'água, etc.), equipamentos utilizados (nome, tamanho, capacidade, etc.), informando a finalidade da análise (potabilidade, irrigação, consumo industrial, etc.) e os parâmetros a serem analisados no laboratório.

- Cuidados especiais devem ser tomados com impurezas contidas nas mão dos amostradores. Os mesmos devem, portanto, manter as mãos limpas ou usarem luvas cirúrgicas e não fumarem durante a coleta, pois impurezas, fumaça e cinzas de cigarro podem contaminar fortemente as amostras com metais pesados e fosfatos, entre outras substâncias.

#### *Quarta Fase: Trabalhos de Escritório*

Os trabalhos de escritório ocorreram antes, durante e após as 3 (três) fases já mencionadas, analisando e interpretando os dados obtidos. Para isto foram utilizados programas específicos durante cada etapa do projeto.

Programas como *Autocad*, *CorelDraw* e *Resist* (*programa elaborado pela Universidade de Waterloo, no Canadá*) foram utilizados para a confecção de mapas, figuras, seções geológicas etc.

Incluem-se, nesta fase, os trabalhos de fotointerpretação, de grande importância para a delimitação do Arenito Lapa, bem como sua relação com as rochas encaixantes (varvitos, diamictitos, folhelhos, arenitos) e para a preparação dos trabalhos de campo.

Outros trabalhos também serão realizados nesta fase, como:

- Interpretação e correlação estratigráfica dos dados obtidos das sondagens elétricas verticais;
- análise e interpretação dos dados geofísicos levantados;
- determinação do melhor método geofísico de investigação, visando a elaboração de um modelo prospectivo;
- fotomontagem;
- correlacionar os dados de campo com a fotomontagem;
- montagem de seções geológicas;
- interpretação das análises químicas;
- correlacionar os dados de petrografia com os dados observados em campo;
- estudo da gênese e elaboração de um modelo prospectivo para o corpo rochoso, que seja compatível com os dados levantados;
- outros que possam decorrer dos anteriores.

#### 4. Desenvolvimento do Trabalho

Diversas atividades foram realizadas durante este período de trabalho de formatura; inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica a respeito dos trabalhos que envolviam análise estratigráfica / faciológica das rochas do Arenito Lapa e também de ordem hidrogeológica; estas pesquisas tiveram por objetivo formular o Projeto Inicial, o qual foi realizado no mês de Março deste ano.

Além dessas atividades de pesquisa bibliográfica, foram examinadas as fotografias aéreas da região e arredores, o que permitiu preparar de maneira mais adequada os trabalhos de campo, e verificar a possível existência de outros corpos semelhantes ao Arenito Lapa, próximos ao corpo do mesmo. Esta atividade foi realizada principalmente durante os meses de Abril e Maio, sendo revistas parcialmente em Julho.

Posteriormente, a partir das informações bibliográficas, foi escolhido um conjunto de perfis de poços de sondagens, realizados pela Petrobrás e pela PAULIPETRO, para a confirmação da existência de corpos análogos ao Arenito Lapa em subsuperfície, a qual foi efetuada nos meses de Maio e Junho.

O mês de Julho foi escolhido para a confecção do relatório de progresso, o qual foi entregue no início do mês de Agosto.

O primeiro trabalho de campo foi realizado em Agosto, e teve por objetivos identificar as principais faciologias presentes no corpo rochoso, coletar amostras para análise granulométrica e petrografia sedimentar, e também estivemos em Curitiba com o intuito de coletar dados junto a SANEPAR (Companhia de Abastecimento do Estado do Paraná), na UshG (Unidade de Serviços de Hidrogeologia).

Após este primeiro trabalho de campo, tiveram início os trabalhos de laboratório (análise granulométrica e petrografia sedimentar), nas dependências do Laboratório de Sedimentologia (DPE) e na sala de Microscópia (IGc), os quais se estenderam de Agosto à Outubro.

No segundo trabalho de campo (mês de Setembro) foram realizadas investigações geofísicas (eletrorresistividade) nas proximidades do Parque do Monge, cidade de Lapa (PR), além da coleta de água para análise físico-química em dois pontos.

O dados coletados em campo foram trabalhados principalmente nos mês de Outubro, paralelamente a confecção deste Relatório Final.

## 5. Atividades Realizadas e Interpretações

### 5.1 Fotointerpretação

Foram examinadas as fotografias aéreas de toda a extensão conhecida do Arenito Lapa e de porções laterais ao corpo, em uma escala de 1 : 25.000.

Foram manipuladas e interpretadas 517 fotografias aéreas, do que resultou, além de um grande trabalho, uma familiarização com as principais feições do Arenito Lapa em fotos aéreas, descritas abaixo:

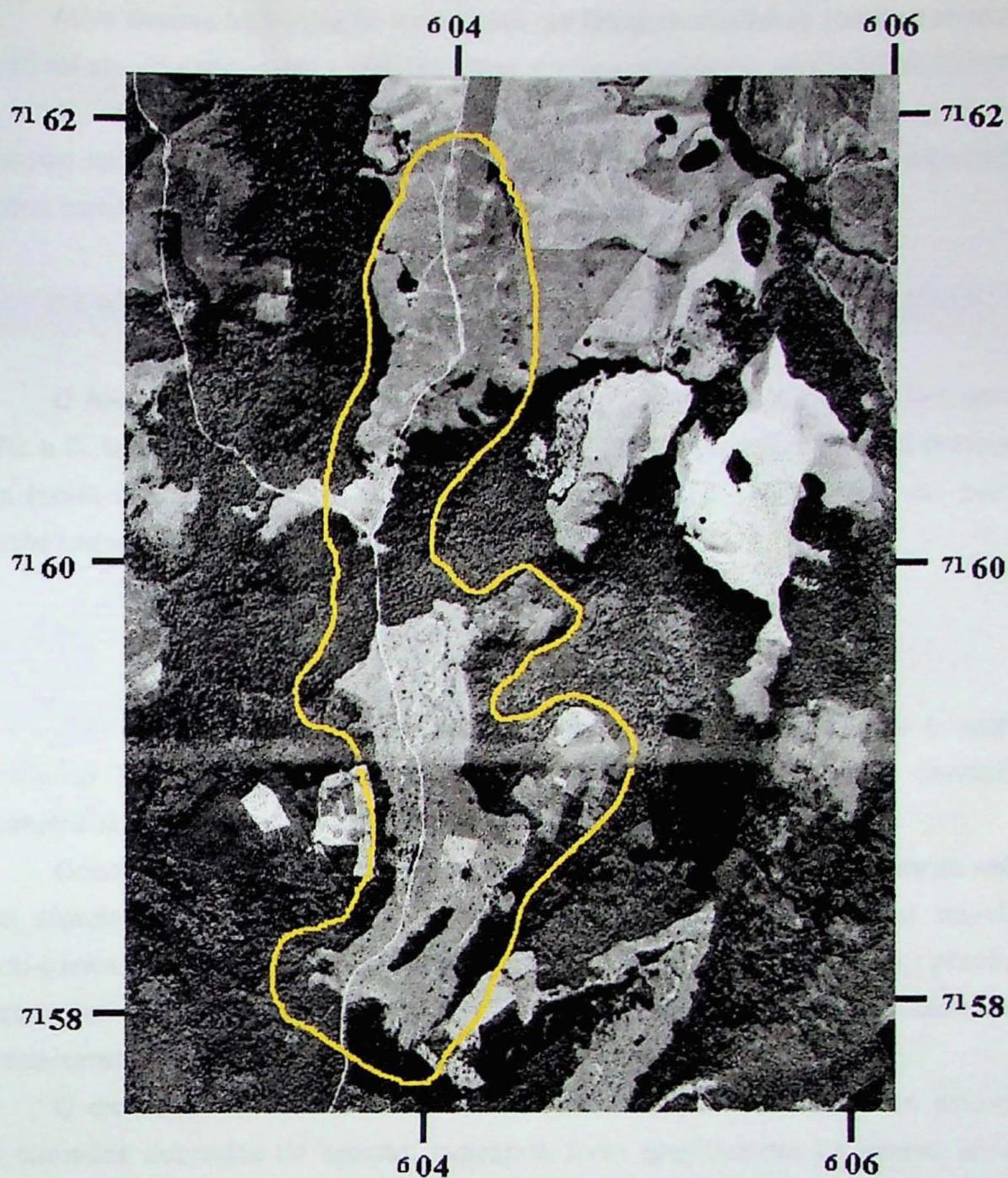
- geralmente o corpo apresenta-se morologicamente destacado na topografia, mas em algumas porções tem-se a impressão de que o canal está “mergulhando” no terreno, deixando à vista poucas feições para identificá-lo com segurança;
- em toda a extensão observável do Arenito Lapa desenvolvem-se escarpas resistentes, semelhantes às observadas no Parque Estadual de Vila Velha. Tal fato pode estar relacionado com a composição mineralógica do corpo, cujo componente clástico é predominantemente quartzítico;
- também não se nota uma vegetação muito desenvolvida sobre o corpo.

Outros corpos menores e laterais ao Arenito Lapa foram identificados. Estes apresentam feições muito semelhantes ao corpo principal, o que chegou a confundir.

Em alguns desses corpos a direção de maior alongamento é E - W, ou seja, ortogonal a direção do Arenito Lapa, notando-se, contudo, um predomínio da direção N - S, como mostra a figura 8.

A presença desses corpos laterais pode corresponder ao registro do complemento de um sistema de drenagem subglacial, sendo que os corpos com direção E - W serviriam como canais de abastecimento do canal principal (Complexo Lapa/Vila Velha). Para que esta hipótese seja confirmada, existe a necessidade de algumas ponderações:

- i) o tipo litológico presente nesses corpos menores, deve corresponder ao mesmo encontrado no Arenito Lapa;
- ii) o sentido das paleocorrentes, registradas nos corpos com alongamento E - W, deve convergir para o canal principal.



**Figura 8:** Corpo semelhante ao Arenito Lapa de direção N - S.

Outra hipótese que pode ser formulada para a gênese dos corpos de direção E - W, considera que eles possam estar relacionados a sucessivos eventos de recuo e estagnação da geleira, quando então ocorreria a liberação de material clástico que formaria pequenas *morainas frontais*, nesse caso, seriam constituídos de diamictito. A confirmação dessas hipóteses necessita, contudo, de trabalhos adicionais de campo.

É importante salientar que a formação desses canais subglaciais está ligada a diversos fatores e, entre eles, a paleotopografia possui um papel fundamental para a sua gênese e orientação (Paterson, 1994).

Além dessas hipóteses já levantadas, as fotografias aéreas revelam também que a região foi afetada por diversos falhamentos, preferencialmente seguindo as direções NW - SE e NE - SW. Os falhamentos tornam-se claros pelo padrão de drenagem retangular existente na área. Em algumas regiões este padrão transforma-se em meandrante, onde feições como meandros abandonados são facilmente reconhecidas.

## 5.2 Análise Faciológica

O Arenito Lapa pode ser subdividido em pelo menos 4 (quatro) facies principais A, B, Rc e C. Quanto ao substrato, neste trabalho ele não está subdividido, e é representado pela facies Dm. A facies Cg, apesar de estar inserida no canal Lapa, não pertence ao Arenito Lapa, propriamente dito.

### Facies Dm

Esta facies representa o substrato regional do Arenito Lapa, e é basicamente constituída por um diamictito de matriz siltica-arenosa, com clastos centimétricos à decimétricos de granitos, gnaisses, quatzitos, arenitos e outros (fig. 09).

Ocorrem, no diamictito, intercalações de lentes métricas de um arenito médio-fino, bem selecionado, subanguloso à subarredondado, podendo apresentar estratificações plano-paralelas e cruzadas acanaladas de pequeno à médio porte, provavelmente representativas de canais fluviais pró – glaciais, não sendo raro essas lentes se apresentarem deformadas e dobradas.

O diamictito apresenta-se com deformado, aspecto esse sugerido principalmente por camadas dobradas de arenito, indicando fluxo gravitacional de massa com direção média N 300, e em cortes transversais o diamictito apresenta geometria típica de canais, sendo constituído de vários lobos superpostos e amalgamados, com 2 à 3 metros de largura.

Sotoposto estratigraficamente ao diamictito, encontramos um folhelho de cor marrom à avermelhada, com clastos caídos centimétricos, com intercalações de ritmito, com pares de granulometria siltica e areia fina, clastos caídos decimétricos e em alguns casos chega a alcançar 0,5 m (fig. 10).



**Figura 9:** Diamictito com matriz siltica-arenosa e camadas deformadas de arenito.



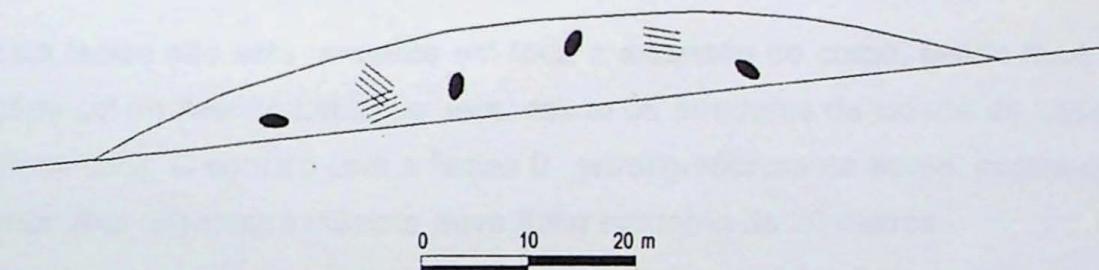
**Figura 10:** Ritmito com clastos caídos.

### Facies Cg

Associados ao canal Lapa e subjacente ao Arenito Lapa, ocorre a facies Cg, que é constituída por arenitos esbranquiçado, de granulometria média à grossa, mal selecionados e com estratificação cruzada acanalada de pequeno a médio porte, sobrepondo-se a conglomerados polimíticos, de matriz siltica-arenosa, intercalados aos diamictitos.

Esta facies não ocorrem em toda a extensão do canal e sua geometria é bastante peculiar, correspondendo a corpos alongados, geralmente de pequena a média extensão, que se adelgaçam para as extremidades (fig. 11). Estes corpos podem apresentar-se deformados e falhados em alguns afloramentos, como, por exemplo, o existente nas proximidades da Fazenda Roseira, próximo de Lapa.

Os contatos com a facies subjacente, Dm, e com o Arenito Lapa, situado estratigraficamente acima, são bruscos e erosivos. A espessura desta facies, normalmente não ultrapassa 15 (quinze) metros.

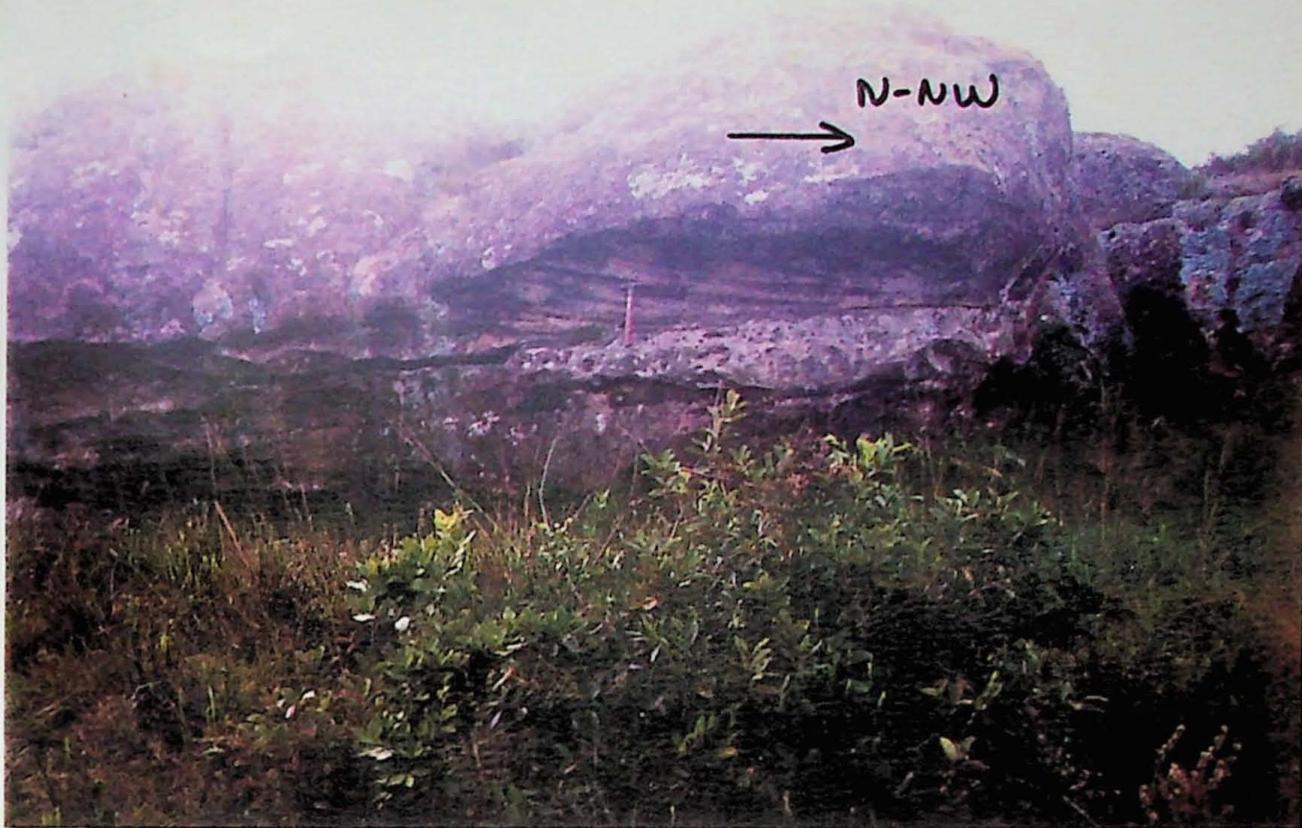


**Figura 11:** Geometria dos corpos alongados da facies Cg.

### Facies A

A facies , aqui denominada, A, é a mais basal do Arenito Lapa. É composta por arenito médio-grosso, de coloração vermelha a amarela, com algumas porções mais feldspáticas e outras bem quartzosas, com clastos centimétricos, principalmente na base, que lhe conferem um aspecto conglomerático. Da base para o topo há uma tendência de diminuição da granulometria caracterizando um seqüência granodecrescente ascendente (*fining upward*).

A característica mais típica desta facies é a presença de estratificações cruzadas tangenciais de médio à pequeno porte (fig. 12). A direção média de transporte na porção mais a sul é N 320, enquanto que s norte é N 035.



**Figura 12:** Estratificação cruzada tangencial da facies A do Arenito Lapa.

Esta facies não está presente em toda a extensão do corpo, sendo mais freqüente nas porções sul do Arenito Lapa, ou seja, desde os arredores da cidade de Lapa (PR) até Rio Negrinho (SC). O contato com a facies B, estratigraficamente acima, ocorre de maneira gradacional. Sua espessura máxima deve estar em torno de 20 metros.

#### Facies B

Esta é a facies mais espessa de todo o Arenito Lapa, compreendendo aproximadamente 60 metros de expressura máxima dos sedimentos, é composta de arenito vermelho a amarelado, de granulometria fina-média ,quartzosa, com algumas lentes mais feldspáticas.

Intercalam-se alguns sets formados por arenito grosso, mal selecionado, com clastos milimétricos a centimétricos. Uma das feições típicas desta facies são as estratificações cruzadas longas e de baixo ângulo (fig. 13) e alguns horizontes com estruturas sedimentares semelhantes a estratificação cruzada *hummocky* (fig. 14).

O contato da facies B com a facies C, sobreposta, também é do tipo gradacional.



**Figura 13:** Estratificação cruzada longa e de baixo ângulo.



**Figura 14:** Estratificação cruzada hummocks, ressaltada pela água corrente liberada do Arenito Lapa.

### Facies Rc

Esta facies possui aproximadamente 4 metros de espessura, e ocorre intercalada entre os sedimentos da facies B, com contatos bruscos. É composta, da base para o topo, por um ritmito (siltito e arenito fino), com clastos caídos decimétricos de até 35 cm (fig. 15), recoberta por diamictito de matriz siltica-arenosa e estratificado, mostrando-se com dobras causadas por escorregamento.

Esta facies foi identificada no Parque do Monge, na cidade de Lapa (PR), e pode ser utilizada como uma camada guia dentro do corpo rochoso, em sua parte aflorante nesta região, pois possui uma boa persistência lateral.

O contato entre o ritmito e o diamictito estratificado é brusco.



**Figura 15:** Clasto caído, Parque do Monge, Lapa (PR).

### Facies C

A facies C é composta por um arenito avermelhado a amarelado, médio-grosso, quartzoso, bem selecionado, com estratificação cruzada tangencial, indicativa de correntes para NW-N-NE.

Esta é a facies estratigraficamente mais elevada do Arenito Lapa e a menos espessa, provavelmente como resultado da ação do intemperismo e erosão, que em muitas localidades ocasionou a perda total desta facies.

#### Interpretação faciológica

Algumas interpretações podem já ser tentadas, principalmente no que se refere às facies relacionadas diretamente ao Arenito Lapa.

A facies Cg, que está associada ao canal Lapa, possui características sedimentares e geométricas (isto é, corpos alongados que se adelgaçam nas extremidades), semelhantes às que vêm sendo descritas na literatura como *eskers*. Entretanto, dados coletados nas últimas etapas de campo realizadas, parecem indicar a possibilidade da existência de 2 (dois) tipos de *eskers*: um subglacial e outro englacial. Esta diferenciação deve-se à presença, em alguns desses corpos, de falhas e deformações, que são indicativas do processo final de assentamento, por fusão do gelo, que deveria sustentar ou envolver o *esker*, sobre o substrato, sugerindo desenvolvimento englacial. Já o subglacial apresenta-se praticamente sem deformação, que pode ocorrer em suas partes laterais, as quais podem estar apoiadas de alguma forma no gelo. A presença de *eskers* associados ao canal Lapa, sugere que o mesmo teria sido escavado em um ambiente subglacial, correspondendo, desta forma, a uma feição subglacial do tipo vale-túnel.

Já na facies A, a mais basal do Arenito Lapa, suas características sedimentológicas e a presença de estratificações cruzadas tangenciais de pequeno a médio porte, são indicativas de um ambiente fluvial, que podem estar relacionadas ao recuo da geleira, após a formação do canal Lapa.

A facies B apresenta estratificações cruzadas de baixo ângulo e alguns horizontes contendo estratificação cruzada *hummocky*. Essas feições são típicas de um ambiente marinho raso, estando relacionadas, provavelmente, a uma elevação do nível do mar, causando transgressão marinha que invadiu o canal, devido ao grande aporte de água produzido pelo degelo, retrabalhando, pelo menos em parte, os sedimentos incosolidados da facies A, sendo este o principal motivo da facies A ocorrer mais freqüentemente ao sul, no corpo foi preservada, pois o litoral estava mais a norte, próximo à região de Vila Velha.

A passagem de um ambiente fluvial, registrado na facies A, para um ambiente marinho, não teria ocorrido de maneira brusca, mas gradualmente, pois ocorrem dentro da facies B paleocorrentes com sentido SW - S - SE (marinho) e NW - N - NE (fluvial). Isto pode ser explicado por variações de menor escala do nível do mar.

A facies Rc, que intercala-se à facies B, representa uma mudança brusca de energia, pela presença de um material mais fino (ritmito siltítico). Esta mudança de energia está relacionada a uma modificação rápida do ambiente deposicional. Pelo que foi observado em campo e pelo que a literatura nos descreve, é comum ocorrerem novos avanços glaciais, fato este que já foi descrito no Subgrupo Itararé (P – C), na área (Canuto *et al.*, 1985). Assim sendo, estaríamos diante de um importante evento, representado por esta facies, correspondendo a um novo avanço das geleiras na área. A geleira, nesse novo avanço, não teria atingido o canal, mas teria passado por sobre o mesmo, escorada ao longo de suas margens, pois não foram encontradas, ainda, estrias no arenito, nesse nível, como seria de se esperar, se o gelo tivesse tido contato com os sedimentos, depositado até então.

O avanço do gelo e o consequente abaixamento do nível do mar, causaram a diminuição da energia, favorecendo a deposição dos ritmitos.

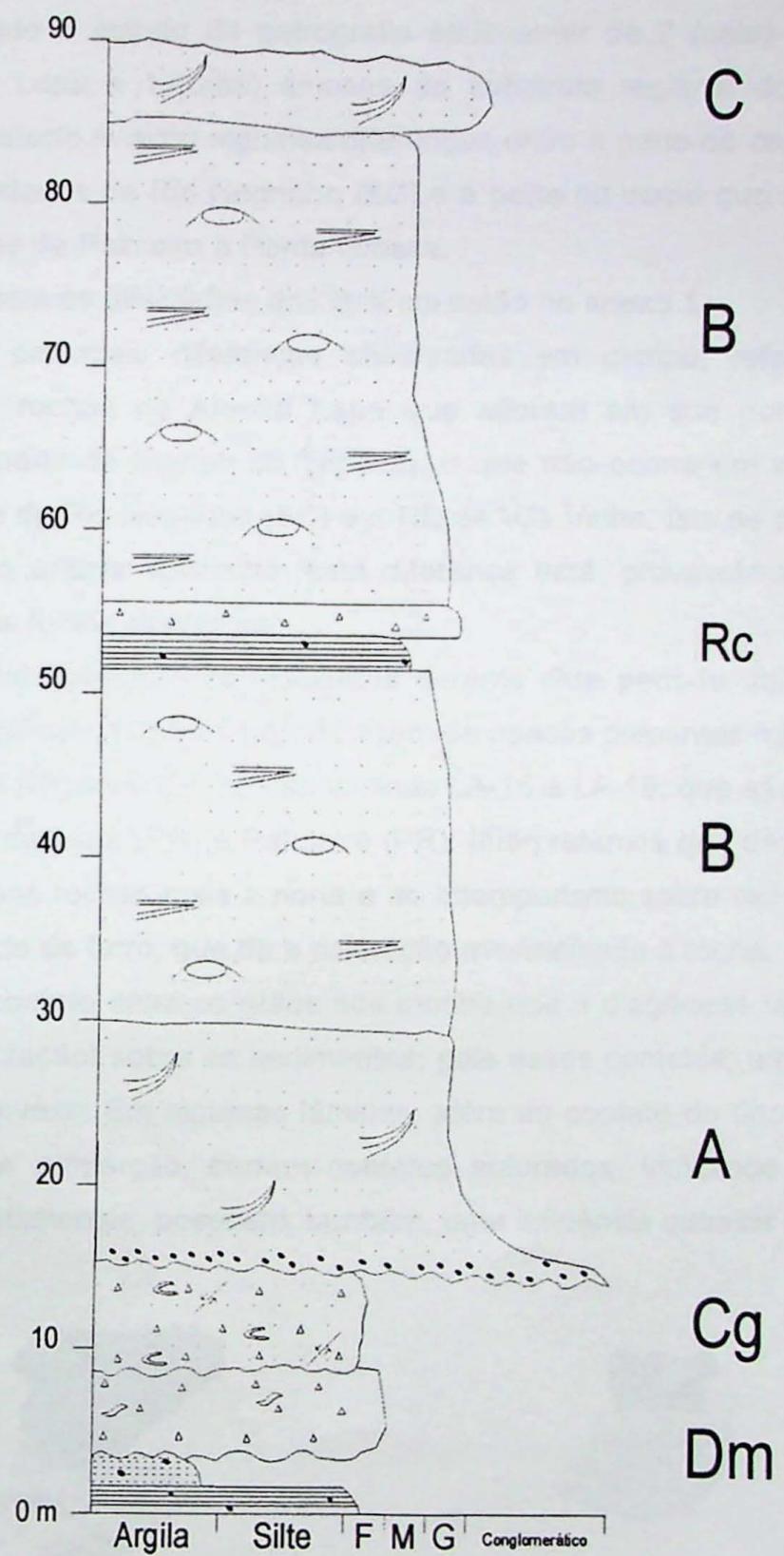
O recuo do gelo desencadeou, a partir de sua desagregação, a formação de icebergs, que liberaram clastos, que caíram no ritmitos.

Ainda em tempos de mar baixo, diamictitos abandonados pelo degelo, próximo às margens do canal, ainda empapados de água, tornaram-se instáveis e fluíram para dentro do mesmo, por sobre os ritmitos.

Segundo Canuto (comunicação verbal), o avanço do gelo registrado nesse nível do Arenito Lapa corresponderia ao terceiro avanço glacial na região, caracterizado por nível de estrias observado nas rochas encaixantes, pertencentes ao Subgrupo Itararé na região, representando a fase de mar baixo da terceira seqüência de 3<sup>a</sup> ordem, dentre aquelas propostas por Canuto *et al.* (1997a).

Na facies C, há o retorno às condições continentais, representado por estratificação cruzada acanalada com rumo preferencial norte, de correntes, indicando ambiente fluvial. Este retorno está relacionado à resposta gládio-isostática do continente, causada pelo alívio de carga produzido pela saída da capa de gelo (Canuto *et. al.*, 1997b).

As diversas facies do Arenito Lapa estão representadas na figura 16.



**Figura 16:** Coluna estratigráfica do Arenito Lapa.

### 5.3 Petrografia Sedimentar

Foi realizado o estudo da petrografia sedimentar de 7 (sete) amostras, sendo 6 (seis) do Arenito Lapa e 1 (uma) amostra do substrato regional do corpo rochoso, o diamictito. Esse estudo revelou algumas diferenças entre a parte do corpo que aflora mais a sul, nas proximidades de Rio Negrinho (SC) e a parte do corpo que aflora mais a norte, próximo às cidades de Palmeira e Ponta Grossa.

As fichas com as descrições das lâminas estão no anexo 1.

Uma das principais diferenças observadas em campo, refere-se à coloração avermelhada das rochas do Arenito Lapa que afloram em sua porção mais a norte, principalmente a partir de Campo do Tenente, o que não ocorre em suas porções a sul, próximo da cidade de Rio Negrinho (SC) e a NE de Vila Velha. Isto se deve à presença de óxido de ferro, no arenito vermelho, esta diferença está, provavelmente, relacionada à existência de áreas fontes diferentes.

Nos estudos petrográficos realizados durante este período, foi possível observar uma diferença significativa entre a porcentagem de opacos presentes na lâmina LA-10, que é da região de Rio Negrinho (SC) e das lâminas LA-15 e LA-19, que são, respectivamente, das proximidades de Lapa (PR) e Palmeira (PR). Interpretamos que devido à diferença de opacos presente nas rochas mais a norte e ao intemperismo sobre esses minerais, ocorre a formação de óxido de ferro, que dá a coloração avermelhada à rocha.

O tipo de contato entre os grãos nos mostra que a diagênese teve uma ação mais mecânica (compactação) sobre os sedimentos, pois esses contatos, em sua maioria, é do tipo côncavo – convexo. Em algumas lâminas, além do contato do tipo côncavo-convexo, embora em menor proporção, correm contatos suturados, indicando que a diagênese ocorrida nesses sedimentos, possuem, também, uma influência química (fig. 17).



a) Côncavo – convexo

b) Suturado

**Figura 17:** Tipos de contato entre grãos.

Outro parâmetro observado nessas lâminas foi a porosidade. A lâmina LA-08, que é constituída de diamictito (substrato regional), mostrou que a rocha é pouco porosa. Entretanto, as lâminas do Arenito Lapa apresentam, em sua grande maioria, uma elevada porosidade, sendo esta de origem primária. Em algumas lâminas examinadas, a porosidade alcançou até 30%, constituindo um aquífero de excelente qualidade, não só pela alta porosidade, mas também por possuir um substrato que pode atuar como um aquítarde, confinando as águas subterrâneas no corpo arenítico.

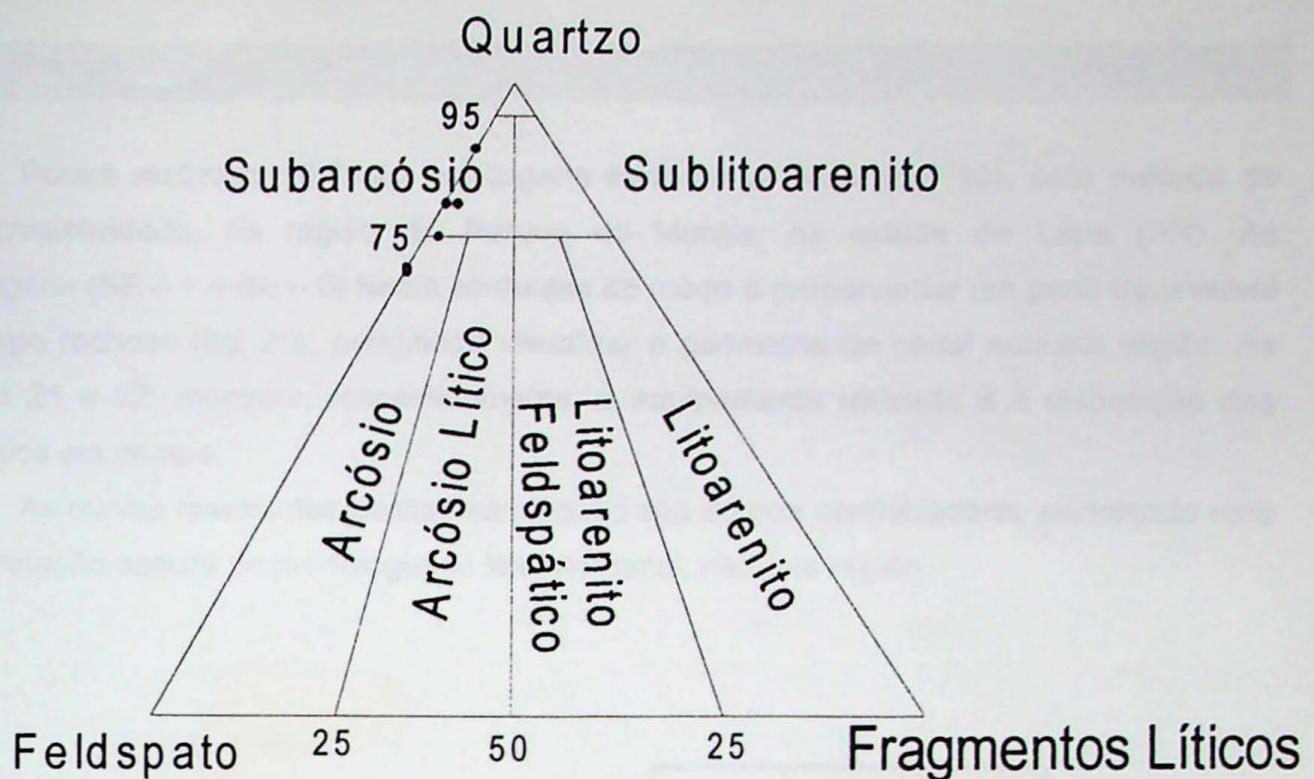
Apesar das condições serem adequadas para o aproveitamento do Arenito Lapa como fonte d'água, o aquífero apresenta-se muito vulnerável à contaminação, como constatado no Parque do Monge (informação verbal da Polícia Florestal que atua no Parque), sendo necessário um rigoroso controle para o seu aproveitamento.

Basicamente, o Arenito Lapa é composto de dois minerais: quartzo e ortoclásio; entretanto, outros minerais são também encontrados, como: muscovita, plagioclásio, titanita e opacos. A proporção de quartzo nessas rochas é de aproximadamente 70% – 80% e de ortoclásio 15% - 25%, mas nas lâminas LA-19 e LA-21 ocorrem alguns sets onde a proporção quartzo e ortoclásio é de quase 1:1. Nesses sets, a matriz encontrada é sindeposicional, mas parte dela é resultado do intemperismo de minerais como ortoclásio, e portanto, pós-deposicional.

Quanto à granulometria, existe uma diferença entre as 3 (três) facies A, B e C. As facies A e C (lâminas LA-10 e LA-15) apresentam uma granulometria mais grossa que a facies B; isto se deve, provavelmente, ao ambiente mais energético em que foram depositados os sedimentos (fluvial), por outro lado, a facies B, depositado em ambiente marinho, apresenta uma granulometria mais fina.

De maneira geral, os grãos são angulosos à subangulosos, podendo em algumas lâminas (LA-10 e LA-18) serem observados grãos subarredondados. Também ocorrem algumas lentes mais argilosas dentro do Arenito Lapa, como foi observado na lâmina LA-18. Essas lentes mais argilosas são importantes rochas seladoras, podendo conferir-lhe vários aquíferos semi-confinados.

As lâminas estudadas foram classificadas pelo método proposto por Folk (1968), conforme mostrado na figura 18, abaixo.



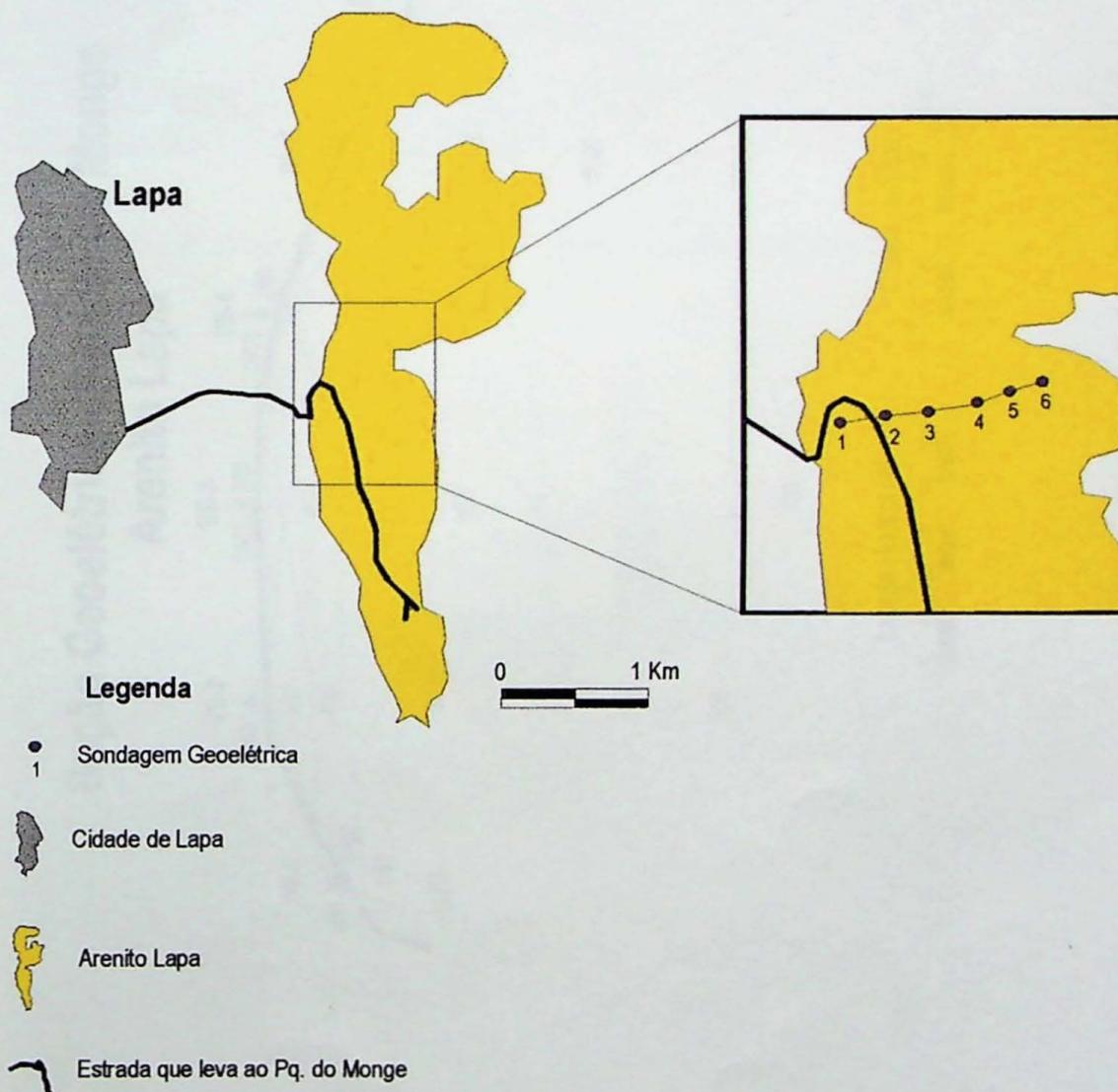
**Figura 18:** Classificação de Folk (1968).

Das 6 (seis) lâminas examinadas 4 (quatro) foram classificadas como subarcósios (LA – 10; LA – 16; LA – 18 e LA – 21) e 2 (duas) como arcósio (LA – 15 e LA – 19).

#### 5.4 Geofísica

Foram realizadas 6 (seis) sondagens elétricas verticais (fig. 19), pelo método da eletroresistividade, na região do Parque do Monge, na cidade de Lapa (PR). As sondagens (SE – 1 a SE – 6) foram alinhadas de modo a proporcionar um perfil transversal do corpo rochoso (fig. 20), permitindo visualizar a geometria do canal naquela região. As figuras 21 e 22, mostram, respectivamente, o equipamento utilizado e a disposição dos eletrodos em campo.

As curvas resultantes dessas sondagens são de boa confiabilidade, permitindo uma interpretação segura da morfologia do leito do canal, naquela região.



**Figura 19:** Localização das sondagens geoelétricas verticais.

## Seção Geoelétrica - Parque do Monge Arenito Lapa

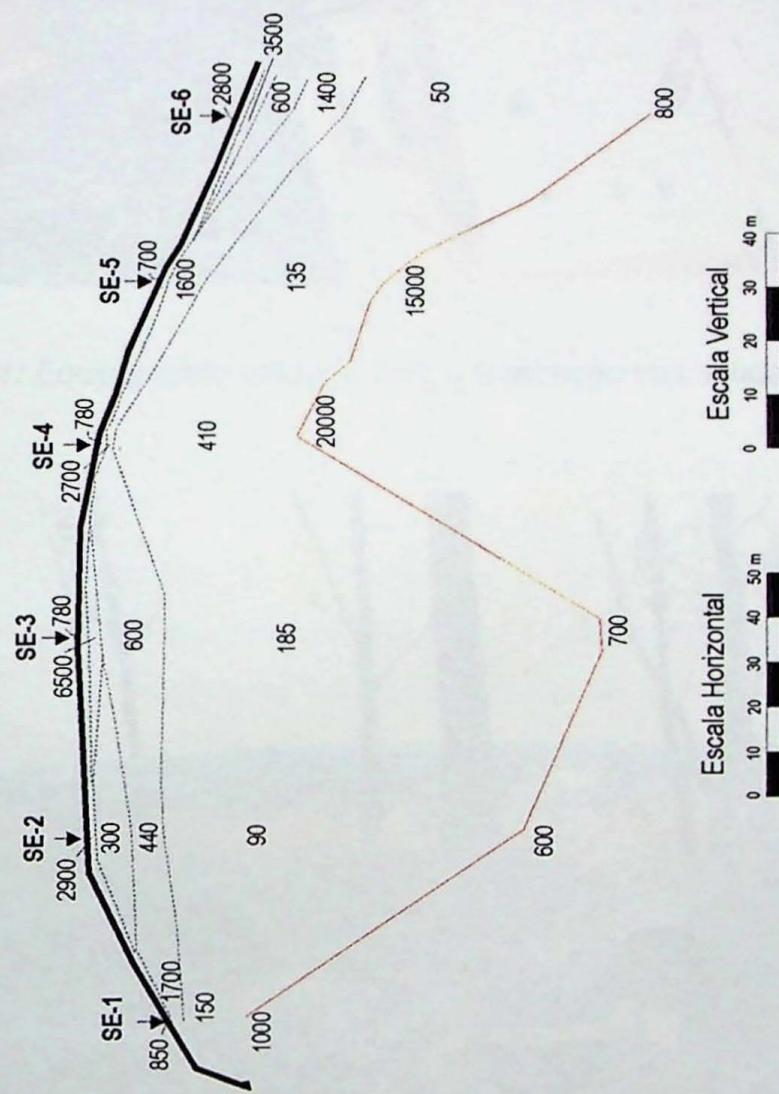
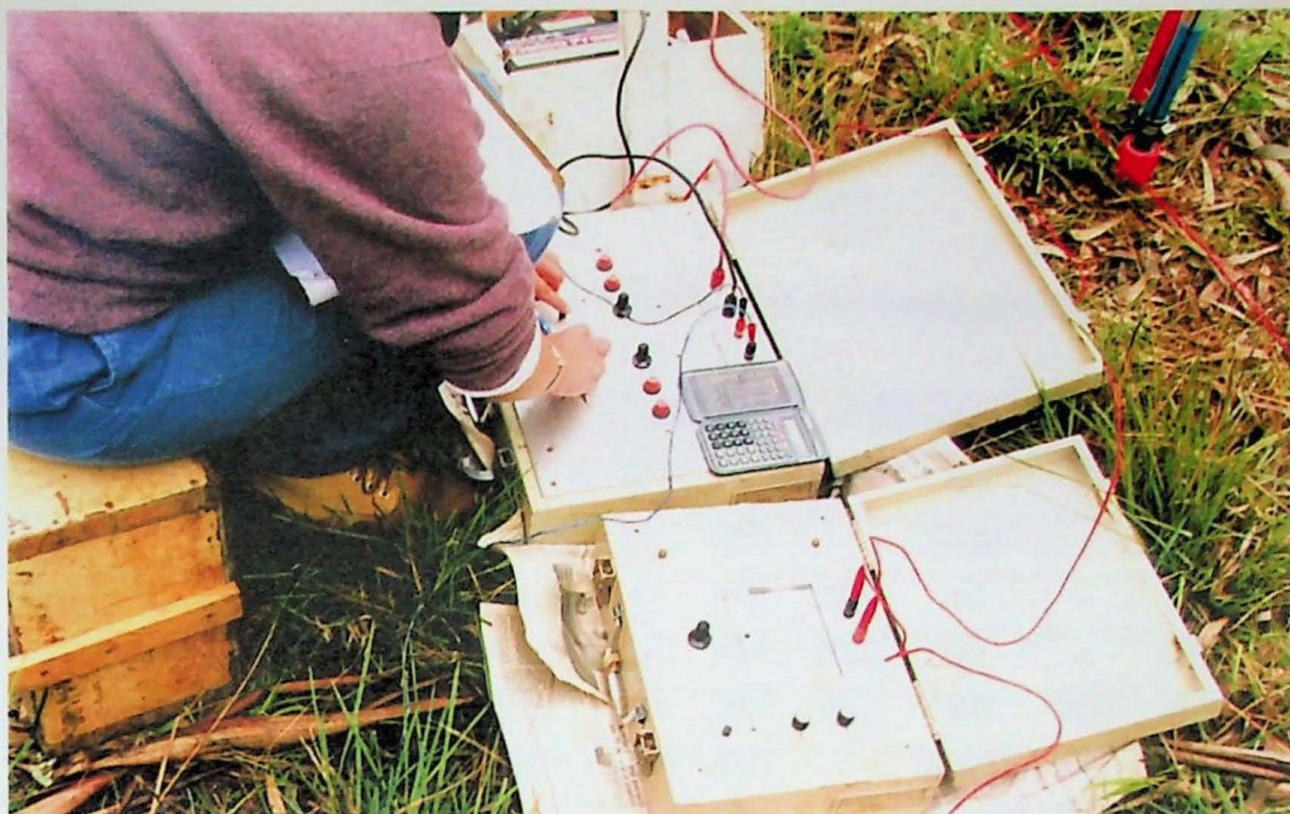


Figura 20: Seção geofísica do canal Lapa, no Parque do Monge.



**Figura 21:** Equipamento utilizado para a realização das sondagens elétricas verticais.



**Figura 22:** Disposição dos eletrodos em campo.

A fig. 20 é uma interpretação, de duas que serão descritas neste trabalho.

A tabela 3 expressa o resultado da interpretação das sondagens elétricas realizadas no Parque do Monge, onde os valores de resistividade elétrica estão representando em ohm.m e da espessura (E) em metros.

**Tabela 3:** Resumo das interpretações das sondagens geofísicas

	1 <sup>a</sup> Camada		2 <sup>a</sup> Camada		3 <sup>a</sup> Camada		4 <sup>a</sup> Camada		5 <sup>a</sup> Camada		6 <sup>a</sup> Camada	
	E	ρ	E	ρ	E	ρ	E	ρ	E	ρ	E	ρ
SE – 1	1,0	850	1,8	1700	12,0	150	-	1000	-	-	-	-
SE – 2	1,6	2900	7,0	300	6,0	440	70,0	90	-	600	-	-
SE – 3	1,0	780	3,0	6500	12,0	600	85,0	185	-	700	-	-
SE – 3a	1,0	770	3,0	6900	10,0	300	15,0	600	70,0	140	-	750
SE – 4	1,0	780	2,0	2700	35,0	410	-	20000	-	-	-	-
SE – 5	1,0	700	6,6	1600	35,0	135	-	15000	-	-	-	-
SE – 6	1,0	2800	1,8	3500	7,0	600	8,0	1400	70,0	50	-	800

No anexo 2 estão as curvas de resistividade com suas respectivas interpretações para cada SE.

Foram definidas de 4 (quatro) à 6 (seis) camadas geoelétricas para cada sondagem, sendo que a primeira e a segunda camada correspondessem, respectivamente, ao solo seco e ao sedimento saturado, com resistividades entre 700 e 780 na primeira e 1600 à 6500 na segunda camada, com exceção das SE – 2 e 6, que apresentam na primeira camada, respectivamente, 2900 e 2800, e na segunda camada 300 e 3500.

O nível d'água desta região, no Arenito Lapa, como mostra a tabela 3, é muito raso, ele varia de 1,6 à menos de 1 m, sendo que em alguns lugares está praticamente aflorando. Isto pode ser comprovado através de uma cacimba presente na área, que mostrou o nível d'água a aproximadamente 0,5 m.

Pode-se observar na fig. 20, que ocorrem camadas mais resistivas no interior do Arenito Lapa, fato também observado em uma segunda interpretação (fig. 23). Estas camadas correspondem a lentes mais argilosas inseridas no corpo rochoso, já descritas na seção 5.3, formando aquíferos semi-confinados no Arenito Lapa.

## Seção Geoelétrica - Parque do Monge Arenito Lapa

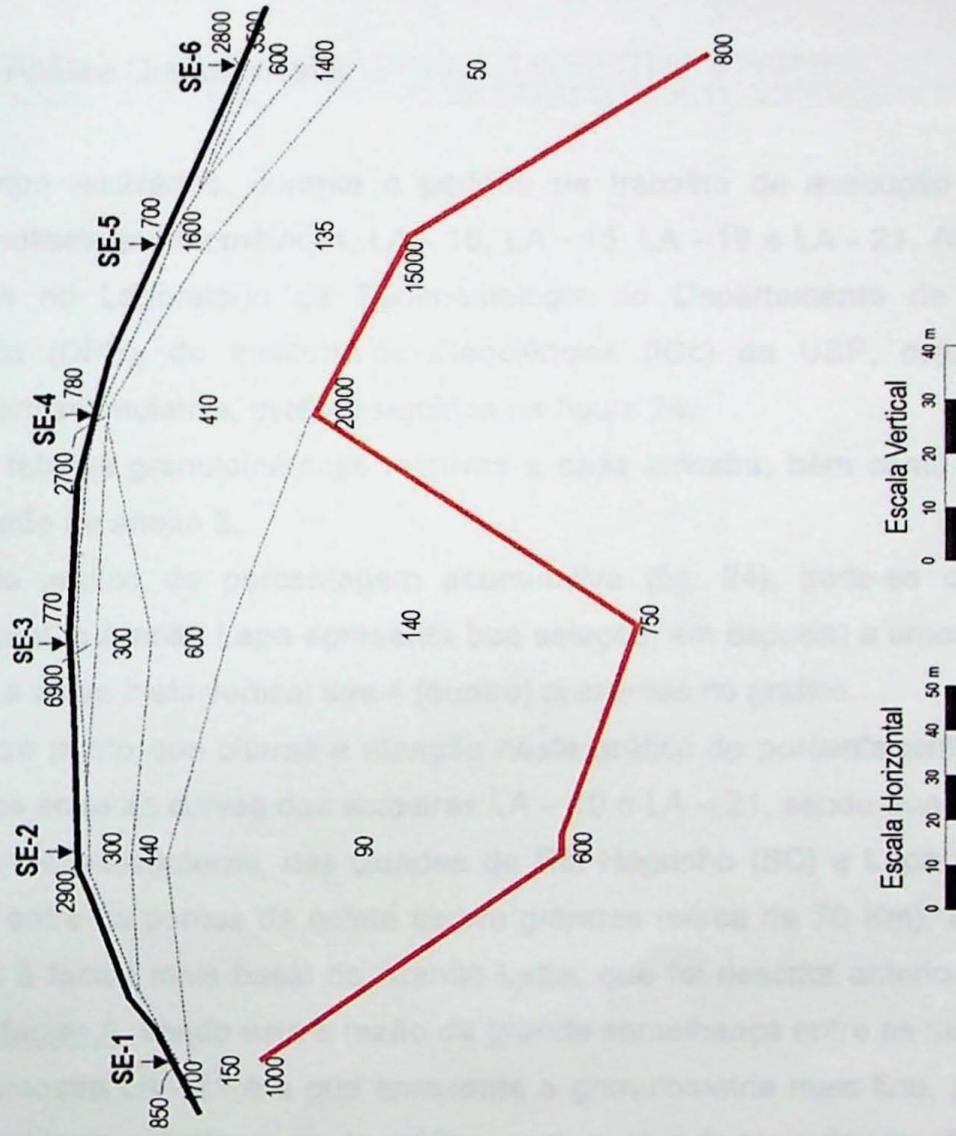


Figura 23: Seção geofísica do canal Lapa, no Parque do Monge, segunda interpretação.

Uma feição muito interessante foi identificada nas SE – 4 e 5 (fig. 19 e 23), onde a última camada apresenta resistividade muito elevada, 20000 e 15000, respectivamente, e ocorre a partir de profundidades de 37 m e 42,6 m, inferiores às encontradas nas SE – 2 e 3. Esta camada, pelo conhecimento que temos da geologia da área, pode estar indicando a presença de um *esker* na base do Arenito Lapa, pois o mesmo, segundo o modelo verificado mais a sul (Canuto *et al.*, 1997b), pode conter matriz siltica-argilosa e fração grossa dada por conglomerado grosso, até com maticões, de rochas do embasamento pré-cambriano, bastante duras, ambas causando, esta alta resistividade.

### 5.5 Análise Granulométrica

Foram realizadas, durante o período de trabalho de execução do formatura, 4 (quatro) análises granulométricas, LA - 10, LA - 15, LA - 19 e LA - 21. As amostras foram preparadas no Laboratório de Sedimentologia do Departamento de Paleontologia e Estratigrafia (DPE), do Instituto de Geociências (IGc) da USP, cujos resultados de porcentagem acumulativa, estão resumidos na figura 24.

As tabelas granulométricas relativas a cada amostra, bem como seus respectivos gráficos estão no anexo 3.

Pelo gráfico de porcentagem acumulativa (fig. 24), pode-se observar que, de maneira geral, o Arenito Lapa apresenta boa seleção, em especial a amostra LA – 19, pois apresenta a curva mais vertical das 4 (quatro) presentes no gráfico.

Outro ponto que chama a atenção neste gráfico de porcentagem acumulativa, é a semelhança entre as curvas das amostras LA – 10 e LA – 21, sendo que as mesmas foram coletadas, respectivamente, nas cidades de Rio Negrinho (SC) e Lapa (PR). Apesar das distâncias entre os pontos de coleta serem grandes (cerca de 70 Km), as duas amostras pertencem à facies mais basal do Arenito Lapa, que foi descrita anteriormente, na seção 5.2, como facies A, sendo esta a razão da grande semelhança entre as duas amostras.

A amostra LA –21 é a que apresenta a granulometria mais fina, pois a sua curva está deslocada para a esquerda do gráfico, onde está o domínio das frações mais finas.

Utilizando a classificação granulométrica proposta por Udden - Wentworth (Blatt *et. al.*, 1972), classificamos granulometricamente as amostras analisadas (tabela 4).

Porcentagem Acumulativa

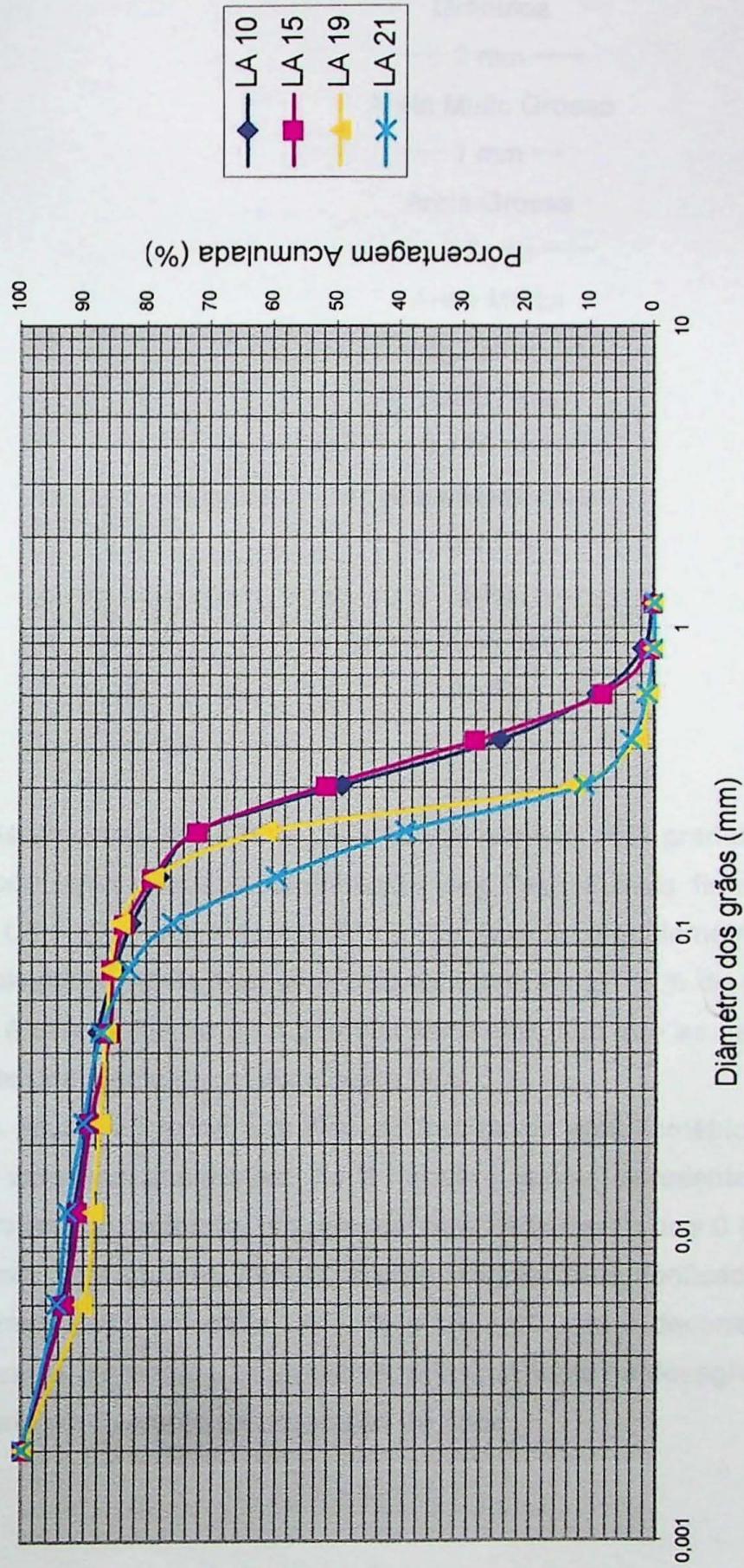


Figura 24: Resumo das análises granulométricas das amostras do Arenito Lapa.

**Tabela 4:** Classificação granulométrica de Udden – Wentworth (Blatt et al., 1972).

Grânulos	
— 2 mm —	
Areia Muito Grossa	
— 1 mm —	
Areia Grossa	
— 0,5 mm —	
Areia Média	
— 0,25 mm —	
Areia Fina	
— 0,125 mm —	
Areia Muito Fina	
— 0,0625 mm —	
Silte	
— 0,0039 mm —	
Argila	

As amostras LA – 10 e LA – 15 apresentam uma granulometria de areia grossa e média, com uma pequena contribuição das frações mais finas, da ordem de 12 %. A amostra LA – 19, é a que apresenta melhor seleção granulométrica; trata-se de um arenito de granulometria média-fina, com uma contribuição de 11 % de silte e argila. Já a amostra LA – 21 é constituída de uma granulometria mais fina que as demais, pois trata-se de um arenito de granulometria média à muito fina.

A figura 25 exibe o gráfico de freqüência granulométrica em porcentagem das 4 (quatro) amostras analisadas. As 4 (quatro) curvas apresentam-se deslocadas para a direita, sugerindo, portanto, um grau de assimetria menor que 0 (zero). Outra característica semelhante às 4 (quatro) curvas, é uma irregularidade verificada nas frações mais finas, principalmente das amostras LA – 15 e LA – 10, isto é decorrente da quebra de alguns grãos durante o preparo das amostras, principalmente na desagregação do material, o que ocasionaria um aumento na proporção de finos.

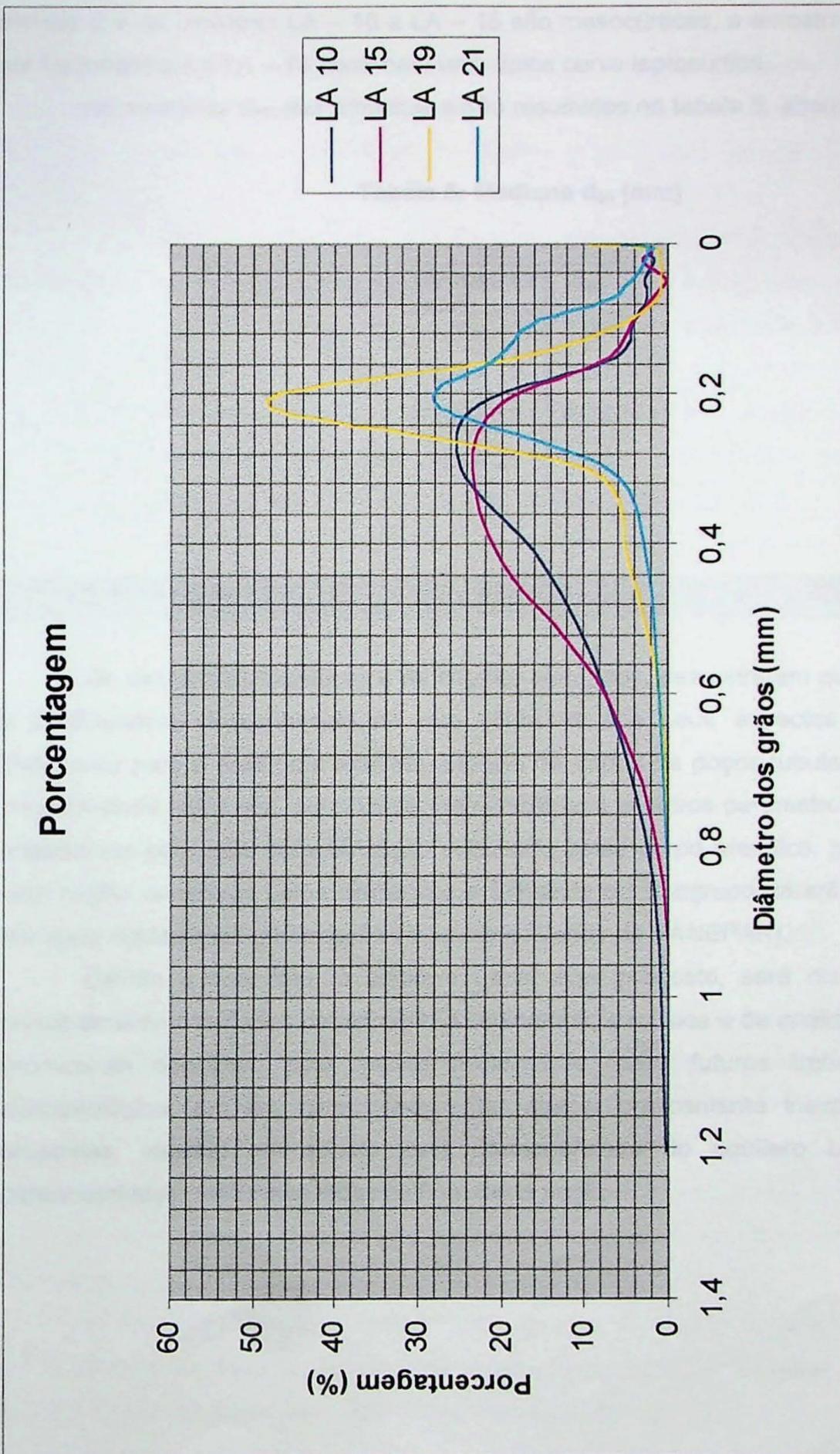


Figura 25: Curva de Porcentagem Granulométrica do Arenito Lapa.

Quanto ao grau de achatamento dessas curvas (coeficiente de curtose), podemos afirmar que as amostras LA – 10 e LA – 15 são mesocúrticas, a amostra LA – 21 tende a ser leptocúrtica e a LA – 19 apresenta uma típica curva leptocúrtica.

As medianas  $d_{50}$ , das amostras estão resumidas na tabela 5, abaixo:

**Tabela 5: Mediana  $d_{50}$  (mm)**

Amostras	$d_{50}$
LA – 10	0,30
LA – 15	0,31
LA – 19	0,22
LA – 21	0,18

## 5.6 Hidrogeologia

Os estudos bibliográficos e de campo, efetuados, demonstraram que o Arenito Lapa é praticamente desconhecido no que concerne aos seus aspectos hidrogeológicos. Verifica-se para a área uma total inexistência de dados de poços tubulares, nível d'água, condutividade hidráulica, porosidade, permeabilidade e outros parâmetros hidrogeológicos importantes para uma caracterização adequada deste corpo arenítico, principalmente em uma região dominada pelos diamictitos e folhelhos do Subgrupo Itararé, que são pobres em água subterrânea (informação verbal de geólogos da SANEPAR).

Devido a este fato, o aquífero Lapa, aqui proposto, será discutido com base principalmente nos dados de petrografia sedimentar, geofísica e de análise granulométrica, procurando contribuir, pelo menos inicialmente, para futuros trabalhos de ordem hidrogeológica, em um corpo sedimentar que é praticamente inexplorado. Algumas propostas, visando um estudo mais pormenorizado do aquífero Lapa e de suas potencialidades, serão discutidas no final desta seção.

### Petrografia Sedimentar

Os estudos petrográficos realizados em diversas facies do Arenito Lapa, demonstraram que o mesmo possui condições excelentes para o armazenamento d'água, isto, por apresentarem, pelo menos em lâmina, porosidades, em média, da ordem de 20% à 25%.

Em algumas lentes presentes no corpo rochoso, há uma diminuição acentuada na porosidade, por apresentarem uma proporção maior de matriz, como na lâmina LA –18. Essas lentes menos porosas, seriam responsáveis pela ocorrência de diversos aquíferos semi-confinados inseridos no aquífero Lapa. Esse fato é constatado na região do Parque do Monge, na cidade de Lapa (PR), onde o nível d'água chega a estar a 0,5 m de profundidade e nas encostas não ocorre o seu surgimento; portanto, as águas encontram-se confinadas entre essas camadas mais argilosas do Arenito Lapa.

A constatação dessas lentes mais argilosas, inseridas no corpo arenítico, é importante tanto na localização desses aquíferos semi-confinados, por meios indiretos (geofísica), como na quantificação de sua potencialidade.

### Geofísica

Os estudos geofísicos (sondagens elétricas verticais) realizados no Parque do Monge, na cidade de Lapa (PR), demonstraram que o Arenito Lapa não é tão homogêneo, como suposto no início deste trabalho. Na realidade, diversas camadas geoelétricas foram observadas e identificadas, principalmente na porção superior do corpo rochoso (figs. 20 e 23).

Em algumas dessas camadas, as resistividades elétricas alcançaram valores na ordem de 6000 ohm.m, indicando um meio mais argiloso e, portanto, menos propício à circulação das águas subterrâneas, selando camadas com resistividades de 10 a 20 vezes menores.

A persistência lateral dessas camadas mais argilosas e sua geometria, ainda não são bem conhecidas, necessitando-se de trabalhos geofísicos adicionais, tanto em seções transversais como longitudinais ao corpo arenítico.

A constatação dessas lentes mais argilosas dentro do Arenito Lapa, colabora com as informações discutidas acima (Petrografia Sedimentar) e realça a importância dessas estruturas em um futuro aproveitamento desse aquífero.

### Análise Granulométrica

A análise granulométrica dos sedimentos em estudo é uma importante ferramenta para a determinação de alguns parâmetros hidrogeológicos essenciais na caracterização desse corpo rochoso.

Os parâmetros aqui mencionados são números estimados, tendo como base não somente os dados de análise granulométrica, mas também os demais dados existentes tanto na literatura que trata sobre o assunto, como dos outros resultados acima descritos, podendo auxiliar em trabalhos futuros de maior detalhe.

As análises granulométricas realizadas, indicam que o Arenito Lapa é predominantemente bem selecionado, possuindo uma granulometria concentrada na fração areia média. Na tabela 6, há um resumo de alguns valores de porosidade total e eficaz para vários materiais.

**Tabela 6: Porosidade total e eficaz de diversos materiais (Custodio & Llamas, 1996).**

Material		Porosidade total %					Porosidade eficaz %			
Tipo	Descrição	Normal			Extraordinário			Média	Máx.	Min.
		Média	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Média			
Rochas sedimentares consolidadas	Arenitos	15	25	3	30	0,5	10	20	00	
	"Pizarras" sedimentares	05	15	2	30	0,5	<2	5	00	
Rochas sedimentares soltas	Aluviões	25	40	20	45	15	15	35	5	
	Areias	35	45	20			25	35	10	
	Dunas	35	40	30			20	30	10	
	Loess	45	55	40			<5	10	0,1	
	Depósitos glaciais	35	35	15			15	30	5	

Devido à avaliação preliminar da porosidade, realizada em microscópio, e à pequena quantidade de sedimentos finos presentes no Arenito Lapa, podemos estimar que a porosidade total do corpo deve estar em torno de 23 % e a porosidade eficaz entre 15 % e 18 %.

### Análise Físico – Química

Foram realizadas 2 (duas) análises químicas das águas subterrâneas do Arenito Lapa, coletadas em dois pontos. O primeiro em uma cacimba (fig. 26) nas proximidades do Parque do Monge, na cidade de Lapa (PR), a segunda coleta, deu-se no mesmo local em que Maack realizou a análise química da “água milagrosa” de Lapa (fig. 27).

Um dos problemas levantados durante esta monografia, refere-se ao alto teor de Fe nas águas subterrâneas de toda a região (informação verbal de geólogos da SANEPAR). Entretanto, nos dois pontos coletados, as concentrações de Fe apresentaram-se abaixo do valor máximo desejável (VMD), sendo 0,13 ppm para a água coletada no poço e 0,07 ppm para a fonte.

Aparentemente, este alto teor de Fe nas águas subterrâneas, é consequência do intemperismo das rochas do embasamento (gnaisses), ou ainda da oxidação dos revestimentos metálicos dos poços da SANEPAR (anexo 4).



**Figura 26:** Cacimba nas proximidades do Parque do Monge, com o proprietário, o Sr. Robson, à esquerda.



**Figura 27:** Fonte da “água milagrosa” de Lapa, no Parque do Monge.

No próprio local das coletas, foram realizadas medições de pH e de condutividade elétrica, que foram resumidas na tabela 7, abaixo:

**Tabela 7:** Medições de pH e Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ )

	pH	Condutividade elétrica ( $\mu\text{S}$ )
Poço do Sr. Robson	6,31	86
Fonte da “água milagrosa” de Lapa	5,78	44

As diferenças apresentadas na tabela 7, são decorrentes da pouca utilização do poço do Sr. Robson, enquanto na fonte a água está se movimentando constantemente; por este motivo, acreditamos que as águas da fonte representem melhor as águas subterrâneas do Arenito Lapa.

Também foi realizada a análise química de alguns ânions, por um Cromatógrafo de Íons do CEPAS/IGc, a análise nos mostrou uma água de excelente qualidade, onde todos os ânions, apresentaram-se com teores bem abaixo do VMD, que estão resumidos na tabela 8.

**Tabela 8:** Concentração média dos ânions (ppm) nas águas do Poço e da Fonte.

	Brometo	Cloreto	Fluoreto	Fosfato	Nitrato	Nitrito	Sulfato
Poço do Sr. Robson	0,004	0,868	0,002	0,011	0,588	N.D.	2,336
Fonte	0,018	5,221	0,022	0,011	2,067	0,009	2,923

N.D.: Não Detectado

Pode-se perceber, pela tabela 8, uma grande diferença nas concentrações dos ânions do Poço e da Fonte, sendo que a última apresenta as maiores concentrações.

Devido a algumas reformas realizadas nos laboratórios do CEPAS, não foi possível realizar as análises dos cátions, além do Fe. Os demais resultados, provavelmente serão apresentados na apresentação oral e no painel.

#### Proposta para o aproveitamento e estudo desses corpos

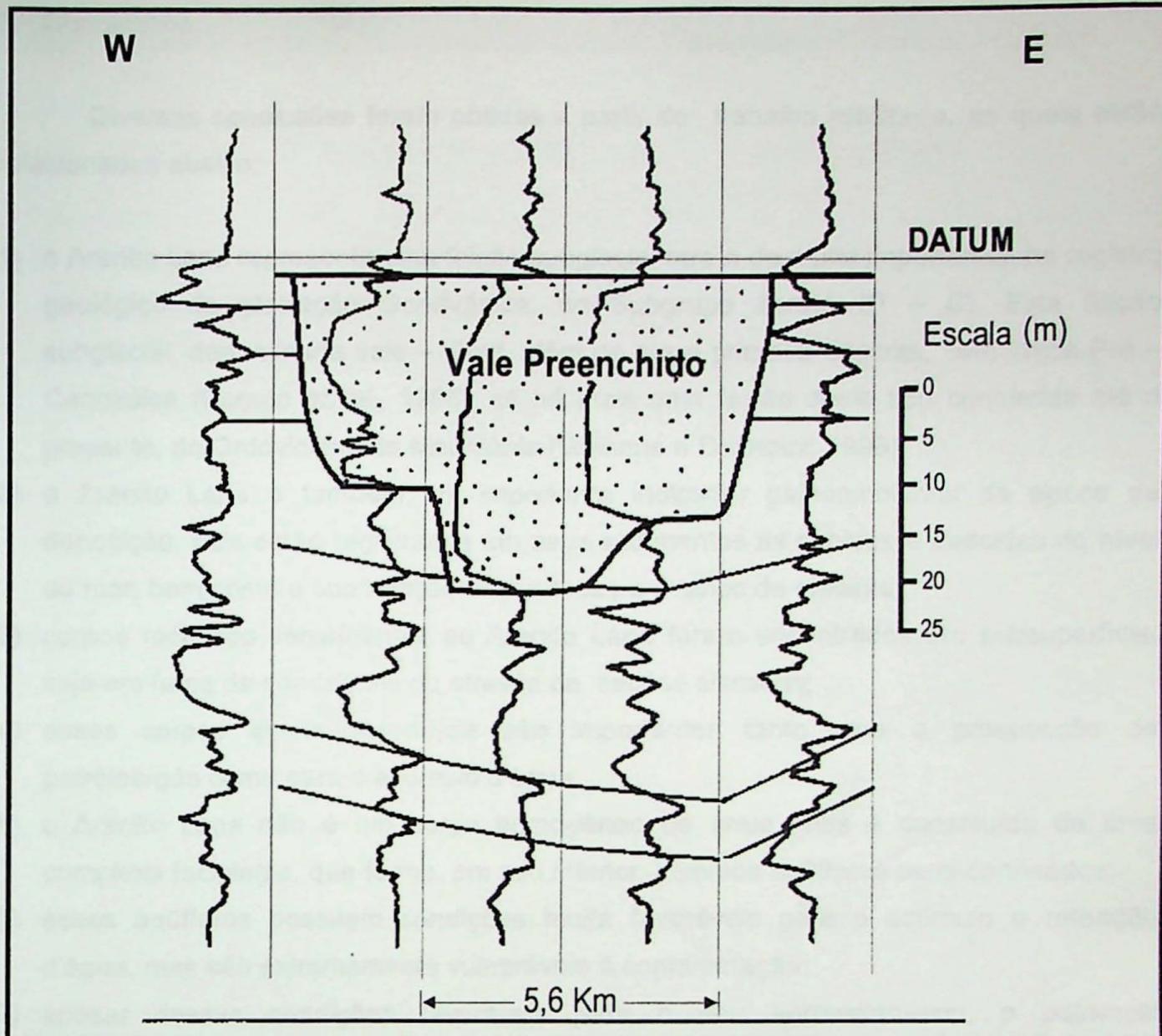
Para um estudo hidrogeológico mais adequado desses corpos rochosos, semelhantes ao Arenito Lapa, algumas propostas foram relacionadas abaixo, visando um melhor aproveitamento de suas potencialidades.

- i) O primeiro passo para esse estudo, é a subdivisão do Arenito Lapa em áreas de maior interesse e demanda d'água, como em regiões urbanas e industriais;
- ii) definidas essas áreas, passa-se a um estudo faciológico e estratigráfico de detalhe, como o realizado neste trabalho, visando reconhecer os melhores pacotes e intervalos rochosos para o acúmulo d'água;
- iii) o próximo passo é caracterizar as propriedades hidrogeológicas desses intervalos (condutividade hidráulica, porosidade total, efetiva, etc.);
- iv) a geometria desses pacotes também é importante para uma estimativa adequada da quantidade de água presente, para isto, estudos geofísicos tornam-se obrigatórios, pois podem também auxiliar na locação dos futuros poços exploratórios.

Em subsuperfície, os corpos semelhantes ao Arenito Lapa também podem ser explorados, mas os estudos tornam-se caros, e dependendo da região, desnecessários. Portanto, o aproveitamento desses corpos deve ser realizado em regiões áridas e/ou desérticas, onde todas as outras possibilidades não forem viáveis.

Definir o melhor método para o estudo desses corpos em subsuperfície é muito complexo, e depende da geologia da área e da profundidade em que estes corpos estão alojados. Para tanto, pode-se considerar a seguinte sucessão de etapas:

- i) o primeiro passo é obter dados sobre furos de sondagem e seções sísmicas disponíveis, da área de interesse, tendo-se conhecimento geológico prévio de glaciações pretéritas, ou atuais, como nos casos atual da Groelândia e Antártica;
- ii) a partir desses dados, delimitar as prováveis áreas de ocorrência destes corpos em subsuperfície;
- iii) definir a profundidade do corpo rochoso; para isto pode ser necessário a realização de novas seções sísmicas, antes de se iniciar qualquer tentativa exploratória;
- iv) outros métodos geofísicos também podem ser utilizados na procura destes corpos, como as seções de raio – gama (fig. 28);
- v) definida a geometria do corpo e sua extensão, pode-se passar para a fase de exploração propriamente dita; entretanto, é importante salientar que a exploração de um corpo como este, em grandes profundidades, pode não ser vantajoso; isto irá depender da necessidade de água da região, e dos dados disponíveis para se iniciar este trabalho.



**Figura 28:** Seção geofísica de raio – gama, mostrando um vale preenchido (Douglas, 1992).

## 6. Conclusões

Diversas conclusões foram obtidas a partir do trabalho realizado, as quais estão relacionadas abaixo:

- 1) o Arenito Lapa representa uma feição subglacial rara e de muita importância no registro geológico da glaciação Gondvânica, no Subgrupo Itararé (P – C). Esta feição subglacial, denominada vale – túnel, além de ser a primeira descrita, com idade Pré – Cenozóica (Canuto *et. al.*, 1996), só há mais uma feição deste tipo conhecida até o presente, do Ordoviciano da Mauritânia (Ghienne e Deynoux, 1998);
- 2) o Arenito Lapa é também um importante indicador paleoambiental da época de deposição, pois estão registrados em seus sedimentos as subidas e descidas do nível do mar, bem como a sua relação com o recuo e avanço de geleiras;
- 3) corpos rochosos semelhantes ao Arenito Lapa foram encontrados em subsuperfície, seja em furos de sondagens ou através de seções sísmicas;
- 4) esses corpos em subsuperfície são importantes tanto para a prospecção de petróleo/gás como para o acúmulo d'água;
- 5) o Arenito Lapa não é um corpo homogêneo de areia, mas é constituído de uma complexa faciologia, que forma, em seu interior, diversos aquíferos semi-confinados;
- 6) esses aquíferos possuem condições muita favoráveis para o acúmulo e retenção d'água, mas são extremamente vulneráveis à contaminação;
- 7) apesar dessas condições favoráveis para o seu aproveitamento, o potencial hidrogeológico do Arenito Lapa vêm sendo subaproveitado;
- 8) a necessidade de estudos mais detalhados e de um aproveitamento racional das potencialidades hidrogeológicas do Arenito Lapa são evidentes e necessárias.

## 7. Bibliografia

- Blatt, H.; Middleton, G. & Murray, R. (1972). *Origin of Sedimentary Rocks*. 1<sup>a</sup> edição, 634 p.
- Brennand, T.A. (1994). Macroforms, large bedforms and rhythmnic sedimentary sequences in subglacial eskers, south-central Ontario: implications for esker genesis and meltwater regime. *Sedimentary Geology*, **91**, 9-55.
- Canuto, J.R. (1985). Origem dos diamictitos e rochas associadas do Subgrupo Itararé, Grupo Tubarão, no sul do Estado do Paraná e norte de Santa Catarina, 187 p. (Dissertação de Mestrado).
- Canuto, J.R. (1993). Facies e ambientes de sedimentação da Formação Rio do Sul (Permiano), Bacia do Paraná, na Região de Rio do Sul, Estado de Santa Catarina. São Paulo, 164 p. (Tese de Doutoramento - IGc/USP).
- Canuto, J.R.; Rocha-Campos, A.C. & Sato, P.E.S. (1996). Lapa Sandstone (Itararé Subgroup, late Paleozoic): a possible tunnel – valley fill ? Sessão Regular da Academia Brasileira de Ciências, Ciências da Terra: "Aspectos de Paleontologia e Geologia Sedimentar", IGc, USP, *Programas e Resumos*, 23
- Canuto, J.R.; Rocha-Campos, A.C. & Santos, P.R. (1997a). Sequence stratigraphy of the Itararé Subgroup (Late Paleozoic), Paraná Basin, in southern Paraná and northern Santa Catarina, Brasil. *CRONOPAR - 3 Simpósio Sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná*, 18-19.
- Canuto, J.R.; Rocha-Campos, A.C.; Santos, P.R. dos & Sato, P.E.S. (1997b). O Arenito Lapa, subgrupo Itararé (Neopaleozóico), Bacia do Paraná, Brasil: um possível depósito de vale-túnel. *CRONOPAR - 3 Simpósio Sobre Cronoestratigrafia da Bacia do Paraná*, 24-25.
- Castro, W.L. (1986). Interpretação de ambientes e perfis de testemunhos, 53 p., Rio de Janeiro. PETROBRÁS/CENPES.
- Custodio, E. & Llamas, M.R., eds. (1996). *Hidrología subterránea*. Barcelona, Espanha, 2<sup>o</sup> edição, Vol. 1 e 2, 2350 p.
- Dehaini, J. (1995). Avaliação da aplicabilidade de métodos geofísicos em estudos de casos de contaminação de águas subterrâneas por diferentes fontes, 70 p. (Dissertação de Mestrado).
- Della Favera, J.C. (1990). Tempestitos da Bacia do Parnaíba. Rio Grande do Sul, vol. 2 (Tese de Doutoramento).
- Douglas, J.C. (1992). Subsurface analysis. In: Walker, R.G. & James, N.P. (eds.) Geological Association of Canada, 27-46

- Ehlers, J. & Wingfield, R. (1991). The extension of the Late Weichselian / Late Devensian ice sheets in the North Sea Basin. *Journal of Quaternary Science*, **6**(4), 313-326.
- Eyles, N. (1993). Earth's glacial record and its tectonic setting. *Earth-Science Reviews*, **35**, 1-248.
- Eyles, N. & McCabe, A.M. (1989). Glaciomarine facies within subglacial tunnel valleys: the sedimentary record of glacioisostatic downwarping in the Irish Sea Basin. *Sedimentology*, **36**, 431-448.
- Feitosa, F.A.C. & Filho, J.M., coord. (1997). *Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações*. CPRM/LABHID – UFPE, 412 p.
- Folk, R.C. (1968). *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin, Texas, Hemphill's, 170 p.
- França, A.B.; Winter, W.R. & Assine, M.L. (1996). Arenitos Lapa - Vila Velha: um modelo de trato de sistemas subaquosos canal - lobos sob influência glacial, Grupo Itararé (C-P), Bacia do Paraná. *Revista Brasileira de Geociências*, **24** (1), 43-56.
- Freeze, R.A. & Cherry, J.A. (1979). *Groundwater*. 2º edição, 604 p.
- Fritz, W.J & Moore, J.N. (1988). Basics of physical stratigraphy and sedimentology. 1ª edição, 371 p.
- Gama Jr., E.G.; Perinotto, J.A.J.; Ribeiro, H.J.P.S. & Padula, E.K. (1992). Contribuição ao estudo da resedimentação no subgrupo Itararé: tratos de facies e hidrodinâmica deposicional. *Revista Brasileira de Geociências*, **22** (2), 228-236.
- Ghienne, J.F. & Deynoux, M. (1988). Large – scale channel fill structures in Late Ordovician glacial deposits in Mauritania, western Sahara. *Sedimentary Geology*, **119**, N°s 1 – 2, 141-159
- Lanzarini, W.L. (1995). Modelos e simulações de facies fluviais e eólicas de reservatório petrolíferos, 153 p. (Tese de Doutoramento, IGc/USP).
- Maack, R. (1946). Geologia e geografia da região de Vila Velha, Estado do Paraná e considerações sobre a glaciação carbonífera no Brasil. Curitiba. *Arquivos do Museu Paranaense*, **5**, 1-305.
- Maack, R. (1970). Notas preliminares sobre as águas do sub-solo da Bacia Paraná – Uruguai. Curitiba, 162 p.
- McClung, J.E. & Mollard, J.D. (1987). Predicting settlement at a damsite on a tunnel valley deposit in Alberta. *Canadian Geotech.*, **24**, 45-57.
- Paterson, W.S.B. (1994). *The Physics of Glaciers*, 480 p.
- Piotrowski, J.A. (1994). Tunnel - valley formation in northwest Germany - geology, mechanisms of formation and subglacial bed conditions for the Bornhöved tunnel valley. *Sedimentary Geology*, **89**, 107-141.
- Vaslet, D. (1990). Upper Ordovician glacial deposits in Saudi Arabia. *Episodes*, **13** (3), 147-161.

- Wright Jr., H.E. (1973). Tunnel valleys, glacial surges and subglacial hydrology of the Superior Lobe, Minnesota. *Geological Society of America Memoir* 136, 251-276.

# ANEXOS

# ANEXO 1

# Petrografía Sedimentar

---

Nº da Lâmina: LA – 08

---

Matriz Suportada

Matriz: fina rica em quartzo e minerais do grupo das micas (muscovita e biotita).

Granulometria: 0,4 mm à 0,8 mm (grãos maiores), alguns podendo chegar a 3 mm.

Composição:

Quartzo  
Ortoclásio  
Plagioclásio  
Fragmentos líticos

Arredondamento e Esfericidade: Subangulosos à arredondados, com baixa esfericidade.

Mal Selecionados.

---

Observações: A rocha, microscopicamente, não apresenta nenhuma orientação, é maciça. A rocha é imatura texturalmente e mineralogicamente.

---

---

Nº da Lâmina: LA – 10

---

Grão Suportada

Matriz: praticamente ausente.

Granulometria: 0,3 à 0,7 mm, chegando ocasionalmente a 1 mm.

Composição:

Quartzo (80%)  
Ortoclásio (10%)  
Fragmentos líticos (5%)  
Titanita (Traço)  
Opacos (5%)

Arredondamento e Esfericidade: Subangulosos à subarredondados, com esfericidade média.

Bem Selecionados.

---

Observações: O tipo de contato entre os grãos é em sua maioria côncavo – convexo, e em alguns casos suturados.

---

---

Nº da Lâmina: LA – 15

---

Grão Suportada

Matriz: praticamente ausente.

Granulometria: 0,3 à 0,5 mm.

Composição:

Quartzo (70%)  
Ortoclásio (20%)  
Opacos (10%)

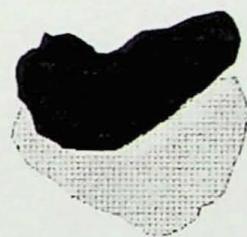
Arredondamento e Esfericidade: angulosos à subangulosos, com baixa esfericidade.

Bem Selecionados.

---

Observações: O tipo de contato entre os grãos é em sua maioria côncavo – convexo, e em alguns casos suturados. Há 2 (dois) sets bem distintos nesta lâmina, um praticamente composto de quartzo e outro onde a proporção quartzo : ortoclásio é quase 1:1. Também há uma nítida orientação dos eixos de maior diâmetro dos grãos, e uma porosidade muito alta.

---



0,2 mm



Contato côncavo - convexo

---

Nº da Lâmina: LA – 16

---

Grão Suportada

Matriz: fina, em pequena quantidade, formada por quartzo e argilominerais. Representa cerca de 5% da rocha.

Granulometria: 0,1 mm à 0,4 mm.

Composição:

Quartzo (75%)  
Ortoclásio (10%)  
Plagioclásio (5%)  
Fragmentos líticos (5%)  
Estaurolita (Traço)  
Opacos (5%)

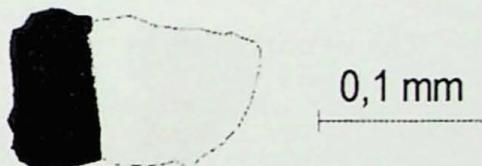
Arredondamento e Esfericidade: angulosos, com esfericidade média a alta.

Bem Selecionados.

---

Observações: O tipo de contato entre os grãos é em sua maioria côncavo – convexo, e em alguns casos ocorre um contato longo. Há óxido de ferro formando uma “capa” sobre os grãos. Também ocorrem alguns sets mais ricos em feldspato.

---



Contato longo

---

Nº da Lâmina: LA – 18

---

Matriz Suportada

Matriz: fina, rica em óxido de ferro.

Granulometria: 0,1 mm à 0,2 mm.

Composição:

Quartzo (90%)  
Ortoclásio (5%)  
Plagioclásio (5%)  
Titanita (Traço)

Arredondamento e Esfericidade: subarredondados, sendo que os grãos de quartzo apresentam uma baixa esfericidade e os feldspatos uma média esfericidade.

Bem Selecionados.

---

Observações: Os grãos que se encontram, possuem um contato pontual ou côncavo – convexo.

Esse alta porcentagem de matriz, pode ser produto do intemperismo, principalmente dos grãos feldspáticos presentes na rocha.

---

Nº da Lâmina: LA - 19

## Grão Suportada

Matriz: fina, rica em quartzo e muscovita. Representa menos que 5% da rocha.

Granulometria: 0,2 mm à 0,3 mm.

### Composição:

Quartzo (70%)  
Ortoclássio (20%)  
Muscovita (Traço)  
Quartzito (Traço)  
Plagioclásio (Traço)  
Opacos (10%)

Arredondamento e Esfericidade: angulosos a subangulosos, com baixa esfericidade e.

Bem Selecionados.

Observações: Também ocorrem sets mais ricos em quartzo e outros mais ricos em ortoclásio. Nos sets mais ricos em quartzo a proporção é:

E nos sets mais ricos em ortoclásio a proporção é

---

Nº da Lâmina: LA – 21

---

Grão Suportada

Matriz: fina, rica em quartzo e muscovita. Representa entre 8 – 10% da rocha.

Granulometria: 0,2 mm à 0,3 mm.

Composição:

Quartzo (80%)  
Ortoclásio (15%)  
Muscovita (Traço)  
Quartzito (Traço)  
Plagioclásio (Traço)  
Opacos (5%)

Arredondamento e Esfericidade: angulosos a subangulosos, com baixa esfericidade e.

Bem Selecionados.

---

Observações: Muito semelhante a LA – 19, também ocorrem sets mais ricos em quartzo e outros mais ricos em ortoclásio. Os contatos entre os grãos são em sua maioria côncavo – convexo.

---

## ANEXO 2

# Geofísica

## SE 1 - Modelo de Sondagem - Arenito Lapa - Schlumberger

Espaçamento	Modelo	Dado	% Erro	Interpretação		
				Camada (n)	Espessura (m)	Resistividade (ohm.m)
1.0	894.9			1	1,0	850
1.5	949.5			2	1,8	1700
2.2	1019.9	1046.5	-2.5			
3.2	1045.8	1045.4	0.0			
4.6	942.5	913.9	3.1			
6.8	693.7	696.5	-0.4			
10.0	416.4	400.0	4.1			
14.7	259.5	271.5	-4.4			
21.5	242.5	262.6	-7.7			
31.3	299.2	287.8	4.0			
46.4	387.3	391.4	-1.0			
68.1	491.3			4		1000

## SE 2 - Modelo de Sondagem - Arenito Lapa - Schlumberger

Espaçamento	Modelo	Dado	% Erro	Interpretação		
				Camada (n)	Espessura (m)	Resistividade (ohm.m)
1.0	2786.4			1	1,6	2900
1.5	2593.2			2	7,0	300
2.2	2179.2	2209.0	-1.4			
3.2	1526.1	1474.5	3.5			
4.6	859.5	851.4	1.0			
6.8	466.9	497.2	-6.1			
10.0	341.9	350.0	-2.3			
14.7	308.9	285.3	8.3			
21.5	272.6	255.4	6.7			
31.6	213.5	211.8	0.8			
46.4	154.0	153.0	0.6			
68.1	122.8	130.4	-5.8			
100.0	124.6	122.0	2.2			
146.8	151.2	149.4	1.2			
215.4	196.1			5		600

### SE 3 - Modelo de Sondagem - Arenito Lapa - Schlumberger

Espaçamento	Modelo	Resistividade		% Erro	Interpretação
		Dado			
1.0	905.4				
1.5	1079.2				
2.2	1381.4	1298.5	6.4		
3.2	1786.9	1773.8	0.7		
4.6	2205.8	2420.6	-8.9		
6.8	2487.1	2572.0	-3.3		
10.0	2441.4	2450.0	-0.4		
14.7	1979.4	1923.6	2.9	5.0	
21.5	1276.7	1244.2	2.6		
31.6	677.5	648.5	4.5		
46.4	356.7	377.4	-5.5		
68.1	244.2	280.0	-12.8		
100.0	227.8	230.0	-0.9		
146.8	253.9	244.3	3.9		
215.4	308.0				

Camada	Espessura	Resistividade
(n <sup>o</sup> )	(m)	(ohm.m)
1	1,0	780
2	3,0	6500
3	12,0	600
4	85,0	185
5		700

### SE 3a - Modelo de Sondagem - Arenito Lapa - Schlumberger

Espaçamento	Modelo	Resistividade		% Erro	Interpretação
		Dado			
1.0	896.2				
1.5	1071.2				
2.2	1375.9	1298.5	6.0		
3.2	1785.2	1773.8	0.6		
4.6	2207.3	2420.6	-8.8		
6.8	2484.1	2571.9	-3.4		
10.0	2413.9	2450.0	-1.5		
14.7	1908.2	1925.7	-0.9	4.8	
21.5	1185.7	1255.6	-5.6		
31.6	646.7	592.0	9.2		
46.4	418.2	439.9	-4.9		
68.1	320.2	314.2	1.9		
100.0	254.5	240.0	6.1		
146.8	240.7	256.9	-6.3		
215.4	281.8				

Camada	Espessura	Resistividade
(n <sup>o</sup> )	(m)	(ohm.m)
1	1,0	770
2	3,0	6900
3	10,0	300
4	15,0	600
5	70,0	140
6		750

## SE 4 - Modelo de Sondagem - Arenito Lapa - Schlumberger

Espaçamento	Modelo	Dado	% Erro	Interpretação		
				Camada	Espessura (m)	Resistividade (ohm.m)
1.0	859.0			1	1,0	780
1.5	963.1			2	2,0	2700
2.2	1126.4	1105.1	1.9	3	35,0	410
3.2	1294.6	1324.7	-2.3			
4.6	1363.8	1318.4	3.4			
6.8	1247.3	1202.4	3.7			
10.0	968.2	950.0	1.9			
14.7	680.3	721.5	-5.7	3.2		
21.5	523.2	534.7	-2.1			
31.3	502.1	477.9	5.1			
46.4	581.4	554.1	4.9			
68.1	770.3	773.5	-0.4			
100.0	1090.5	1121.1	-2.7	4		20000

## SE 5 - Modelo de Sondagem - Arenito Lapa - Schlumberger

Espaçamento	Modelo	Dado	% Erro	Interpretação		
				Camada	Espessura (m)	Resistividade (ohm.m)
1.0	752.0			1	1,0	700
1.5	822.0			2	6,6	1600
2.2	937.6	933.9	0.4	3	35,0	135
3.2	1077.5	1123.4	-4.1			
4.6	1197.9	1256.1	-4.6			
6.8	1246.0	1286.7	-3.2			
10.0	1159.7	1170.0	-0.9			
14.7	903.3	938.5	-3.8	3.5		
21.5	556.2	556.0	0.0			
31.3	299.6	280.9	6.7			
46.4	220.9	224.7	-1.7			
68.1	262.5	250.9	4.6			
100.0	370.3	391.4	-5.4	4		15000

## SE 6 - Modelo de Sondagem - Arenito Lapa - Schlumberger

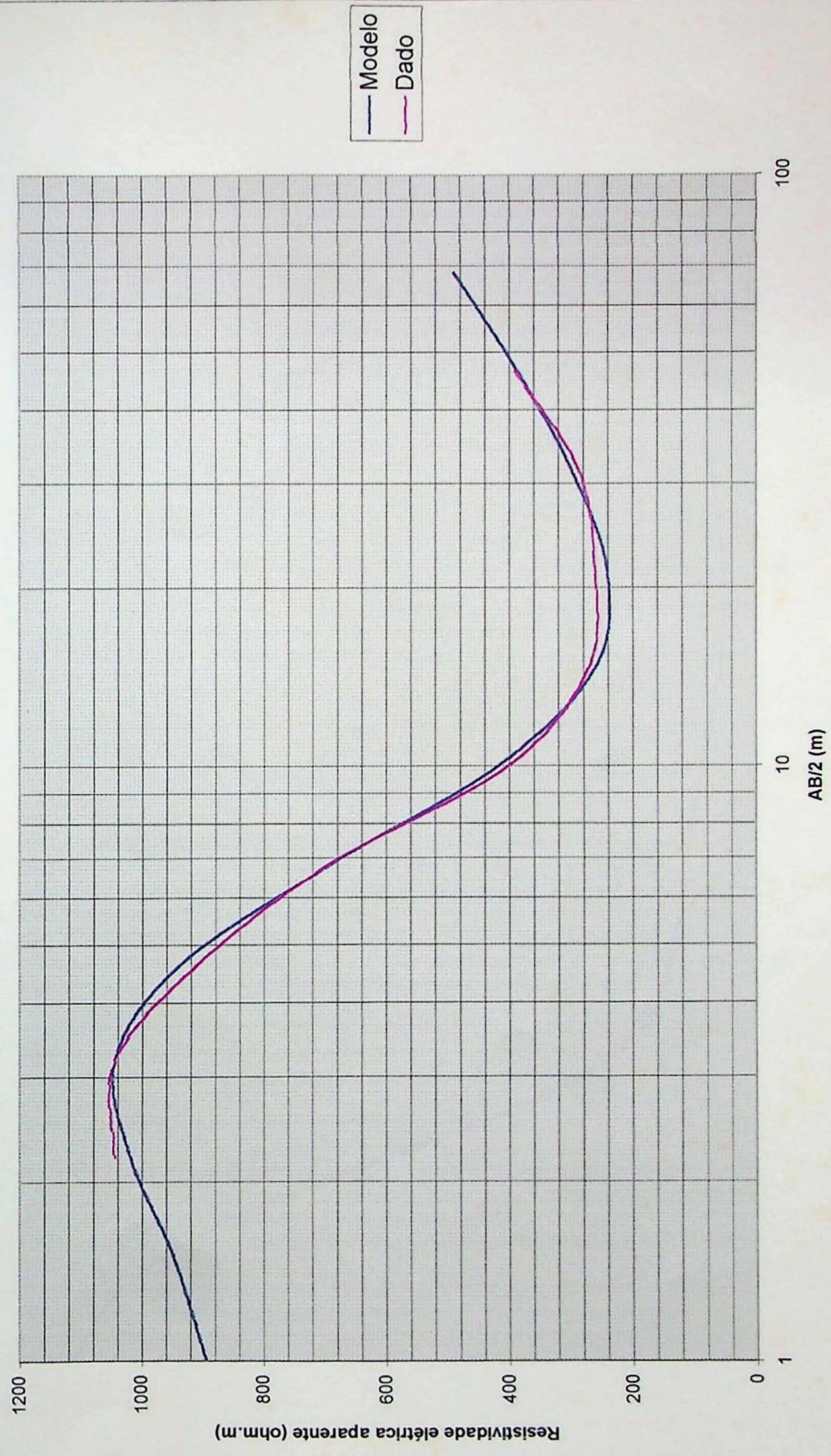
Espaçamento	Resistividade Modelo	Resistividade Dado	% Erro
1.0	2835.0		
1.5	2866.9		
2.2	2868.5	2920.5	-1.8
3.2	2722.6	2767.3	-1.6
4.6	2298.9	2308.3	-0.4
6.8	1653.0	1653.6	0.0
10.0	1087.1	1100.0	-1.2
14.7	813.4	847.4	-4.0
21.5	711.8	721.7	-1.4
31.6	575.0	610.6	-5.8
46.4	360.9	347.1	4.0
68.1	173.5	162.2	7.0
100.0	95.1	100.0	-4.9
146.8	97.7	97.5	0.1
215.4	131.3		

3.1

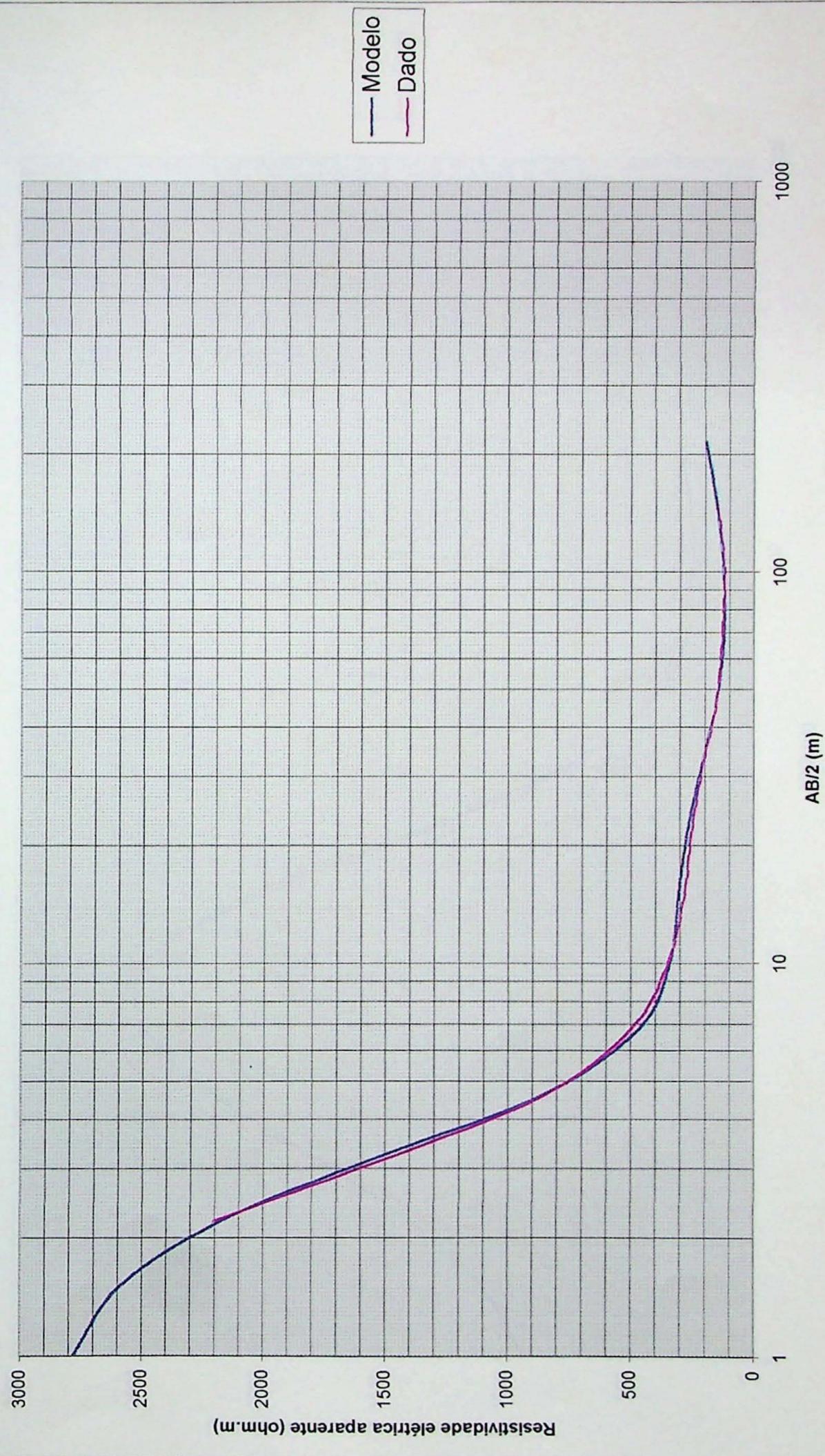
### Interpretação

Camada (n <sup>o</sup> )	Espessura (m)	Resistividade (ohm.m)
1	1,0	2800
2	1,8	3500
3	7,0	600
4	8,0	1400
5	70,0	50
6		800

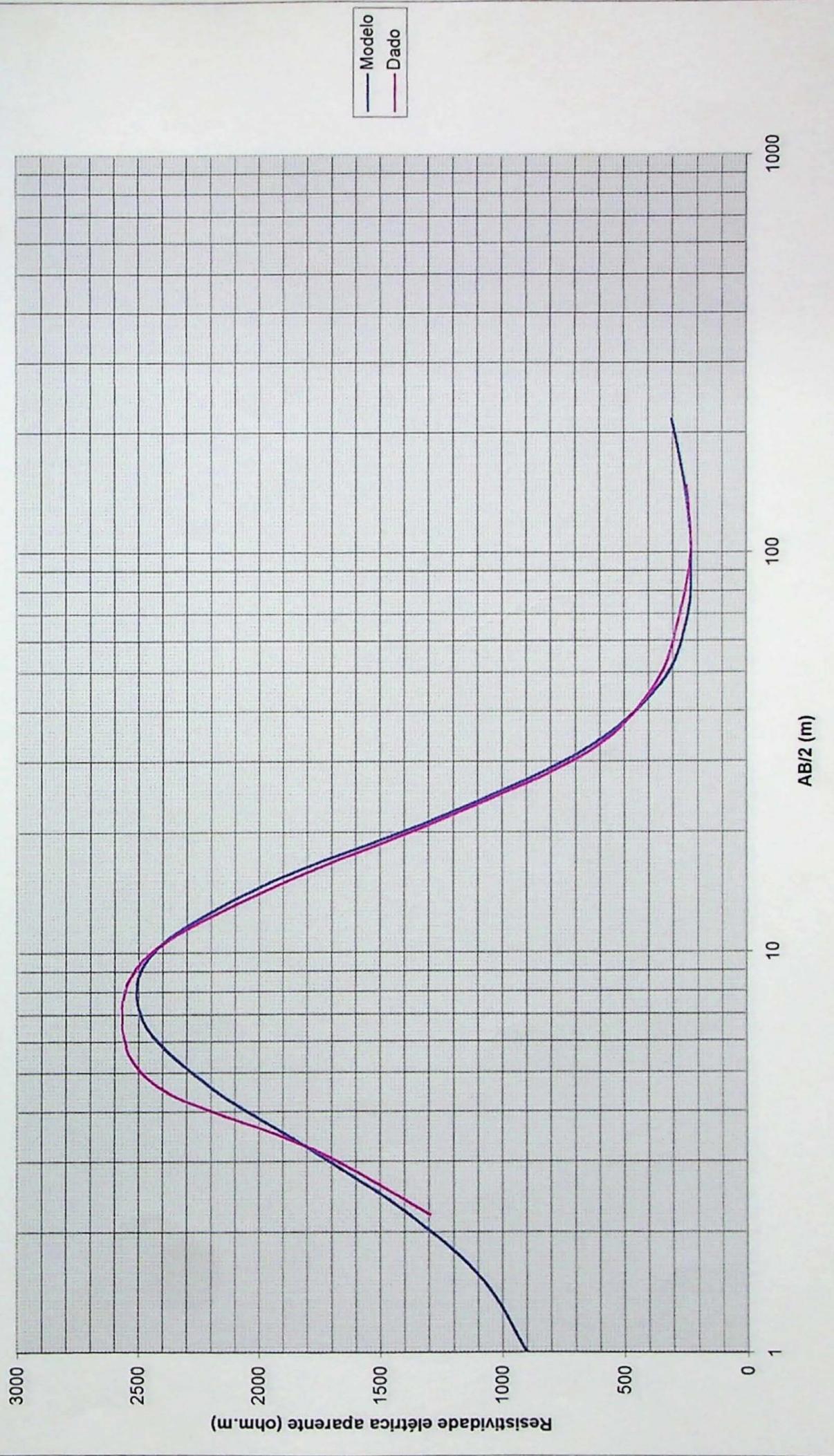
ARENITO LAPA - SONDAÇÃO ELÉTRICA - SCHLUMBERGER - SE 1



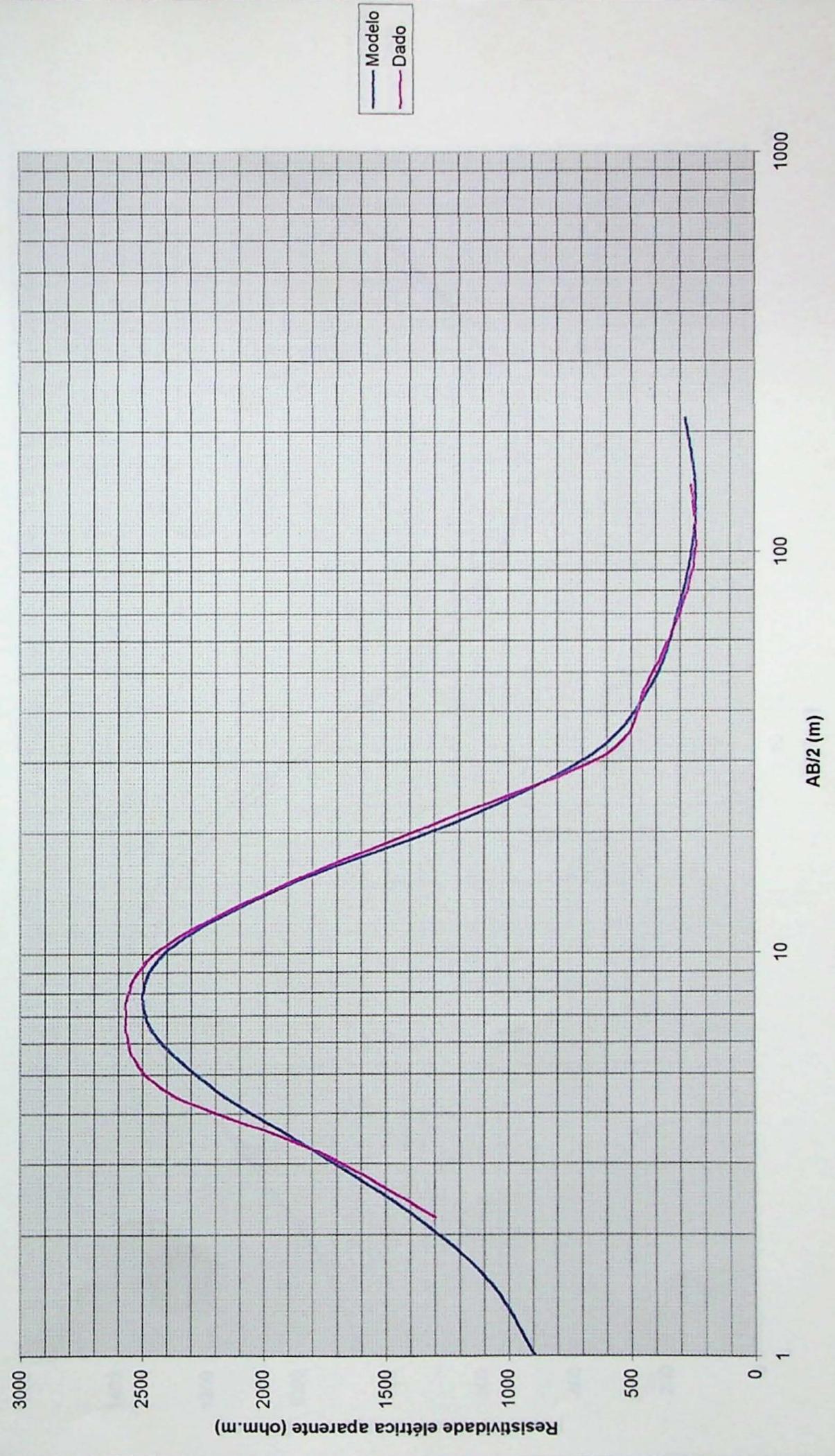
ARENITO LAPA - SONDAGEM ELÉTRICA - SCHLUMBERGER - SE 2



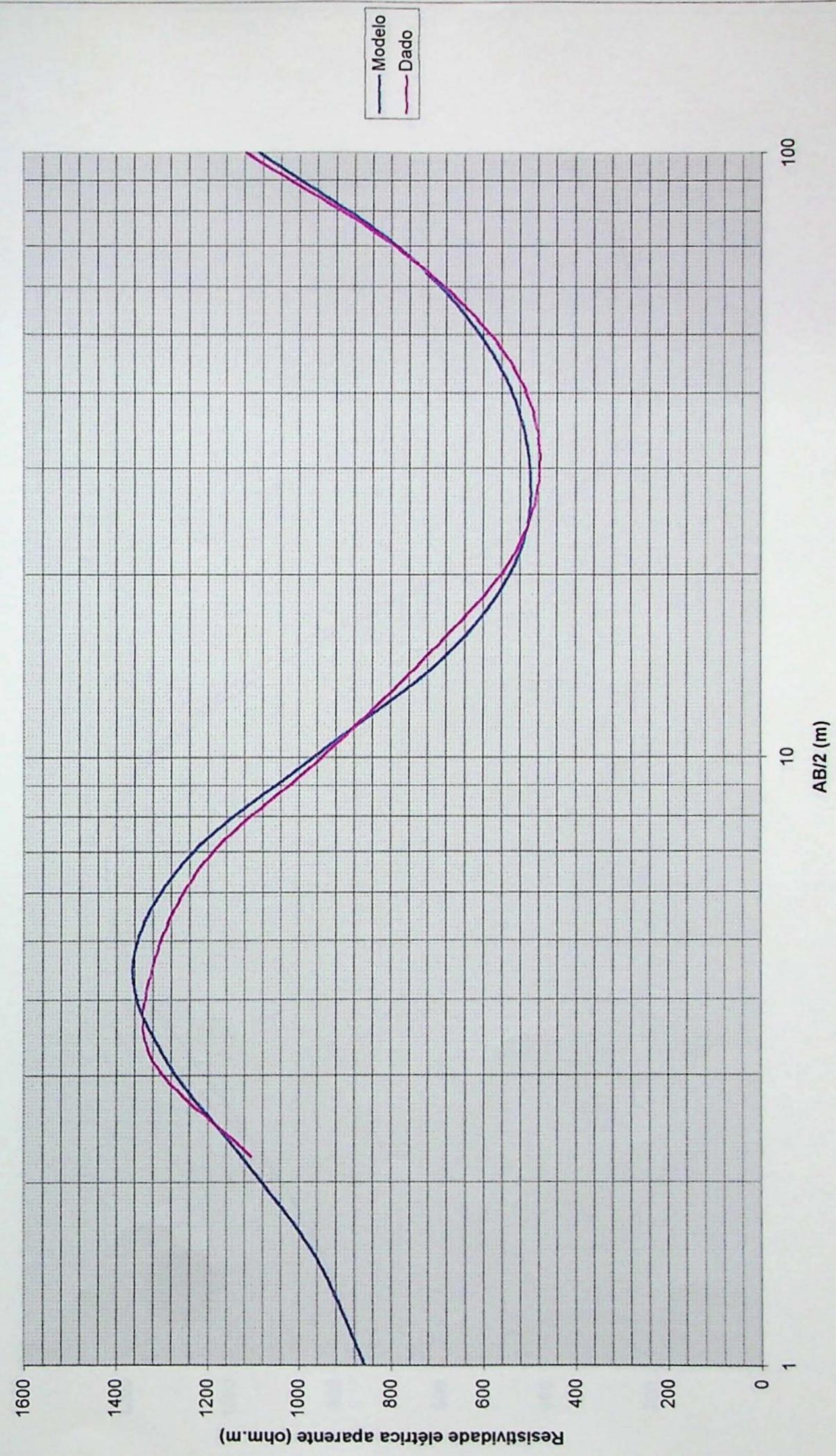
ARENITO LAPA - SONDAÇÃO ELÉTRICA - SCHLUMBERGER - SE 3



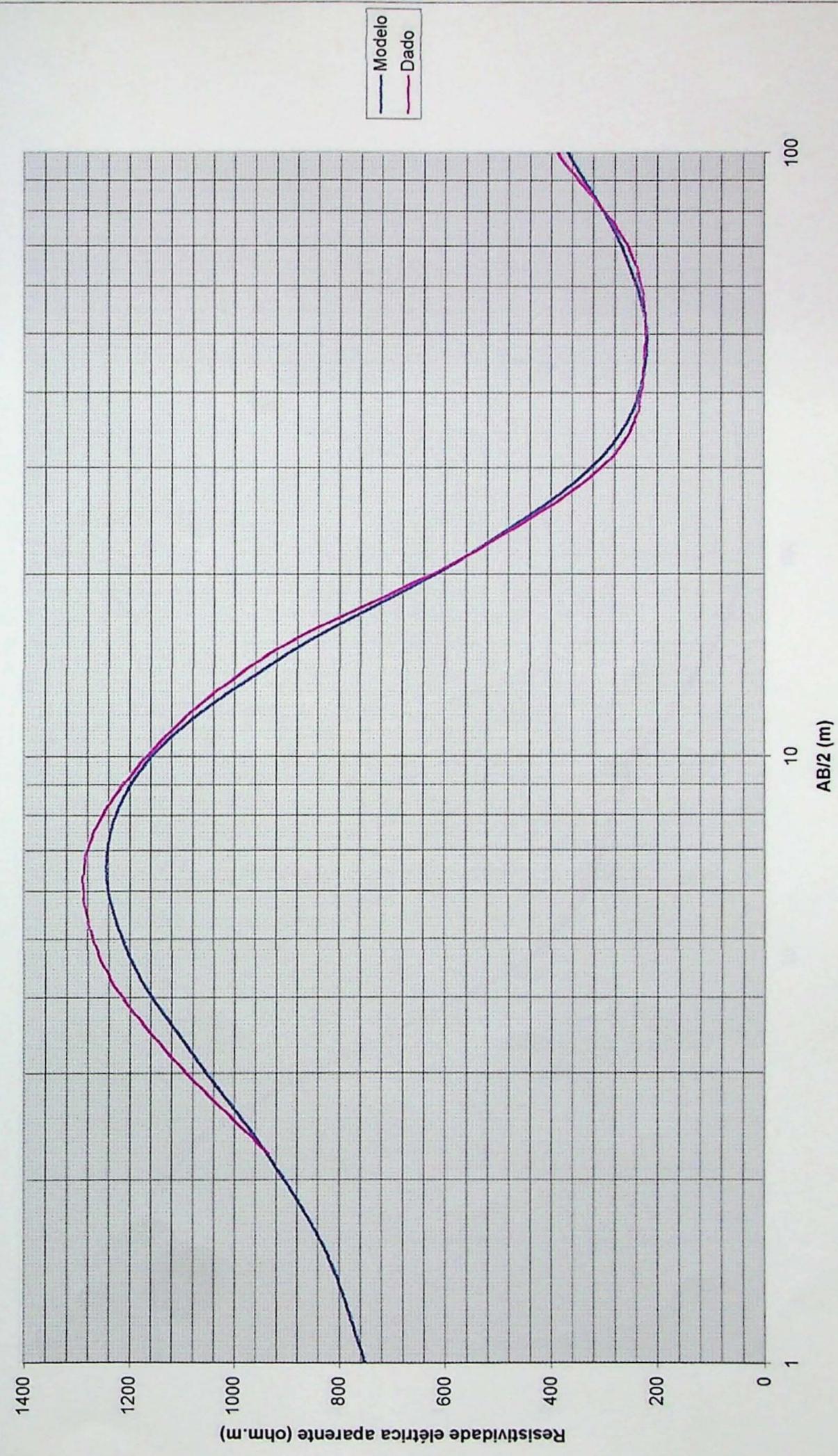
ARENITO LAPA - SONDAÇÃO ELÉTRICA - SCHLUMBERGER - SE 3A



ARENITO LAPA - SONDAÇÃO ELÉTRICA - SCHLUMBERGER - SE 4



ARENITO LAPA -SONDAGEM ELÉTRICA - SCHLUMBERGER - SE 5



ARENITO LAPA - SONDAÇÃO ELÉTRICA - SCHLUMBERGER - SE 6



## **ANEXO 3**

# **Análise Granulométrica**

Projeto	Ivo - TF	Após a Separação	
Amostra	LA-10	Partículas 4,000 - 0,062	44,51
Antes da Separação		Partículas menores 0,062	7,90
Peso total inicial	49,8	Peso Total	52,41
Peso dos seixos		Final	
Outros		Fator de Correção Pi/Pf	0,95

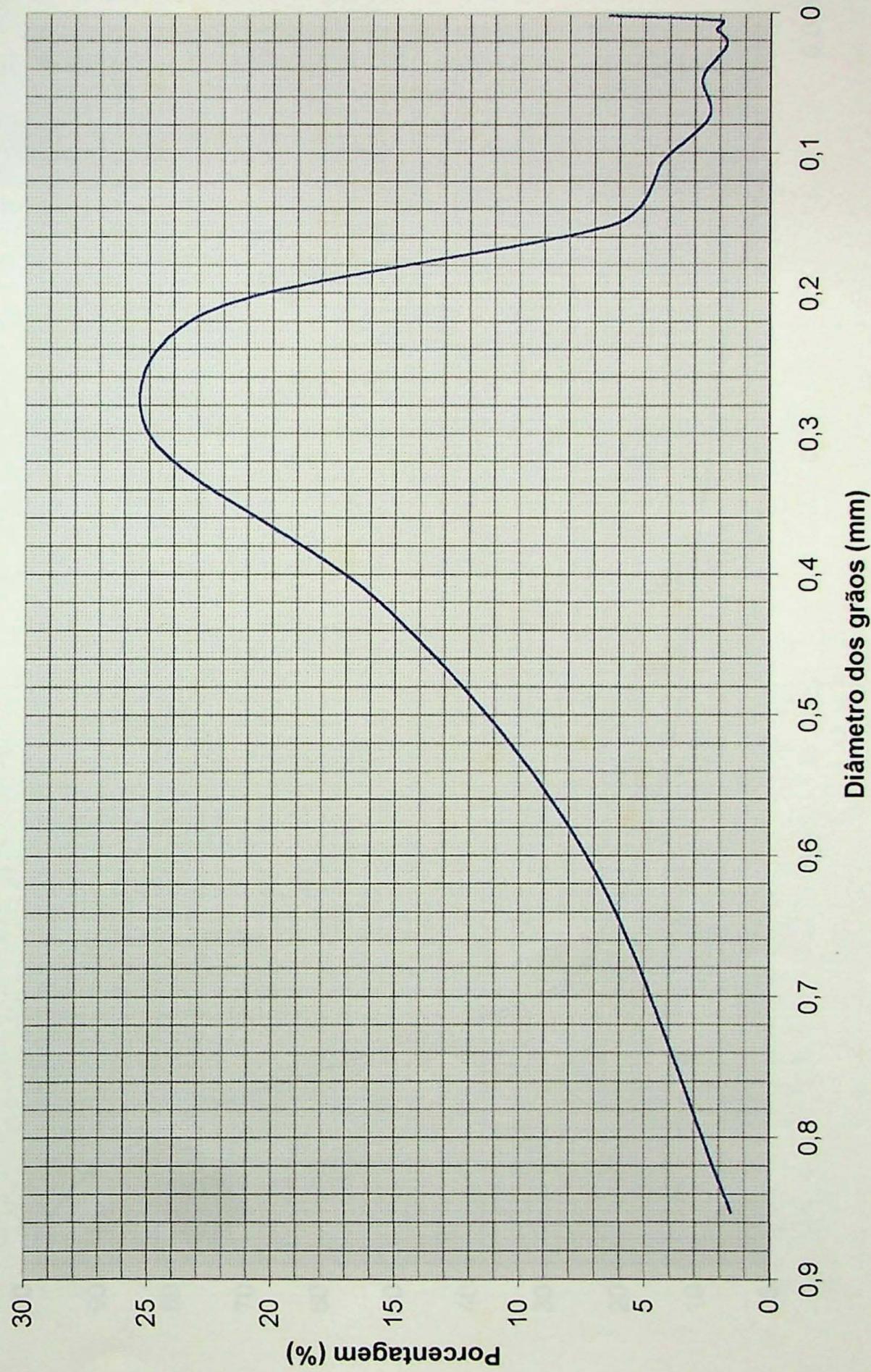
## PIPETAGEM

Granulometria	Tempo	P.Total	P. Frasco	Pt - Pfr	P. Suspens.	Ps x 50
0,062 - 0,031	58"	10,188	10,03	0,158	0,0286	1,43
0,031 - 0,016	3m 58"	8,2589	8,1295	0,1294	0,0186	0,93
0,016 - 0,008	7m 44"	8,3053	8,1945	0,1108	0,0228	1,14
0,008 - 0,004	31m	9,7623	9,6743	0,088	0,0204	1,02
0,004	2h 3'	8,0731	8,0055	0,0676	0,0676	3,38

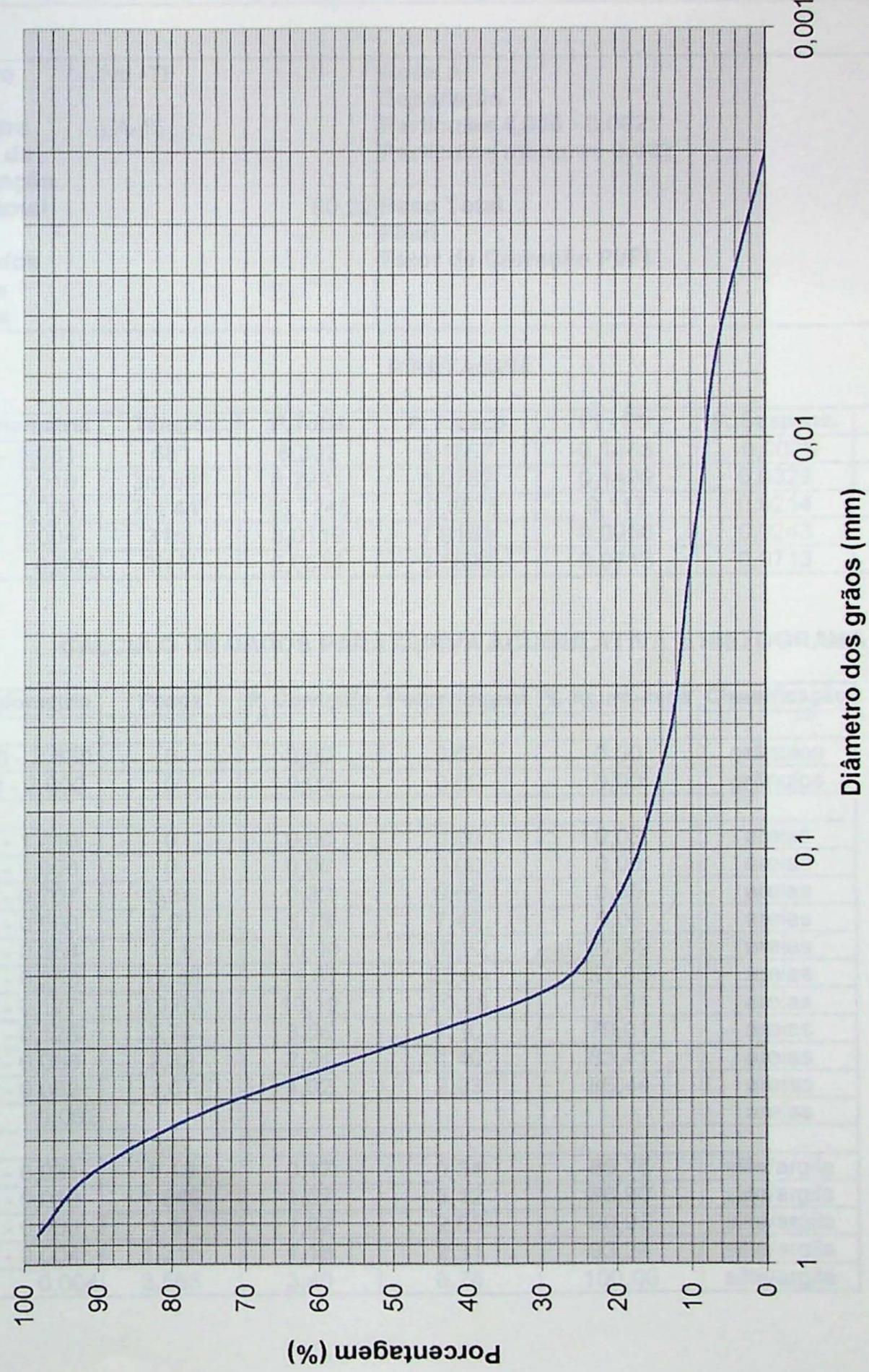
## CÁLCULO DE DADOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA

Granulometria	Pesos	P. Corrigido	Porcentagem	% Acumulada	Classificação
44,000 - 2,830	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,830 - 2,000	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,000 - 1,410	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,410 - 1,000	0,12	0,11	0,23	0,23	areias
1,000 - 0,707	0,81	0,77	1,55	1,77	areias
0,707 - 0,500	3,79	3,60	7,23	9,01	areias
0,500 - 0,354	7,98	7,58	15,23	24,23	areias
0,354 - 0,250	13,1	12,45	25,00	49,23	areias
0,250 - 0,177	11,88	11,29	22,67	71,89	areias
0,177 - 0,125	3,27	3,11	6,24	78,13	areias
0,125 - 0,088	2,27	2,16	4,33	82,47	areias
0,088 - 0,062	1,29	1,23	2,46	84,93	areias
0,062					areias
0,062 - 0,031	1,43	1,36	2,73	87,66	silte/argila
0,031 - 0,016	0,93	0,88	1,77	89,43	silte/argila
0,016 - 0,008	1,14	1,08	2,18	91,60	silte/argila
0,008 - 0,004	1,02	0,97	1,95	93,55	silte/argila
0,004	3,38	3,21	6,45	100,00	silte/argila

LA - 10



### LA - 10 - Curva Acumulativa



<b>Projeto</b>	Ivo -TF	<b>Após a</b>	
<b>Amostra</b>	LA-15	<b>Separação</b>	
<b>Antes da</b>		<b>Partículas 4,000 - 0,062</b>	45,03
<b>Separação</b>		<b>Partículas menores 0,062</b>	7,67
<b>Peso total</b>	50,22	<b>Peso Total</b>	52,70
<b>inical</b>		<b>Final</b>	
<b>Peso dos</b>		<b>Fator de Correção Pi/Pf</b>	0,95
<b>seixos</b>			
<b>Outros</b>			

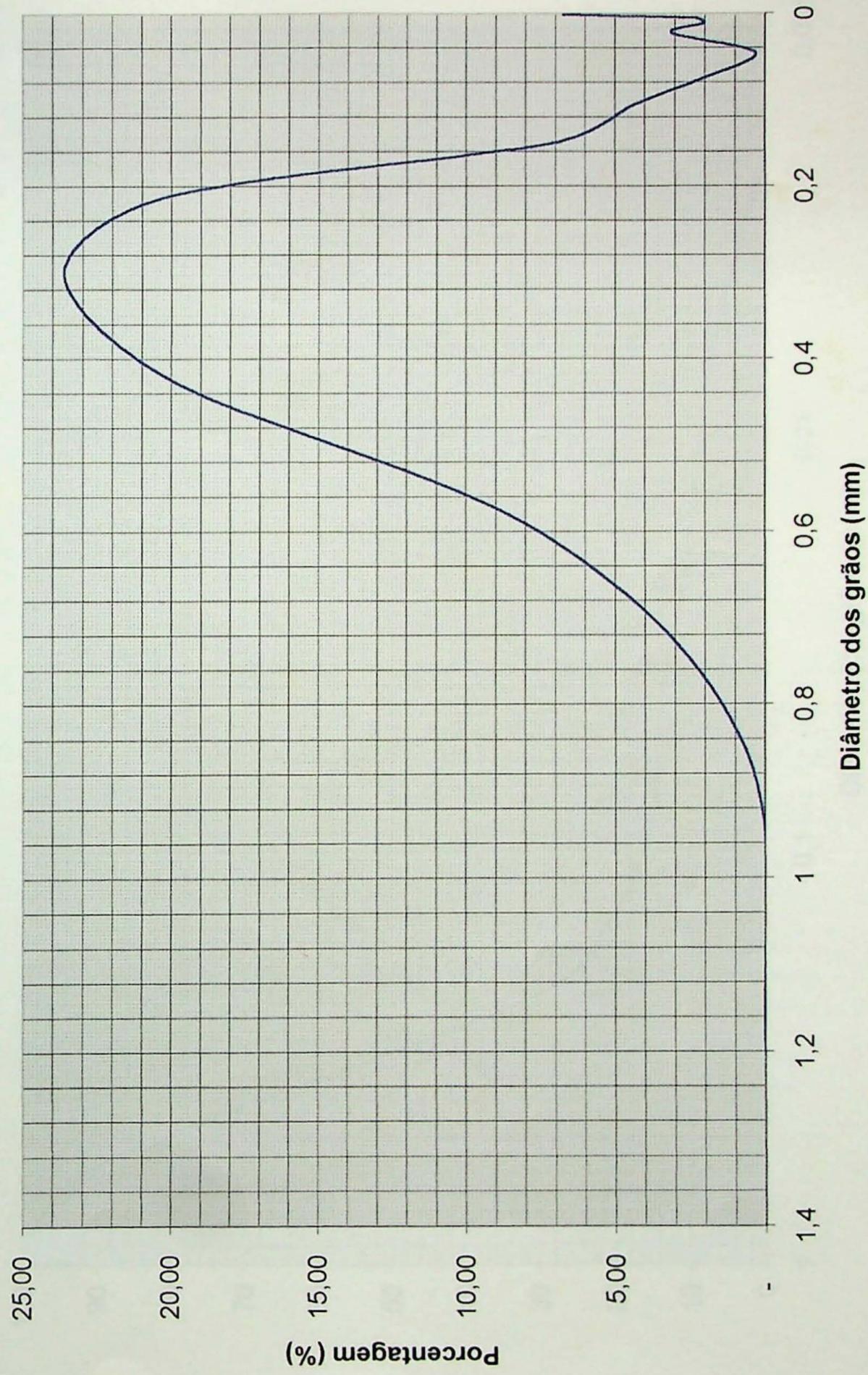
## PIPETAGEM

Granulometria	Tempo	P.Total	P. Frasco	Pt - Pfr	P. Suspens.	Ps x 50
0,062 - 0,031	58"	8,302	8,1557	0,1463	-0,0036	-0,18
0,031 - 0,016	3m 58"	8,2281	8,0782	0,1499	0,0329	1,645
0,016 - 0,008	7m 44"	10,7245	10,6075	0,117	0,0214	1,07
0,008 - 0,004	31m	8,0119	7,9163	0,0956	0,0243	1,215
0,004	2h 3'	9,6611	9,5898	0,0713	0,0713	3,565

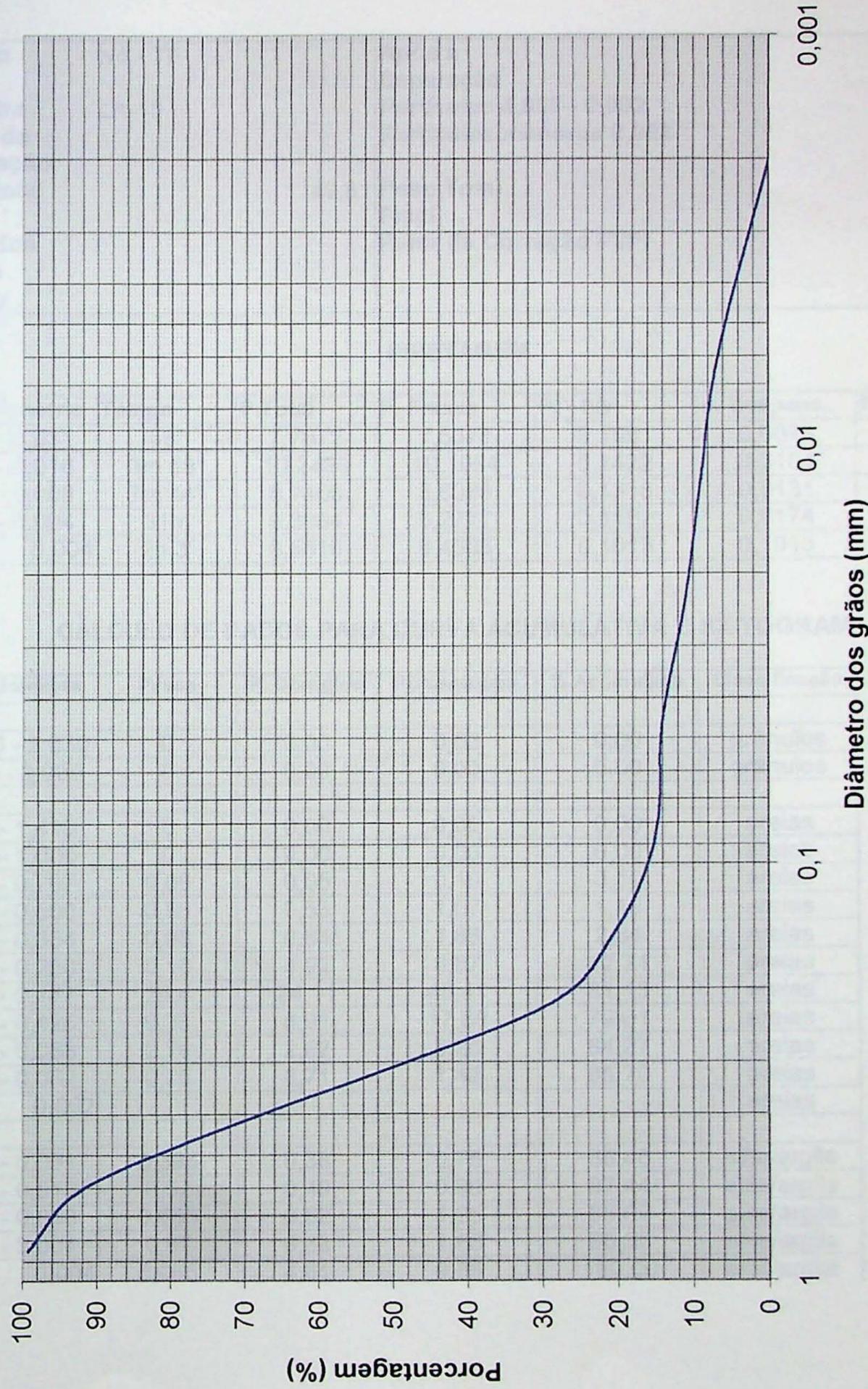
## CÁLCULO DE DADOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA

Granulometria	Pesos	P. Corrigido	Porcentagem	% Acumulada	Classificação
44,000 - 2,830	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,830 - 2,000	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,000 - 1,410	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,410 - 1,000	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,000 - 0,707	0,34	0,32	0,65	0,65	areias
0,707 - 0,500	3,91	3,73	7,42	8,06	areias
0,500 - 0,354	10,5	10,00	19,92	27,99	areias
0,354 - 0,250	12,46	11,87	23,64	51,63	areias
0,250 - 0,177	10,69	10,19	20,28	71,91	areias
0,177 - 0,125	3,74	3,56	7,10	79,01	areias
0,125 - 0,088	2,32	2,21	4,40	83,41	areias
0,088 - 0,062	1,07	1,02	2,03	85,44	areias
0,062					areias
0,062 - 0,031	0,18	0,17	0,34	85,78	silte/argila
0,031 - 0,016	1,645	1,57	3,12	88,90	silte/argila
0,016 - 0,008	1,07	1,02	2,03	90,93	silte/argila
0,008 - 0,004	1,215	1,16	2,31	93,24	silte/argila
0,004	3,565	3,40	6,76	100,00	silte/argila

LA - 15



### LA -15 - Curva Acumulativa



<b>Projeto</b>	Ivo - TF	<b>Após a</b>	
<b>Amostra</b>	LA-19	<b>Separação</b>	
<b>Antes da</b>		<b>Partículas 4,000 - 0,062</b>	44,96
<b>Separação</b>		<b>Partículas menores 0,062</b>	7,51
<b>Peso total</b>	49,81	<b>Peso Total</b>	52,47
<b>inical</b>		<b>Final</b>	
<b>Peso dos</b>		<b>Fator de Correção Pi/Pf</b>	0,95
<b>seixos</b>			
<b>Outros</b>			

## PIPETAGEM

Granulometria	Tempo	P.Total	P. Frasco	Pt - Pfr	P. Suspens.	Ps x 50
0,062 - 0,031	58"	7,7872	7,6371	0,1501	0,0079	0,395
0,031 - 0,016	3m 58"	10,2486	10,1064	0,1422	0,0104	0,52
0,016 - 0,008	7m 44"	8,7406	8,6088	0,1318	0,0131	0,655
0,008 - 0,004	31m	9,3964	9,2777	0,1187	0,0174	0,87
0,004	2h 3'	8,5516	8,4503	0,1013	0,1013	5,065

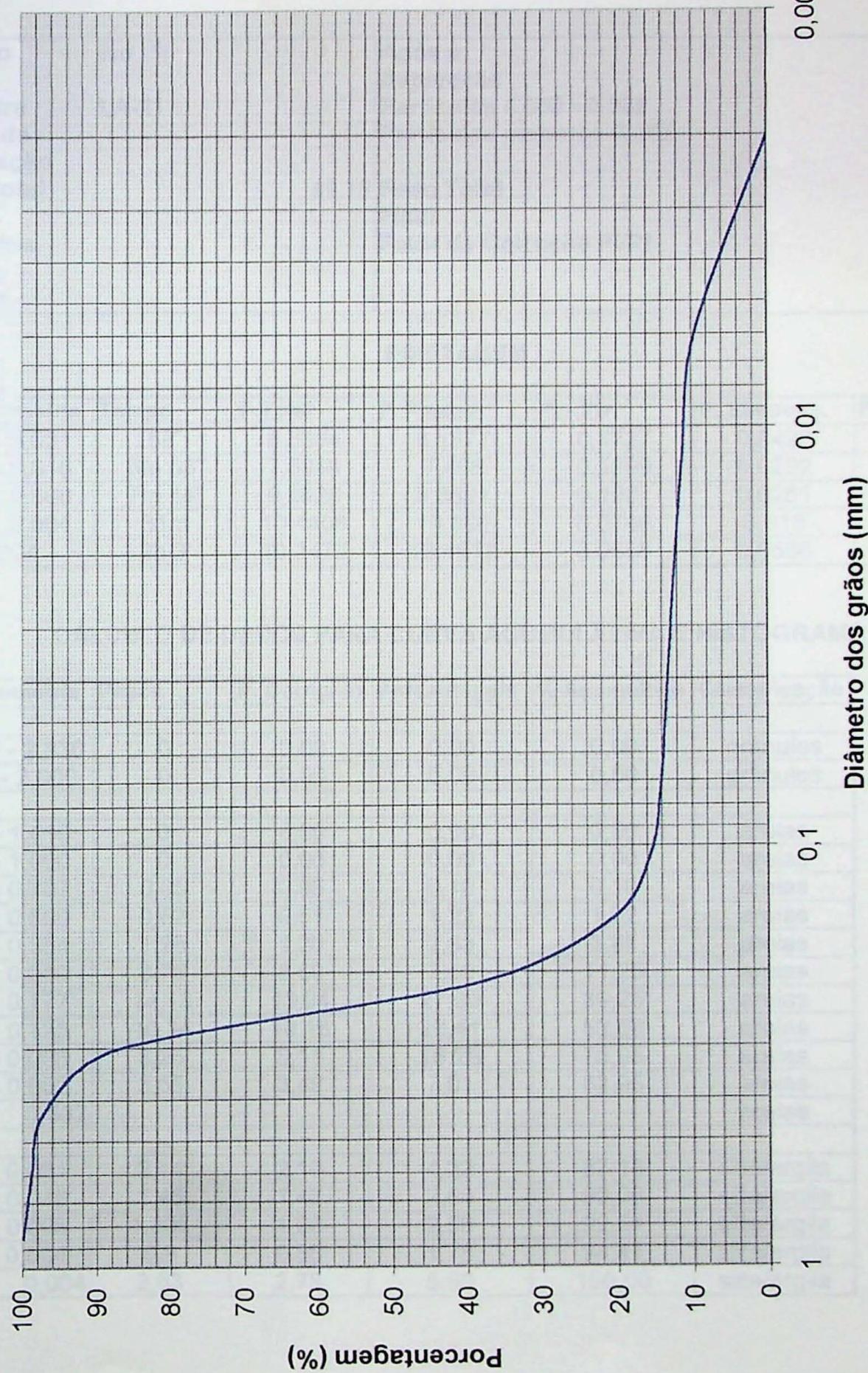
## CÁLCULO DE DADOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA

Granulometria	Pesos	P. Corrigido	Porcentagem	% Acumulada	Classificação
44,000 - 2,830	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,830 - 2,000	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,000 - 1,410	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,410 - 1,000	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,000 - 0,707	0,05	0,05	0,10	0,10	areias
0,707 - 0,500	0,56	0,53	1,07	1,16	areias
0,500 - 0,354	0,88	0,84	1,68	2,84	areias
0,354 - 0,250	5,18	4,92	9,87	12,71	areias
0,250 - 0,177	25,4	24,11	48,41	61,13	areias
0,177 - 0,125	9,38	8,91	17,88	79,01	areias
0,125 - 0,088	2,76	2,62	5,26	84,27	areias
0,088 - 0,062	0,75	0,71	1,43	85,70	areias
0,062					areias
0,062 - 0,031	0,395	0,38	0,75	86,45	silte/argila
0,031 - 0,016	0,52	0,49	0,99	87,44	silte/argila
0,016 - 0,008	0,655	0,62	1,25	88,69	silte/argila
0,008 - 0,004	0,87	0,83	1,66	90,35	silte/argila
0,004	5,065	4,81	9,65	100,00	silte/argila

LA - 19



### LA - 19 - Curva Acumulativa



Projeto	Ivo -TF	Após a Separação	
Amostra	LA-21	Partículas 4,000 - 0,062	42,02
Antes da Separação		Partículas menores 0,062	8,64
Peso total inicial	49,78	Peso Total	50,66
Peso dos seixos		Final	
Outros		Fator de Correção Pi/Pf	0,98

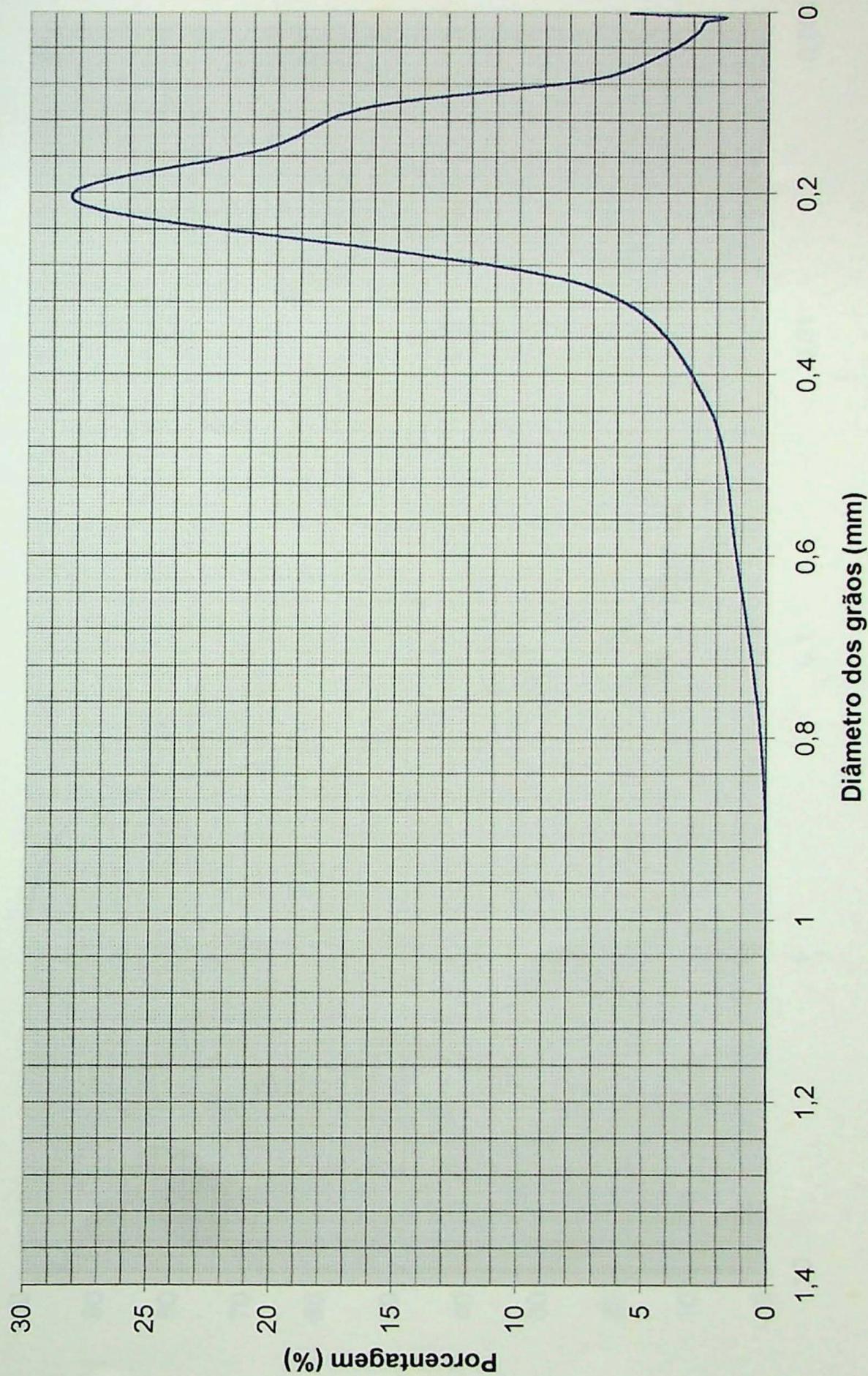
## PIPETAGEM

Granulometria	Tempo	P.Total	P. Frasco	Pt - Pfr	P. Suspens.	Ps x 50
0,062 - 0,031	58"	8,3604	8,1877	0,1727	0,0428	2,14
0,031 - 0,016	3m 58"	7,5959	7,466	0,1299	0,0292	1,46
0,016 - 0,008	7m 44"	9,4628	9,3621	0,1007	0,0261	1,305
0,008 - 0,004	31m	10,4406	10,366	0,0746	0,018	0,9
0,004	2h 3'	10,2479	10,1913	0,0566	0,0566	2,83

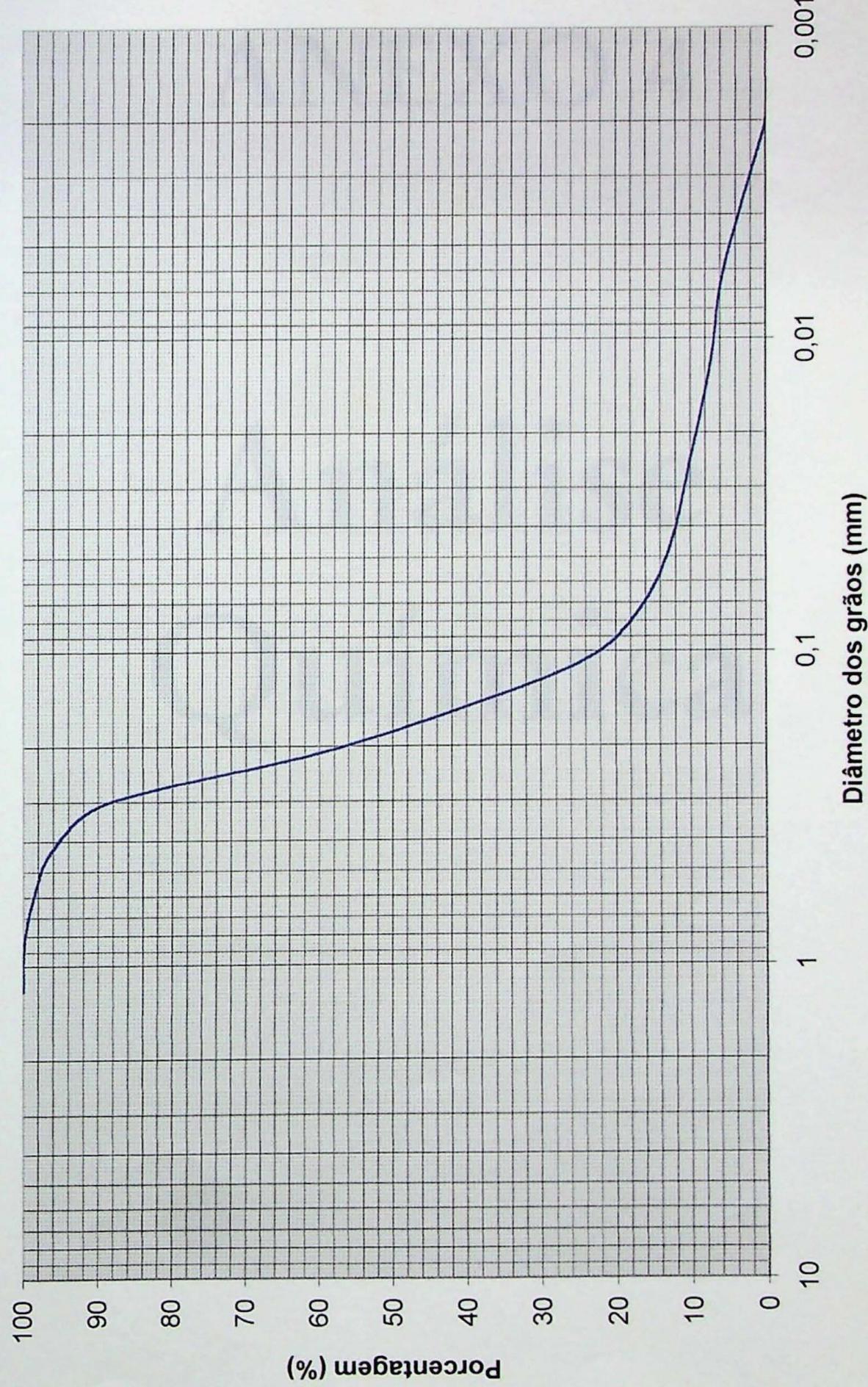
## CÁLCULO DE DADOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA

Granulometria	Pesos	P. Corrigido	Porcentagem	% Acumulada	Classificação
44,000 - 2,830	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,830 - 2,000	0	0,00	0,00	0,00	grânulos
2,000 - 1,410	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,410 - 1,000	0	0,00	0,00	0,00	areias
1,000 - 0,707	0,05	0,05	0,10	0,10	areias
0,707 - 0,500	0,62	0,61	1,22	1,32	areias
0,500 - 0,354	1,28	1,26	2,53	3,85	areias
0,354 - 0,250	3,75	3,69	7,40	11,25	areias
0,250 - 0,177	14,18	13,94	27,99	39,25	areias
0,177 - 0,125	10,34	10,16	20,41	59,66	areias
0,125 - 0,088	8,25	8,11	16,29	75,95	areias
0,088 - 0,062	3,55	3,49	7,01	82,95	areias
0,062					areias
0,062 - 0,031	2,14	2,10	4,22	87,18	silte/argila
0,031 - 0,016	1,46	1,43	2,88	90,06	silte/argila
0,016 - 0,008	1,305	1,28	2,58	92,64	silte/argila
0,008 - 0,004	0,9	0,88	1,78	94,41	silte/argila
0,004	2,83	2,78	5,59	100,00	silte/argila

LA - 21



### LA - 21 - Curva Acumulativa



# ANEXO 4

## Análise Química

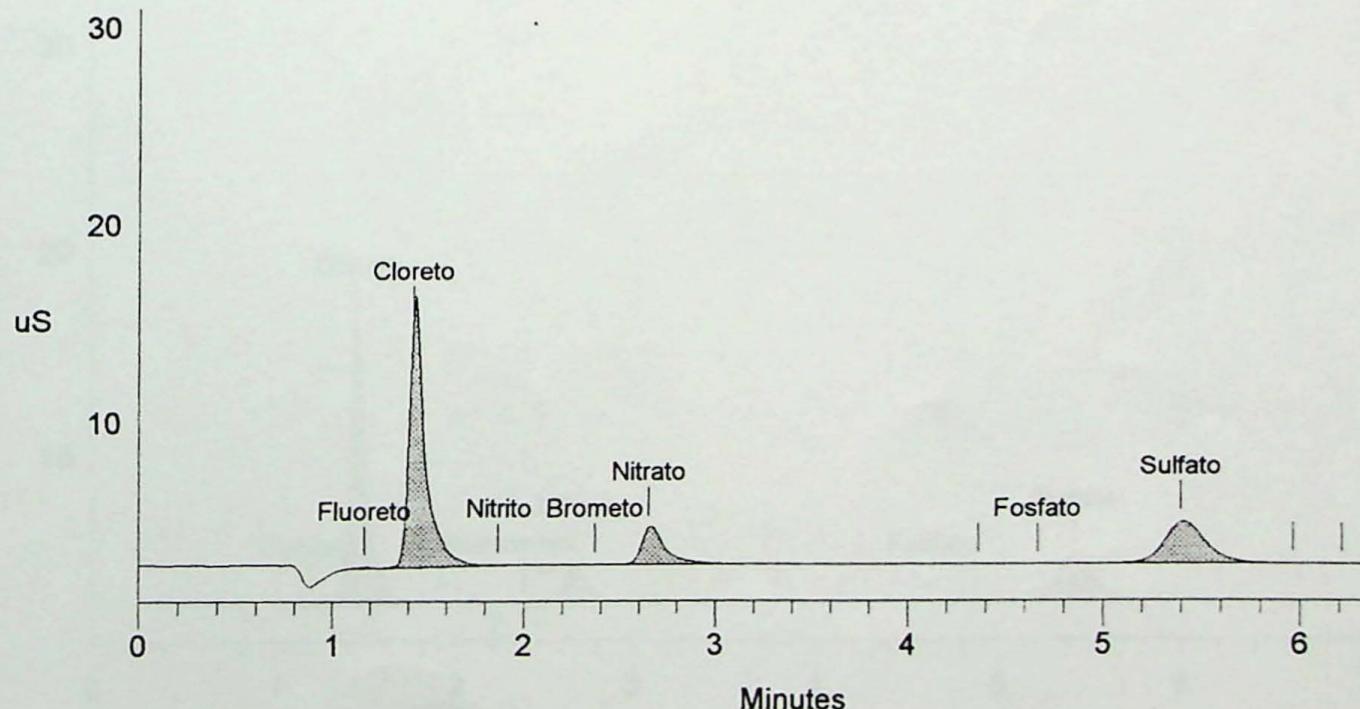
| Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\met00071.d04 Report Date: 06/11/98 15:46:15  
 | Sample Name: LH.149 - Fonte - 2/10/98 Collected : 05/11/98 14:36:29  
 | Inject # : 4 Vial # :  
 | Method File: c:\peaknet\method\anion30.met Calibrated : 22/10/98 15:33:02  
 | System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A  
 | Column Type: Operator : Lucia Helena  
 | Data Points: 1903 Rate : 5.00 Hz  
 | Module Name: Moduleware : 1.08

Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk. Width	Threshold
External	1	1	0.00	6.34	1000	10.00	100.00	

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration ppm	Height	Area	B1. Code	%Delta
1	1.17	Fluoreto	0.015	188091	1035909	1	0.00
2	1.42	Cloreto	5.229	40461703	265214326	3	0.00
3	1.87	Nitrito	0.013	71124	421563	4	0.00
4	2.37	Brometo	0.023	82057	432960	1	0.00
5	2.65	Nitrato	2.063	6209735	55410348	1	0.00
7	4.67	Fosfato	0.003	1796	35509	1	0.00
8	5.40	Sulfato	2.932	7018366	104853332	3	0.00
			Totals	10.278	54032871	427403947	

File: met00071.d04 Sample LH.149 - Fonte - 2/10/98



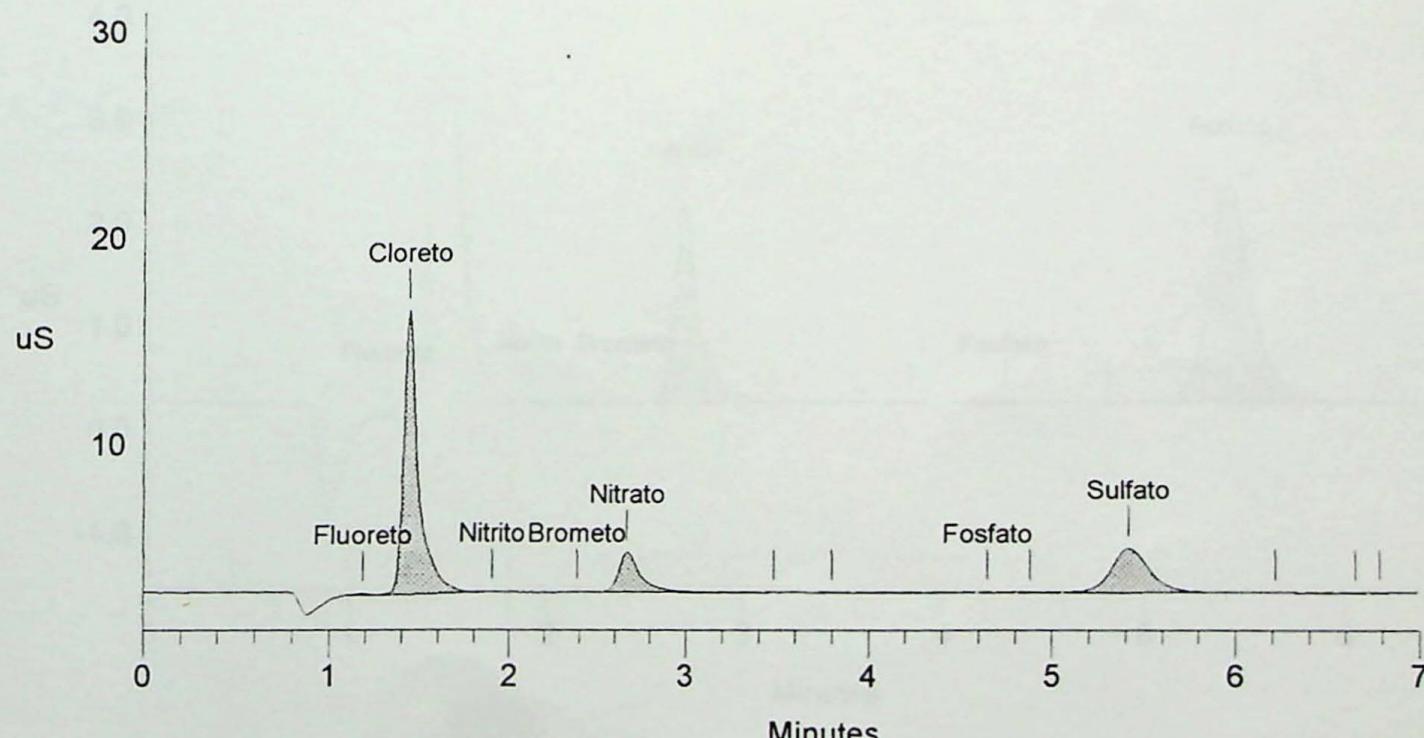
Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\met00071.d03 Report Date: 06/11/98 13:45:33  
 Sample Name: LH.149 - Fonte - 2/10/98 Collected : 05/11/98 14:28:08  
 Inject # : 3 Vial # :  
 Method File: c:\peaknet\method\anion30.met Calibrated : 22/10/98 15:33:02  
 System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A  
 Column Type: Operator : Lucia Helena  
 Data Points: 2100 Rate : 5.00 Hz  
 Module Name: Moduleware : 1.08

Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk. Width	Threshold
External	1	1	0.00	7.00	1000	10.00	10.00	100.00

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

IPk. INum	Ret Time	Component Name	Concentration ppm	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1	1.18	Fluoreto	0.023	280598	1611433	1	0.00
2	1.43	Cloreto	5.214	45815468	264378840	3	0.00
3	1.90	Nitrito	0.009	80817	287261	4	0.00
4	2.38	Brometo	0.016	80290	307642	1	0.00
5	2.67	Nitrato	2.050	6401941	55059556	1	0.00
8	4.65	Fosfato	0.012	17263	158051	2	0.00
10	5.42	Sulfato	2.896	7098130	103548823	2	0.00
			Totals	10.219	59774507	425351606	

**File: met00071.d03 Sample LH.149 - Fonte - 2/10/98**



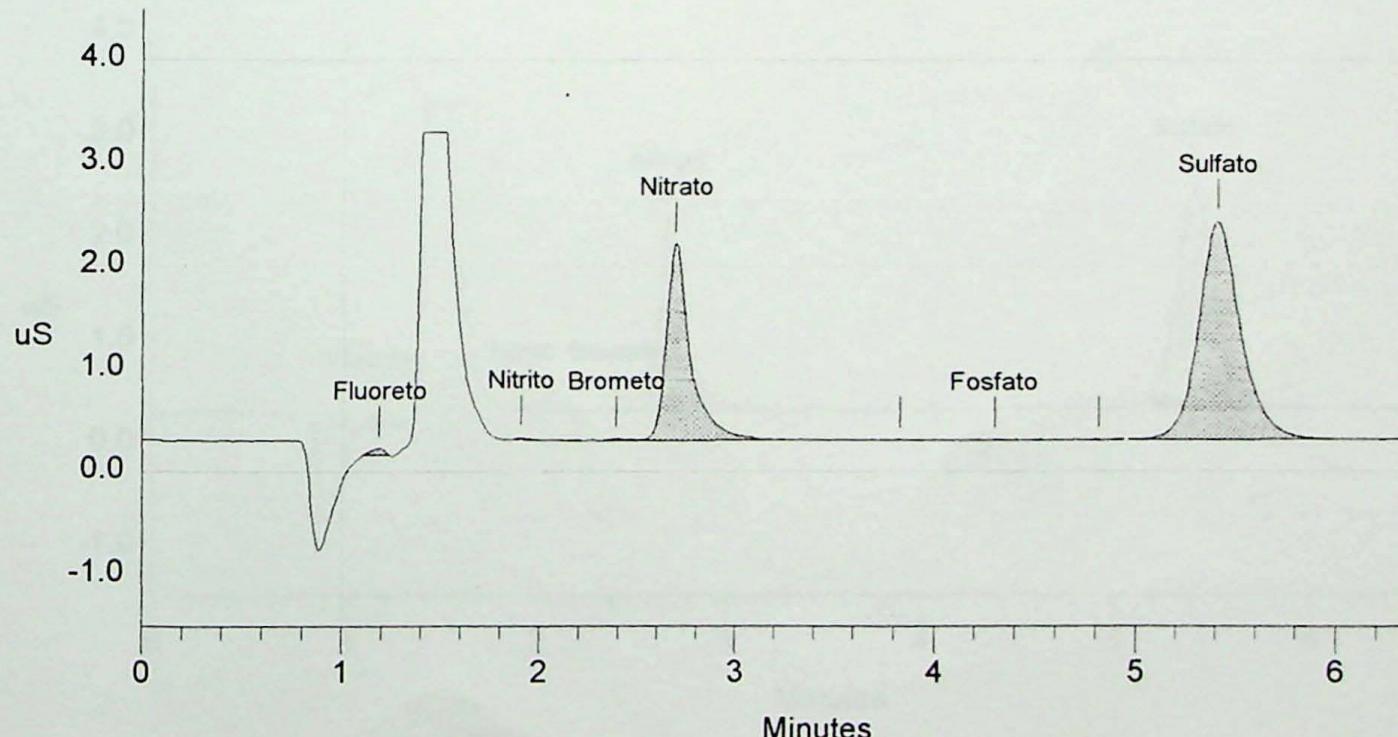
Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\data0078.d05 Report Date: 06/11/98 13:44:41  
 Sample Name: LH.149 - FONTE - 2/10/98 Collected : 05/11/98 13:45:06  
 Inject # : 5 Vial # :  
 Method File: c:\peaknet\method\anion3.met Calibrated : 10/09/98 15:44:49  
 System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A  
 Column Type: Operator : Lucia Helena  
 Data Points: 1912 Rate : 5.00 Hz  
 Module Name: Moduleware : 1.08

Calibration Volume Dilution Start Stop Area Reject Pk. Width Threshold  
 External 1 1 0.00 6.37 1000 10.00 500.00

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1	1.18	Fluoreto	0.017	2252346	10981118	1	0.00
2	1.90	Nitrito	0.010	705769	4149781	1	0.00
3	2.38	Brometo	0.021	585115	4197294	2	0.00
4	2.68	Nitrato	2.075	63514581	549364305	2	0.00
6	4.30	Fosfato	0.018	132923	1840228	1	0.00
8	5.42	Sulfato	2.912	70495602	1038570159	2	0.00
			Totals	5.054	137686336	1609102885	

File: data0078.d05 Sample LH.149 - FONTE - 2/10/98



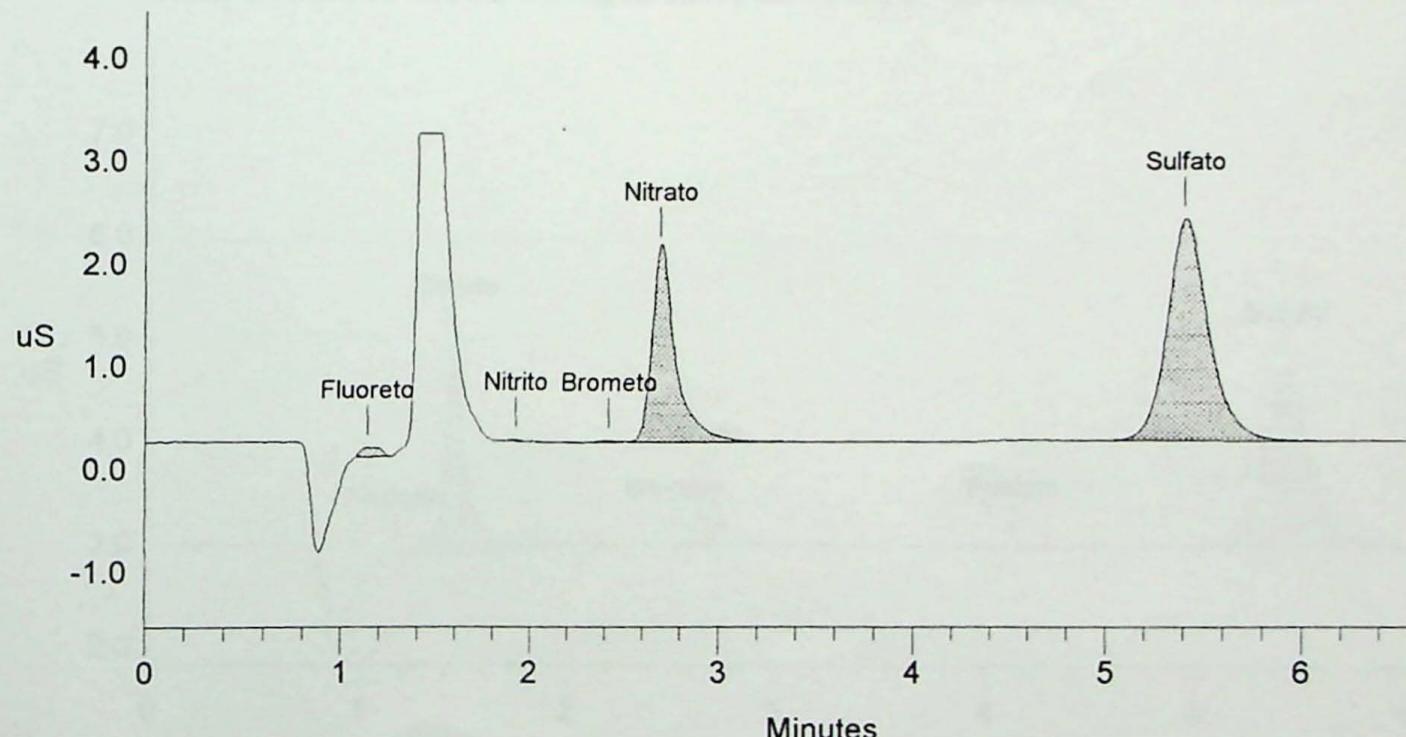
| Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\data0078.d04 Report Date: 06/11/98 13:43:19  
 | Sample Name: LH.149 - FONTE - 2/10/98 Collected : 05/11/98 13:38:10  
 | Inject # : 4 Vial # :  
 | Method File: c:\peaknet\method\anion3.met Calibrated : 10/09/98 15:44:49  
 | System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A  
 | Column Type: Operator : Lucia Helena  
 | Data Points: 1975 Rate : 5.00 Hz  
 | Module Name: Moduleware : 1.08

Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk.	Width	Threshold
External	1	1	0.00	6.58	1000	10.00			500.00

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration	Height	Area	Bl. Code	%Delta	
1	1.13	Fluoreto	0.035	3026165	22710374	1	0.00	
2	1.92	Nitrito	0.005	612689	2103505	1	0.00	
3	2.42	Brometo	0.013	477716	2654937	2	0.00	
4	2.68	Nitrato	2.082	62463726	551274248	2	0.00	
5	5.42	Sulfato	2.952	71843145	1054800056	1	0.00	
			Totals	5.088	138423441	1633543120		

**File: data0078.d04 Sample LH.149 - FONTE - 2/10/98**



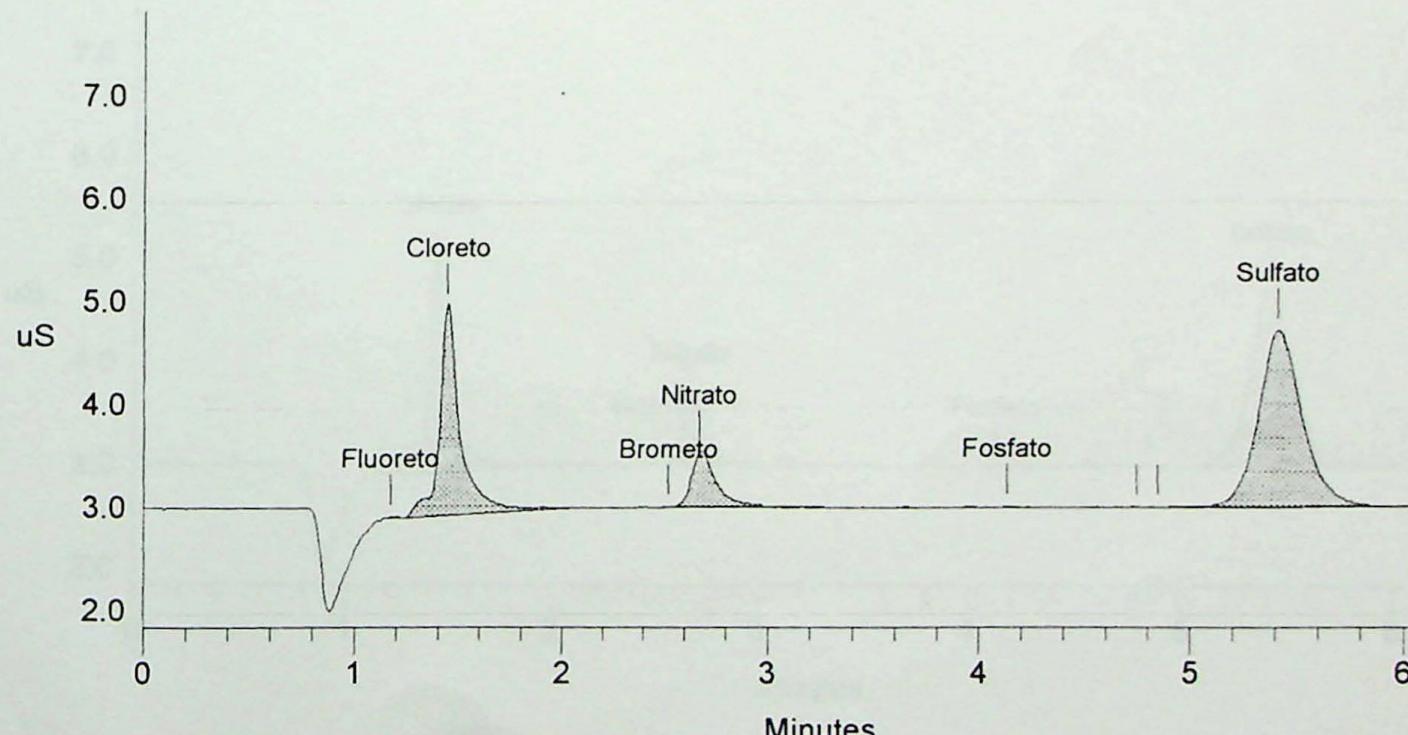
| Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\met00071.d02 Report Date: 06/11/98 13:40:55  
 | Sample Name: LH.148 - Poço - 2/10/98 Collected : 05/11/98 14:21:39  
 | Inject # : 2 Vial # :  
 | Method File: c:\peaknet\method\anion30.met Calibrated : 22/10/98 15:33:02  
 | System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A  
 | Column Type: Operator : Lucia Helena  
 | Data Points: 1816 Rate : 5.00 Hz  
 | Module Name: Moduleware : 1.08

Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk.	Width	Threshold
External	1	1	0.00	6.05	1000	10.00			100.00

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration ppm	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1	1.17	Fluoreto	0.002	53029	167322	1	0.00
2	1.43	Cloreto	0.965	6798574	48714121	1	0.00
3	2.52	Brometo	0.001	6383	26604	1	0.00
4	2.67	Nitrato	0.564	1745209	15149414	1	0.00
5	4.13	Fosfato	0.012	26380	158168	1	0.00
8	5.42	Sulfato	2.301	5703714	82279526	2	0.00
Totals			3.845	14333289	146495155		

**File: met00071.d02 Sample LH.148 - Poço - 2/10/98**



```

| Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\met00071.d02 Report Date: 06/11/98 13:40:22
| Sample Name: LH.148 - Poço - 2/10/98 Collected : 05/11/98 14:21:39
| Inject # : 2 Vial # :
| Method File: c:\peaknet\method\anion30.met Calibrated : 22/10/98 15:33:02
| System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A
| Column Type: Operator : Lucia Helena
| Data Points: 1816 Rate : 5.00 Hz
| Module Name: Moduleware : 1.08

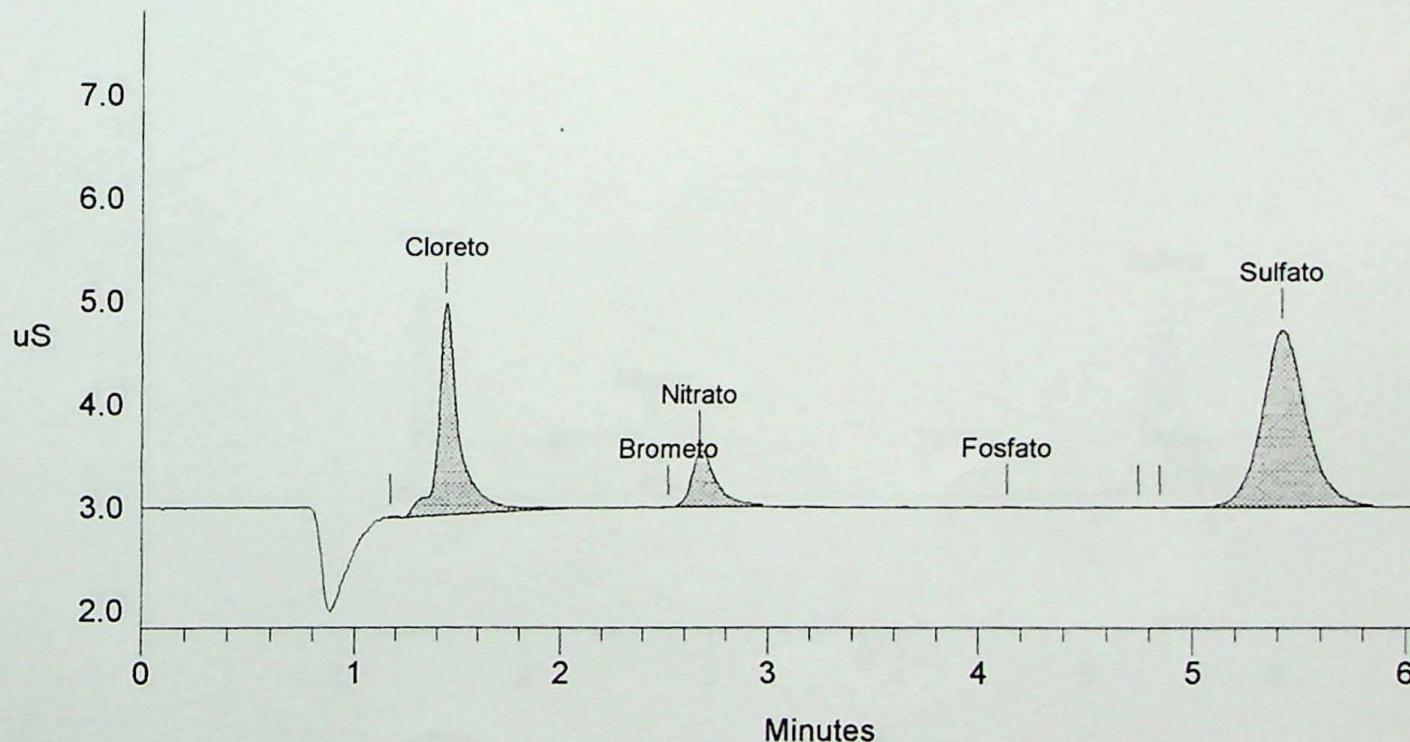
```

Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk.	Width	Threshold
External	1	1	0.00	6.05	1000		10.00		100.00

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration ppm	Height	Area	Bl. Code	%Delta
2	1.43	Cloreto	0.965	6798574	48714121	1	0.00
3	2.52	Brometo	0.001	6383	26604	1	0.00
4	2.67	Nitrato	0.564	1745209	15149414	1	0.00
5	4.13	Fosfato	0.012	26380	158168	1	0.00
8	5.42	Sulfato	2.301	5703714	82279526	2	0.00
Totals			3.843	14280260	146327833		

**File: met00071.d02 Sample LH.148 - Poço - 2/10/98**



```

|| Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\met00071.d01 Report Date: 06/11/98 13:39:24
|| Sample Name: LH.148 - Poço - 2/10/98 Collected : 05/11/98 14:14:36
|| Inject # : 1 Vial # :
|| Method File: c:\peaknet\method\anion30.met Calibrated : 22/10/98 15:33:02
|| System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A
|| Column Type: Operator : Lucia Helena
|| Data Points: 2031 Rate : 5.00 Hz
|| Module Name: Moduleware : 1.08

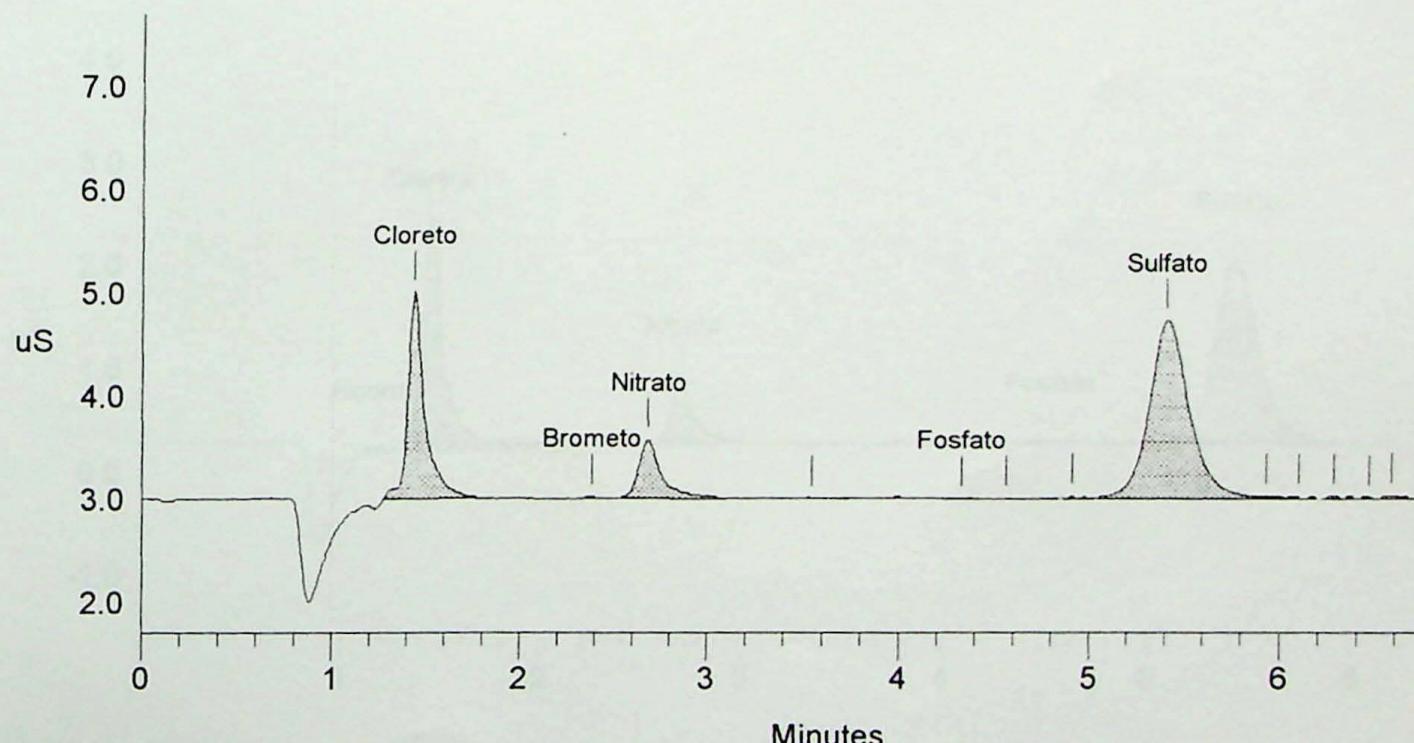
```

Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk.	Width	Threshold
External	1	1	0.00	6.77	1000	10.00			100.00

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration ppm	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1	1.43	Cloreto	0.831	6666232	41954201	1	0.00
2	2.38	Brometo	0.012	77419	236828	1	0.00
3	2.68	Nitrato	0.615	1881611	16527547	1	0.00
5	4.33	Fosfato	0.004	8995	56920	1	0.00
8	5.42	Sulfato	2.374	5737484	84895858	3	0.00
Totals			3.837	14371741	143671354		

**File: met00071.d01 Sample LH.148 - Poço - 2/10/98**



```

|| Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\data0078.d06 Report Date: 06/11/98 13:36:25
|| Sample Name: LH.148 - Poço - 2/10/98 Collected : 05/11/98 13:52:26
|| Inject # : 6 Vial # :
|| Method File: c:\peaknet\method\anion3.met Calibrated : 10/09/98 15:44:49
|| System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A
|| Column Type: Operator : Lucia Helena
|| Data Points: 1910 Rate : 5.00 Hz
|| Module Name: Moduleware : 1.08

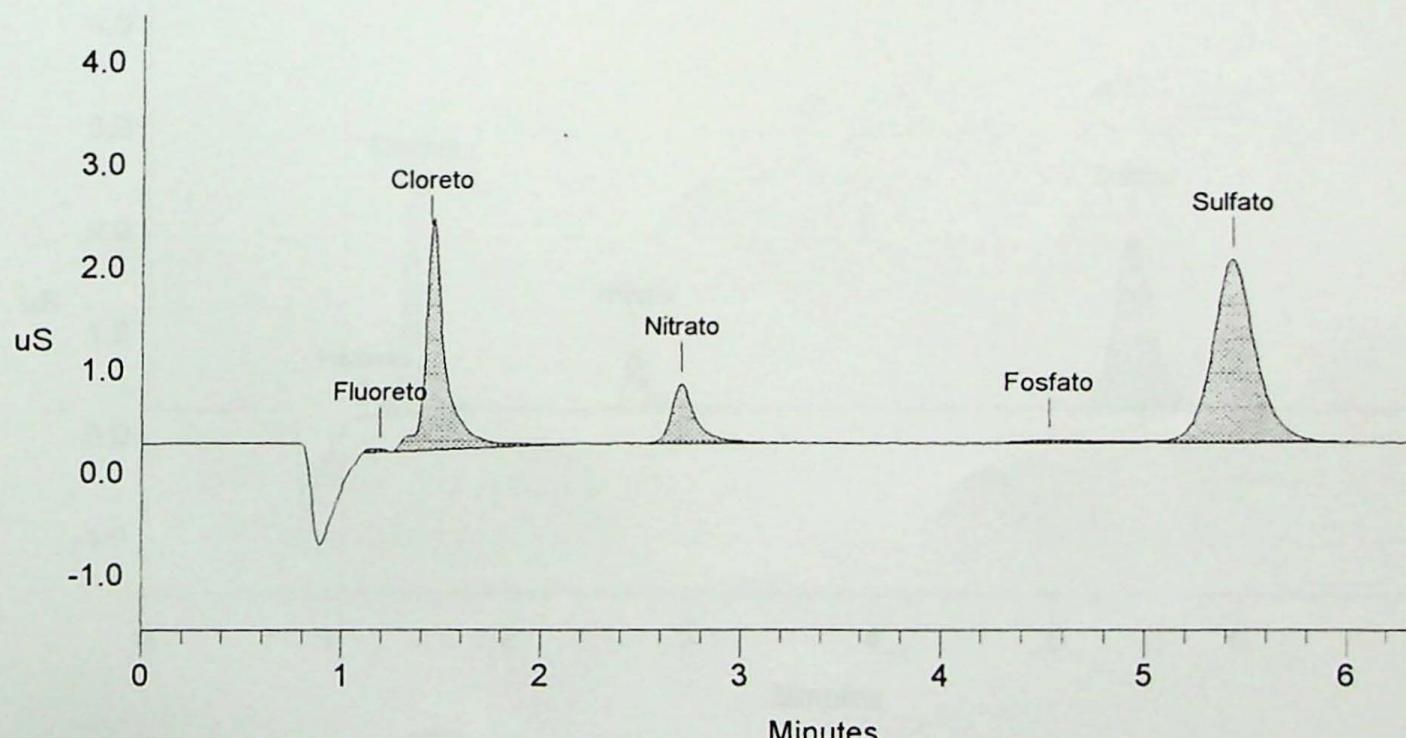
```

Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk. Width	Threshold
External	1	1	0.00	6.36	1000	10.00	500.00	

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1	1.18	Fluoreto	0.010	965905	6143021	1	0.00
2	1.43	Cloreto	0.865	69103967	517164557	1	0.00
3	2.70	Nitrato	0.612	19297545	163814904	1	0.00
4	4.53	Fosfato	0.275	959367	27497375	2	0.00
5	5.43	Sulfato	2.426	59331222	866548968	2	0.00
Totals			4.188	149658006	1581168825		

**File: data0078.d06 Sample LH.148 - Poço - 2/10/98**



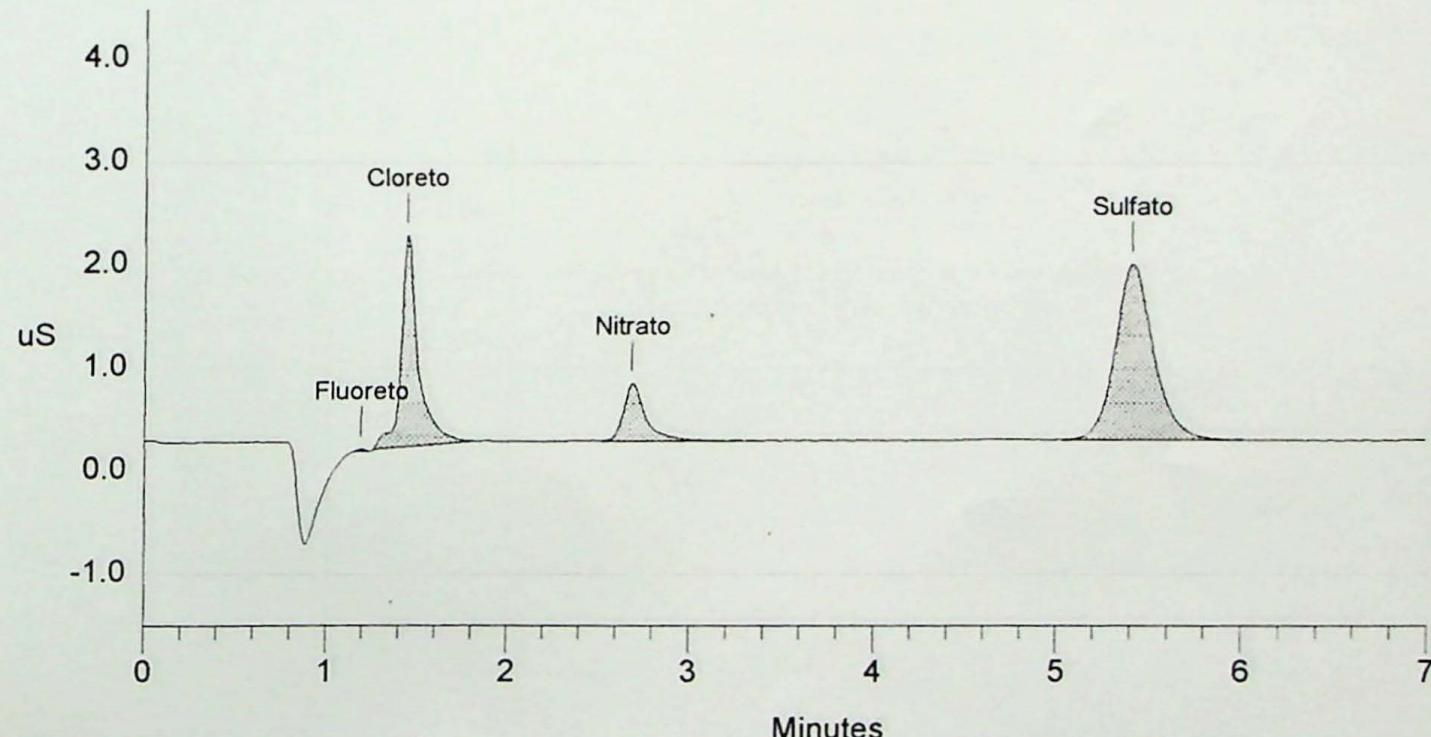
| Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\data0078.d07 Report Date: 06/11/98 13:37:35  
 | Sample Name: LH.148 - Poço - 2/10/98 Collected : 05/11/98 13:59:07  
 | Inject # : 7 Vial # :  
 | Method File: c:\peaknet\method\anion3.met Calibrated : 10/09/98 15:44:49  
 | System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A  
 | Column Type: Operator : Lucia Helena  
 | Data Points: 2100 Rate : 5.00 Hz  
 | Module Name: Moduleware : 1.08

Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk.	Width	Threshold
External	1	1	0.00	7.00	1000	10.00			500.00

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1	1.18	Fluoreto	0.003	777419	2151480	1	0.00
2	1.43	Cloreto	0.775	68164843	454562878	1	0.00
3	2.68	Nitrato	0.588	18527265	157574162	1	0.00
4	5.42	Sulfato	2.306	56937278	825473760	1	0.00
Totals			3.672	144406804	1439762279		

**File: data0078.d07 Sample LH.148 - Poço - 2/10/98**



```

|| Data File : \PEAKNET\DATA\IVO\data0078.d08 Report Date: 06/11/98 13:38:34
|| Sample Name: LH.148 - Poço - 2/10/98 Collected : 05/11/98 14:06:35
|| Inject # : 8 Vial # :
|| Method File: c:\peaknet\method\anion3.met Calibrated : 10/09/98 15:44:49
|| System Name: Cromatógrafo de Íons Detector : UI20:A
|| Column Type: Operator : Lucia Helena
|| Data Points: 2100 Rate : 5.00 Hz
|| Module Name: Moduleware : 1.08

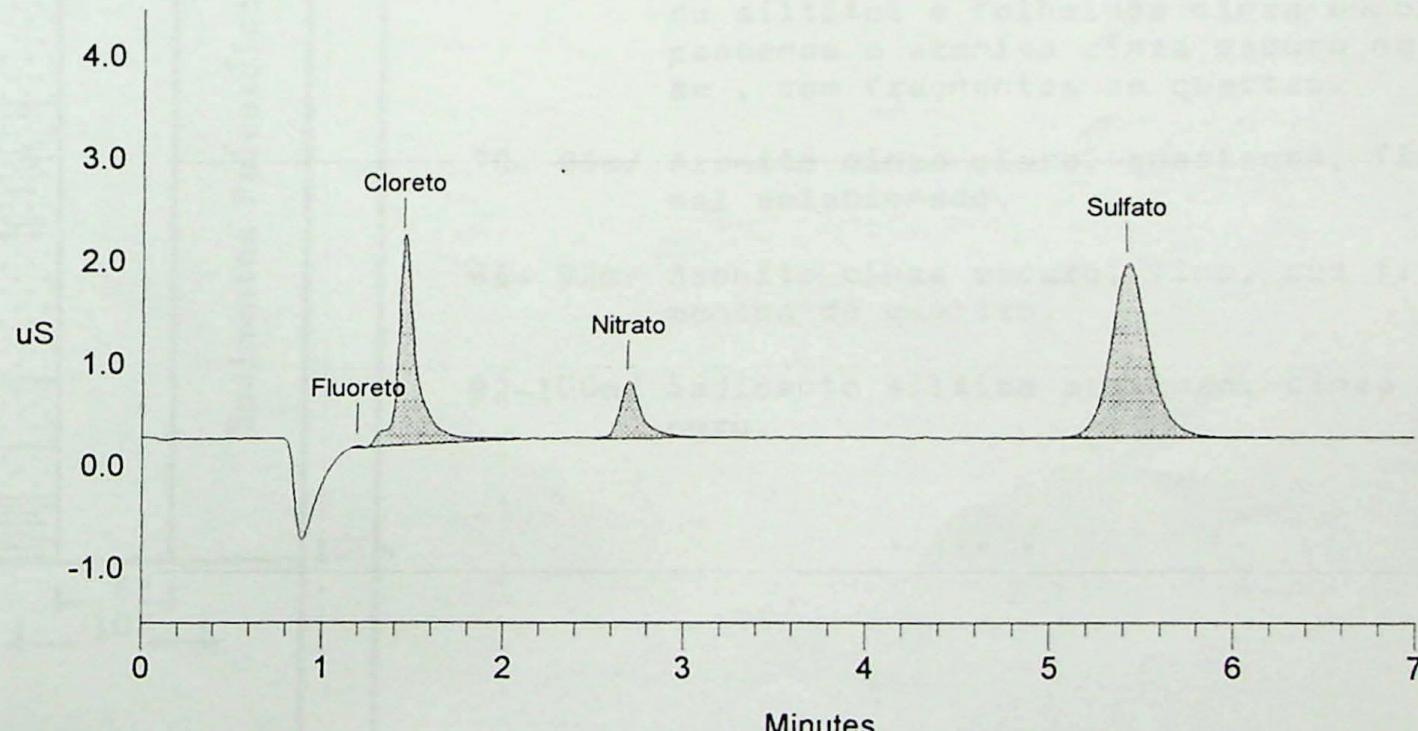
```

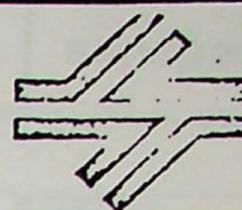
Calibration	Volume	Dilution	Start	Stop	Area	Reject	Pk.	Width	Threshold
External	1	1	0.00	7.00	1000	10.00			500.00

\*\*\*\*\* Component Report: Components Found \*\*\*\*\*

Pk. Num	Ret Time	Component Name	Concentration	Height	Area	Bl. Code	%Delta
1	1.18	Fluoreto	0.003	728735	2073915	1	0.00
2	1.43	Cloreto	0.811	66437407	479517736	1	0.00
3	2.68	Nitrato	0.589	18200120	157698011	1	0.00
4	5.42	Sulfato	2.308	56380689	826306328	1	0.00
Totals			3.711	141746951	1465595989		

**File: data0078.d08 Sample LH.148 - Poço - 2/10/98**



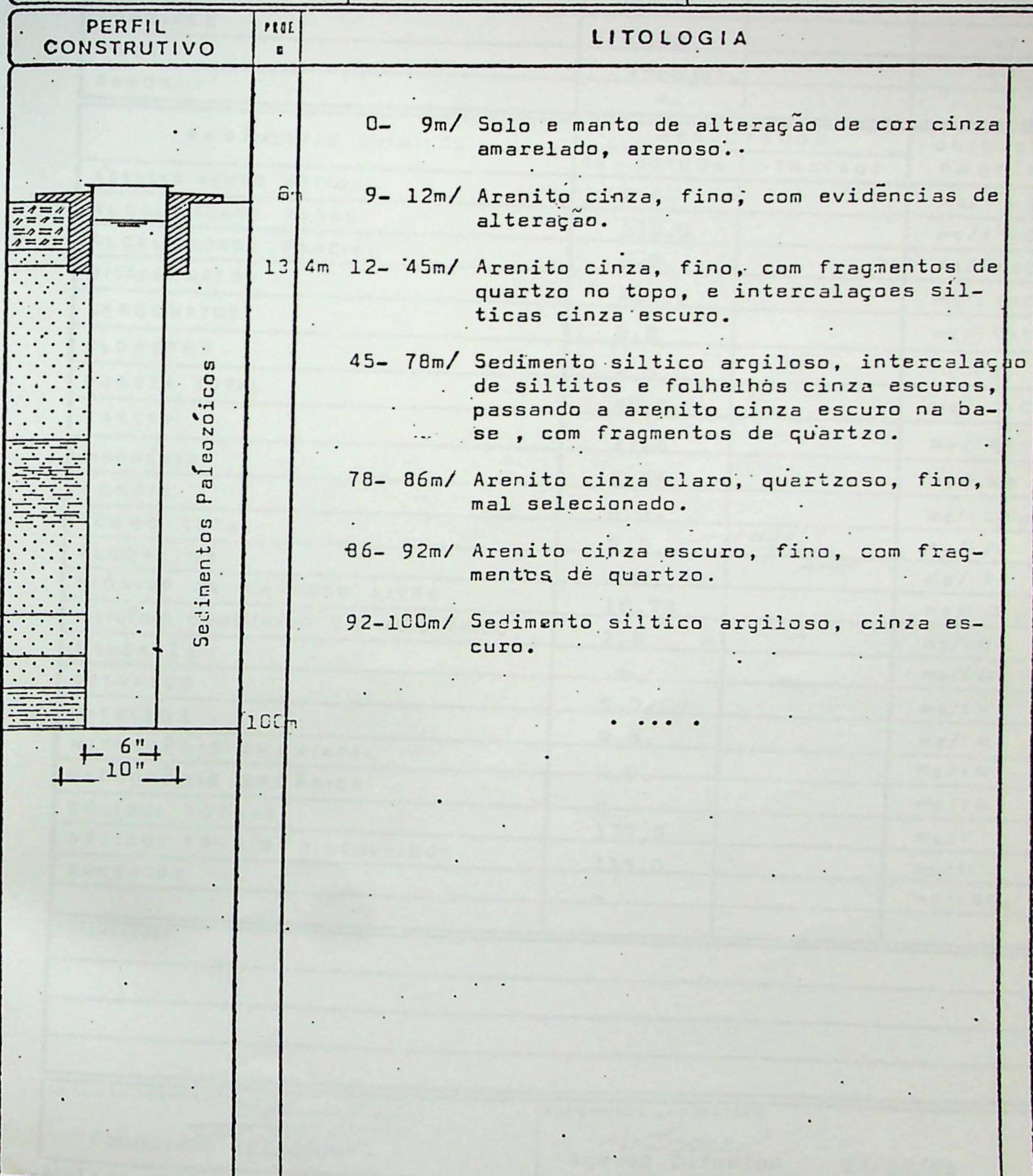


## FICHA DE SONDAÇÃO

POÇO N°. 01  
LOCAL: Agua Azul de Baixo  
MUNICÍPIO: Lapa  
ESTADO: Paraná  
ESCALA: 1:1.000

EXECUÇÃO: Copam  
INTERESSADO: SANEPAR  
SONDA: Percussora  
INÍCIO: 06.12.84  
CONCLUSÃO: 17.02.85

LATITUDE:  
LONGITUDE:  
ALTITUDE:  
R.E.: 3,50 m  
E.A.: não verificada



SISTEMA

ÁGUA AMARELA DE BAIXO - MUN. de ANTONIO OLINTO

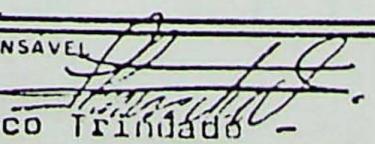
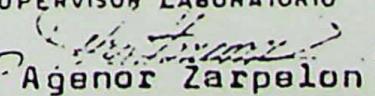
TIPO DA AMOSTRA IN - NATURA <input type="checkbox"/>	LOCAL DA COLETA Poço Tubular nº 1	COLETOR Massatoshi
TRATADA <input checked="" type="checkbox"/>		

CONDIÇÕES DO TEMPO NAS ÚLTIMAS 48 HORAS Bom	DATA COLETA 17/07/84	HORÁRIO COLETA 23:30 Hs
--	-------------------------	----------------------------

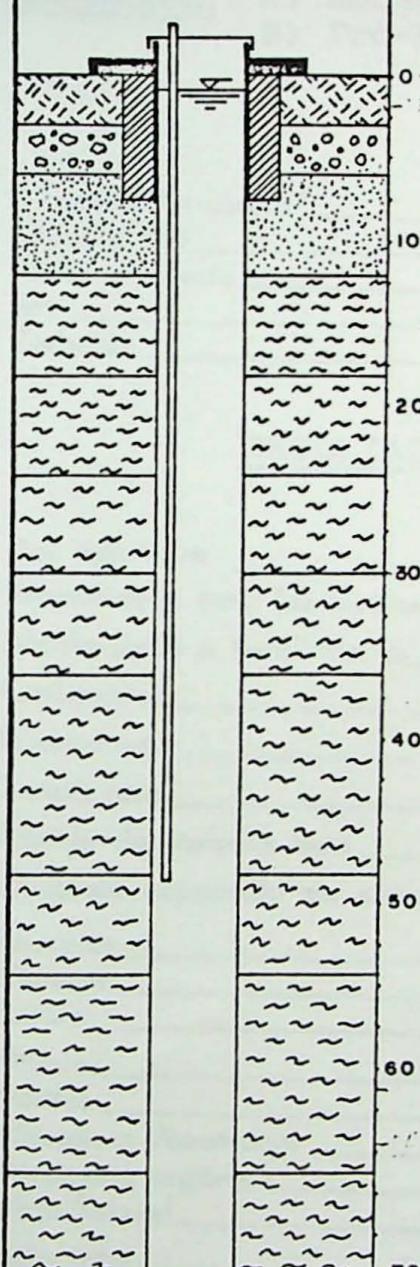
PARÂMETROS FÍSICOS E ORGANOLÉTICOS	RESULTADOS		UNIDADE PADRÃO
	IN - NATURA	TRATADA	
pH	7,3		—
COR	10,0		uH
TURBIDEZ	3,40		uT
ODOR	Inobjet.		—
SABOR	-		—

PARÂMETROS QUÍMICOS	RESULTADOS		UNIDADE PADRÃO
	IN - NATURA	TRATADA	
AGENTES TENSO ATIVOS	N.D.		mg / l A.B.S.
ALCALINIDADE TOTAL	110,0		mg / l CaCO <sub>3</sub>
ALCALINIDADE PARCIAL	0,0		mg / l CaCO <sub>3</sub>
BICARBONATOS	110,0		mg / l CaCO <sub>3</sub>
CARBONATOS	0,0		mg / l CaCO <sub>3</sub>
CLORETO	N.D.		mg / l Cl
DUREZA TOTAL	68,0		mg / l CaCO <sub>3</sub>
CÁLCIO	17,6		mg / l Ca
MAGNÉSIO	6,69		mg / l Mg
FENÓIS	N.D.		mg / l C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
FERRO TOTAL	0,5	EXCEDOU NA NOVA AMOSTRA	mg / l Fe
FLUORETOS	N.D.		mg / l F-
BÓXIDO DE CARBONO LIVRE	10,78		mg / l CO <sub>2</sub>
OXIGÊNIO CONSUMIDO EM MEIO ÁCIDO	1,0		mg / l O <sub>2</sub>
MANGANÊS	—		mg / l Mn
NITRATOS	N.D.		mg / l N
NITRITOS	N.D.		mg / l N
NITROGÊNIO AMONIACAL	N.D.		mg / l N
NITROGÊNIO ORGÂNICO	—		mg / l N
SÓLIDOS TOTAIS	137,0		mg / l
SÓLIDOS TOTAIS DISSOLVIDOS	115,0		mg / l
SULFATOS	—		mg / l SO <sub>4</sub>

OBSERVAÇÕES

ANALISTA RESPONSÁVEL  Francisco Trindade	SUPERVISOR LABORATÓRIO  Aenor Zarpelon
---	--

FICHA DE SONDAgem

POÇO N°: 01 LOCAL: LAJEADO DO CAÇADOR MUNICÍPIO: RIO NEGRO ESTADO: PARANÁ ESCALA: 1:500	EXECUÇÃO: T. JANER INTERESSADO: SANEPAR SONDA: PNEUMÁTICA INÍCIO: 29/06/81 CONCLUSÃO: 01/07/81	LATITUDE: LONGITUDE: ALTITUDE: N.E.: 0,80 m E.A.: 66,00 m
<p><b>PERFIL CONSTRUTIVO</b></p>  <p>6"</p> <p>6"</p>	<p><b>PROF.</b></p> <p>0-3- Solo argiloso amarelo claro.</p> <p>3-6- Conglomerado creme esbranquiçado, com grão de quartzo subarredondados variando em tamanho de 2 a 10 mm.</p> <p>6-12- Arenito esbranquiçado, médio grosseiro mal selecionado, micáceo, muito alterado-matriz argilosa.</p> <p>12-18- Rocha de aspecto granítico, cinza esverdeado esverdeado, textura granular grosseira, muito alterada.</p> <p>18-24- Rocha de aspecto granítico (migmatito) com tonalidades avermelhadas e cinza esverdeado escuro, textura granular grosseira, parcialmente alterada.</p> <p>24-30- Migmatito cinza escuro-nível, máfico de aspecto lepidoblastico.</p> <p>30-36 Migmatito de tons róseos avermelhado, muito alterado (decompósito).</p> <p>36-48 Migmatito róseo avermelhado com pontuações escura, parcialmente alterado.</p> <p>48-54 Nível semelhante ao 30-36m de profundidade.</p> <p>54-66 Migmatito com níveis variando em ton de róseo avermelhado a cinza escuro, parcialmente alterado</p> <p>66-72 Nível semelhante ao intervalo 48-54</p>	<p><b>LITOLOGIA</b></p>

# CENTRO DE PESQUISAS

## LABORATÓRIO DE FÍSICO-QUÍMICA

Análise físico química de água procedente de Lageado do caçador (Rio Negro)  
colhida poço tubular pelo Sr. Generoso

em 15 / 07 / 1981, por solicitação SASUB

Entrada no laboratório: 16 / 07 / 1981 Temperatura da amostra: 18°C - ambiente: 14°C.

Condições do tempo nas últimas 48 horas: Tempo Bom

Observações: A) Amostragem realizada às 19:00 hs  
B) Pró-Rural

### RESULTADOS

Aspecto "in-natura"	-----
Odor a frio	-----
Odor a quente	-----
pH	7,80
Turbidéz	J. T. U. 3

### RESULTADOS EXPRESSOS EM MG/L

Cor aparente	Pt-Co	10
Alcalinidade total (ao metilorange)	CaCO <sub>3</sub>	97
Alcalinidade à fenolftaleína	CaCO <sub>3</sub>	0
Carbonatos	CaCO <sub>3</sub>	0
Bicarbonatos	CaCO <sub>3</sub>	97
Dureza total	CaCO <sub>3</sub>	86
Bióxido de carbono livre	CO <sub>2</sub>	2,91
Oxigênio consumido em meio ácido	O <sub>2</sub>	1,2
Fluoretos	F-	0,7
Cloretos	Cl-	N.D
Sulfato	SO <sub>4</sub>	3
Nitratos	N	0,32
Nitritos	N	0,003
Nitrogênio Amoniacal	N	Menor que 0,01
Nitrogênio orgânico	N	Menor que 0,01
Silica Solúvel	SiO <sub>3</sub>	61,0
Ferro total	Fe	0,80
Calcio	Ca	28,50
Magnésio	Mg	3,50
Sódio	Na	11,69
Potássio	K	2,17
Sólidos totais a 103°C		175

N.D Não Detectado

\* Solicitamos nova amostra para mais uma determinação de Fluoretos

CLAUDIONOR P. DA COSTA  
Técnico Responsável  
pela análise

ANTONIO C. MARAFIGO  
Chefe do Setor de  
Físico Química

