

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDOS GEOFÍSICOS INTEGRADOS À GEOLOGIA DA
BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO RIO CAPIVARI-SP
(SUBGRUPO ITARARÉ E INTRUSIVAS ASSOCIADAS)

Sergio Maniakas



Orientador: Prof. Dr. Nelson Ellert

TESE DE DOUTORAMENTO

COMISSÃO EXAMINADORA

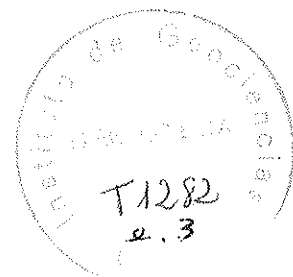
	nome	ass.
Presidente:	Dr. N.Ellert	
Examinadores:	Dr. I.I.G.Pacca	
	Dr. E.G.Gama Junior	
	Dr. A.C.Rebouças	
	Dr. A.M.Coimbra	

São Paulo
1986

DEDALUS - Acervo - IGC



30900006007



"In Suess' day the only bird's - eye view was from a mountain - top. In this decade all have seen the face of the earth as viewed from the moon. From nineteenth - century elitism to twentieth - century mass communication, what has really happened to the science of the earth?" (CAREY, 1976).

A

Lisbete
Enzo
Amalia

que percorreram
comigo
este caminho

dedico

GINÁSIO ESTADUAL DE BURI

INSTITUTO DE EDUCAÇÃO "OTÁVIO FERREIRA" DE ITAPEVA

*Nessas instituições tive grandes mestres.
Bem-aventurado é aquele que teve, em alguma
ma época de sua vida, pelo menos um que
o ensinou a deixar de ser discípulo.*

Aos meus

Minha Homenagem

A G R A D E C I M E N T O S

Durante o seu desenvolvimento este trabalho con
tou com várias colaborações. Em especial tenho
a satisfação de agradecer às seguintes pessoas
e instituições:

- Dr. NELSON ELLERT, pela orientação e amizade, fundamentais na realização deste trabalho.

- Dr. PAULO MILTON BARBOSA LANDIM, cujo contínuo apoio, incentivo e amizade tornou possível a realização deste trabalho.

- Sr. JOSÉ ANTONIO TEIXEIRA, hidrogeólogo, amigo; como coordenador técnico do projeto "Estudo Hidrogeológico do Grupo Tubarão na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari" ofereceu todas as facilidades possíveis para as pesquisas de campo bem como para o acesso aos dados disponíveis.

- Sr. JOSÉ CANDIDO STEVAUX e EDVARD ELIAS DE SOUZA FILHO, geólogos, companheiros; o auxílio que eles prestaram na parte geológica desta tese é inestimável.

- Dr. ANDRÉ DAVINO, pela orientação inicial e participação em levantamentos geofísicos de campo.

- Sr. VLADIMIR DIONÍSIO BELLENZANI JUNIOR, estagiário, pelos trabalhos realizados na computação dos dados.

- Sr. MIGUEL BORDUQUE e Sra. PATRÍCIA MARRA SEPE, estagiários, pelo auxílio nos levantamentos geológicos de campo.

- 6 Sr. JEVGENIJUS MANIAKAS e Sra. VARVARA POLONCA MANIAKAS, meus pais; o primeiro, embora leigo, percorreu comigo os canaviais de Capivari na coleta de dados geofísicos, trabalhando gratuitamente como técnico; o segundo cuidou sozinho dos afazeres domésticos durante esse tempo, trabalho igualmente importante.
- Dona MARIA APARECIDA BARBOSA, que tanto me ajudou durante todo o transcorrer deste trabalho, pelo constante apoio familiar.
 - Sr. CARLOS AMAURI SOARES e ANTONIO CESÁRIO PORTA JUNIOR, pela presteza e excelência dos desenhos e mapas elaborados.
 - Sr. ANTONIO CESÁRIO PORTA JUNIOR, Sra. LILIA MARIA DIETRICH, MARIA CELIA ZADRA SCHMIDT e SELMA REGINA PERINOTTO, Funcionários do Departamento de Geologia Geral e Aplicada - UNESP, de Rio Claro, pelas várias colaborações prestadas na montagem desta tese. MARIA CELIA também colaborou no processamento dos dados de campo.
 - Sr. EDSON GOMES DE OLIVEIRA, professor e geólogo, pela revisão do "abstract".
 - Sra. SONIA MARIA SARTORI, pela rapidez e qualidade dos trabalhos datilográficos.
 - FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo; foram os auxílios dessa instituição, através do projeto "Estudo Hidrogeológico do Grupo Tubarão na Bacia Hidrográfica do Rio Capivari" que permitiram a coleta de dados que originaram este trabalho.
 - INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS DA USP, pelos ensinamentos.

- INSTITUTO GEOLÓGICO, da Secretária da Agricultura do Estado de São Paulo, pela co-participação nas pesquisas hidrogeológicas ; os dados sobre poços estratigráficos fornecidos por essa instituição foram fundamentais para a elaboração desta tese.

- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA, da Secretária de Obras e Meio Ambiente do Estado de São Paulo, pelos dados hidrogeológicos fornecidos.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ÁREA ESTUDADA E ADJACÊNCIAS.....	6
2.1. Introdução.....	7
2.2. Aspectos geográficos e geomorfológicos.....	7
2.3. Aspectos geológicos.....	10
2.3.1. Geologia regional.....	10
2.3.2. O embasamento cristalino Pré-Cambriano...	11
2.3.3. Rochas paleozóicas.....	11
2.3.4. Sedimentos cenozóicos.....	15
2.3.5. Rochas intrusivas.....	15
3. O SUBGRUPO ITARARÉ NO ESTADO DE SÃO PAULO COM ÊNFASE NA REGIÃO ESTUDADA.....	17
3.1. Introdução.....	18
3.2. Breve histórico.....	18
3.3. Estratigrafia.....	19
3.3.1. Litologias.....	19
3.3.2. Facies, relações faciológicas e unidades estratigráficas.....	21
3.3.3. Aspectos geométricos.....	29
3.3.4. Paleogeografia.....	32
3.4. Aspectos estruturais e geotectônicos.....	34
3.5. Evolução tecto-sedimentar.....	38
4. ESTUDOS GEOELÉTRICOS: SONDAgens ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV)	39
4.1. Introdução.....	40
4.2. Revisão de conceitos fundamentais.....	41
4.2.1. Sondagem elétrica vertical (SEV).....	41
4.2.2. Resistividade elétrica dos sedimentos e rochas sedimentares.....	43

	<u>Página</u>
4.2.3. Parâmetros de Dar Zarrouk.....	45
4.2.4. Limitações e problemas de interpretação das SEV.....	47
4.3. Revisão de literatura: trabalhos prévios.....	48
4.4. Trabalhos de campo e dados coletados.....	49
4.5. Interpretação das SEV.....	62
4.6. Análise das SEV.....	63
4.7. Mapa de superfície de tendência de isólitais de <u>a</u> renito e secção geoeletrica baseados nas SEV.....	78
5. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS DE SUBSUPERFÍCIE.....	81
5.1. Introdução.....	82
5.2. Descrição dos poços.....	82
5.2.1. Poços do DAEE.....	82
5.2.2. Poços estratigráficos do IG.....	86
5.3. Perfilagem geofísica dos poços.....	92
5.3.1. Generalidades.....	92
5.3.2. O perfil de radioatividade gama natural(per fil gama).....	92
5.3.3. O perfil de potencial espontâneo (SP).....	93
5.3.4. O perfil de resistência elétrica mono-ele trodo (perfil de resistência).....	94
5.4. Obtenção dos perfis geofísicos dos poços.....	95
5.5. Análise dos perfis geofísicos dos poços.....	95
6. ESTUDO MAGNETOMÉTRICO TERRESTRE DAS ROCHAS BÁSICAS <u>IN</u> TRUSIVAS.....	98
6.1. Introdução.....	99
6.2. Trabalhos prévios.....	100
6.3. Elaboração do mapa de contorno das anomalias da componente vertical do campo magnético.....	102
6.3.1. Coleta de dados.....	102
6.3.2. Processamento dos dados.....	103
6.3.3. Elaboração do mapa de anomalias.....	103

6.4.	Interpretação qualitativa das anomalias da componente vertical do campo magnético.....	104
APÊNDICE 6.1.	Programa BASIC para correção da variação diurna do campo magnético.....	107
APÊNDICE 6.2.	Valores da componente vertical do campo magnético corrigidos da variação diurna.	109
APÊNDICE 6.3.	Programa HPL para elaboração do mapa magnetométrico.....	125
7.	SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA REGIÃO ESTUDADA EM CONFORMIDADE COM OS DADOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS.....	127
7.1.	Introdução.....	128
7.2.	Histórico e conceitos referentes a sistemas deposicionais.....	129
7.3.	Considerações a respeito do uso de técnicas geofísicas na análise de bacias.....	133
7.4.	Geologia e sistemas deposicionais do Subgrupo <u>I</u> tararé.....	135
7.4.1.	Mapa de isólitas de arenito e considerações gerais.....	135
7.4.2.	Estratigrafia genética.....	135
7.4.2.1.	Sistema de leques subaquosos....	137
7.4.2.2.	Sistema Deltaico.....	137
7.4.2.3.	Sistema Costeiro.....	140
7.4.3.	Modelagem sedimentar na região do Baixo Rio Capivari.....	142
7.4.4.	Correlações.....	144
8.	CONSEQUÊNCIAS QUANTO À HIDROGEOLOGIA.....	149
8.1.	Caracterização dos aquíferos.....	150
8.2.	Potencialidade e prospectividade dos aquíferos..	152
8.3.	Distribuição espacial dos aquíferos.....	152
8.4.	Características hidrodinâmicas dos aquíferos....	154
8.5.	Correlação entre resistência transversal e transmissibilidade hidráulica.....	155

9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	162
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	166
ANEXOS: MAPAS E PERFIS	
Anexo 3.1. Mapa geológico da região do Baixo Rio Capivari	
Anexo 4.1. Mapa de pontos	
Anexo 5.1. Perfis geofísicos de poços	
Anexo 6.1. Mapa magnetométrico da intensidade da componente vertical do campo	
Anexo 7.1. Seções geológicas	

Í N D I C E D A S F I G U R A S

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
2.1. Bacia hidrográfica do Rio Capivari-SP.....	08
2.2. Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná (GAMA Jr. et al., 1982).....	13
3.1. Modelo deposicional para progradação de sedimentos continentais sob a forma de lobos deltaicos (SOARES et al., 1977).....	24
3.2. Mapa geológico da área de trabalho - Região do Baixo Rio Capivari.....	27
3.3. Mapa de isópacas das Formações Itararé + Aquidauana (Conforme MORTHFLEET et al., 1969; modificado por FERREIRA, 1982).....	30
3.4. Mapa paleogeográfico construído a partir de elementos, de natureza paleogeográfica derivados de SANTOS (1979), associadas às informações derivadas de mapas de litofácies e de variações de espessura da seqüência examinada (SAAD, 1977).....	33
3.5. Mapa de isópacas do Itararé Inferior (facies psamíticas). (Conforme FÚLFARO et al., 1980; modificado por FERREIRA, 1982).....	35

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
3.6. Alinhamentos estruturais propostos para o Estado de São Paulo e principais feições tectônicas da Bacia do Paraná. (In FERREIRA et al., 1981).....	37
4.1. Arranjo Schlumberger.....	44
4.2. Valores representativos de resistividade elétrica de vários sedimentos e rochas.....	44
4.3. Representação de um meio condutor elétrico estratificado de <u>n</u> camadas.....	46
4.4a. Curvas de campo para as SEV 01, 08 e 09.....	52
4.4b. Curvas de campo para as SEV 10 e 11.....	53
4.4c. Curvas de campo para as SEV 12, 14 e 15.....	54
4.4d. Curvas de campo para as SEV 16 e 17.....	55
4.4e. Curvas de campo para as SEV 18 e 19.....	56
4.4f. Curvas de campo para as SEV 20 e 22.....	57
4.4g. Curvas de campo para as SEV 24, 26 e 27.....	58
4.4h. Curvas de campo para as SEV 28, 29 e 30.....	59
4.5a. Curvas de campo para as SEV 05, 13, 21, 23, 25.....	60
4.5b. Curvas de campo para as SEV 31, 32 e 33.....	61

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
4.6a. Colunas geoeletricas resultantes da interpretação geofísica de parte das curvas de SEV do conjunto da Figura 4.4. As colunas só contêm sedimentos.....	69
4.6b. Colunas geoeletricas resultantes da interpretação geofísica de parte das curvas de SEV do conjunto da Figura 4.4. As colunas só contêm sedimentos.....	70
4.7. Colunas geoeletricas resultantes da interpretação das curvas de SEV do conjunto das Figuras 4.5. As colunas contêm diabásio.....	71
4.8. Histograma do número de vezes em que os valores de resistividade elétrica interpretados, indicados na Tabela 4.2, ocorrem nos sedimentos.....	73
4.9. Superfície de tendência de grau 3 de isóclitas de arenito baseada nas sondagens elétricas verticais.....	79
4.10. Seção geoeletrica NW-SE.....	80
5.1. Colunas litológicas dos poços estratigráficos.....	87
5.2. Perfis Gama (G) e Resistência Elétrica Monoeletrodo (R) do poço IG-01.....	96
6.1. Mapa de isovalores magnetométricos da quadrícula indicada pelas coordenadas UTM.....	105

<u>Figura</u>	<u>Página</u>
7.1. Ilustração da abordagem básica na determinação da forma de deposição de um sedimento.....	131
7.2. Mapa de isólitias de arenito do Subgrupo Itararé baseado em dados de poços e SEV.....	136
7.3. Secções geológicas cortando a parte inferior do Sistema Deltaíco e o Sistema de Leques Subaquosos.....	138
7.4. Parte da seção aflorante do Sistema de Leques Subaquosos.....	139
7.5. Seção de um lobo deltaíco aflorante, pertencente ao Sistema Deltaíco.....	141
7.6. Seção aflorante do Sistema Costeiro.....	143
7.7. Seção EW abrangendo poço de Mombuca, a Rodovia do Açúcar e a Estrada para a Fazenda Santa Tereza.....	145
7.8. Correlação preliminar entre o poço de Mombuca e as colunas de campo das: Rodovia Capivari - Mombuca (43), Rodovia do Açúcar (113) e estrada para Fazenda Sta. Tereza (41).....	146
7.9. Perfil esquemático da Rodovia Capivari - Tietê.....	147

Figura

Página

8.1. Esboço faciológico do Grupo Tubarão e características dos aquíferos da região do Rio Capivari..... 151

8.2. Mapa de linhas de isovalores de resistência transversal baseado nas SEV..... 159

8.3. Correlação entre resistência transversal e transmissibilidade hidráulica para os poços estratigráficos, na região do Baixo Rio Capivari..... 161

Í N D I C E D A S T A B E L A S

<u>Tab<u>e</u>la</u>	<u>P<u>á</u>gina</u>
4.1. Síntese de valores de resistividade elétrica de rochas do Grupo Tubarão e intrusivas básicas associadas no Estado de São Paulo.....	50
4.2. Localização das sondagens elétricas verticais e sua interpretação geoeétrica.....	64
4.3. Freqüência com que as camadas geoeétricas interpretadas como sedimentares ocorrem no total de colunas geoeétricas.....	72
4.4. Estratificação geoeétrica das unidades litológicas envolvidas na Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Capivari..	77
5.1. Descrição litológica dos poços do DAEE.....	82
8.1. Características hidrogeológicas dos poços testados....	156
8.2. Resistência Transversal para as rochas do Subgrupo Itararé, entre 50 e 200 metros de profundidade.....	158
8.3. Valores de resistência transversal associados aos poços estratigráficos.....	160

R E S U M O

Esta tese apresenta os resultados de estudos geofísicos e geológicos de superfície e sub-superfície realizados com objetivos hidrogeológicos na Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Capivari (SP), na qual afloram rochas sedimentares neopaleozóicas do Subgrupo Itararé e intrusivas básicas associadas, numa área aproximada de 1560 km².

Os levantamentos geológicos envolveram a aplicação de uma nova metodologia na pesquisa das rochas sedimentares da região, já efetuamos com sucesso em pesquisas petrolíferas. A aplicação do moderno conceito de sistemas deposicionais da estratigrafia genética para as rochas do Subgrupo Itararé na região permitiu caracterizar essa unidade através do Sistema Costeiro e do Sistema Deltaico.

A utilização de métodos geofísicos de superfície teve conseqüências tanto geológicas quanto hidrogeológicas. As sondagens elétricas verticais (SEV) permitiram a elaboração de uma estratificação elétrica regional bem como conduziram à obtenção de uma tendência da distribuição espacial das litologias. Os levantamentos magnetométricos da componente vertical do campo detectaram os corpos de rochas básicas intrusivas, cujo conhecimento é importante para a hidrogeologia, e possibilitaram a eliminação de dúvidas na interpretação das colunas geoeletricas obtidas pelas SEV.

Descrições litológicas de amostras e testemunhos de poços e perfilagens geofísicas associadas conduziram a uma interpretação mais segura das colunas geoeletricas através de SEV para métricas, permitindo também a realização de correlações estratigráficas. Além disso verificou-se estreita correlação entre as litologias e os perfis geofísicos de poços, principalmente no caso do perfil de radiação gama natural.

Do conjunto dos levantamentos efetuados concluiu-se que a geofísica contribuiu, dentro do conceito de sistemas deposicionais, para a caracterização das litologias do Subgrupo Itararé, sugerindo que a mesma possa vir a ser aplicada com sucesso em outras regiões dessa complexa unidade estratigráfica.

Do ponto de vista hidrogeológico foram definidos os

sistemas aquíferos regionais bem como algumas de suas características hidráulicas. Dados de resistência transversal calculados a partir das SEV foram usados para a elaboração de um mapa de valores dessa grandeza geofísica, e mostraram boa correlação com valores de transmissibilidades hidráulicas. As SEV desempenham assim um importante papel na previsão do comportamento hidrogeológico dos poços que vieram a ser perfurados na região estudada.

A B S T R A C T

This paper presents the results of surface and sub-surface geophysical and geological studies with hydrogeologic objectives in the Hydrographic Basin of the Down Capivari River (SP), in which outcrop neopaleozoic sedimentary rocks of Itararé Subgroup and associated basic intrusives, in an area near 1560 km².

The geological works applicated a new methodology in the research of the regional sedimentary rocks, already applied with success in oil research. The use of the modern concept of depositional systems related with genetic stratigraphy for rocks of Itararé Subgroup in the region allowed the characterization in this unit of the Coastal System and Deltaic System.

The use of surface geophysical methods conducted to a new geological and hydrogeological contribution. The vertical electrical sounding (VES) permitted a construction of a regional electrical stratification and a spatial distribution of lithologies. The magnetometric works through the measurement of the vertical component of the field, detected the bodies of intrusive basic rocks, this knowledge being important to hydrogeology, and allowed the removal of doubts in the interpretation of geoelectric columns given by VES.

Lithological descriptions of samples and cores of wells and associated geophysical profiles lead to a better interpretation of the geoelectrical columns through the use of parametric VES, and permitted also stratigraphic correlations. It was verified, also, a good correlation between lithologies and geophysical well-logs, mainly with the natural gross gama radiation profile.

The set of works made permitted the conclusion that geophysics contributed, inside the concept of depositional systems, to the characterization of the lithologies of the Itararé Subgroup, suggesting that the methodology proposed can be applied in other regions of this complex stratigraphic unit.

From hydrogeologic point of view were defined the regional aquifer systems and their hydraulic characteristics. Transversal resistance values calculated from VES were used to make a

isovalue map of that geophysical function, and exhibited a good correlation with the hydraulic transmissivity values. The VES have than an important role in the prediction of hydrogeological behaviour of wells drilled in the studied region.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

"The application of geophysical methods to the exploration, management and protection of ground water is a very important subject especially considering the increasing economic value of water around the world. The multidisciplinary nature of this approach is very clear, perhaps more than in the application of geophysical methods to the search of oil. A close cooperation is needed between geologists, hydrologists, geophysicists and engineers". (CASSINIS & PARASNIS, 1976).

1. INTRODUÇÃO

O estudo da avaliação, aproveitamento e exploração dos recursos hídricos subterrâneos da região da Depressão Periférica Paulista tem grande importância no planejamento do seu desenvolvimento urbano e industrial. Nessa região de grande ocupação populacional e rápida expansão industrial encontram-se grandes núcleos urbanos e industriais como Campinas, Sorocaba, Americana, Limeira, Itapetininga, etc.

Esses recursos hídricos estão relacionados com grande número de fatores geológicos, hidrogeológicos, físico-químicos e biológicos inerentes à própria natureza, sendo necessária para seu estudo a utilização de métodos modernos, integrados entre si, compatíveis com a expansão dos conhecimentos científicos e tecnológicos mundiais.

A Depressão Periférica Paulista é ocupada em sua maior parte pelo Grupo Tubarão cuja área de afloramento nessa região abrangente aproximadamente cerca de 20 000 km² e possui uma grande importância sócio-econômica, justificando por isso a seleção de uma bacia piloto dentro dessa unidade para um estudo com finalidades hidrogeológicas de detalhe ou semi-detalhe, a fim de determinar as razões de grande variabilidade hidrogeológica e mesmo a viabilidade técnica e econômica de aproveitamento e preservação dos aquíferos. A faixa de afloramento dos sedimentos desse Grupo, no Estado de São Paulo encontra-se na área de dominância dos antigos agentes glácio-fluviais, portanto, de eminente caráter continental. A distribuição de suas fácies sedimentares, apesar do grande número de trabalhos efetuados permanece confusa, de difícil entendimento e quase impossível correlação. Os ambientes sedimentares dominados por processos deposicionais continentais (Glacial, fluvial e eólico) mostram, na pilha resultante, complexos problemas na definição das litofácies e suas correlações.

Trabalhos recentes de levantamento geológico de detalhe tem demonstrado que a estratigrafia dessa unidade mantém-se razoavelmente homogênea no espaço compreendido por compartimentos delimitados por alinhamentos que dominaram e controlaram a distribuição faciológica na Bacia do Paraná. O Alinhamento de Araxá/Rio Grande, junto com a Flexura de Goiânia delimitam estruturalmente

a borda norte da bacia sedimentar. Os Alinhamentos do Rio Tiete e Guapiara (Paranapanema) limitam, em diferentes intervalos do tempo geológico Fanerozóico, a expansão e domínio das diferentes litofacies das unidades Paleozóicas e Mesozóicas. Durante a evolução destas unidades, esses alinhamentos atuaram como grandes barreiras, expressas por charneiras baciais, promovendo uma distribuição temporal heterogênea nos subambientes deposicionais.

Como a quase totalidade do Grupo Tubarão na região da Depressão Periférica Paulista é constituída pelo Subgrupo Itararé, torna-se evidente que uma bacia piloto, para estudo do tipo já relatado, deva ser escolhida dentro desta última unidade.

Assim selecionou-se a bacia hidrográfica do Baixo Rio Capivari, que aflui à margem direita do Rio Tiete. Nessa bacia ocorrem sedimentos do Grupo Tubarão, representado por arenitos, siltitos, argilitos, diamictitos e ritmitos em sua grande maioria, além de intrusões de diabásio.

A região selecionada faz parte da bacia hidrográfica do Rio Capivari, que vem ampliando seu desenvolvimento industrial e agrícola, necessitando cada vez mais de recursos hídricos subterrâneos para atendimento de sua demanda. Programas de sondagens para captação de água subterrânea executadas pelo IG-SAA constataram que existem na região diferenças significativas quanto à potencialidade do(s) aquífero(s) da bacia, verificando-se grandes vazões em determinados locais em detrimento de outros com baixas vazões.

Pelo exposto, e devido à variabilidade litológica do Subgrupo Itararé justificam-se estudos mais aprofundados para o melhor conhecimento litoestratigráfico e estrutural da referida unidade na Bacia do Baixo Rio Capivari, considerada como bacia piloto para estudos de aplicabilidade de nova metodologia.

Para a integração dos estudos de toda a bacia, os objetivos perseguidos são: 1) previsão da ocorrência de aquíferos que se distribuem irregularmente no tempo e no espaço de maneira lenticular e errática; 2) definição da prospectividade e da explotabilidade desses aquíferos; 3) implantação de uma nova metodologia no estudo dos recursos hídricos subterrâneos, a exemplo do que vem acontecendo mundialmente na pesquisa de outros bens minerais cujas ocorrências são controladas direta ou indiretamente pelos

seus respectivos ambientes deposicionais.

Assim, tentar-se-a ajustar uma nova metodologia aos estudos que até o presente se desenvolveram na sub-bacia hidrográfica do Baixo Rio Capivari, ou seja, a metodologia dos sistemas de posicionais, esperando-se que com a reconstituição paleoambiental dos sedimentos do Subgrupo Itararé sejam identificados e localizados os que se comportam como aquífero(s) a fim de que se possa alcançar objetivos perseguidos. Nesse sentido, e como o controle da ocorrência de aquífero(s) (onde e quando existem), da forma (tabular ou lenticular) e da distribuição (tanto em extensão vertical quanto em superfície) são feitos pelos tipos de ambientes sedimentares que lhes deram origem, o estudo será desenvolvido através da aplicação de modernos conceitos de sistemas deposicionais introduzidos na América do Norte, no final da penúltima década, e no Brasil no limiar da última, onde esses conceitos aplicados à prospecção de petróleo transformaram-se em metodologia que reduziu na racionalização das pesquisas geológicas para esse fim.

Para o Grupo Tubarão e faixa aflorante associada na Depressão Periférica Paulista impõe-se esta nova visão no estudo da distribuição espacial de seus corpos sedimentares face à dificuldade, sempre presente, do entendimento de sua estratigrafia.

Dada a complexidade do estudo do(s) aquífero(s) Itararé, conforme já relatado, impõe-se um estudo integrado do(s) mesmo(s). Esse estudo deve refletir, em seu resultado, as características geométricas e texturais dos mesmos. Por isso mesmo, a pesquisa deve ser conduzida integrando-se os dados provenientes das mais diversas fontes.

O objetivo da presente tese é estudar possíveis contribuições da geofísica ao assunto já relatado, principalmente no que se refere à litologia e geometria dos corpos sedimentares, fundamentais para a identificação dos sistemas deposicionais.

A região do Baixo Rio Capivari apresenta também, em mapas geológicos já publicados, afloramentos de rochas ígneas básicas, cujo comportamento deve ser considerado nos estudos com finalidades hidrogeológicas.

Assim, compatibilizando-se os interesses geológicos e hidrogeológicos com os recursos disponíveis para a pesquisa, foram programados estudos geológicos, geofísicos e hidrogeológicos

de superfície e/ou subsuperfície que fornecessem subsídios para a elucidação dos problemas já mencionados.

Os capítulos seguintes tratam, pois, da contribuição dos estudos geofísicos integrados aos geológicos à resolução desses problemas, analisando-se também possíveis conseqüências quanto à hidrogeologia.

Parte dos dados de campo foram obtidos através do Projeto "ESTUDO HIDROGEOLÓGICO DO GRUPO TUBARÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARI" integrante do Plano de Desenvolvimento de Pesquisas Hidrogeológicas no Estado de São Paulo patrocinado pela FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Processo FAPESP nº 83/1753-5).

CAPÍTULO 2

"Geografia é a ciência atual da Terra.

Geologia é a ciência do passado do planeta". (Frase constante de um boneco de palha representando uma professora e uma lousa, adquirido numa feira de artesanato no Rio de Janeiro, 1984).

2. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ÁREA ESTUDADA E ADJACÊNCIAS

2.1. Introdução

Nos itens seguintes deste Capítulo e no Capítulo 3 pretende-se fazer um relato sobre os vários aspectos geocientíficos da região estudada. Alguns desses aspectos conduziram à formação dos problemas que deram origem ao presente trabalho. Outros serviram de base para a realização do mesmo no sentido de que ofereceram apoio como fonte de dados necessários tanto à análise quanto à interpretação dos dados de campo.

Além disso pretende-se mostrar a situação dos conhecimentos geológicos regionais existentes no início dos trabalhos que conduziram à presente tese bem como as dúvidas sobre a interpretação dos mesmos.

2.2. Aspectos geográficos e geomorfológicos

A bacia hidrográfica do Rio Capivari aflui à margem direita do Rio Tietê. Está situada na Depressão Periférica, entre os paralelos de $22^{\circ}45'S$ e $23^{\circ}10'S$ e entre os meridianos de $46^{\circ}45'W$ e $47^{\circ}45'W$, ocupando uma área de aproximadamente 1560 km^2 . Dessa bacia, a região diretamente pesquisada corresponde à sub-bacia do baixo Rio Capivari, totalizando uma superfície aproximada de 600 km^2 , abrangendo as folhas topográficas do IBGE na escala 1:50 000 de Capivari (região sul), Porto Feliz (norte), Ibitiruna (extremo sudeste), Laranjal Paulista (extremo nordeste), Americana (oeste e sudoeste) e Salto (oeste e nordeste), e eventualmente ultrapassando levemente tanto as bordas dessa sub-bacia, quanto ligeiramente penetrando na parte oeste do médio Rio Capivari. A região localiza-se, portanto, na parte nordeste da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo.

A Figura 2.1 mostra a bacia hidrográfica do Rio Capivari (Estado de São Paulo). Além dos estudos efetuados na região do baixo Capivari foram coletados dados ao longo do eixo do Rio Capivari, entre as cidades de Monte Mor e Capivari, bem como fo

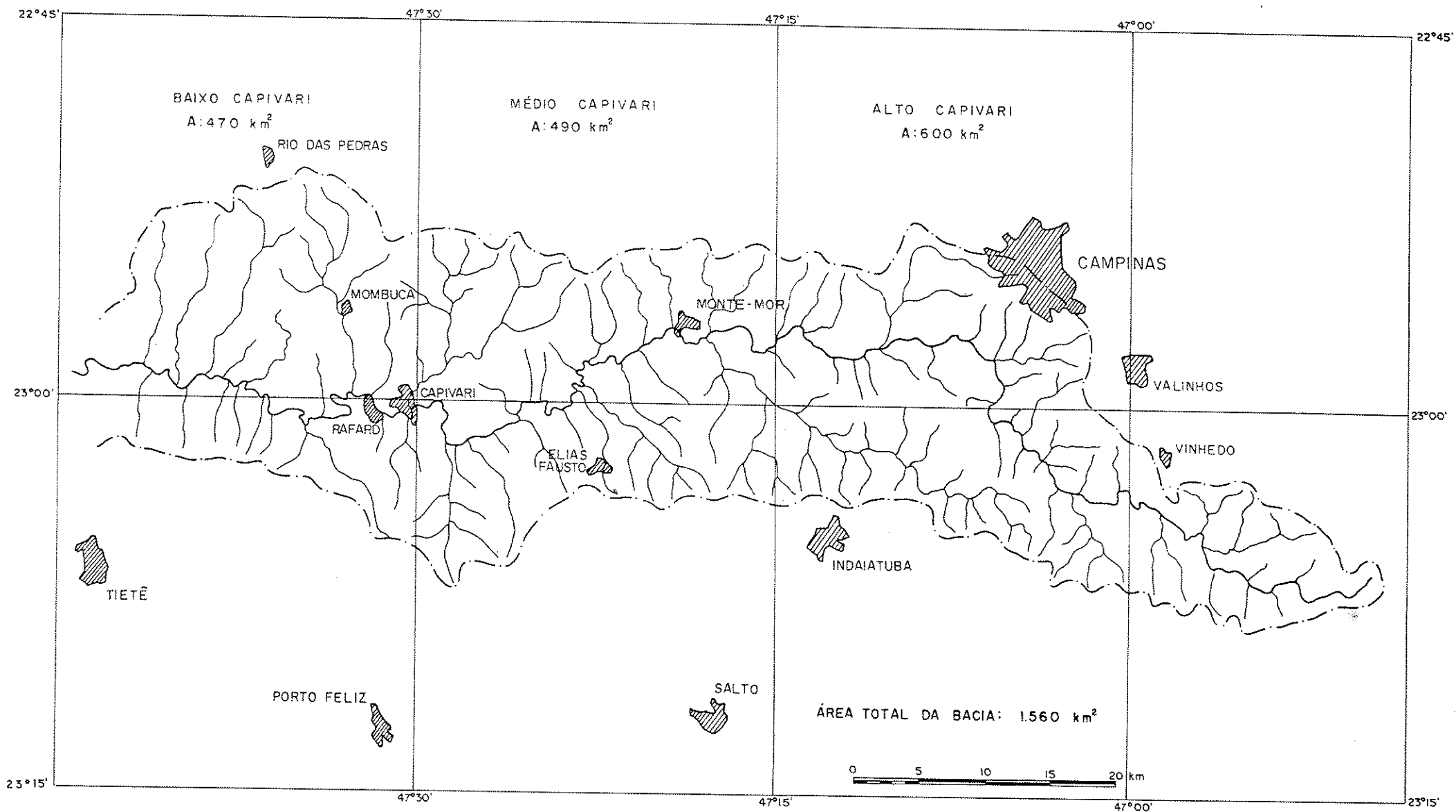


Fig.2.1. Bacia Hidrográfica do Rio Capivari - SP

ram utilizados dados disponíveis das regiões adjacentes à sub-bacia do baixo Rio Capivari.

As principais rodovias que cruzam a área são a Rodovia do Açúcar, a Rodovia Capivari-Mombuca-Rio das Pedras, a Rodovia Piracicaba-Tietê, a SP-101, a Rodovia Rafard-Porto Feliz e a Rodovia Capivari-Elias Fausto. Essas rodovias e todas as estradas vicinais foram percorridas para obtenção de dados geofísicos e também, em menor parte, de dados geológicos, utilizando-se, para esse fim, de mapas-base do IBGE na escala 1:50 000.

A região abrange parte da "depressão periférica". Ao que tudo indica, REGO (1932) foi o primeiro a propor uma subdivisão do relevo do Estado de São Paulo, tendo reconhecido a zona com relevo suavemente ondulado com várias cuestas, denominando-a Depressão Periférica.

Trabalhos posteriores, como os de DEFFONTAINES (1935), MONBEIG (1949) e AB'SABER (1954) ampliaram, mais pelo lado geográfico, as bases para uma melhor divisão geomorfológica do Estado de São Paulo, culminando com a divisão proposta por ALMEIDA (1964), aqui adotada com as modificações introduzidas por PONÇANO et al. (1981). O Estado de São Paulo foi dividido em províncias geomórficas correspondentes às grandes divisões de sua geologia e estas em zonas servindo-se, para defini-las, das feições locais do relevo.

Ainda segundo ALMEIDA (1964), a Depressão Periférica, área dos sedimentos paleozóicos em São Paulo, é uma de suas mais características unidades geomorfológicas e geográficas. A região do baixo Rio Capivari está situada na zona do médio Tietê de ALMEIDA (1964). Essa zona é constituída por sedimentos com áreas expressivas de intrusões de rochas básicas com reflexos na sua topografia. Igualmente importantes são os falhamentos, que perturbam as camadas, e a presença da intrusão alcalina de Ipanema, que elevou porção do embasamento cristalino.

A inclinação das camadas sedimentares fez com que se destacassem, sob a forma de relevos cuestiformes, rochas mais resistentes como os arenitos. Elevações sustentadas por intrusivas básicas também se destacam no relevo desta zona, que de outra forma é bastante suave, com desníveis locais que só raramente ultrapassam os 200 metros.

Toda a zona é coberta por uma rede de drenagem bastante organizada, em que se destacam o Rio Tietê e seus dois afluentes principais, o Piracicaba e o Sorocaba. O padrão geral da drenagem é dendrítico, notando-se porém algum controle estrutural a partir de diáclases e da presença de corpos litológicos mais resistentes, especialmente diabásio. (ALMEIDA, 1964).

2.3. Aspectos geológicos

2.3.1. Geologia regional

A coluna estratigráfica das sequências paleozóica e mesozóica da Bacia do Paraná no centro-leste do Estado de São Paulo é constituída pelos grupos Tubarão, Passa Dois, São Bento e Formação Bauru. Nessa região, os três grupos tem sido divididos em oito formações: Itararé, Aquidauana, Tatuí, Irati, Estrada Nova, Pirambóia, Botucatu e Serra Geral. A região envolve, portanto, quase toda a série estratigráfica da Bacia do Paraná, desde o Carbonífero superior até o Cretáceo.

Na região aflora em grande extensão o Grupo Tubarão, que está assentado discordantemente sobre o embasamento cristalino, e é constituído pelo subgrupo Itararé na parte inferior correspondendo ao ciclo glacial, e pela Formação Tatuí na parte superior iniciando o ciclo pós-glacial. Em toda a área foram mapeados vários depósitos cenozóicos e corpos intrusivos de diabásio.

Conforme ROCHA-CAMPOS (1967), as camadas mergulham suavemente para o centro da Bacia do Paraná, porém a intensa atividade tectônica na faixa oriental, marcada por inúmeras falhas e fraturas associadas às intrusões de diabásio, modificou bastante o comportamento das camadas. Quanto ao embasamento, encontram-se ocorrências de grandes falhas transcorrentes de direção SE-NW e falhas de grande extensão, que podem ser observadas na sua faixa de afloramentos.

Do ponto de vista regional, SOARES (1974) afirma que a estrutura da Bacia do Paraná no Estado de São Paulo comporta uma divisão em três compartimentos, cada um com características de

homoclinal. Na região que corresponde à bacia hidrográfica do Rio Tietê, do qual o Capivari é afluente, as camadas tem direção dominante N-S. Entretanto, um grande número de estruturas locais, segundo aquele autor, modificam sensivelmente o caráter de homoclinal.

2.3.2. O embasamento cristalino Pré-Cambriano

Constituindo o arcabouço de sustentação da Bacia do Paraná, o Embasamento Cristalino de idade pré-cambriana é representado regionalmente por rochas do Complexo Amparo, a julgar pelos afloramentos a leste da região estudada, conforme o mapa elaborado para o PROMINÉRIO (1981), na escala 1:500 000. Uma boa definição da história geológica dessas rochas na região é impossível, devido à inexistência de afloramentos e ao fato dos poços perfurados para obtenção de água subterrânea não atingirem em geral, o embasamento.

Além das rochas deformadas e metamorfasadas em facies anfíbolito e granulito do Complexo Amparo, afloram a leste da área estudada suítes graníticas postectônicas da facies Itu e diferenciadas.

Ao norte da região estudada, um provável prolongamento da falha de Jacutinga sob os sedimentos da Bacia do Paraná deve corresponder ao limite sul das rochas da associação charnockítica (granulitos, charnockitos, gnaisses e migmatitos) do Complexo Varginha.

Ao sul da região em estudo devem ocorrer, acreditando-se no prolongamento NW tanto da falha de Itu-Jundiuvira como das rochas por ela limitadas ao norte, rochas do Grupo São Roque (rochas sedimentares metamorfasadas em facies xisto-verde baixa e anfíbolito alta, migmatizadas e deformadas).

2.3.3. Rochas paleozóicas

O Neopaleozóico da Bacia do Paraná é considerado constituído por dois grupos, o inferior denominado Tubarão e o superior,

Passa Dois. Aflorando nos Estados de Goiás, Mato Grosso do Norte e Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o Grupo Tubarão possui, só em sua parte brasileira, cerca de um milhão de quilômetros quadrados (ROCHA-CAMPOS, 1967). Os principais afloramentos formam dois cinturões, um no lado oriental e outro no lado ocidental da Bacia do Paraná.

Apesar de continuar a polêmica acerca de sua subdivisão, o Grupo Tubarão é considerado como constituído na sua parte inferior, pelo subgrupo Itararé nas regiões centro e sul do Estado de São Paulo, interdigitada com a Formação Aquidauana na parte nordeste, e na sua parte superior, pela Formação Tatuí. Outras tentativas mais específicas de subdivisão sempre esbarraram em heterogeneidades e rápidas variações laterais de litologias, conforme pode ser visto em SAAD (1977), SOARES et al. (1977), SANTOS (1979) e COTTAS et al. (1981).

Sob o aspecto paleogeográfico, a melhor divisão para o Grupo Tubarão no Estado de São Paulo é a em dois ciclos: o glacial, de posição inferior, e o pós-glacial (ROCHA-CAMPOS, 1967 ; LANDIM & FÚLFARO, 1972).

Segundo ROCHA -CAMPOS (1967), os sedimentos do Grupo Tubarão foram aparentemente depositados sobre uma superfície submetida a um longo período de erosão seguida por abrasão provocada por deslocamento de geleiras continentais. Essa superfície, no Estado de São Paulo, é constituída em quase sua totalidade na parte onde o Grupo aflora, por rochas ígneas e metamórficas do Complexo Brasileiro de idade Pré-Siluriana, ressaltando o sul do Estado, onde os sedimentos se acomodam sobre as rochas devonianas das formações Ponta Grossa e Furnas.

Levantamentos recentes efetuados pelo PAULIPETRO-Consórcio CESP/IPT - através de poços perfurados predominantemente na parte central da Bacia do Paraná tornaram possível estabelecer uma nova coluna estratigráfica para essa bacia. A coluna (Figura 2.2), proposta por GAMA Jr. et al. (1982) com base naquela sugerida por SCHNEIDER et al. (1974), mostra o Itararé na categoria de formação, uma vez que as unidades resultantes de sua subdivisão não se mostraram operacionais além de suas áreas-tipo. Outros autores, no entanto, em função das tentativas de subdivisão da Formação Itararé no Estado de São Paulo, como é o caso de SAAD (1977) e

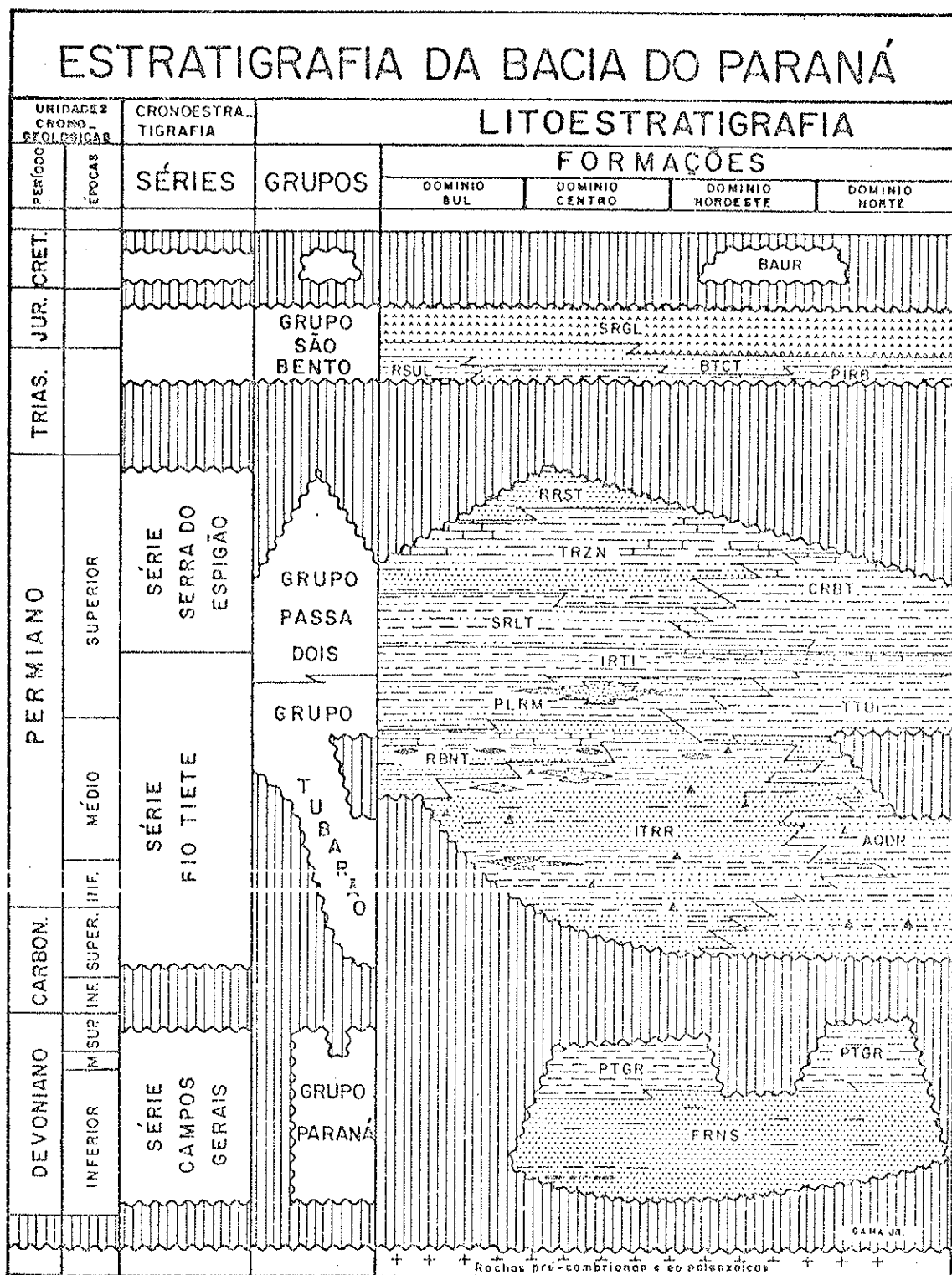


Figura 2.2. Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná (GAMA Jr. et al., 1982).

SOARES et al. (1977), atribuem ao Itararé a categoria de Subgrupo.

O Subgrupo Itararé e a Formação Aquidauana no Estado de São Paulo são constituídas por arenitos, siltitos, diamictitos, ritmitos, lamitos e argilitos. O Subgrupo Itararé, cujas rochas a floram de maneira quase predominante na região estudada será objeto de revisão específica no Capítulo 3. Quanto à Formação Aquidauana, foi subdividida faciologicamente por COTTAS et al. (1981) conforme a metodologia já proposta por SOARES et al. (1977) para uma subdivisão do Subgrupo Itararé. Na região por eles estudada, nordeste do Estado de São Paulo, a Formação Aquidauana foi considerada como sendo constituída por dois membros: 1) Membro do Rio Capetinga, constituído por arenitos e lamitos intercalados, interpretado como tendo origem pela progradação de leques aluviais em lago periglacial; 2) Membro Rio Tambaú, representado predominantemente por lamitos com raros corpos arenosos, depositados principalmente em ambiente lacustre.

Como evidências de glaciação encontradas nas rochas do Subgrupo Itararé, podem ser citadas as estruturas descritas por ROCHA-CAMPOS et al. (1968) como possíveis "drumlins". Além disso, em alguns poços da Petrobrás, perfurados na porção central do Estado de São Paulo, verifica-se a presença de sedimentos avermelhados idênticos aos aflorantes na porção nordeste, na base do Subgrupo Itararé.

O Grupo Passa Dois aflora em parte na região noroeste da área pesquisada, sendo constituído pelas Formações Irati e Estrada Nova. A Formação Irati é constituída por folhelhos cinza-escuros e cinza-azulados na base, depositados em ambiente marinho de águas calmas (Membro Taquaral) e por folhelhos pretos pirobetuminosos, folhelhos e argilitos escuros e calcários creme a cinza escuros, refletindo condições marinhas restritivas dentro da bacia (Membro Assistência). Quanto à Formação Estrada Nova (GORDON, 1947), é subdividida nos Membros Serra Alta, inferior, e Teresina, superior (MENDES, 1967), que são por outros considerados formações (NORTHFLEET et al., 1969). O primeiro é constituído por argilitos, folhelhos e siltitos cinza-escuros, com fratura conchoidal, formados em condições marinhas de águas calmas. Já no Membro Teresina, ambientes cada vez mais rasos, de águas agitadas, dão origem a alternâncias de argilitos e folhelhos cinza-escuros com

siltitos e arenitos muito finos, cinza claros, podendo ocorrer cal cários, por vezes oolíticos, na sua parte superior.

As rochas do Aquidauana se interdigitam com as do I tararé no Estado de São Paulo, como pode ser observado entre Leme, Conchal e Mogi-Guaçu, onde sedimentos vermelhos (Aquidauana) estão entremeados por arenitos, diamictitos e ritmitos de cores acinzen tadas.

Quanto à Formação Tatuí, que possui afloramentos na parte norte da região estudada, assenta discordantemente sobre o Itararé apresentando localmente concentração de seixos, conforme SOARES (1972). É constituída por siltitos arenosos, arenitos, ca madas de sílex, que exibem cores arroxeadas no membro inferior e amarelo-esverdeadas no membro superior. Num modelo ambiental, o membro inferior corresponde à sedimentação acima do nível das águas, evoluindo de uma situação mais afastada para mais próxima da lamina d'água. No superior, parece serem freqüentes, segundo aque le mesmo autor, a sucessão de recobrimento e exposição pelas águas, já junto à linha de costa com barreiras, praias e lagunas.

2.3.4. Sedimentos cenozóicos

Estes sedimentos são representados em geral por um estágio aluvial, arenoso, com conglomerado tipo brecha na base e espessura de 20 a 40 metros apresentando estratificação paralela, cruzada, estrutura de corte e preenchimento, e lentes de argila. Distribuem-se num nível inferior, na cota de 600 metros, onde ins talou-se a drenagem principal (SOARES & LANDIM, 1973).

Segundo o DAEE (1981), esse grupo de sedimentos, de ocorrência restrita, forma os baixos terraços que se distribuem junto ao Rio Capivari. Situados entre 40 e 60 metros acima do ní vel atual do rio são caracterizados por conglomerados formados por seixos grandes de quartzitos e quartzo, meta-arcósios e cascalhei ras de 3 a 5 metros de espessura.

2.3.5. Rochas intrusivas

Considera-se que as rochas intrusivas são representadas na região por diques e principalmente sills de diabásio. Segundo o DAEE (1982), dentro do Grupo Tubarão existem alguns diques de pequeno porte originados por falhas na região de Tietê, Cerquilho, Porto Feliz. Os sills estão intercalados dentro do Subgrupo Itararé ou diretamente em contato com o embasamento cristalino. Nos poços de prospecção de Petróleo de Assistência (DAEE, 1981), Fazenda Pitanga e Charqueada, com mais de 1000 metros de profundidade até o embasamento, anotou-se a presença de 3 ou 4 sills dentro do Tubarão com espessura variando de alguns metros até 225 metros. Essas rochas básicas serão estudadas em capítulo a parte.

CAPÍTULO 3

O SUBGRUPO ITARARÉ NO ESTADO DE SÃO PAULO COM ÊNFASE NA REGIÃO ESTUDADA.

"...In no department of natural knowledge is the adoption of this historical method more necessary and useful than it is in Geology. The subjects with which that branch of science deals are, for the most part, not susceptible of mathematical treatment. The conclusions formed in regard to them, being often necessarily incapable of rigid demonstration, must rest on a balance of probabilities. There is thus room for some difference of opinion both as to facts and the interpretation of them. Deductions and inferences which are generally accepted in one age may be rejected in the next. This element of uncertainty has tended to encourage speculation....From the beginning of its growth, geology has undoubtedly suffered from this tendency to speculation beyond the sober limits of experience. Its cultivators have been often described as mere theorists. And yet in spite of these defects, the science has made gigantic strides during the last hundred years, and has gradually accumulated a body of well-ascertained knowledge regarding the structure and history of the earth". (GEIKIE, 1905).

3. O SUBGRUPO ITARARÉ NO ESTADO DE SÃO PAULO COM ÊNFASE NA REGIÃO ESTUDADA

3.1. Introdução

O Subgrupo Itararé representa, conforme aceitação generalizada e formalizada até o presente, o registro da sedimentação glacial dentro da seqüência sedimentar do Grupo Tubarão (Neopaleozóico), na porção paulista da Bacia do Paraná.

Seria, de certa forma, desnecessário fazer novamente uma revisão da literatura anterior relacionada com a estratigrafia do Grupo Tubarão, em geral, e do Subgrupo Itararé, em particular. No que tange às referências até 1967 estão quase todas elas analisadas em ROCHA-CAMPOS (1967). Os trabalhos mais recentes e significativos estão bem referenciados em SAAD (1977), SANTOS (1979), COTTAS et al. (1981), CAETANO CHANG (1984) e CANUTO (1985). Far-se-á referência, portanto, somente às publicações pertinentes à região e ao assunto específicos desta pesquisa, comentando-as de acordo com a natureza das contribuições oferecidas.

3.2. Breve histórico

Segundo PETRI (1964), a primeira referência a rochas que atualmente pertencem ao Grupo Tubarão é devida a José Bonifácio de Andrade e Silva, publicada em 1827, que cita a presença de arenito esbranquiçado entre Itu e Piracicaba e também nas proximidades de Sorocaba (Varnhagem).

Em 1889, ainda segundo PETRI (1964), Francisco de Paula Vieira designava de "grês Porto Feliz" os arenitos e folhelhos da bacia do rio Paranapanema "colocados acima do Devoniano e abaixo dos schistos com pederneiras, schistos betuminosos e calcáreos argilosos com fósseis da 'Série de Itapetininga'" (atual Formação Irati, como ficou consagrada após WHITE (1908).

O termo "Itararé" surgiu com OLIVEIRA (1916, in ROCHA-CAMPOS, 1967), ao desmembrar a Série Tubarão de WHITE (1908) em duas seqüências: uma inferior, incluindo as rochas glaciais (Sê

rie Itararé), e uma superior, pós-glacial, contendo carvão e flora de glossopteris (Série Tubarão).

Essa classificação foi contestada por diversos autores. Assim, TEIXEIRA & DUTRA (1934) e LEINZ (1937) colocaram a possibilidade de formação de carvões entre depósitos glaciais. GORDON JR. (1947) alegou evidências de interdigitamento entre as facies glaciais e não-glaciais da unidade, além do uso inadequado do termo Tubarão, e apresentou a seguinte classificação para os Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e sul do Paraná: Série Tubarão, subdividida em Grupo Guatá e Grupo Itararé; por sua vez o Grupo Guatá subdividido na Formação Palermo e Formação Rio Bonito.

O Grupo Itararé, agora caracterizado pelo conceito litostratigráfico de grupo, incluiria todos os sedimentos glaciais e também os depósitos fluviais, lacustres, paludais, marinhos e costeiros neles intercalados; o Grupo Guatá, sobreposto, incluiria os sedimentos com restos vegetais fósseis e camadas de carvão.

Em São Paulo, WASHBURNE (1930) reconheceu também a divisão do Tubarão em glacial e pós-glacial e utilizou os termos Formação Itararé e Formação Tatui, respectivamente.

A partir de PETRI (1964) o termo Tubarão passou a ser tratado pela terminologia de Grupo, em substituição ao termo Série, que se refere à unidade cronoestratigráfica. Aquele autor denominou, inicialmente, as duas subdivisões do Grupo Tubarão, respectivamente, de Subgrupo Itararé e Formação Tatui. A categoria do Itararé tem sido muito discutida, mas a mais aceita para São Paulo é a de Subgrupo, baseando-se no fato de que embora a unidade esteja indivisa, permite porém a identificação de diversas unidades dentro dela, conforme já tentado por BARBOSA & ALMEIDA (1949), ALMEIDA & BARBOSA (1953) e BARBOSA & GOMES (1958) de maneira formal, e por SOARES et al. (1977), SAAD (1977), SANTOS (1979), CAETANO CHANG & LANDIM (1983) e CAETANO CHANG (1984), de modo informal.

3.3. Estratigrafia

3.3.1. Litologias

O Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo é constituído por arenitos, siltitos, diamictitos, ritmitos, lamitos e argilitos.

Baseando-se em afloramentos e em perfis de poços perfurados pela Petrobrás, verifica-se que o Subgrupo Itararé está constituído predominantemente por arenitos, quase sempre feldspáticos ou mesmo arcozianos, com maior presença no terço inferior e no terço superior do ciclo glacial. São de cor cinza clara a cinza acastanhada, com granulações variáveis, e ocorrem na parte sudoeste do Estado de São Paulo. Possuem diversas estruturas sedimentares singenéticas como marcas onduladas, marca de sola, estratificação cruzada, etc, e estruturas deformacionais penecontemporâneas à disposição.

Seguem abaixo dos arenitos em importância tanto os siltitos, alguns apontados como loessitos (LEINZ, 1937), como os argilitos. Esses sedimentos finos podem se apresentar tanto bem estratificados como maciços, mostrando os siltitos estratificados quando intemperizados, um aspecto folhelhóide (SOARES & LANDIM, 1973). Segundo SAAD (1977), os siltitos são, geralmente, amarelo-avermelhados, argilosos, maciços ou estratificados com camadas de arenito fino. Quando associados a diamictitos podem conter microclastos dispersos na matriz.

Os ritmitos aparecem em vários níveis dentro do Subgrupo Itararé. Litologicamente exibem lâminas cinza-escuras de siltito e/ou argilito alternadas com lâminas cinza-claras de siltito e/ou arenito fino. Seixos pingados são encontrados nesse material. Associados a verdadeiros varvitos ocorrem intercalados siltitos e arenitos maciços ou com estratificações cruzadas e marcas onduladas, indicando que as condições de deposição não foram constantemente rítmicas.

Os diamictitos do Subgrupo Itararé, englobando conglomerado lamítico, arenito lamítico conglomerático e conglomerado arenoso lamítico, ocorrem predominantemente na parte sudoeste do Estado, intercalados com arenitos e sedimentos finos. Alguns são maciços, polimíticos, contendo seixos estriados indicando verdadeiros tilitos. Em sua maioria são levemente estratificados, contendo muitas lentes de arenito amarrotadas. Segundo WU (1981,1982), os seixos atingem 30% em abundância, mas os estriados não são co

uns. A matriz arenosa é quase sempre predominante e um diamictito com alta porcentagem de finos é um indício seguro de que se trata de um verdadeiro tilito, conforme SOARES & LANDIM (1973).

3.3.2. Facies, relações faciológicas e unidades estratigráficas

Distinguem-se nesta unidade, segundo VIEIRA (1973), várias facies sedimentares, inteiramente clásticas, destacando-se varvitos e diamictitos peri-glaciais, folhelhos marinhos, arenitos fluviais e siltitos e argilas depositados em planícies de ma rê.

Repousando sobre uma vasta peneplanície pré-carbonífera, o Subgrupo Itararé está sempre, ao norte do Arco de Ponta Grossa, em contato discordante com as unidades que lhe são subjacentes, a saber, de sul para norte, folhelhos Ponta Grossa, arenitos Furnas e embasamento cristalino.

No topo nova discordância se caracteriza por uma superfície erosiva sobre diamictitos ou arenitos, sobre os quais se assenta a Formação Tatuí. Convém considerar, entretanto, que SOARES (1972) considera parcial esta discordância e ROCHA-CAMPOS (1967) não a menciona.

Um amplo exame de literatura sobre o assunto mostra que a diversidade e variabilidade de litologias do Subgrupo Itararé, a ausência, à primeira vista, de limites entre diferentes tipos litológicos ou mesmo de diferentes associações litológicas, conduzem os estudiosos dessa unidade a situações bastante difíceis em estratigrafia, ou seja, um pacote da ordem de 1.000 metros de espessura parece não apresentar um horizonte ou um intervalo de litologias que mantenha continuidade lateral e individualidade.

BARBOSA & ALMEIDA (1949), baseados essencialmente em dados obtidos do poço de Araquã (SP), e seguindo a sugestão de GORDON JR. (1947), propuseram uma subdivisão da "Série" Tubarão para a área da Bacia do Rio Tietê (SP), posteriormente modificada por BARBOSA & GOMES (1958), a qual pode ser resumida como segue:

Formação Itapetininga:

- Membro Tatuí: arenitos finos; siltitos micáceos; sílex; cor verde.

- Membro Tupi: arenitos e siltitos argilosos com estratificações cruzadas; seixos e blocos; cor vermelho-chocolate.

Formação Tietê:

- arenitos grosseiros a finos; siltitos e folhelhos; localmente conglomerados; lentes de calcários e camadas de carvão; diamictito próximo ao topo.

Formação Gramadinho:

- dois conjuntos de tilitos separados por arenitos, folhelhos e varvitos; seixos "pingados".

Formação Capivari:

- arenitos e siltitos; intercalações de folhelhos; conglomerados locais; seixos "pingados".

Formação Elias Fausto:

- tilitos; arenitos.

Formação Itu:

- arenitos grosseiros a finos, conglomeráticos; varvitos, folhelhos e siltitos; diamictitos próximos à base.

Essa subdivisão, entretanto, caiu rapidamente em desuso, uma vez que a inexistência de continuidade lateral dos pacotes rochosos e a ausência de limites definidos entre um e outro levaram à impraticabilidade de sua utilização em trabalhos de mapeamento.

ANDRADE & SOARES (1971) e SOARES & LANDIM (1973) trabalhando no território paulista verificaram que existe no Subgrupo Itararé uma tendência de domínio litológico. Baseando-se nesses trabalhos, SOARES et al. (1977) constataram que ele apresenta três pacotes em que dominam tipos diferentes de litologias. O pacote inferior apresenta folhelhos rítmicos e ritmitos, subsidiariamente diamictitos, conglomerados e arenitos conglomeráticos. O pacote médio é caracterizado pela dominância de siltitos, ritmitos e diamictitos. No pacote superior dominam arenitos imaturos ou estratificados, intercalando corpos de diamictitos, sendo os arenitos grosseiros e ocorrendo também conglomerados.

Segundo aqueles autores essa subdivisão, informal e sem limites definidos, parece caracterizar, de maneira generalizada, a unidade Itararé em todo o Estado de São Paulo. Ainda, comparando essa subdivisão à de BARBOSA & GOMES (1958), os autores citados inferem a seguinte equivalência: o pacote inferior cor

responderia aproximadamente à Formação Itu; o médio, às Formações Elias Fausto, Capivari e Gramadinho; e o superior, à Formação Tietê. Esclarecem, todavia, que a designação "formação" deve aguardar trabalhos de mapeamento que possam definir melhor os contatos entre uma e outra unidade. Todavia, pelo fato de que várias litologias ocorrem nos vários pacotes, SOARES et al. (1977) chamam a atenção sobre a dificuldade de se afirmar, diante de um afloramento, em que nível do Itararé o observador se encontra.

Trabalhos de detalhe nas folhas de Capivari, Porto Feliz e Laranjal Paulista permitiram que SOARES et al. (1977) conseguissem subdividir os pacotes médio e superior já considerados em associações litológicas, elaborando para as mesmas uma interpretação ambiental. A Figura 3.1 mostra o modelo deposicional adotado para a área e as respectivas associações.

A Associação I é constituída de arenitos, desde congloméráticos, grosseiros, passando para cima, a finos, muito finos, siltitos areno-lamíticos. Ocorre em ciclos em espessura variável entre 2 a 15 m, na parte superior do Itararé. Foi interpretada como facies fluviais de canais de transbordamento, lacustre e paludais.

A Associação II é caracterizada pela presença de arenitos e diamictitos; são estes dominantes e apresentam gradações de lamito conglomerático para lamito arenoso conglomerático apresentando-se de modo geral maciços. Ocorrendo na parte superior da formação, interdigitada com a associação anterior, foi interpretada como o resultado do retrabalhamento local de "tills", em planície aluvial periglacial (planície de "outwash"), constituindo depósitos mais próximos de frente de lobos glaciais.

A Associação III compõem-se predominantemente de siltitos e arenitos finos e muito finos, raramente pacotes com granulação média. Ocorrendo em pacotes espessos, parecem representar sedimentação ocorrida em três ambientes que não puderam ser separados: planície de maré, praias e plataforma.

A Associação IV é representada por intercalações de arenitos com ritmitos e/ou lamitos levemente conglomeráticos. Pelo domínio dos lamitos e pelas estruturas apresentadas os autores consideraram esses sedimentos como depositados em águas calmas, em condições de maior profundidade na bacia.

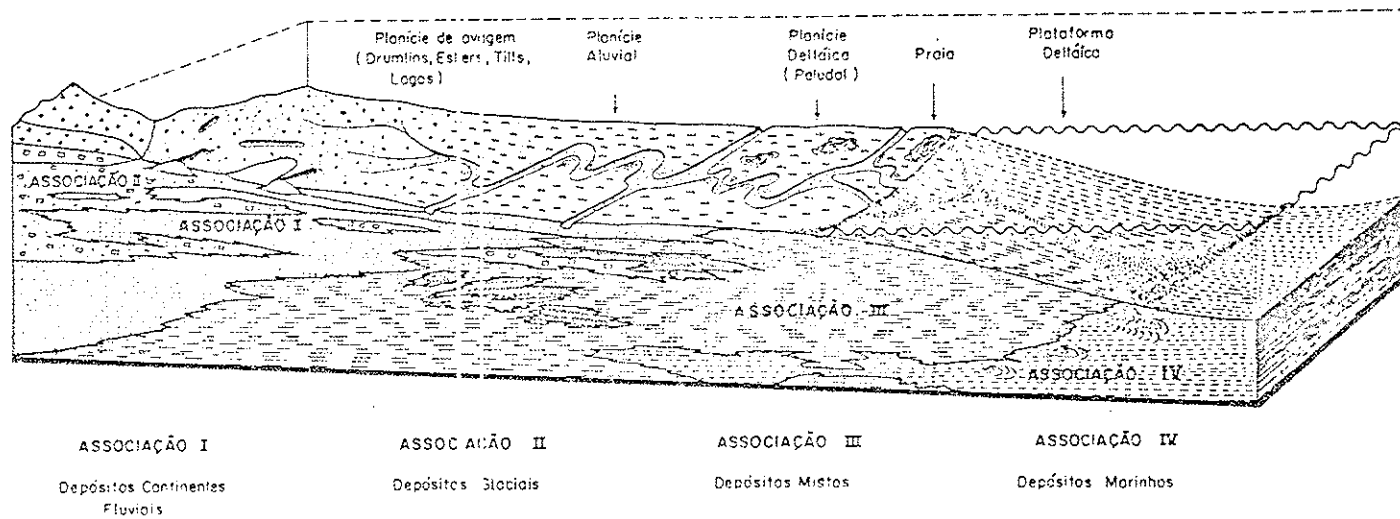


Figura 3.1. Modelo deposicional para progradação de sedimentos continentais sob a forma de lobos deltaicos (SOARES et al, 1977).

É preciso notar, todavia, que esta subdivisão, além de possuir caráter local, foi feita somente para a metade superior de toda a espessura do Subgrupo na região.

SAAD (1977), num extenso trabalho de levantamento litológico em secções de rodovias, compreendidas na faixa de exposição do Subgrupo Itararé em São Paulo, distinguiu quatro unidades informais dentro dessa unidade, baseado na distribuição de clásticos finos e grosseiros na seqüência. Sua proposição, calcada essencialmente na predominância da fração clástica, se percentualmente mais grosseira ou mais fina, é por si só de difícil aplicação, haja visto sua enorme variabilidade nos sedimentos Itararé.

Em 1979, o corpo docente do Departamento de Geologia Geral e Aplicada da Universidade Estadual Paulista, "Campus" de Rio Claro, através de um convênio entre a UNESP e o DAEE-SP, realizou um projeto de mapeamento faciológico de superfície no Grupo Tubarão, em todo o Estado de São Paulo, em escala 1:50 000. Considerando as condições promissoras da metodologia empregada por SOARES et al. (1977), o trabalho de mapeamento foi realizado sob a quele mesmo enfoque, embora sem o mesmo grau de detalhe, haja visto a extensão do trabalho proposto. Resultados parciais desse trabalho estão publicados em DAEE (1981), FIORI & COTTAS (1980), GAMA JR. et al. (1980), WU et al. (1980) e COTTAS et al. (1981).

Como conseqüência das variações faciológicas laterais observadas no desenrolar dos trabalhos de campo, foi proposta uma compartimentação da área estudada em três sub-bacias: Bacia do Rio Pardo, ao norte; Bacia do Médio Rio Tietê, na porção central e Bacia do Médio Rio Paranapanema, ao sul.

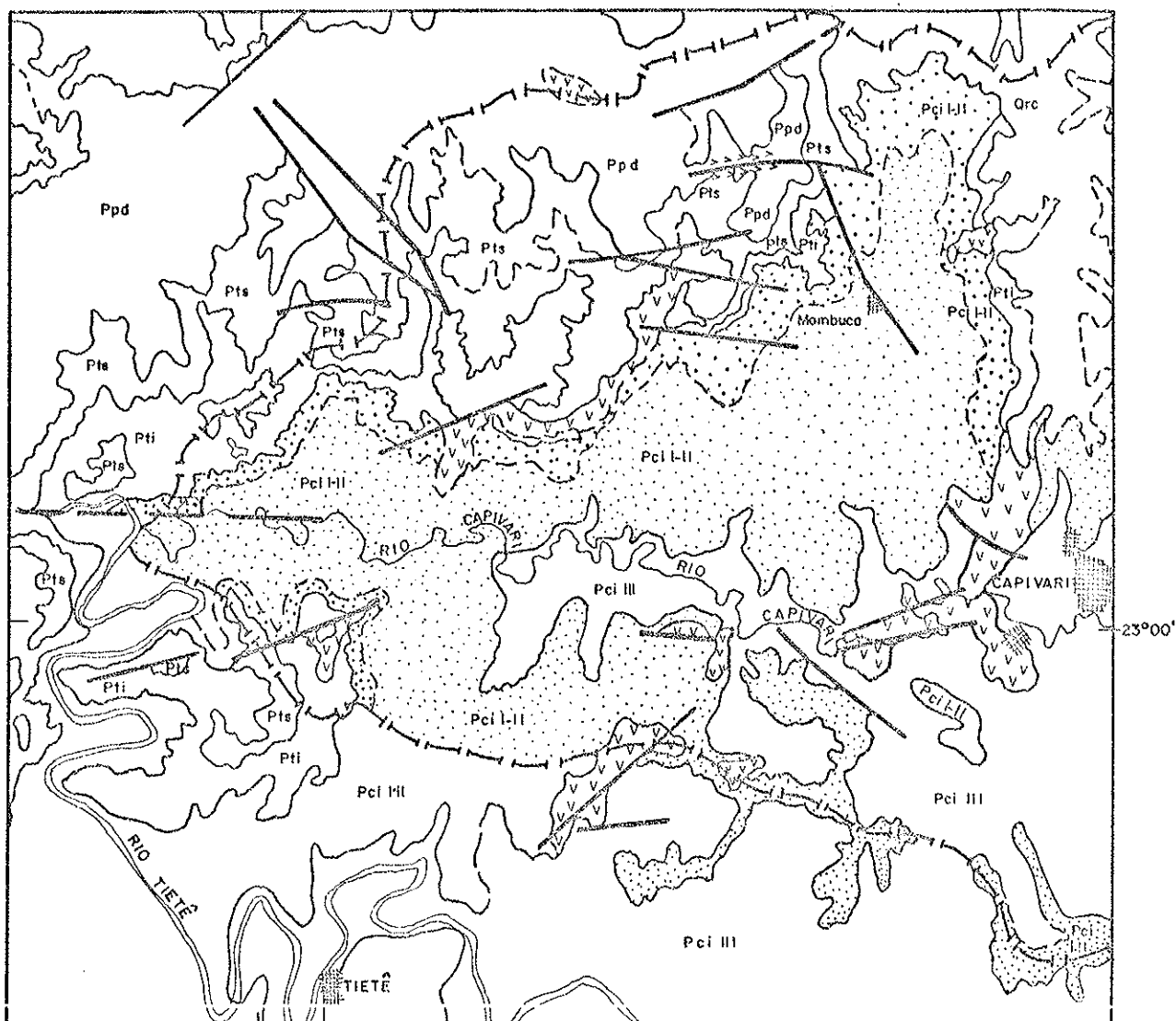
Na Bacia do Médio Rio Tietê (centro-leste do Estado), onde aparecem suas maiores espessuras, o Subgrupo apresenta três unidades mapeáveis. A unidade inferior, constituída por arenitos maciços e arenitos estratificados, grosseiros, mal selecionados, freqüentemente conglomeráticos, lenticulares, associados a ritmitos cinza claro/escuro, com estratificação gradacional e microcruzada na fração síltica, sugerem ambiente marinho de águas relativamente profundas, com influência glacial, onde correntes de turbidez e fluxos de massa seriam os principais mecanismos de deposição. A unidade média, onde predominam arenitos muito finos, argilosos, com estratificação horizontal, freqüentemente intercalados

em siltitos e lamitos bem laminados, localmente intensamente do brados em decorrência de movimentos gravitacionais interestatais e diamictitos de matriz lamítica, maciços, sugere ambiente marinho de águas rasas (plataforma) a litorâneo com influência glacial. A unidade superior é constituída por arenitos comumente grossos, variando de finos a conglomeráticos, mal selecionados, angulosos, com freqüentes estratificações cruzadas e plano-paralelas, diamictitos de matriz siltica-arenosa, polimícticos, maciços e eventualmente estratificados plano-paralelamente, siltitos arcuados esbranquiçados, aparentemente maciços e arenitos finos, angulosos, com estratificação plano-paralela, sugere deposição em ambiente fluvio-glacial em planície litorânea, conforme GAMA JR. et al. (1980).

Entretanto, conforme CAETANO CHANG (1984), os resultados desse trabalho não resistem a investigações detalhadas. Primeiramente, apesar da escala utilizada no mapeamento (1:50 000), o controle de campo não acompanha o mesmo nível de detalhe, de tal forma que, em diversos pontos, o limite entre as unidades estratigráficas definidas ficou sujeito a critérios basicamente fotolitológicos. Outro aspecto não esclarecido, segundo o mesmo autor, diz respeito às relações laterais de uma mesma unidade entre as diferentes sub-bacias. Por outro lado, à parte as proposições que possam ser aí contestadas, fica evidente a potencialidade do método no mapeamento e correlação estratigráfica dos sedimentos Itararé. O mapa geológico da área em estudo, na escala 1:50 000, contido no Anexo 3.1, foi obtido desse mapeamento. A Figura 3.2 apresenta esse mapa em escala gráfica.

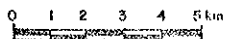
Vê-se pois, que o Subgrupo Itararé, que constitui a quase totalidade do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo, é uma unidade litoestratigráfica muito complexa. Apesar de bastante estudada, pouco se conhece a seu respeito. Diga-se de passagem que até hoje não foi possível a obtenção de uma divisão efetiva, isto é, que fornecesse referências estratigráficas seguras, embora diversos pesquisadores tenham apresentado propostas para a subdivisão da referida unidade, no Estado de São Paulo.

Dentre as propostas de subdivisão apenas as de BARBOSA & GOMES (1958), de SOARES et al. (1977), de GAMA JR. et al. (1980), e aquela resultante do convênio DAEE - UNESP já referido e publi



MAPA GEOLÓGICO
DA REGIÃO DO
BAIXO CAPIVARI

1986



DECLINAÇÃO MAGNÉTICA

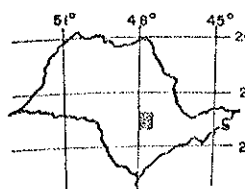


DECLINAÇÃO MAGNÉTICA
CRESCERÁ ANUALMENTE

POSICÃO E COMPOSIÇÃO DAS FOLHAS

São Maria da Serra	São Pedro	Piracicaba	Limeira
Anhembi	Ibitiruna	Capivari	Americano
Conchas	Laranja Paulista	Porto Feltre	Salto
Guareí	Tatuí	Boituva	Itu

LOCALIZAÇÃO DO MAPA NO
ESTADO DE SÃO PAULO



CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

CONTATO	Definido	—————	
	Aproximado	- - - - -	
FALHA	Definido	=====	
	Indefinida	=====	
— COLUNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL —			
ALUVIÕES		□	HOLOCENO
TERRAÇOS - Areias - Cascalhos		□	PLESTOCENO
FORMAÇÃO RIO CLARO - Areias - Cascalhos		□	
DIQUE		XXXXX	
SOLEIRA (SILL)		VVVVV	
GRUPO PASSA DOIS Siltitos, Lamitos, Folhelhos, Calcários		□	PERMIANO SUPERIOR
FORMAÇÃO TATUI-MEMBRO SUPERIOR Arenito, Siltitos, Esverdeados		□	PERMIANO SUPERIOR
FORMAÇÃO TATUI MEMBRO INFERIOR Arenitos, Siltitos, Arroxeados		□	PERMIANO MÉDIO ?
SUBGRUPO ITARARÉ			PERMIANO INFERIOR
Mb. Tietê (Sistema Costeiro)		□	
Mb. Capivari (Sistema Deltaico)		□	

Figura 3.2. Mapa geológico da área de trabalho
- Região do Baixo Rio Capivari -

cada em DAEE (1981), foram representados em mapas. As propostas destes três últimos trabalhos são as que foram adotadas para a elaboração do mapa da Figura 3.2, e das três unidades aí consideradas a penas as unidades média (Membro Capivari) e superior (Membro Tietê) ocorrem dentro da área de trabalho.

O Membro Capivari (PCi III) ocorre no vale do Rio Capivari e é constituído por litologias finas (siltitos, folhelhos, diamictitos), com corpos de arenito de forma lenticular. Nos siltitos dessa unidade ocorre a assembléia fóssil de Capivari, com fósseis reconhecidamente marinhos (BARBOSA & ALMEIDA, 1949; ROCHA-CAMPOS, 1966).

O Membro Tietê (PCi I-II) ocorre nos interflúvios que limitam a bacia hidrográfica e na porção mais baixa do curso do Rio Capivari. É constituído em sua parte inferior por corpos lenticulares de arenito de dimensões variadas que estão intercalados com lamitos, siltitos e diamictitos. Sua parte superior apresenta corpos tabulares de arenito com intercalações de lamito carbonoso e carvão, tais como aquela mencionada por BARBOSA & ALMEIDA (1949) na ponte sobre o Rio Capivari.

Em várias localidades as litologias já mencionadas estão repetidas e tem sido interpretadas como ciclos (FRAKES & FIGUEIREDO Fº., 1967). A intercalação de sedimentos marinhos pouco espessos dentro da seqüência glacial reconhecidamente cíclica, e a ocorrência de fósseis vegetais e até carvão, levou LEINZ (1937) a propor o reconhecimento de várias fases glaciais (cinco no Estado de São Paulo). Estas seriam separadas por interglaciais, quando ocorreriam ingressões marinhas de curta duração, que seriam controladas por mudanças eustáticas do nível do mar, em decorrência do degelo e reajuste glácio-isostático, em analogia com a história glacial quaternária.

Conforme mencionado por vários pesquisadores (PETRI & FÚLFARO, 1983), foram muito complexos os ambientes que condicionaram a deposição dos sedimentos Itararé, interagindo ambientes glaciais, flúvio e lacustre-glaciais, deltaicos e marinhos, além de serem mencionados depósitos eólicos (BJORNBERG et al., 1965).

Reconhece-se, no entanto, que muitos dos diamictitos, cujo número em seção chegou localmente a atingir o número de 17 (FRAKES & CROWELL, 1969), existentes em diversos níveis no Itararé,

são de origem glacial, ou seja, são tilitos verdadeiros, pelos argumentos principais de que possuem seixos estriados e facetados, os clastos estão depositados subcaoticamente em abundante matriz, possuem clastos que atingem dimensões de até 5 metros, e alguns deles, bem como rochas "moutonnés" repousam sobre assoalho polido e estriado. Além disso, a presença de estruturas de "eskers" dentro da massa tilítica e a existência de feições associadas aos tilitos como os "drumlins", são características indicativas de que alguns tilitos foram formados por deposição subaérea do degelo brusco de morenas glaciais.

3.3.3. Aspectos geométricos

Não são muitos os dados sobre a espessura do Grupo Tubarão. A maior parte das informações derivam, segundo ROCHA-CAMPOS (1967) de poços da Petrobrás, em número de 50, e recentemente de poços do Paulipetro, em número aproximado de 30, sendo 10 destes perfurados em território paulista.

Os valores de isópacas variam muito em diferentes áreas como pode ser visto no mapa da Figura 3.3, alcançando um máximo de 1300 m no sudoeste do Estado de São Paulo e 1500 m no sudeste de Mato Grosso do Sul. Existe um gradual decréscimo nos sentidos nordeste, leste e sudeste.

Os sedimentos desse grupo mergulham suavemente, atingindo valores de 1,5 graus para oeste no flanco leste da bacia. Os mergulhos podem, entretanto, atingir valores excepcionalmente altos em vales pré-glaciais que afloram em São Paulo (MARTIN et al. 1959), e em torno do Arco de Ponta Grossa onde os sedimentos possuem atitude periclinal.

Quanto ao Subgrupo Itararé, varia em espessura, de aproximadamente 450 metros no sul (flanco sul do Arco de Ponta Grossa) até quase 1300 m no nordeste paranaense, próximo da divisão São Paulo; daí diminui para cerca de 1000 m nas carcanias da Rodovia Castelo Branco (VIEIRA & MAINGUE, 1974). Na Bacia do Rio Tietê, essa formação apresenta-se com maior espessura diminuindo tanto para norte no sentido da borda nordeste da Bacia do Paraná como para sul no sentido do Arco de Ponta Grossa, como pode ser vis

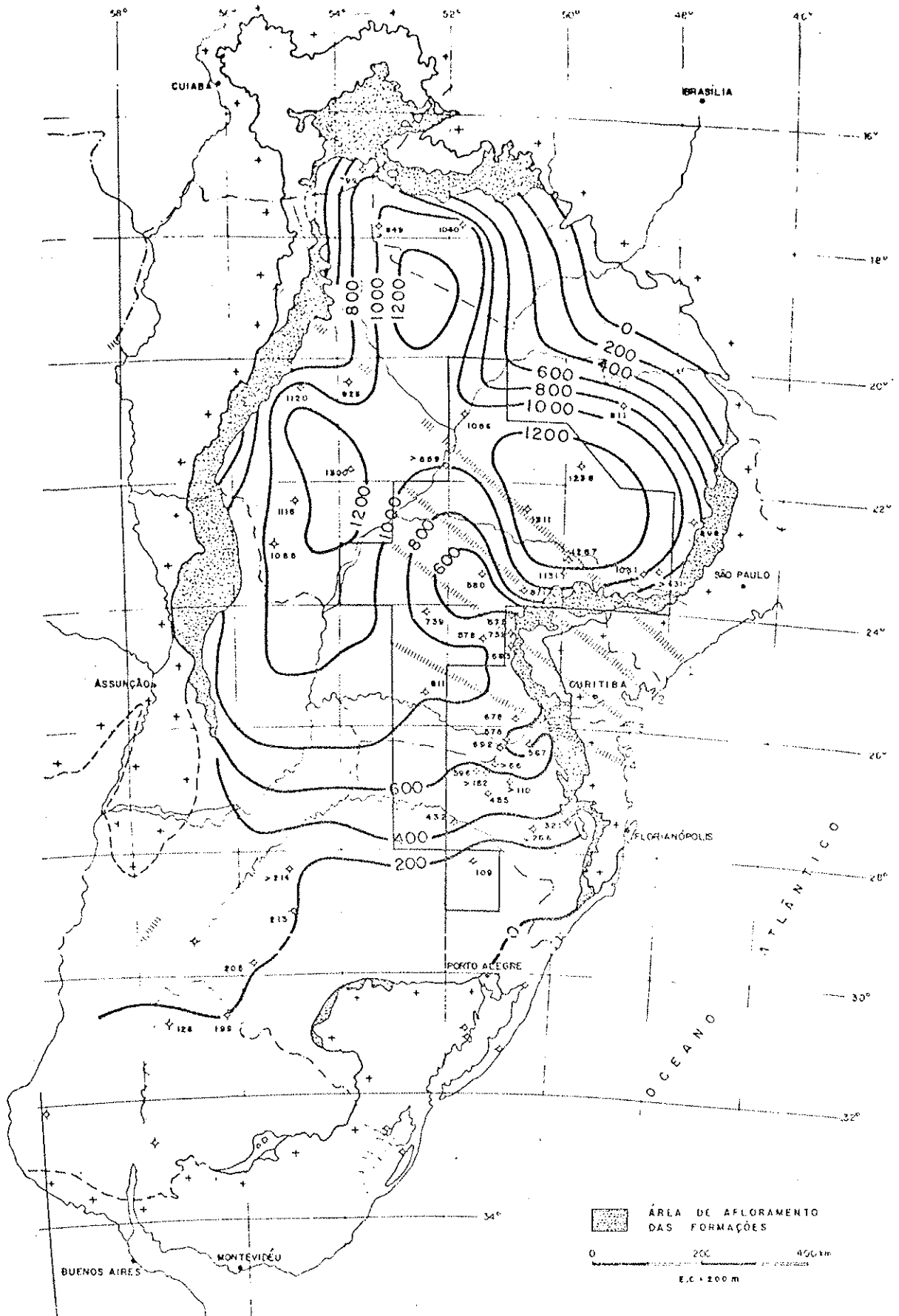


Figura 3.3. Mapa de isópacas das Formações Itararé + Aquidauana (Conforme NORTHFLEET et al. , 1969; modificado por FERREIRA, 1982). Alinhamentos estruturais: 1) Guapiara; 2) São Jerônimo - Curiúva; 3) Rio Alonzo; 4) Rio Piquiri.

to no mapa da Figura 3.3.

Os corpos de arenito, a mais importante litologia da facies glacial do Grupo Tubarão, variam tanto em forma como em dimensão, ocorrendo associados com os diamictitos ou independentemente. As espessuras individuais variam desde alguns centímetros até corpos de 40-50 metros, chegando mesmo a centenas de metros.

Segundo ROCHA-CAMPOS (1967), a forma dos corpos arenosos do Itararé ainda não havia sido estudada até aquela data, e mesmo atualmente são poucos os dados a respeito. Os trabalhos mais recentes sobre o assunto são os de SAAD (1977) e SANTOS (1979), respectivamente sobre os arenitos e diamictitos. Além de pequenos corpos diretamente associados aos diamictitos, freqüentemente interpretados como arenitos flúvio-glaciais, existem grandes corpos tabulares ou acunhados, mostrando estruturas maciças ou com estratificações cruzadas. Estes provavelmente foram depositados subaquaticamente em grandes corpos de água (lacustrinos ou marinhos) e alguns podem corresponder a arenitos deltáicos.

SAAD (1977), trabalhando na região central e sul do Estado de São Paulo, levantou sete perfis estratigráficos no Subgrupo Itararé ao longo de estradas da região. Conforme aquele autor, os arenitos chegam a ocupar 55% da espessura aflorante da formação (entre Cerquilha e Sorocaba) e as formas dos corpos isolados são muito variadas, apresentando-se em camadas, lenticulares, bancos e canais.

Os diamictitos da seqüência glacial do Tubarão formam corpos de diferentes formas e espessuras. Alguns possuem poucos metros de comprimento, enquanto outros podem ser seguidos por alguns quilômetros de comprimento. Espessuras de 10,20,30 ou mesmo 50 metros não são incomuns (ROCHA-CAMPOS, 1967).

No Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo os diamictitos mostram espessuras variadas, variando desde poucos metros a té 215 metros no poço de Paraguassú Paulista. Seu número em subsuperfície varia de 5 a 16, com tendência de aumento para sudoeste.

Conforme SANTOS (1979), os afloramentos de diamictititos na região centro e sul do Estado de São Paulo, não permitem o reconhecimento de suas formas geométricas, pois correspondem apenas a exposições parciais dessas rochas. Aquele autor sugere também que as complexas relações dos diamictitos com outros corpos li

tológicos a eles associados ou neles contidos, parecem indicar que esses depósitos sedimentares tiveram suas formas originais modificadas por mecanismos sin/e/ou pós-deposicionais. Em alguns afloramentos é possível verificar-se que os diamictitos possuem formas lenticulares ou tabulares.

As espessuras medidas por SANTOS (1979) atingem maiores valores no sul do estado, por volta de 75 m, sendo entretanto mais comuns as de 2 a 10 m, fato esse já notado por FRANKES & CROWELL (1969). Diamictitos foram seguidos em mais de 500 m em afloramentos de estradas (SANTOS, 1979).

Quanto à Formação Tatuí possui espessura bastante variável que pode ser aproximadamente de 25 m na região de Mococa, 40 m em Limeira e de 60 a 70 m perto do Rio Tietê, conforme DAEE (1981).

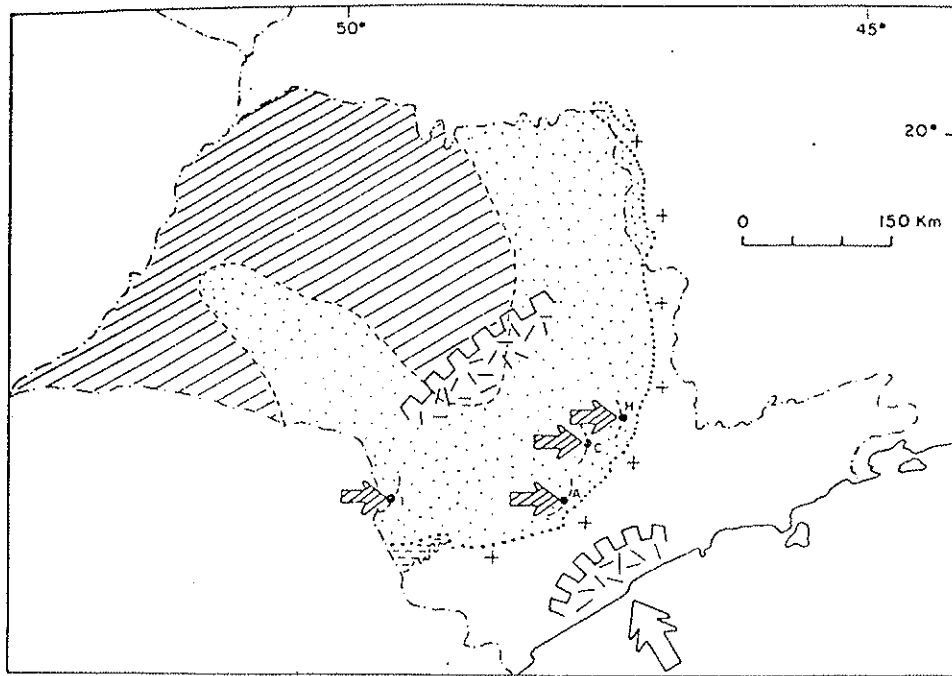
3.3.4. Paleogeografia

Apesar do grande número de trabalhos publicados sobre o Grupo Tubarão, o controle estratigráfico é ainda insuficiente para se tentar a construção de esquemas regionais detalhados como é o caso da área de afloramentos do Subgrupo Itararé, no que diz respeito à paleogeografia. Assim somente serão discutidos aspectos amplos da questão, baseando-se com maior ênfase nos trabalhos recentes de SAAD (1977) e SANTOS (1979).

O trabalho desses autores e de vários outros anteriores conduziu à elaboração do mapa mostrado na Figura 3.4. A distribuição da porcentagem de folhelhos no Itararé (maior ou igual a 40%), que ocorre na região oeste do Estado de São Paulo, é o principal argumento para se afirmar que aí predominou uma facies subaquática, provavelmente marinha.

A região intermediária, até a atual margem erosiva da bacia deve, dentro do mesmo raciocínio, corresponder à área de sedimentação mista onde, pelo menos nas suas partes próximas às margens da bacia, existem evidências de condições terrestres nítidas que predominam na maior parte dos diamictitos.

Quanto às posições da frente glacial, a mais avançada está estabelecida com precariedade (SANTOS, 1979) além da atual











- | | | | |
|---|--|---|-------------------------------|
|  | FÁCIES PREDOMINANTEMENTE MARINHA |  | FÁCIES MISTA |
|  | EXTENSÃO MÁXIMA DAS INGRESSÕES MARINHAS |  | POSIÇÃO DA FRENTE GLACIAL |
|  | DIREÇÃO PRINCIPAL DE DESLOCAMENTO DAS GELEIRAS |  | LIMITE ATUAL DOS AFLORAMENTOS |
|  | DEVONIANO |  | EMBASAMENTO PRE-CAMBRIANO |

Figura 3.4. Mapa paleogeográfico construído a partir de elementos de natureza paleogeográfica derivados de SANTOS (1979), associados às informações derivadas de mapas de litofácies e de variações de espessura da seqüência examinada (SAAD, 1977, figuras 11, 13, 15, 16). Explicação sobre os níveis marinhos: H- Hortolândia; C-Capivari; A- Araçoiaba; I- Itaporanga. (Conforme SANTOS, 1979).

faixa de afloramentos, com base na existência na Formação Itararé de pavimentos de clastos, como é o caso de Jumirim.

Finalmente, os pontos máximos de ingressões marinhas possuem uma nítida migração meridional do limite setentrional das intercalações, fato atribuído por SAAD (1977) a um controle tectônico, talvez reflexo local do basculamento para o sul da margem norte da Bacia do Paraná conforme postulado por DAEMON & QUADROS (1970), após a sedimentação da parte inferior do Itararé.

3.4. Aspectos estruturais e geotectônicos

Arqueamentos (arcos), flexuras, lineamentos (alinhamentos estruturais) e áreas de maior subsidência são, segundo ALMEIDA (1981), as feições de maior ordem que tem sido descritas da Bacia do Paraná. A posição e atuação dessas estruturas no decorrer do tempo tiveram grande importância na compartimentação e no desenvolvimento tectônico-sedimentar da bacia.

Dessas estruturas uma delas é bem visível nos mapas geológicos pela curvatura do embasamento pré-cambriano que avança em direção à bacia. Este arco ocupa área estruturalmente importante na evolução da bacia, mas teve posição variável durante o transcorrer da sua história (FÚLFARO, 1971). Sondagens na região do Arco de Ponta Grossa revelaram as maiores espessuras de folhelhos de toda a Bacia do Paraná, demonstrando que a região, durante o Devoniano, era de grande negatividade, portanto o arco não existia. SANFORD & LANGE (1960) sugeriram o Eocarbonífero como data de levantamento do arco. FÚLFARO (1971, 1974) sugere história mais complexa ao propor o Alinhamento de Paranapanema. Recentemente alguns pesquisadores situam a implantação do mesmo no Mesozóico, considerando falho o mapa de isópacas do Subgrupo Itararé na região de seu afloramento, mostrado na Figura 3.3. De fato, o mapa de isópacas do Itararé Inferior (facies psamíticas) não exhibe o Arco de Ponta Grossa, como visto na Figura 3.5.

As falhas, fraturas e lineações no flanco leste da Bacia do Paraná obedecem a duas direções principais. A noroeste, paralela ao Arco de Ponta Grossa, é a mais freqüente concentrando-se nas proximidades do eixo do arco e com provável origem na ten

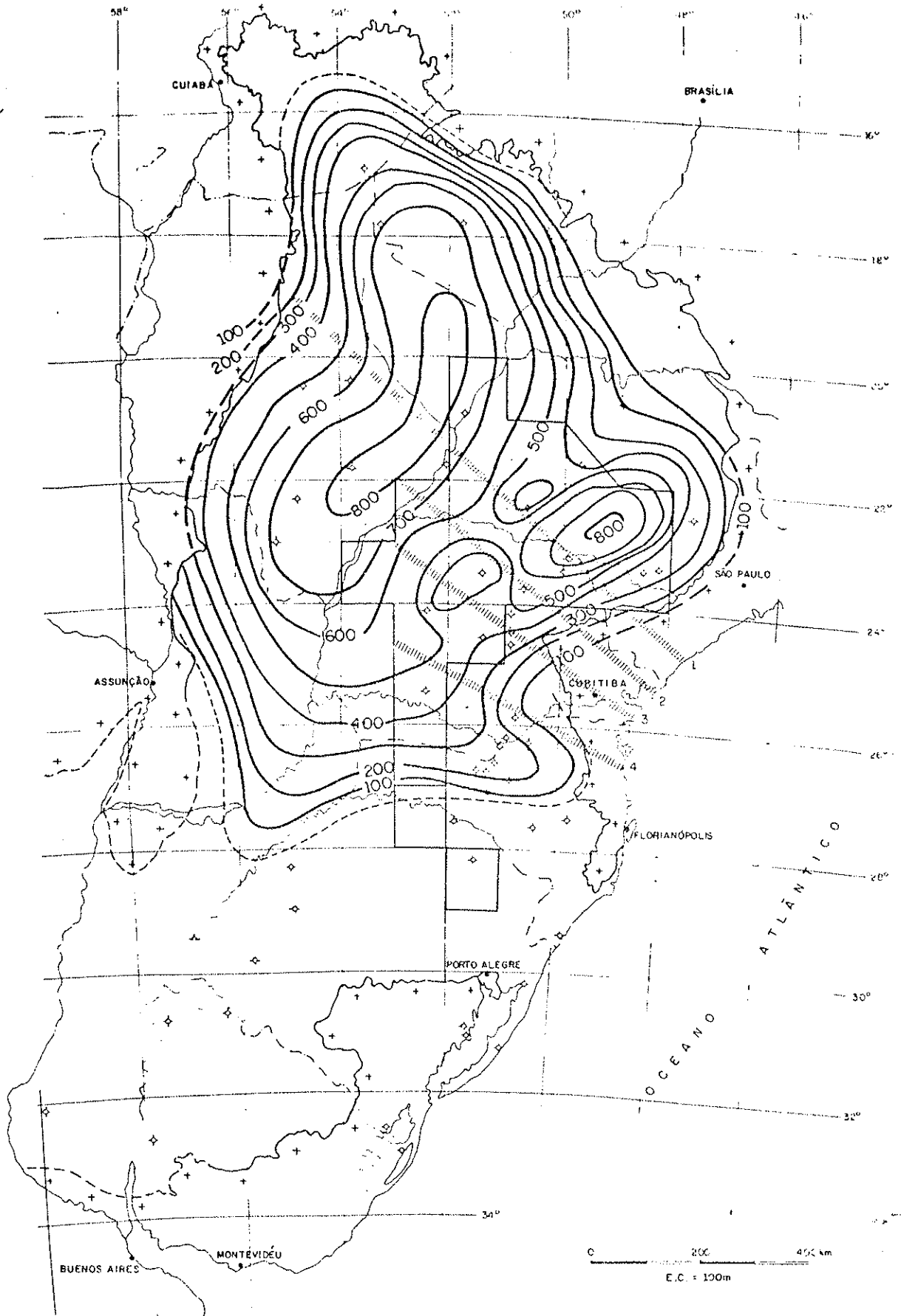


Figura 3.5. Mapa de isópacas do Itararé Inferior (facies psamíticas). (Conforme FÚLFA RO et al. 1980; modificado por FERREIRA, 1982). Alinhamentos estruturais: 1) Guapiara; 2) São Jerônimo - Curiúva; 3) Rio Alonzo; 4) Rio Piquiri.

são desencadeada pelo levantamento da estrutura. A outra direção, Norte-nordeste, embora menos freqüente, quando aparece forma feições geomórficas bem nítidas e com grandes rejeitos (PETRI & FULFARO, 1983). Parece representar reativação de antiga direção pré-cambriana.

Se existem discussões a respeito da evolução do Arco de Ponta Grossa, também elas existem sobre a evolução dos alinhamentos Tietê, Paranapanema e Guapiara e suas influências na sedimentação do Itararé, para citar somente os situados em território paulista.

O alinhamento Tietê (SAAD, 1977), de direção noroeste-sudeste, indicado na Figura 3.6, teve comportamento variado, segundo seu propositor. Durante os tempos de deposição do Itararé funcionou como uma calha para a deposição desses sedimentos. Posteriormente houve sorguimento, servindo de borda de sedimentação do ciclo Iratí-Serra Alta. Foi inativo durante a deposição da Formação Corumbataí, sendo reativado a partir da deposição da Formação Rio do Rastro (COIMBRA et al., 1977). Segundo ALMEIDA (1981), entretanto, nada há que indique, com segurança, o seu prolongamento à região do embasamento exposto.

Segundo FULFARO (1974), o alinhamento tectônico de Paranapanema, indicado na Figura 3.6, teve grande importância na história geológica da Bacia do Paraná ao separar, a partir do Devoniano, regiões da bacia onde taxas de subsidência e soerguimento apresentaram valores diversos, ocasionando diferentes ambientes de sedimentação nas denominadas "sub-bacia do Alto Paraná" (São Paulo, Minas Gerais e Goiás) e "sub-bacia Paranaense-Catarinense" (Paraná e Santa Catarina).

Quanto ao alinhamento estrutural de Guapiara, recentemente definido com apoio em evidências magnetométricas (FERREIRA et al., 1981) como mostra o mapa da Figura 3.5, constitui o limite do Arco de Ponta Grossa em seu flanco nordeste ao longo de 600 quilômetros de extensão. Segundo aqueles autores, esse alinhamento tem comprovação geológica bem definida. O Arco de Ponta Grossa, no nordeste do Paraná e centro-sul de São Paulo, é longitudinalmente recortado por três grandes zonas de falhas, dividindo-a em regiões de comportamento tectônico e magmático diversos, como reconhecido por VIEIRA (1973). Uma dessas zonas faz parte do gran

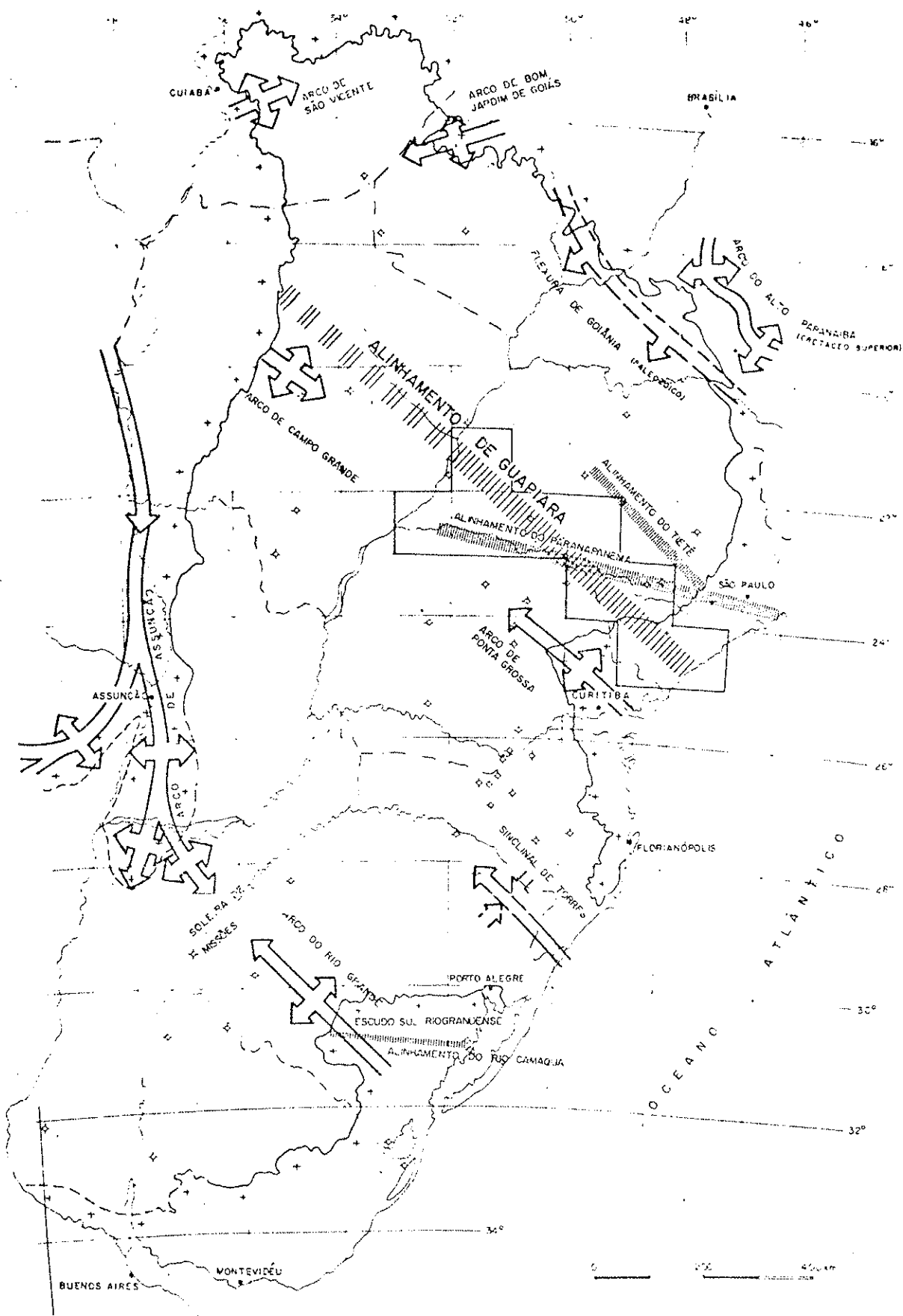


Figura 3.6. Alinhamentos estruturais propostos para o Estado de São Paulo e principais feições tectônicas da Bacia do Paraná. (In FERREIRA et al., 1981).

de alinhamento estrutural de Guapiara.

3.5 Evolução tecto-sedimentar

É difícil a elucidação da história tecto-sedimentar do Grupo Tubarão, principalmente do Subgrupo Itararé, dada a complexidade do arranjo espacial de suas litologias e o ainda insuficiente controle bioestratigráfico disponível, podendo-se somente tecer considerações gerais à luz do atualismo e de fatores tectônicos regionais que costumam acompanhar a evolução de uma bacia intracratônica.

O ponto de vista atualístico considera que a glaciação continental que afetou a Bacia do Paraná (ROCHA-CAMPOS, 1967; LANDIM, 1973) foi controlada por fatores tectônicos análogos aos que condicionaram a glaciação pleistocênica, que possui caráter cíclico, com episódios de avanço e recuo de gelo acompanhados por ajustes isostáticos e eustáticos negativos e positivos na área afetada pela glaciação.

Conforme sugere SAAD (1977), a análise tecto-sedimentar fundamenta-se no exame das variações laterais das características litológicas e texturais da sequência sedimentar, com a hipótese de que elas reflitam as condições tectônicas regionais e de caráter cratônico.

Assim, tanto a ausência de camadas devonianas ao norte de Itapeva como a existência de retrabalhamento dos arenitos da Formação Furnas para o sul dessa cidade sugerem a presença de um alto no embasamento ao norte e uma depressão ao sul. FÚLFARO (1974), reconheceu evidências de uma intensa atividade tectônica ao longo do que denominou alinhamento estrutural do Paranapanema à época da deposição do Itararé, feição essa que teria dividido a bacia em duas sub-bacias, tendo a setentrional caráter mais subsidente. Ao propor esse alinhamento (ESE-ONO), aquele autor partiu dos falhamentos da Serra da Fartura. FERREIRA et al. (1981), entretanto, ao estudarem a evolução do alinhamento de Guapiara no Permiano, concluíram que foi este o elemento tectônico responsável pela barreira geográfica ou alto submerso, pelo fato de que o mesmo é visível nos mapas aeromagnéticos e que o mesmo se superpõe com o de Paranapanema na região da Serra da Fartura, tendo esta orientações estruturais NW, a mesma do alinhamento de Guapiara.

CAPÍTULO 4

ESTUDOS GEOELÉTRICOS: SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV)

"The practising exploration geophysicist develops his mind in the fashion of a very broad band filter to be applied to exploration problems which by the ir very nature yield rather a poor signal-to-noise ratio in terms of scientific revelations. The rese arch scientist, on the other hand, tunes himself to a very narrow passband filter which is applied to well tailored experimental conditions where the signal-to-noise ratio by definition is set to nearly optimum!...one is forced to find oil and gas or other minerals as quickly and as cheaply as possible, whereas the other is encoureged to create new ideas which eventually may lead to new technologies..." (TANKOWSKY, 1981).

4. ESTUDOS GEOELÉTRICOS: SONDAGENS ELÉTRICAS VERTICAIS (SEV)

4.1. Introdução

O mapa geológico da região do baixo Rio Capivari e ad-jacências mostra, como já discutido em capítulos anteriores, ro-chas sedimentares paleozóicas e rochas intrusivas associadas ao magmatismo básico que no Juro-Triássico afetou a Bacia do Paraná.

Assim, com o objetivo de estabelecer uma coluna geoelétrica para as rochas dessa região - valores de resistividades elétricas características associadas às mesmas - e também o de se delimitar geométricamente os aquíferos regionais, foi planejada e executada uma campanha geoelétrica, cujos resultados são discuti-dos neste capítulo e em capítulo posterior (modelos posicionais).

É grande o número de métodos e técnicas usados nos estudos geoelétricos, tanto do ponto de vista teórico quanto expe-riental. Estudados e aperfeiçoados desde o início do século, a maior parte deles busca, através da determinação da resistividade elétrica das rochas "in situ", oferecer uma interpretação geológi-ca para os resultados de campo. Embora existam muitas técnicas de obtenção desses dados (polarização induzida, eletromagnéticas, etc.) uma delas ganhou relêvo nas investigações através de cor-rente contínua, a saber, as sondagens elétricas verticais (SEV).

As SEV ganharam popularidade no estudo de estratos ho-rizontais considerados homogêneos e isotrópicos.

Com o avanço do desenvolvimento teórico o método das SEV ampliaram seu campo de ação nas pesquisas geológicas permitin-do uma interpretação quantitativa de estruturas geológicas em têr-mos de profundidades e resistividades elétricas.

Um dos modelos mais simples existentes para a prepa-ração de curvas padrão para a interpretação de uma SEV consiste numa sucessão de camadas horizontalmente estratificadas no qual cada camada possui propriedades elétricas homogêneas e isotrópi-cas. Esse modelo é bem conhecido e não necessita de muitas referên-cias.

Também é conhecido o fato de que as SEV fornecem uma estratificação elétrica nem sempre correlacionável com a seqüência

da estratificação geológica. Apesar disso o método, hoje considerado como uma ferramenta clássica na resolução de vários problemas geológicos, tem tido considerável aplicação na Bacia do Paraná, principalmente em problemas hidrogeológicos. Conforme DAEE (1974, 1979, 1981, 1982), as SEV tem contribuído no Estado de São Paulo (Bacia do Paraná), entre outras coisas para: caracterização litoestratigráfica de várias formações geológicas; determinação de espessura de sedimentos; determinação da profundidade do cristalino; determinação da profundidade do topo da Formação Serra Geral e de sua espessura onde ela não é muito espessa, etc. Assim, os estudos preliminares justificam o emprego das SEV como método de pesquisa de águas subterrâneas em rochas sedimentares.

Entretanto, algumas restrições quanto a utilização das SEV como método de pesquisa das rochas sedimentares do Subgrupo Itararé podem ser formuladas a priori. A teoria das SEV está fundamentada na existência de estratos homogêneos, isotrópicos e horizontais, o que não ocorre nesse Subgrupo, como foi mostrado no Capítulo 3. Há variações laterais muito acentuadas tanto nas espessuras como nos valores das resistividades elétricas dos corpos litológicos. Estas condições influem na precisão das interpretações quantitativas das curvas de resistividade versus distância.

4.2. Revisão de conceitos fundamentais

4.2.1. Sondagem elétrica vertical (SEV)

Os conceitos fundamentais sobre o método da eletroresistividade podem ser encontrados em abundante literatura, em particular em KELLER & FRISCHKNECHT (1966), BHATACHARYA & PATRA (1968) e ORELLANA (1972). Assim, somente será apresentado um resumo das características principais do método necessárias à presente pesquisa.

De forma geral, no método da eletroresistividade, uma corrente elétrica contínua é enviada para a subsuperfície por meio de dois eletrodos de corrente (A e B), localizados na superfície do solo ou rocha, sendo medida a diferença de potencial elétrico resultante entre dois outros eletrodos (M e N). A partir de um con

junto de medidas destes parâmetros investiga-se a distribuição da resistividade elétrica na subsuperfície. Se os eletrodos de corrente são expandidos em relação a um ponto fixo O, como mostra a Figura 4.1, tem-se o estudo das variações da resistividade elétrica com a profundidade, técnica conhecida como sondagem elétrica vertical (SEV).

A interpretação das medidas nas SEV é, geralmente, baseada na hipótese de que a subsuperfície consiste de um número finito de camadas distintas, separadas por limites planos e paralelos entre si, sendo cada camada isotrópica e homogênea. A forma pela qual a resistividade elétrica se distribui na subsuperfície pode ser determinada a partir da equação que fornece o potencial elétrico para fontes puntiformes de corrente, conforme SLICHTER (1933, in FLATHE, 1976). No caso particular de um arranjo de quatro eletrodos A,B,M,N cravados no terreno, sendo ΔV a diferença de potencial entre M e N, a resistividade ρ é dada por

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I} \tag{4.1}$$

onde I é a intensidade de corrente enviada através de A e B e K é um fator geométrico que depende da disposição dos eletrodos, função pois das distâncias entre eles, dado por

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}} \tag{4.2}$$

Quando a expansão dos eletrodos A e B em relação ao ponto O (Figura 4.1) é simétrica, com os eletrodos alinhados (M e N permanecem fixos, sempre que possível), o arranjo é denominado arranjo Schlumberger, para o qual normalmente se mantém a relação entre distâncias de eletrodos dentro dos limites:

$$5 \leq \frac{AB}{MN} \leq 25 \tag{4.3}$$

A equação (4.1) foi deduzida para se determinar a resistividade de um terreno homogêneo e isotrópico. Caso não o seja ela pode ser usada calculando-se então o que se define como resistividade elétrica aparente.

4.2.2. Resistividade elétrica dos sedimentos e rochas sedimentares

Sem dúvida, o principal parâmetro elétrico das formações rochosas é sua resistividade. Como pode ser visto em KELLER & FRISCHKNECHT (1966), a resistividade elétrica de uma formação rochosa depende do material (mineralogia, litologia), densidade, porosidade, forma e tamanho dos poros (textura), conteúdo e qualidade da água nos poros (salinidade) e temperatura. Não existem limites fixos para os valores de resistividade elétrica dos sedimentos e rochas sedimentares; pode-se entretanto, estabelecer, através da estatística, valores médios conforme indicado na Figura 4.2, obtida de TODD (1980).

Embora sejam cada vez mais intensos os estudos sobre a influência tanto da condutividade elétrica superficial dos grãos da matriz como da ionização das argilas presentes nas rochas que contém água subterrânea (VENDEL'SHTEIN, 1963; WORTHINGTON, 1976; KELLY, 1977; URISH, 1981; BIELLA et al., 1983), normalmente considera-se que essas rochas conduzem eletricidade inteiramente pela água contida nos poros. Assim, supõem-se que elas não contenham altas porcentagens de minerais condutores como a grafita, magnetita, hematita, calcopirita, pirrotita, etc.

Assim, para que uma rocha possa conduzir eletricidade os espaços porosos devem estar interconectados e preenchidos com água. Sob o ponto de vista da condutividade elétrica e mesmo da condutividade hidráulica os poros podem ser classificados como interconectados e isolados. Por sua vez os primeiros consistem de duas partes: os grandes, que constituem o espaço maior para o reservatório de água, e os pequenos, canais de interconexão. Espera-se assim alta resistividade elétrica para uma rocha que tenha uma razão pequena entre o volume dos poros de conexão e dos poros de reserva mesmo que ela tenha grande porosidade. Por isso fatores texturais tais como a distribuição das partículas constituintes, a forma dessas partículas, a orientação das partículas no espaço, a orientação umas em relação às outras e as forças que mantêm essas partículas entre si, tem um papel significativo na resistividade elétrica das rochas.

Em vista do exposto torna-se característico o fato de

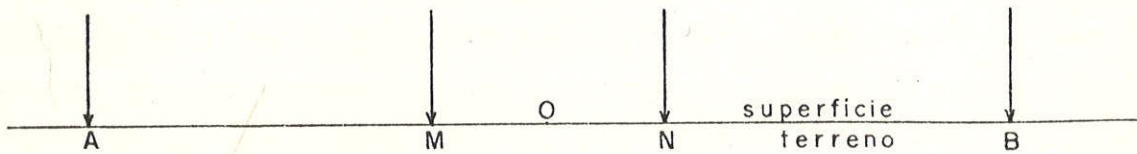


Fig. 4.1.- Arranjo Schlumberger

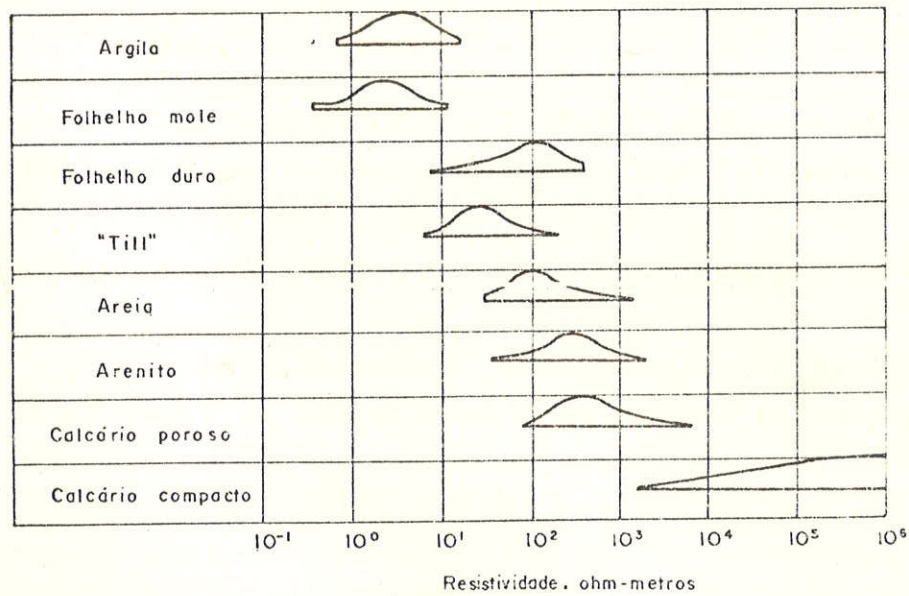


Fig. 4.2.- Valores representativos de resistividade elétrica de vários sedimentos e rochas. Os valores se referem à presença de água doce; para água salgada os valores se deslocam para esquerda no mínimo por um fator 10. Adaptado de TODD (1980).

que, nas rochas sedimentares, a resistividade das argilas seja habitualmente menor do que a resistividade dos arenitos. Isto se deve, por um lado, à considerável influência da água vinculada à superfície de separação entre as fases sólida e líquida e, por outro, ao que nas argilas, devido à sua baixa permeabilidade as águas subterrâneas não se movimentam aumentando-se sua mineralização (salinidade) às custas dos minerais pré-existentes no esqueleto sólido. A mineralização dessas águas em rochas arenosas que filtram bem, em geral, é mais baixa, especialmente no caso da saturação dessas rochas por precipitações atmosféricas doces (IAKUBOVSKII & LIAJOV, 1980). Esse fato será de suma importância no conjunto de interpretações das SEV realizadas na presente pesquisa.

4.2.3. Parâmetros de Dar Zarrouk

Na teoria dos meios condutores estratificados tem fundamental importância certos parâmetros e funções resultantes da combinação, por multiplicação ou divisão, das espessuras e resistividades de cada camada. Esses parâmetros, a resistência transversal T e a condutância longitudinal S foram pela primeira vez propostos por MAILLET (1947) conforme citado por ORELLANA (1963 e 1972) e foram denominados de "parâmetros de Dar Zarrouk" pelo proponentor. Discussão alongada sobre eles pode ser encontrada em ORELLANA (1972).

Em resumo, num meio condutor de eletricidade constituído por um número n de camadas cada uma delas homogênea e isotrópica, considera-se um volume prismático sendo o prisma reto e de secção quadrada com lado unitário, orientado perpendicularmente à direção das camadas, conforme a Figura 4.3. Mostra-se então que se o prisma for atravessado por uma corrente elétrica que flui perpendicularmente à estratificação, as diferentes camadas se comportam como condutores em série, pelo que suas resistências se somam. A camada i tem então uma resistência transversal T_i dada por

$$T_i = e_i \rho_i \quad (4.4)$$

e o conjunto das n camadas tem uma resistência transversal T dada por

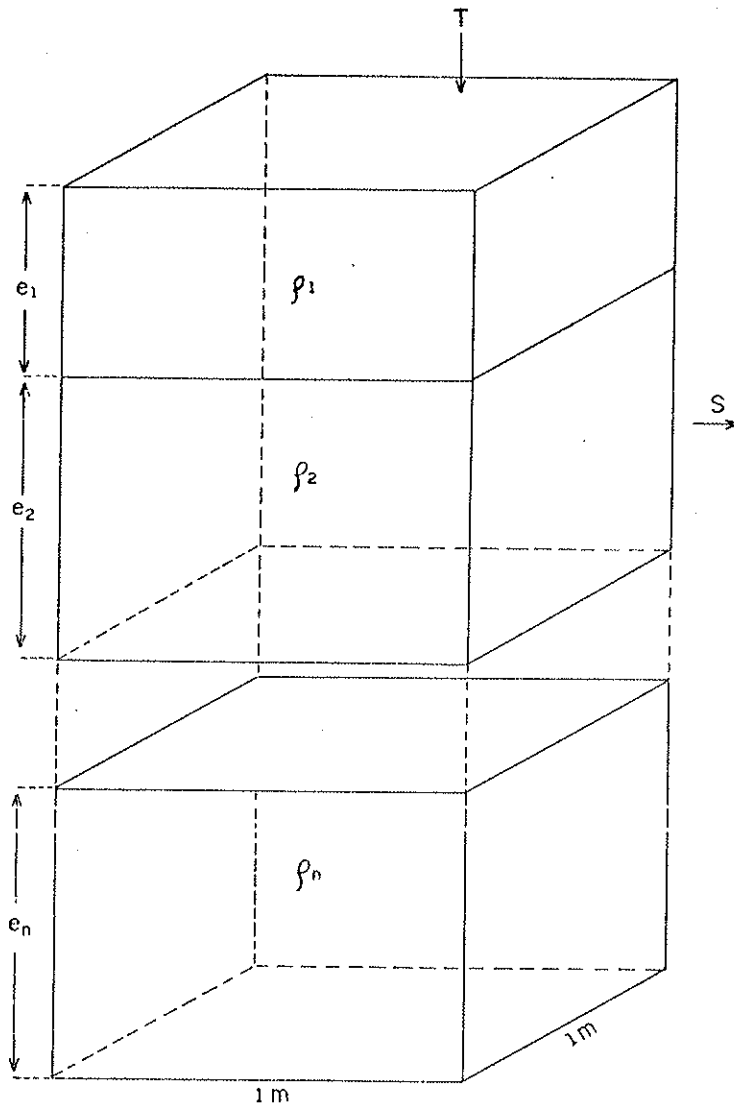


Fig. 4.3 - Representação de um Meio Condutor Elétrico Estratificado de n Camadas.

$$T = \sum_{i=1}^n e_i \rho_i \quad (4.5)$$

sendo e_i e ρ_i a espessura e a resistividade da i -ésima camada.

A resistência transversal é medida em ohm.m².

Se no prisma mencionado a corrente fluir paralelamente a estratificação, mostra-se (ORELLANA, 1972) que à camada i pode ser atribuída uma condutância longitudinal S_i dada por

$$S_i = \frac{e_i}{\rho_i} \quad (4.6)$$

grandeza que também tem propriedade aditiva, de forma que ao conjunto das n camadas atribui-se a condutância longitudinal S dada por

$$S = \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{\rho_i} \quad (4.7)$$

A condutância longitudinal é medida em mhos.

4.2.4. Limitações e Problemas de Interpretação das SEV

Em se tratando de região de geologia complexa, como visto no capítulo 3, há que ser considerada na interpretação das SEV a existência de alguns problemas e limitações, entre os quais estão o princípio de equivalência, a supressão de camadas e a anisotropia, bem discutidos em ORELLANA (1972).

A consequência principal do princípio de equivalência é a de que secções geoeletricas distintas podem corresponder a curvas semelhantes em resistividade aparente. Tal fato pode ocorrer em duas situações: a) quando a condutância longitudinal de uma camada é muito menor que a total das camadas subjacentes (equivalência em T); b) quando a resistência transversal de uma camada é muito menor que a total das camadas subjacentes (equivalência em S).

O fenômeno da supressão, em seu conceito clássico, consiste em que uma camada relativamente delgada, cuja resistividade é intermediária à das camadas com as quais está em contato exibe um arco muito curto na curva de resistividade aparente, deixando de ser observada. É um fenômeno comum quando se tem três ou mais

camadas com resistividades crescentes ou decrescentes em profundidade.

Quanto à anisotropia, verifica-se para certas rochas que a resistividade elétrica transversal (também denominada perpendicular) é distinta da longitudinal ("paralela"). Como em geral o percurso do fluxo elétrico nas rochas é oblíquo, esse problema pode ocasionar erros na determinação de espessuras dessas rochas.

É necessário afirmar que os problemas enumerados são de difícil solução se não houver controle geofísico e geológico adequado. Entretanto, ao contrário do que se depreende da leitura da maioria dos trabalhos publicados relativos às aplicações das SEV, a solução apresentada por esse método geoeletrico é única, como mostrado por SLICHTER (1933) e STEVENSON (1934). Assim, seções geológicas distintas produzem distintas curvas de SEV. O que ocorre é que seções geoeletricas diferentes entre si, expressas em termos de espessura, dão origem a curvas de resistividade aparente com discrepâncias mútuas menores do que a incerteza que existe nos dados de observação devido a "ruídos geológicos" e outros fatores. É este, precisamente, o significado dos princípios de equivalência e supressão de camadas.

4.3. Revisão de Literatura: Trabalhos Prévios

O método das SEV, sendo universalmente conhecido e aplicado, não necessita de referências genéricas quanto à sua utilização na resolução de problemas geológicos, pelo que este item será dedicado somente aos trabalhos referentes às rochas em estudo.

Não há na literatura nenhuma referência sobre SEV realizadas na região abrangida pela presente pesquisa. Existem, no entanto, referências sobre SEV efetuadas em rochas do Grupo Tubarão e intrusivas associadas, algumas próximas à bacia hidrográfica do Baixo Rio Capivari. DAEE (1981, 1982) propõe, através de SEV paramétricas, tendências de eletroresistividade para as rochas mencionadas, nas regiões administrativas de Campinas e Sorocaba. Duas SEV efetuadas além do limite norte da região em estudo,

na fôlha de Capivari (1:50.000), apresentam os seguintes valores de resistividade elétrica, em ohm.m: a) sedimentos arenosos: 64 e 130; b) sedimentos argilosos: 12 e 25; c) diabásio: 450 e 480. Essas SEV detectaram o embasamento cristalino a 494 e 748 metros de profundidade, o que faz supor uma profundidade entre 500 e 800 m para a região do Baixo Capivari. ELLERT (1973) ao estudar o comportamento geoeletrico do Grupo Tubarão nas localidades de Campinas, Sorocaba, Caiacatinga, Porto Feliz, Boituva e Cerquilha obteve para os arenitos saturados valores quase sempre maiores que 100 ohm.m chegando mesmo a 250 ohm.m; as argilas apresentaram valores de até 30 ohm.m. Além desses trabalhos há o de DAVINO (1979) referente a mapas de resistividade aparente em Indaiatuba, sem ter, no entanto, proposto uma estratificação geoeletrica regional ou local. Conclusão interessante dessa pesquisa é a de que o embasamento cristalino é ligeiramente ondulado, quase plano, com desníveis pouco significativos.

A Tabela 4.1. apresenta uma síntese dos valores de resistividade elétrica elaborada a partir das publicações do DAEE (1981, 1982), ELLERT (1973) e DAVINO (1983) que, em conjunto, constituem os trabalhos mais amplos existentes sobre as rochas envolvidas no presente estudo. Os sedimentos superficiais possuem grande variabilidade de suas resistividades decorrente da variação de umidade, principalmente. As SEV tem, no Grupo Tubarão, mais eficientemente contribuído na caracterização dos sedimentos arenosos e argilosos, dos diabásios e da profundidade do embasamento.

4.4. Trabalhos de Campo e Dados Coletados

Com os principais objetivos de se obter uma caracterização litológica das rochas e sedimentos a partir de valores de resistividades elétricas e de se delimitar geometricamente em superfície os corpos rochosos, preferencialmente os arenosos, foi planejada uma campanha de sondagens elétricas verticais na região do Baixo Rio Capivari. Sendo hidrogeológico o objetivo final de toda a pesquisa realizada e como os poços são perfurados na região até o máximo de 300 m de profundidade, foi idealizada uma malha regular de estações de SEV de uma estação a cada 5 km², cada

SEV sendo efetuada com linha de emissão de corrente elétrica de até $AB = 1000$ m. Por razões várias nem a malha real pôde ser regular, nem a distância AB atingiu sempre os 1000 m.

Foram efetuadas 28 SEV na região-objetivo e 5 fora dela. Estas últimas, realizadas próximo às cidades de Monte Mor e Campinas com a finalidade de se verificar a existência de alguma tendência geológica ao longo do eixo do Rio Capivari não puderam ser com esse objetivo utilizadas, razão pela qual as 28 SEV mencionadas tem numeração descontínua. O conjunto de Figuras 4.4 (a, b, c, d, e, f, g, h) e 4.5 (a, b) apresentam as curvas de campo obtidas para a resistividade elétrica versus $AB/2$.

O equipamento empregado na obtenção dos dados de campo foi o Terra Meter da Atlas Copco ABEM, através do arranjo Schlumberger. A campanha foi desenvolvida durante o ano de 1984 de forma descontínua em função de disponibilidade de recursos, com os pontos de SEV sendo lançados em folhas topográficas do IBGE na escala 1:50.000. O mapa do anexo 4.1 mostra a distribuição geográfica das SEV.

A seguir são apresentadas observações suscintas de campo a respeito de algumas das SEV.

SEV 1: sondagem elétrica paramétrica realizada no poço IG-01 (poço Capim Fino) perfurado pelo IG-Instituto Geológico da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo na fazenda homônima. Os dados e levantamentos de subsuperfície desse poço e dos outros estão relatados no Capítulo 5. Trata-se de um poço estratigráfico.

SEV 8: sondagem elétrica paramétrica realizada no poço estratigráfico IG-03 (poço Mombuca) perfurado pelo IG em região geológica especialmente escolhida, como relatado no Capítulo 7.

SEV 16: realizada em terreno permiano; as camadas inferiores detectadas, entretanto, devem pertencer ao Subgrupo Itararé, como se depreende do mergulho regional das rochas.

SEV 17: realizada em terreno do Permiano Inferior; vale as observações da SEV 16.

SEV 18: realizada em sedimentos arenosos do Grupo Turbarão (observação de superfície).

SEV 20: sondagem com excelente controle geológico de campo; realizada na rodovia SP-101 sendo que a 400 m da SEV (a les

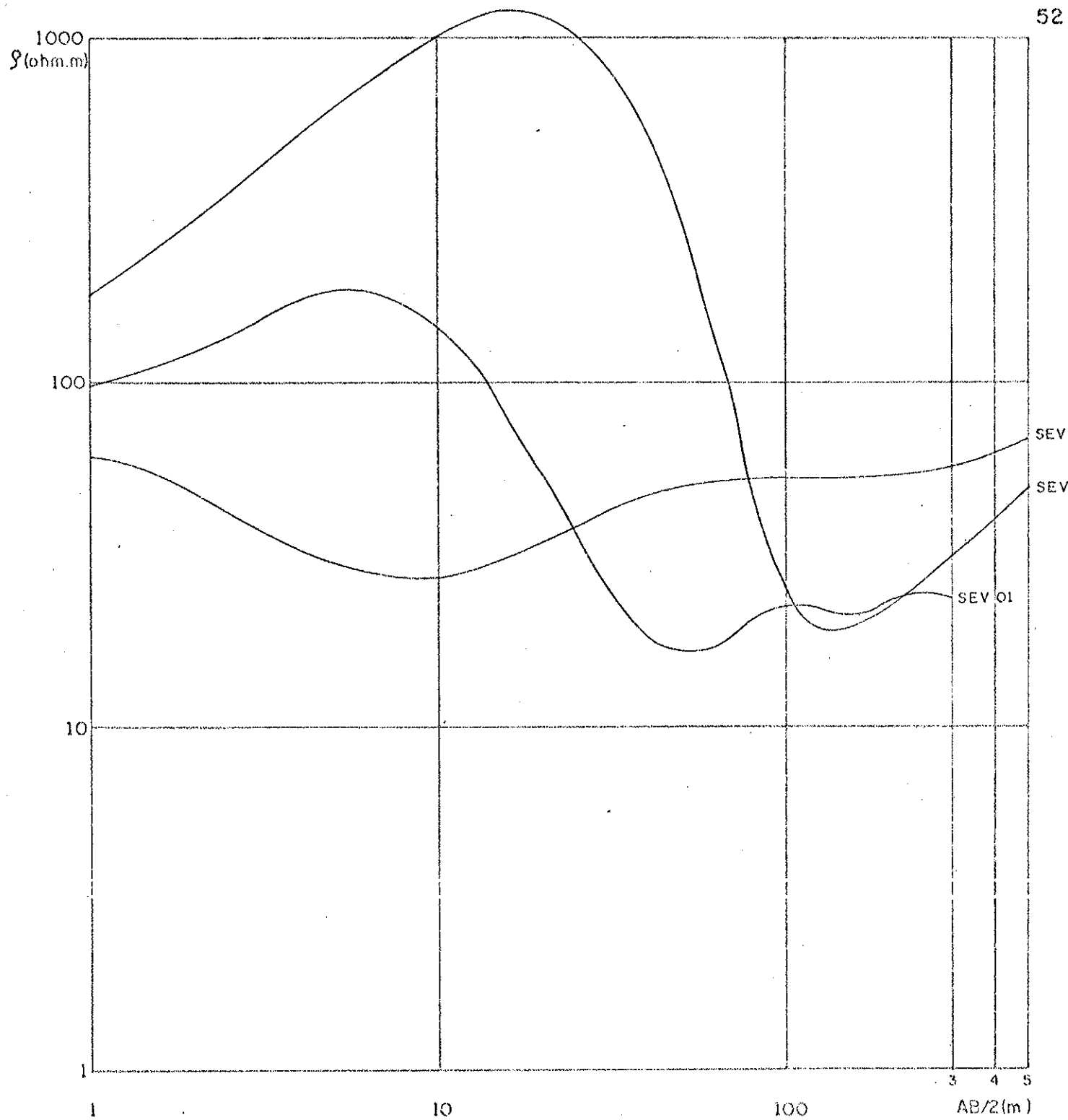


Fig. 4.4a - Curvas de Campo para as SEV 01, 08 e 09.

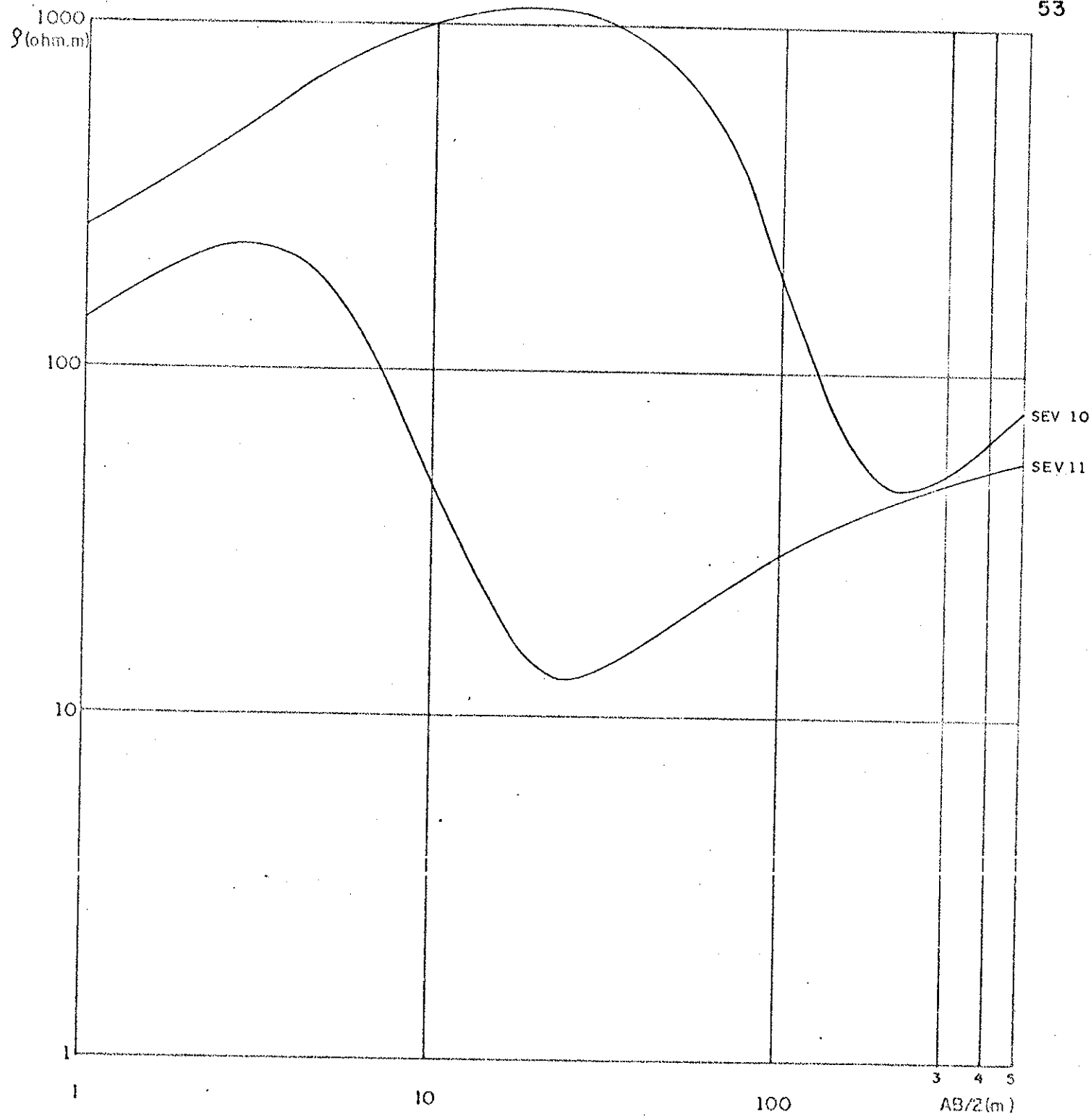


Fig. 4.4 b - Curvas de Campo para as SEV 10 e 11.

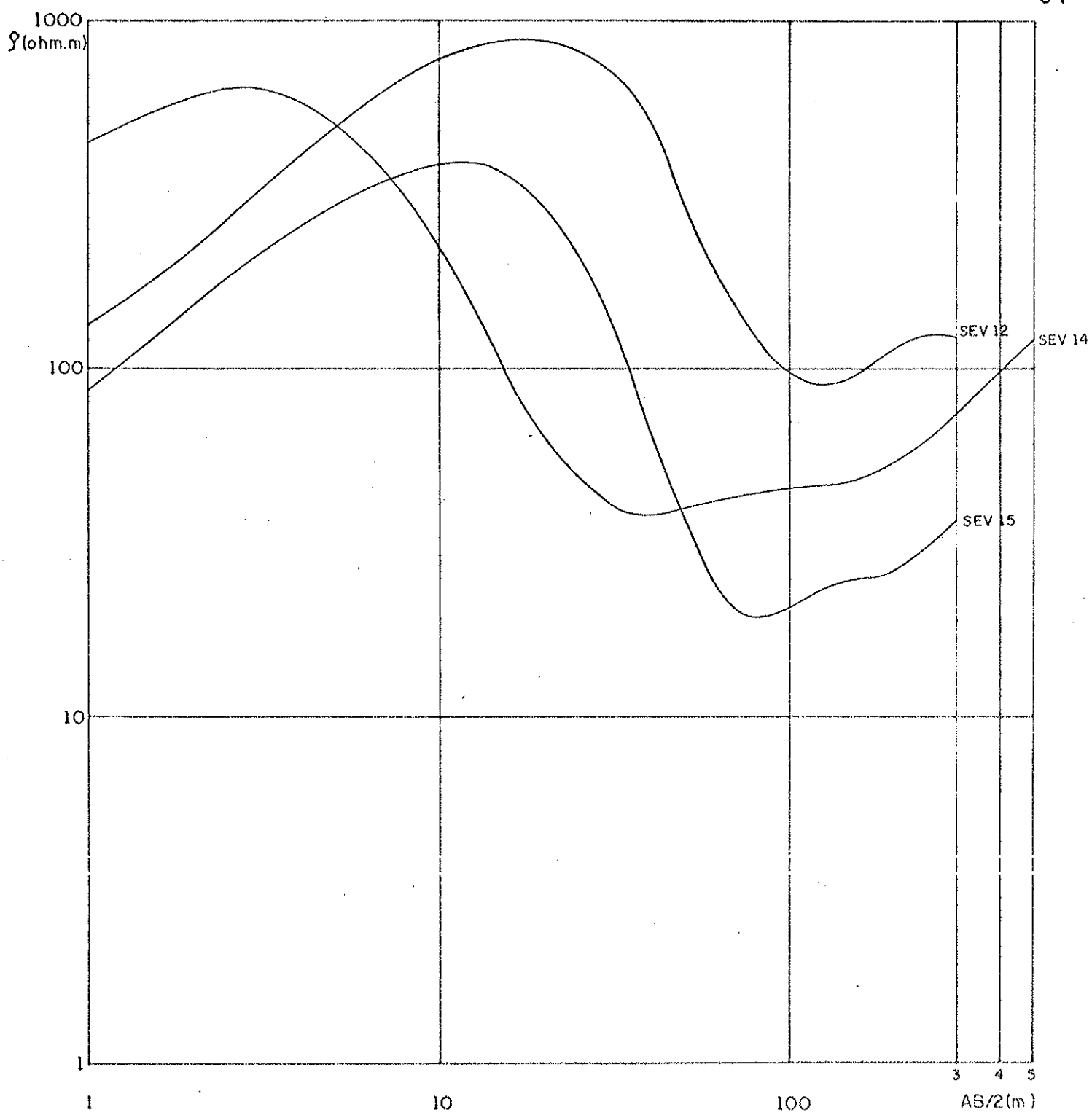


Fig. 4.4c - Curvas de Campo para as SEV 12, 14 e 15.

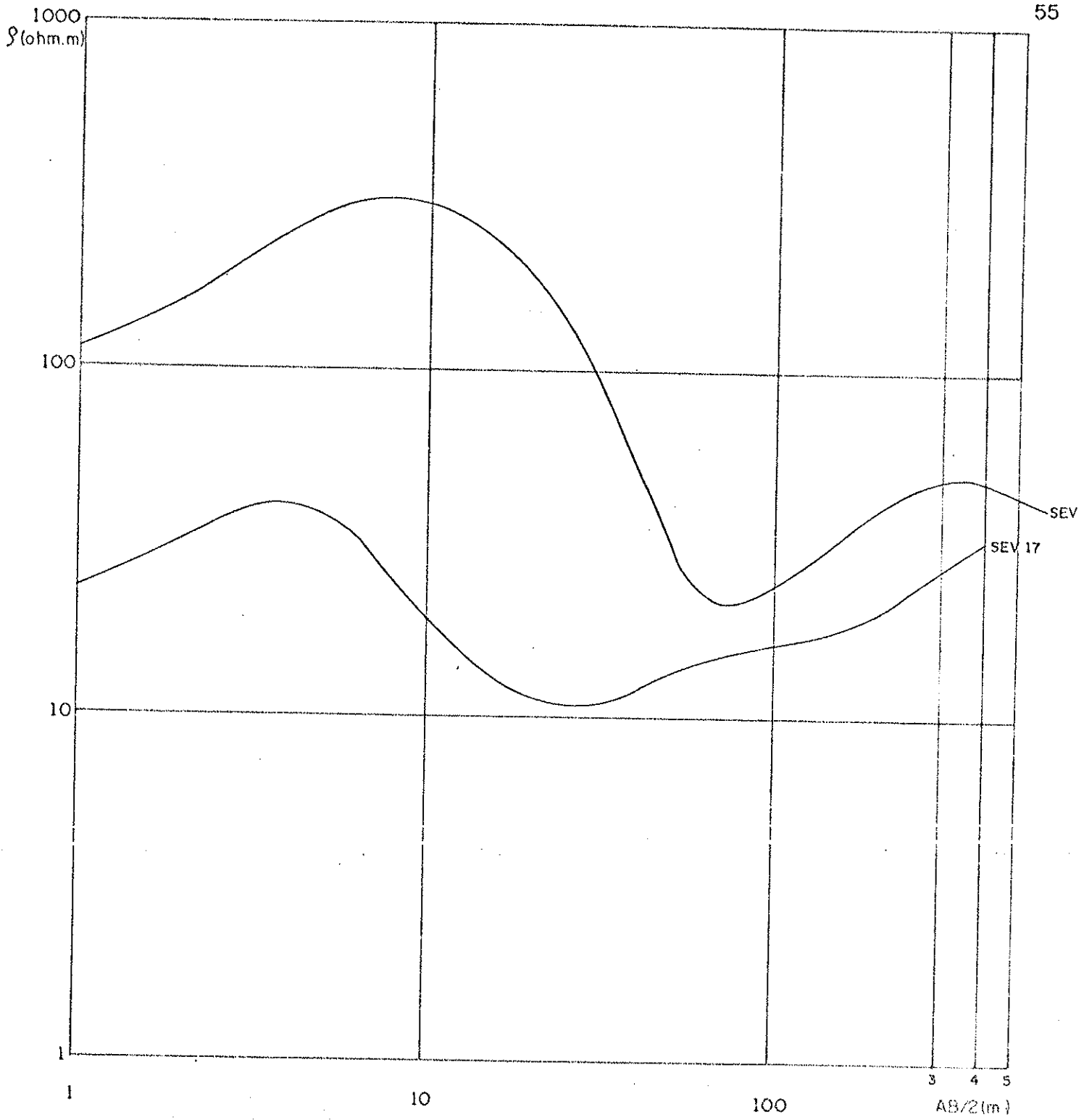


Fig. 4.4d - Curvas de Campo para as SEV 16 e 17.

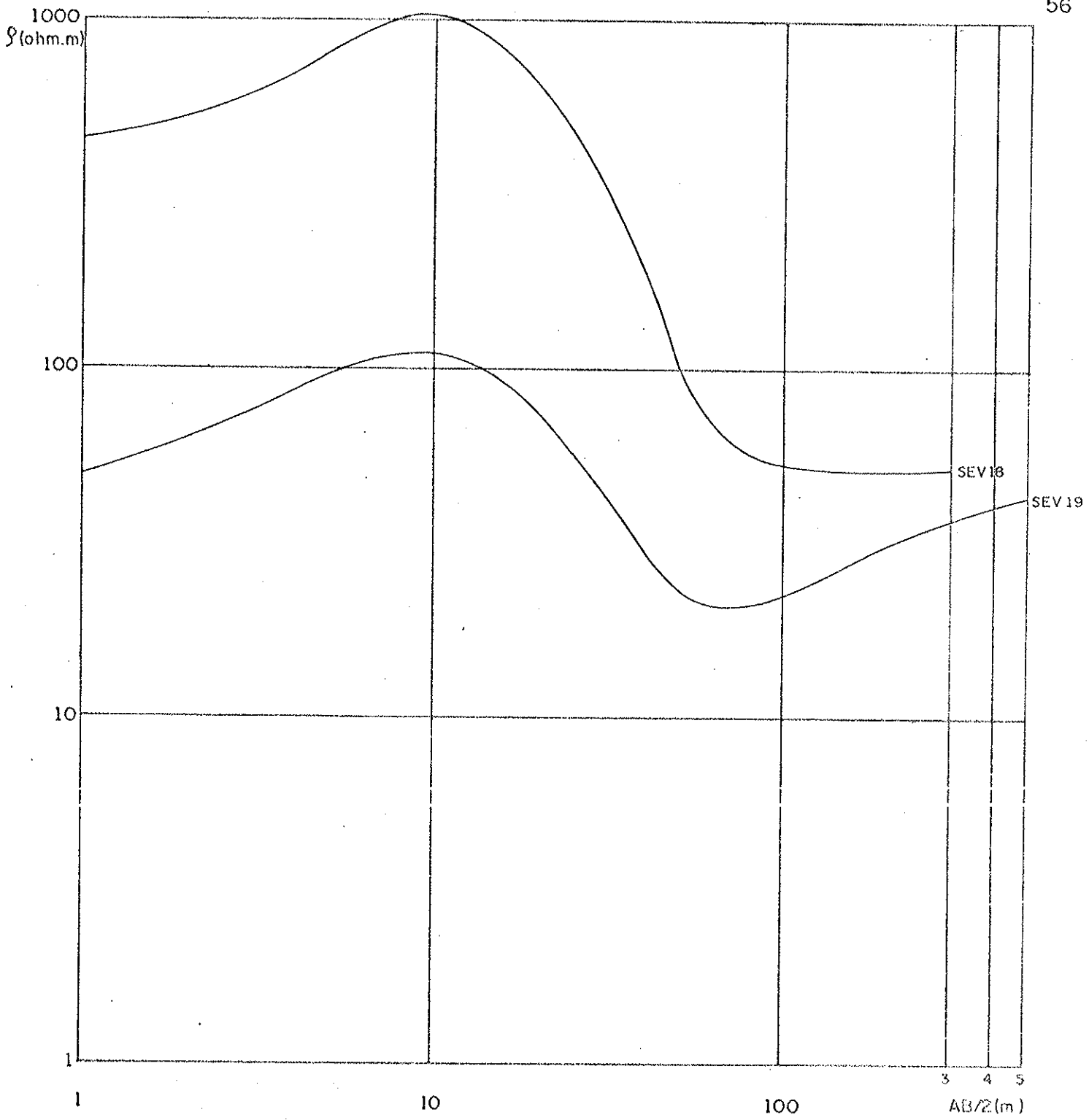


Fig. 4.4e - Curvas de Campo para as SEV 18 e 19.

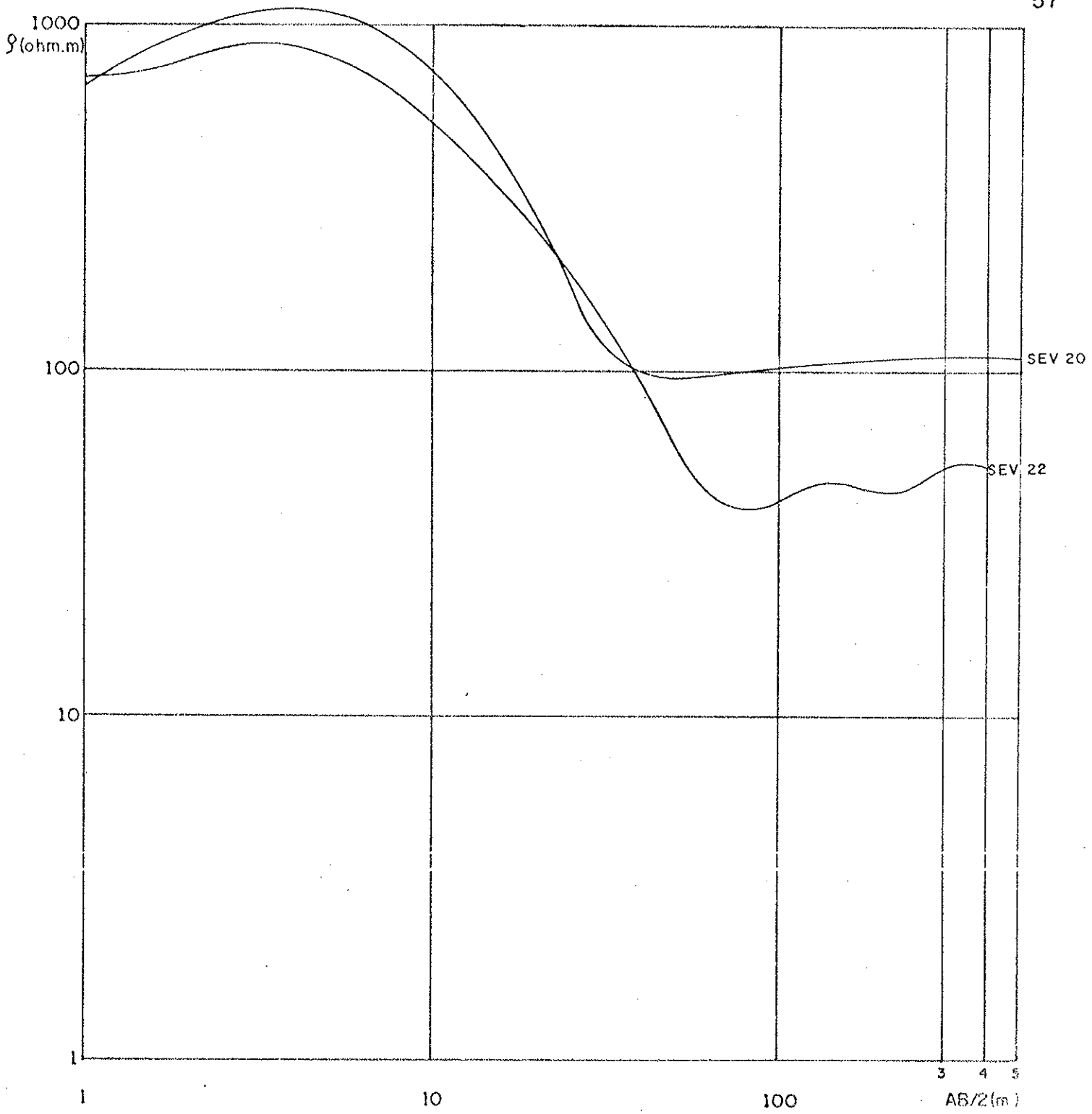


Fig. 4.4f - Curvas de Campo para as SEV 20 e 22.

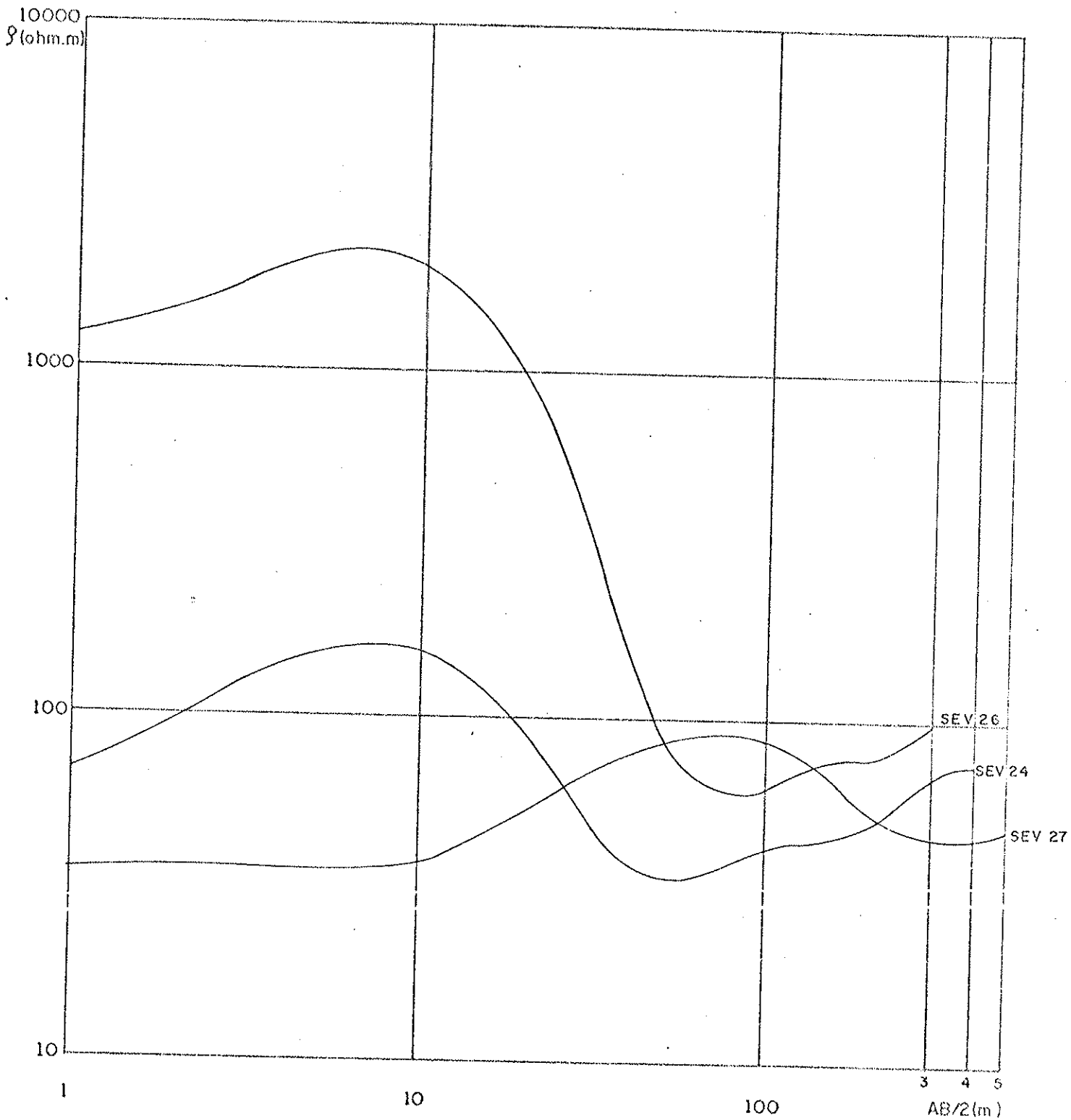


Fig. 4.4g - Curvas de Campo para as SEV 24, 26 e 27.

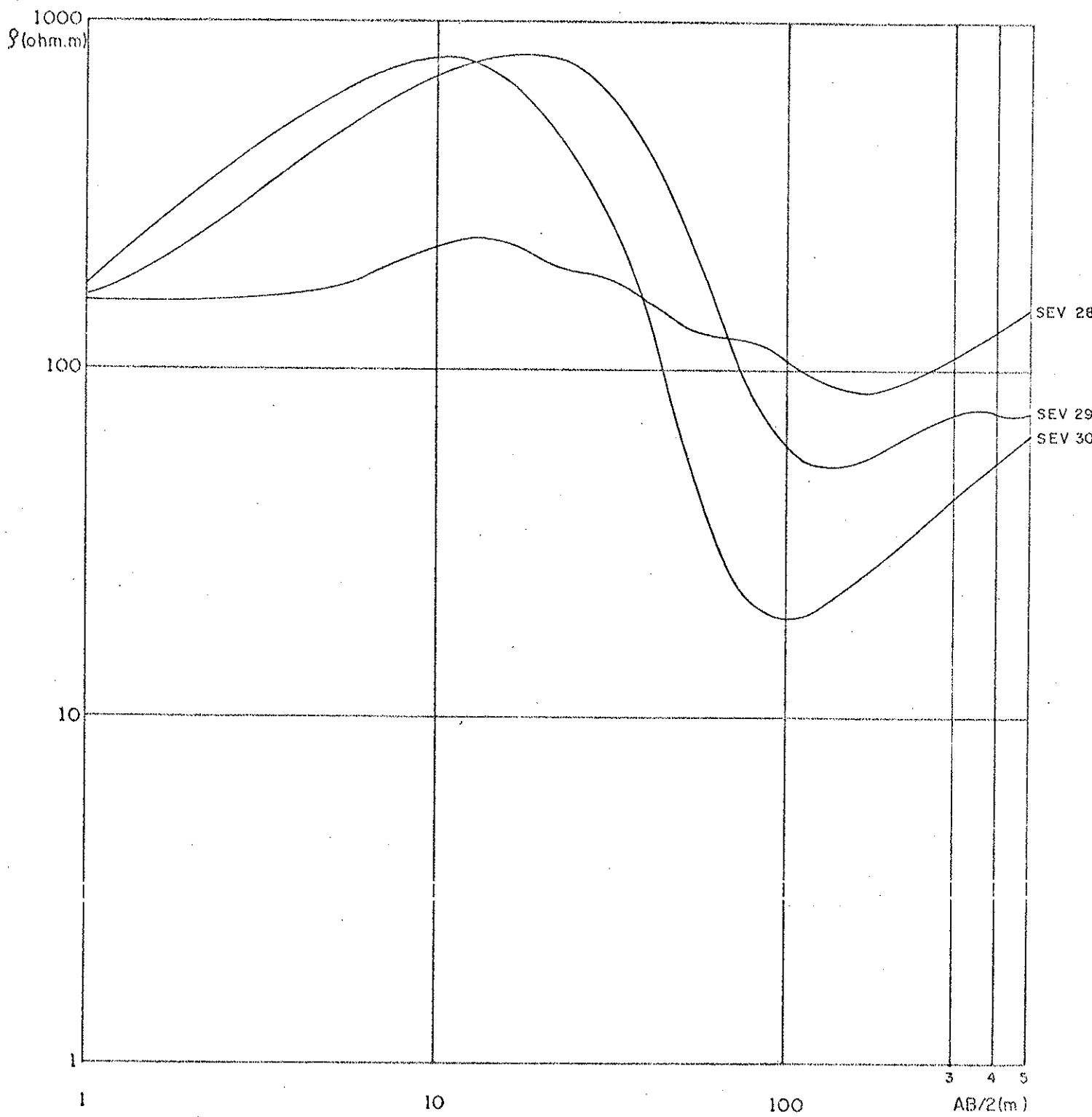


Fig. 4.4 h - Curvas de Campo para as SEV 28, 29 e 30

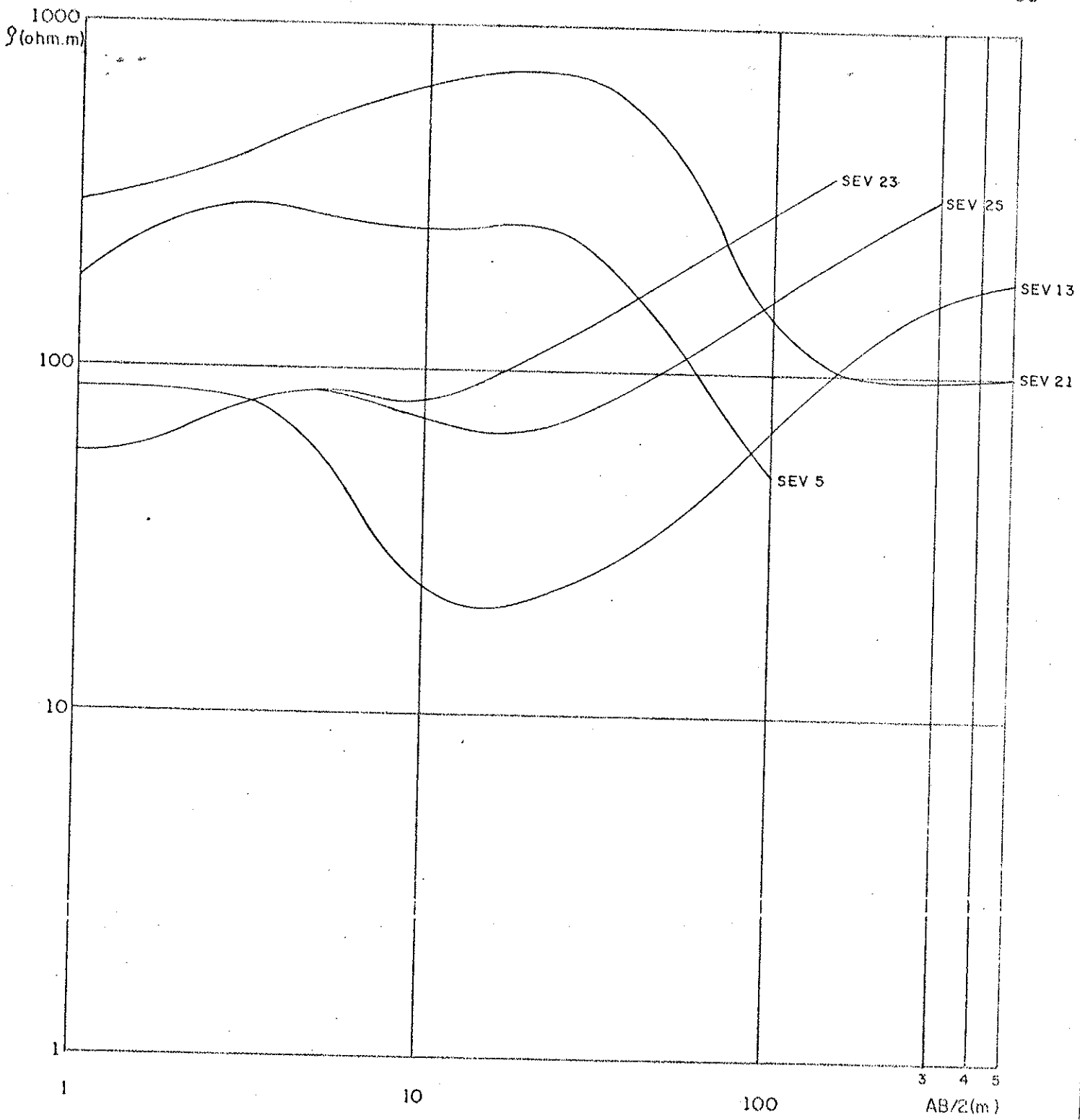


Fig. 4.5.a. - Curvas de Campo para as SEV 05, 13, 21, 23, 25.

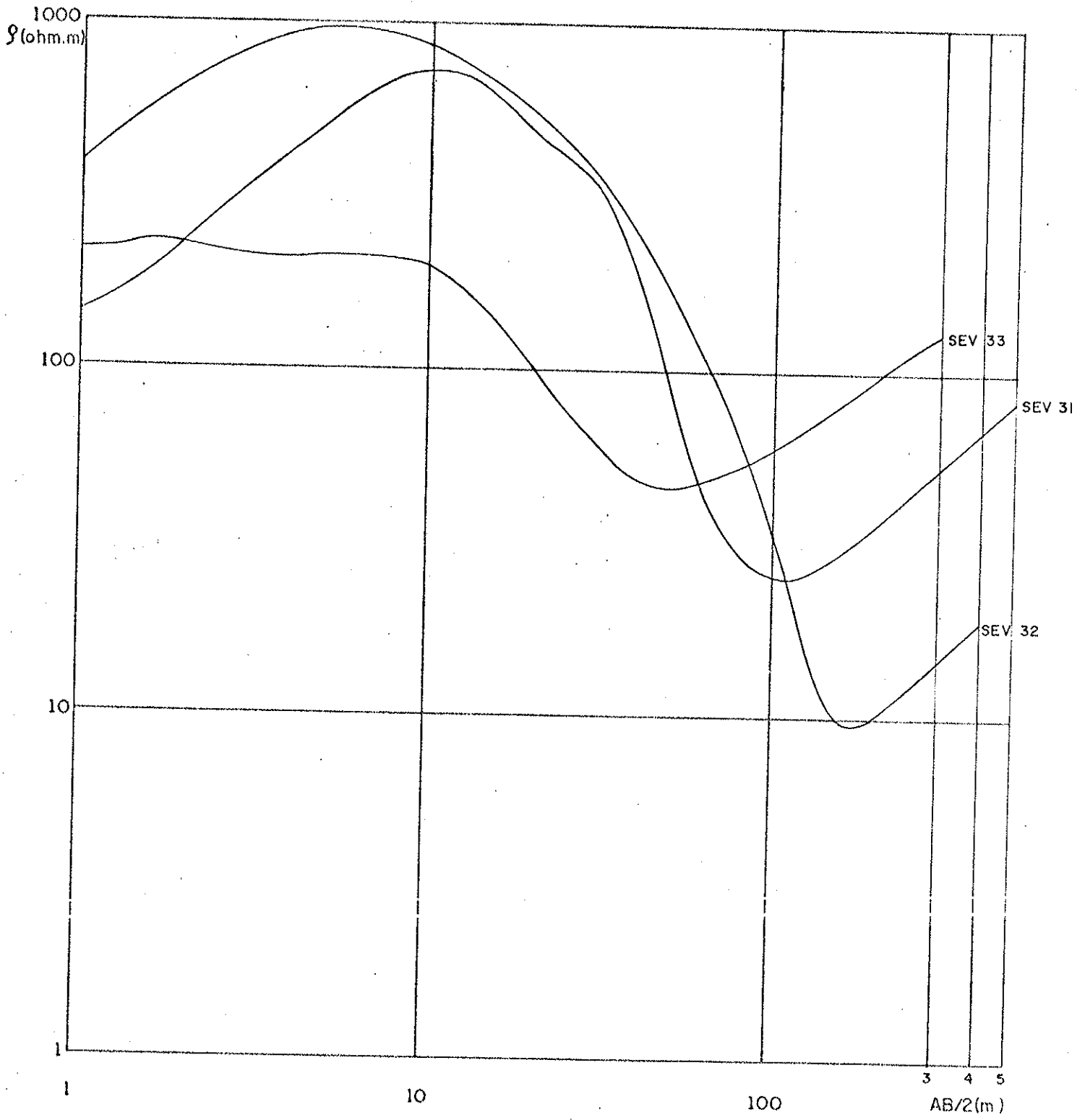


Fig. 4.5b - Curvas de Campo para as SEV 31, 32 e 33.

te) afloram em nível inferior ao da SEV alguns metros de solo sobre ritmitos que por sua vez estão depositados sobre arenitos limpos e grosseiros.

SEV 27: realizada em região de argilitos depositados sobre arenitos.

SEV 28: sondagem realizada sobre diabásio pouco espesso como sugerido por cozimento de sedimentos subjacentes.

SEV 30: realizada em região que possui vários corpos de diabásio; no local da SEV entretanto afloram rochas do Grupo Tubarão.

SEV 13: em superfície afloram rochas do Grupo Tubarão.

SEV 21: em superfície afloram rochas (aparentemente sedimentares) avermelhadas.

SEV 23 e 25: sondagens em região de diabásio.

4.5. Interpretação das SEV

As sondagens elétricas verticais foram interpretadas através da técnica semi-empírica do ponto auxiliar, proposta por EBERT (1943, in ORELLANA, 1972) em combinação com o método da superposição. Utilizando-se o ponto auxiliar, o problema de múltiplas camadas é progressivamente reduzido a um simples caso de duas camadas. Assim, para interpretar curvas de SEV de múltiplas camadas são utilizadas curvas padrões de duas ou três camadas. No presente caso foram utilizadas as curvas calculadas pela EAEG (1980) juntamente com os gráficos auxiliares de ORELLANA & MOONEY (1966) e BHATTACHARYA & PATRA (1968).

Em se tratando de um levantamento de caráter regional, de semi-detalhe, com objetivo maior de se detectar tendências geológicas, não se considerou como necessária a interpretação refinada através de computadores embora esta seja sempre desejável.

Todos os fatos geológicos e geofísicos foram considerados durante a fase de interpretação, assim como as observações geológicas de campo, a geologia local (Capítulo 3) as sondagens paramétricas e os estudos geoeletricos prévios sobre o Subgrupo Itararé já relatados.

Há um fato de enorme importância a ser considerado na interpretação das SEV do presente estudo, referente aos diabásios sub-aflorantes existentes. Estas rochas são particularmente estudadas no Capítulo 6. Ocorre que existem na região em estudo rochas sedimentares (arenosas) cujas resistividades elétricas apresentam valores equivalentes aos dos diabásios são ou fraturados, como pode ser visto na Tabela 4.1. Assim, a interpretação das SEV no presente estudo não pode ser feita sem que haja um estudo das anomalias magnéticas locais. Esse estudo (Capítulo 6) conduziu à elaboração de um mapa de anomalias magnéticas de intensidade da componente vertical do campo, contido no Anexo 6.1. Portanto, foram consideradas como SEV que só contém sedimentos em sua coluna interpretada aquelas situadas fora dos diabásios mapeados (vide mapa geológico, Anexo 3.1) e fora das anomalias magnéticas (vide mapa magnético, Anexo 6.1).

O conjunto de figuras 4.4 (Figura 4.4 a,b,c,d,e,f,g, h) são interpretadas como correspondentes a colunas sedimentares; e o conjunto 4.5 (Figura 4.5 a,b) possuem diabásio como componente da coluna interpretada. A Tabela 4.2 contém os valores resultantes da interpretação geoeletrica realizada para as SEV, agrupados na sequência sem diabásio - com diabásio. Os conjuntos de colunas geoeletricas das Figuras 4.6 (a,b) e 4.7 sintetizam os valores de resistividades elétricas das camadas.

4.6. Análise das SEV

Ao contrário do que se poderia supor à priori, as SEV não se apresentam com formas aleatórias. Elas possuem características comuns, com valores de resistividade elétrica bem determinados, como pode ser visto na Tabela 4.3 e no histograma da Figura 4.8.

TABELA 4.2. Localização das sondagens elétricas verticais e sua interpretação geológica. As SEV com asterístico correspondem às que atravessam corpos de diabásio.

Número da SEV	Coordenadas UTM		Cota Topográfica (m)	Intervalo de Profundidade (m)		Resistividade (ohm.m)
	Longitude (km E)	Latitude (km N)				
01	242,8	7.453,1	500	0,1 - 1,25 1,25 - 2,8 2,8 - 16 16 - 30 30 - 56 56 - 128 128 - (170)	95 370 60 7 60 7 60	
08	236,0	7.462,2	540	0 - 1,25 1,25 - 5 5 - 90 90 - 180 180 - (220)	60 16 50 60 >70	
09	243,7	7.461,1	620	0 - 1 1 - 9 9 - 114 114 - (220)	170 2000 14 270	
10	242,7	7.464,0	645	0 - 1 1 - 27 27 - 100 100 - (200)	220 1500 15 300	
11	239,4	7.461,5	540	0 - 1,9 1,9 - 22 22 - (200)	450 8 60	

continua

continuação

12	249,2	7.449,2	645	0 1 7,7 55 117	- - - - -	1 7,7 55 117 (150)	110 2200 36 300 30
14	243,5	7.450,9	560	0 4 13,9 165	- - - -	4 13,9 165 (200)	900 25 45 >100
15	249,7	7.456,7	575	0 8 30 38 175	- - - - -	8 30 38 175 (250)	550 5 80 13 80
16	224,2	7.470,7	630	0 1 7,4 55 111	- - - - -	1 7,4 55 111 (150)	100 500 16 120 25
17	222,4	7.464,0	550	0 2,4 23 31,2 101	- - - - -	2,4 23 31,2 101 (200)	60 8 36 8 120
18	223,0	7.460,9	500	0 1,9 7	- - -	1,9 7 (180)	450 2000 55
19	222,9	7.455,8	535	0 1,3 10 50	- - - -	1,3 10 50 (200)	75 180 19 65

continua

continuação

20	224,2	7.450,0	560	0 6,1 19	- - -	6,1 19 (200)	1700 55 110
22	234,1	7.449,4	595	0 1,7 2,9 15,5 60 100 180 210	- - - - - - - -	1,7 2,9 15,5 60 100 180 210 (220)	750 1400 340 30 90 12 100 10
24	238,8	7.453,7	520	0 1 4 30 36 100 115	- - - - - - -	1 4 30 36 100 115 (150)	60 360 30 150 30 200 80
26	232,2	7.455,2	510	0 1,2 7,2 27,2 127,2	- - - - -	1,2 7,2 27,2 127,2 (140)	1200 3600 50 100 >100
27	233,5	7.459,6	560	0 12 36 140	- - - -	12 36 140 (200)	36 150 30 150
28	230,3	7.464,0	650	0 4,2 10,6 19,6 49,6 105	- - - - - -	4,2 10,6 19,6 49,6 105 (200)	150 600 190 120 60 150

continua

continuação

29	231,7	7.469,4	625	0 1,2 10,8 118,8 172,8	- 1,2 - 10,8 - 118,8 - 172,8 - (200)	150 1500 40 140 70
30	239,8	7.471,6	640	1 0,35 6 96	- 0,35 - 6 - 96 - (150)	60 1500 15 90
*05	254,5	7.455,4	560	0 20	- 20 - (40)	300 36
*13	237,3	7.448,5	565	0 3,2 6 22	- 3,2 - 6 - 22 - (150)	85 4 50 500
*21	229,5	7.449,5	580	0 1,7 20	- 1,7 - 20 - (200)	300 900 100
*23	235,8	7.451,5	500	0 1,2 3,6 9,6	- 1,2 - 3,6 - 9,6 - (60)	52 156 50 950
*25	235,6	7.451,6	520	0 1,2 3,6 25,6	- 1,2 - 3,6 - 25,6 - (100)	52 156 50 950
*31	233,8	7.467,7	660	0 1 3 18 25 135	- 1 - 3 - 18 - 25 - 135 - (200)	125 2200 160 1600 15 00

continuação

*32	229,0	7.459,9	600	0 - 0,13 0,13 - 2,2 2,2 - 22,2 22,2 - 180 180 - (190)	70 1750 700 5 00
*33	229,0	7.452,8	520	0 - 1,2 1,2 - 2 2 - 8 8 - 70 70 - (150)	220 300 220 40 >200

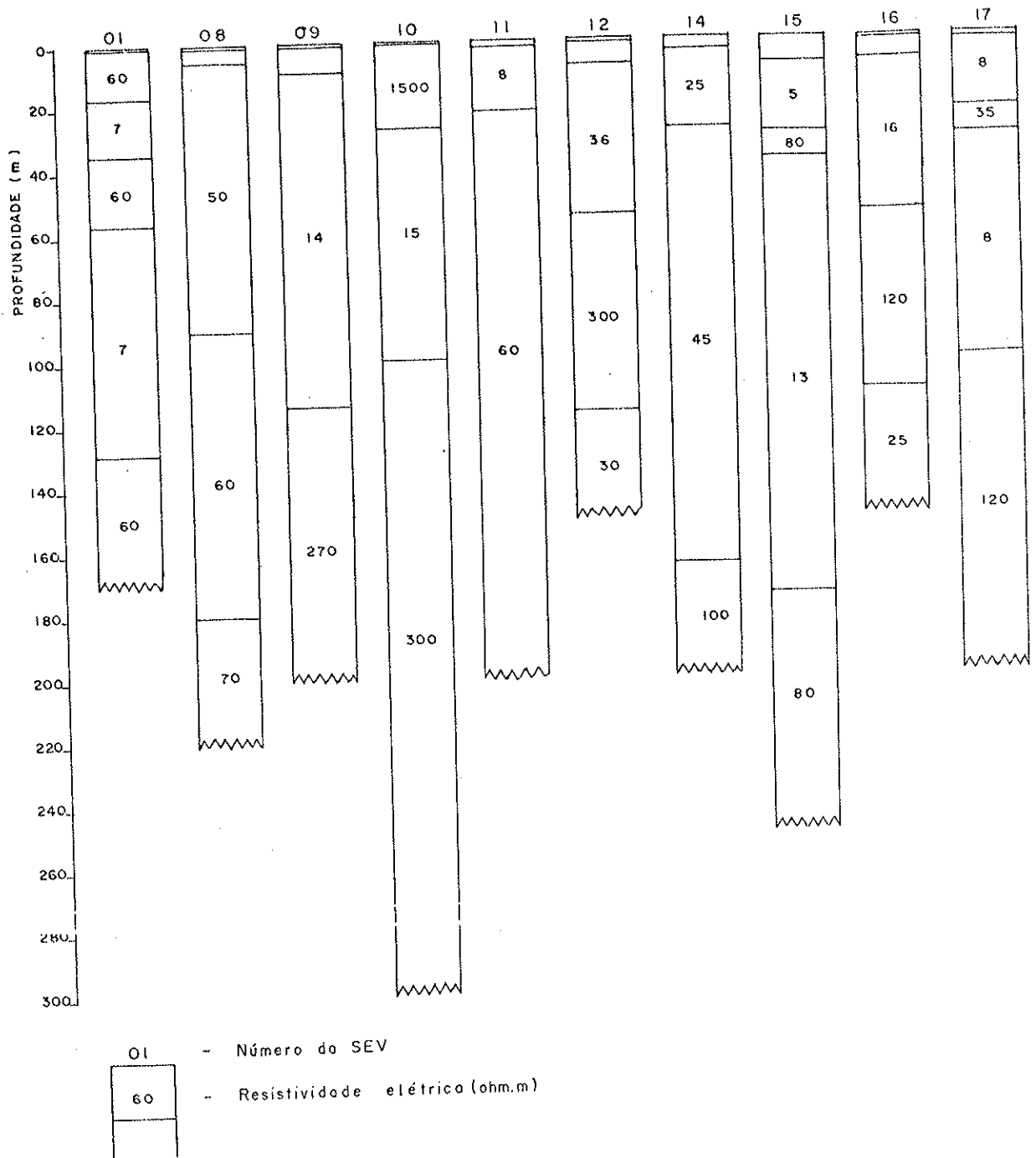


Figura 4.6 a - Colunas geolétricas resultantes da interpretação geofísica de parte das curvas de SEV do conjunto da Figura 4.4.
As colunas só contêm sedimentos.

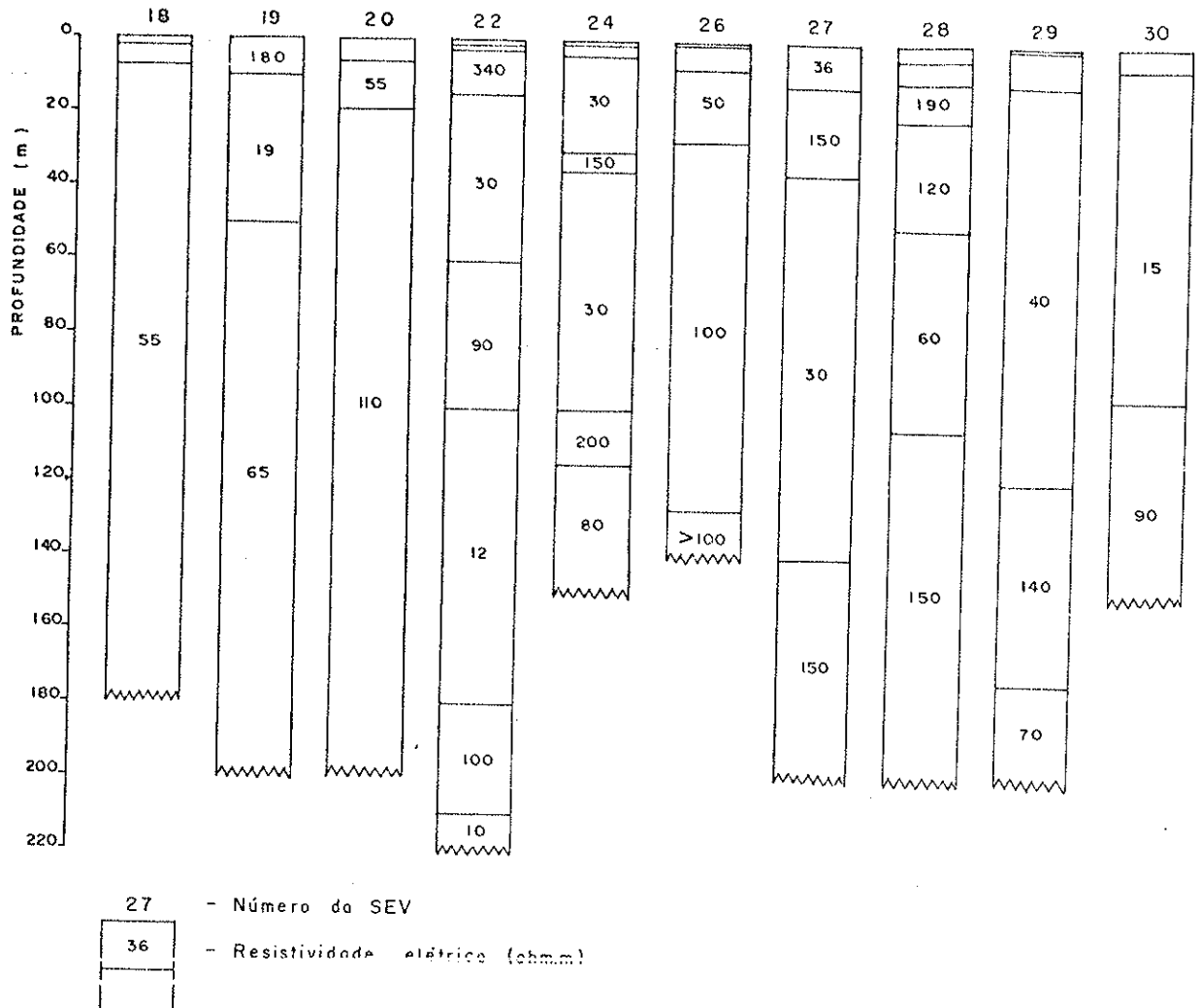


Figura 4.6 b - Colunas geoeletricas resultantes da interpretação geofísica de parte das curvas de SEV do conjunto da Figura 4.4. As colunas são contêm sedimentos.

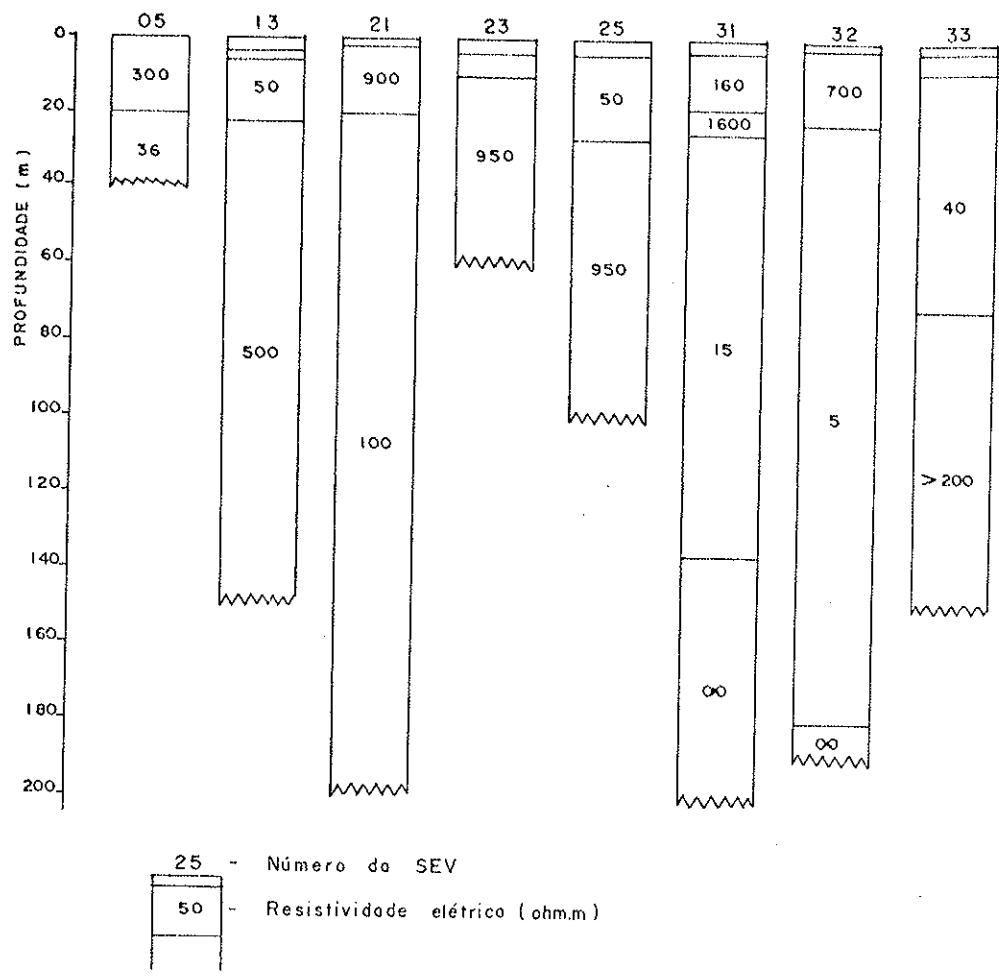


Figura 4.7.- Colunas geelétricas resultantes da interpretação geofísica das curvas de SEV do conjunto das Figuras 4.5. As colunas contém diabásio.

Tabela 4.3.- Frequência com que as camadas geoeletricas interpretadas como sedimentares ocorrem no total de colunas geoeletricas da Figura 4.6. Os sedimentos superficiais não foram considerados.

Faixa de valores da resistividade elétrica (ohm.m.)	Número de camadas que ocorrem na faixa
0 - 9,9	6
10 - 19,9	8
20 - 29,9	1
30 - 39,9	9
40 - 49,9	2
50 - 59,9	4
60 - 69,9	7
70 - 79,9	3
80 - 89,9	3
90 - 99,9	2
≥ 100	18

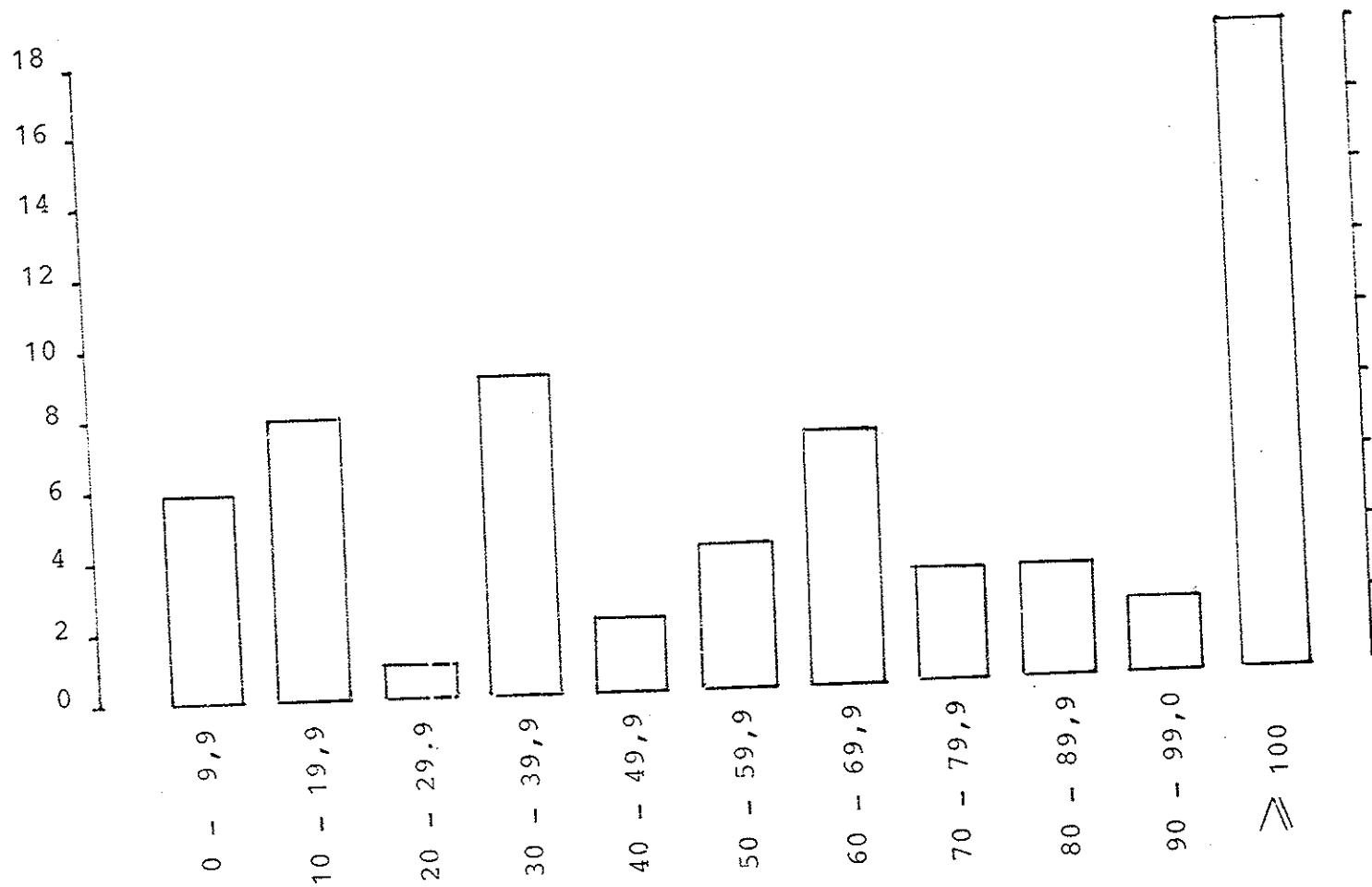


Figura 4.8.- Histograma do número de vezes em que os valores de resistividade elétrica interpretados, indicados na Tabela 4.2, ocorrem nos sedimentos; as faixas de valores situadas sob as colunas correspondem às resistividades em ohm.m. Os sedimentos superficiais não foram considerados.

Esse histograma mostra concentrações de valores de resistividades elétricas nas faixas (em ohm.m.) de 0 a 19,9, 30 a 39,9, 60 a 69,9 e nos valores maiores ou iguais a 100.

Os valores de 0 a 20 devem corresponder aos sedimentos de granulometria fina, com boa porosidade. São sedimentos esstritamente argilosos ou quase argilosos. A SEV 27 indica para argilitos o valor 36 ohm.m. Essa faixa de valores é compatível com os dados tanto da Figura 4.2. como da Tabela 4.1.

Os valores iguais ou maiores que 100 devem corresponder a arenitos com boa porosidade. A SEV 20 indica para arenitos limpos e grosseiros o valor 110 ohm.m., a SEV 27 fornece o valor 150. Tais valores novamente são compatíveis com as mesmas tabela e figura citados no parágrafo anterior. É necessário comentar, no entanto, a atribuição de valores de 200 ou mesmo 300 ohm.m. como correspondentes a arenitos, fato observado no conjunto de colunas da Figura 4.6. ELLERT (1973) já observou a existência desses valores para sedimentos do Grupo Tubarão. TODD (1980) conforme a Figura 4.2. apresenta um valor médio estatístico para as resistividades dos arenitos próximo de 300 ohm.m. Arenitos pertencentes aos estratos do Carbonífero Inferior da Irlanda foram prospectados, conforme REYNOLDS (1980) como tendo resistividade da ordem de 300 ohm.m. Valores relativamente altos são atribuídos também para areias (como aquíferos de água doce) por FLATHE (1976) nas modelagens de curvas de SEV, ao discutir limites de validade do método da SEV; nessa modelagem aquele autor usou os valores 105, 200 e 400 ohm.m.

A questão de se atribuir valores de resistividade às outras litologias do Subgrupo Itararé, quando formam rochas saturadas em água doce, torna-se complexa, dada a variabilidade dessas litologias tanto no espaço quanto em textura. Valores situados entre os atribuídos às argilas/argilitos e areias/arenitos devem a grosso modo corresponder à granulometrias intermediárias, devendo no entanto a textura e a cimentação desempenhar importante papel na resistividade dessas rochas. As duas SEV paramétricas executadas, as SEV 01 e SEV 08, correspondem como já relatado aos poços stratigráficos IG-01 e IG-03 respectivamente, cujas colunas litológicas estão indicadas na Figura 5.1. do Capítulo 5. Nas análises seguintes os valores de resistividade elétrica são

obtidos da Tabela 4.2. ou são atribuídos como hipótese; os valores de espessuras são obtidos da Tabela 4.2. em conjunto com as colunas da Figura 5.1.

Análise da SEV 01/Poço IG-01

Na profundidade 56 - 128 m a SEV fornece o valor 7 ohm.m. representado na coluna IG por siltitos.

Entre 128 e 160 m a coluna apresenta arenitos e argilitos com resistividade de 60 ohm.m. em conjunto. Se aplicarmos a essa camada o princípio de equivalência em T (baseada na equação 4.5) teremos:

espessura total = $e = 32$ m

espessura dos arenitos = $e_1 = 10$ m

espessura dos argilitos = $e_2 = 22$ m

resistividade da camada total = $\rho = 60$ ohm.m.

$$\text{sendo: } T = T_1 + T_2$$

$$e = e_1 \rho_1 + e_2 \rho_2$$

Se atribuirmos aos arenitos o valor $\rho_1 = 100$ ohm.m. obteremos pela solução indicada o valor $\rho_2 = 41$ ohm.m. para os argilitos; colocando $\rho_1 = 150$ o valor ρ_2 cai para 19 ohm.m.

Análise idêntica pode ser feita para a camada de 16 a 30m, agora com o princípio de equivalência em S (equação 4.7):

$$S = S_1 + S_2$$

$$\frac{e}{\rho} = \frac{e_1}{\rho_1} + \frac{e_2}{\rho_2}$$

Nessa camada ocorrem lentes de arenito; atribuindo-se aos arenitos o valor 100 ohm.m. e aos siltitos 5 ohm.m. tem-se

$$\frac{14}{7} = \frac{e_1}{100} + \frac{(14 - e_1)}{5}$$

o que fornece para os arenitos uma espessura de $e_1 = 4,2$ metros.

Análise da SEV 08/Poço IG-03

Nesse poço a profundidades entre 120 e 200m ocorrem diamictitos com matriz fina, associados com o valor 60 ohm.m. da SEV. A camada entre 5 e 90m de profundidade, associada ao valor 50 ohm.m. possui um total de 30m de arenitos. Atribuindo-se um valor 20 ohm.m. para os argilitos tem-se pelo princípio de equivalência, pelo mesmo processo explicado na análise da SEV 01 o valor:

$$\rho_1 = 105 \text{ ohm.m.}$$

para os arenitos.

As SEV relacionadas aos diabásios (Figura 4.7) indicam para os não decompostos a faixa 200 a 1600 a infinito, em ohm.m; para os decompostos a faixa indica valores de 5 a 50 ohm.m. com preponderância dos mais baixos o que os confunde com sedimentos finos.

Os valores de resistividade das camadas superficiais é muito variável, de 16 a 3600 ohm.m., com maior frequência dos valores altos.

Assim de acôrdo com essas análises e do conjunto das SEV realizadas é possível estabelecer tendências de valores de resistividades elétricas para as litologias principais, sintetizadas na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Estratificação geoeétrica das unidades litológicas envolvidas na Bacia Hidrográfica do Baixo Rio Capivari.

Unidade	Resistividade elétrica (ohm.m.)
sedimentos predominantemente argilosos	5 a 20/30
sedimentos predominantemente arenosos	≥ 100
alternâncias areno-argilosas, diamictitos, siltitos, ritmitos	20/30 a 100
diabásio decomposto abaixo do lençol freático	5 a 50
diabásio são	≥ 200
sedimentos superficiais	16 a 3600

4.7. Mapa de superfície de tendência de isólitais de arenito e secção geoeletrica baseados nas SEV.

Mapas de análise de superfície de tendência para isópacas, razão areia/folhelho, etc. tem sido elaborados e usados na elucidação de questões geológicas diversas, a maior parte nas pesquisas para petróleo, uma vez que tais mapas auxiliam na definição ou definem a extensão em área e a espessura esperada dos reservatórios ou outras litologias economicamente importantes. FULFARO (1971) fez extensivo uso dessa técnica ao analisar a evolução tectônica e paleogeográfica da Bacia do Paraná. GAMA Jr. (1976) aplicou-a com sucesso na análise de espessuras de formações da Bacia Sergipe - Alagoas. Normalmente essas análises utilizam grau 3 ou 2 (DAVIS, 1973), fato discutido por CHAVES (1973).

Embora a análise mencionada seja normalmente aplicada a dados geológicos (poços estratigráficos ou com perfilagens geofísicas) nada impede, teoricamente, que ela seja aplicada a dados geofísicos desde que estes já possuam uma primeira interpretação litológica e/ou geológica, como é o presente caso. Os mapas resultantes podem fornecer subsídios na sua posterior integração à geologia, objeto final de estudo.

O mapa de superfície de tendência de isólitais de arenito da Figura 4.9 foi elaborado para as 20 SEV da Tabela 4.2 que só contém sedimentos em suas colunas geoeletricas; as espessuras de arenito foram obtidas dessa tabela através dos critérios de interpretação relatados nos itens 4.5 e 4.6. Observa-se nesse mapa nítidas tendências NE-SW e NW-SE para as espessuras. A região NW deve, no entanto, ser considerada com o devido cuidado ao se tratar do Subgrupo Itararé, uma vez que as SEV aí se localizam em afloramentos de outras formações geológicas.

A Figura 4.10 apresenta a secção geoeletrica NW-SE através das SEV 16,28,08,24,04,14 e 12. O esboço de interpretação não inclui o mergulho das camadas, mas serve para indicar a região SW como mais complicada do ponto de vista geoeletrico.

SUPERFICIE DE GRAU 3

Valores mínimo e máximo de X: 220.00 250.00

Valores mínimo e máximo de Y: 7445.00 7470.00

Coordenadas dos pontos a partir do canto SW



Valor de (f): 167.24
 Incremento: 22.59

Figura 4.9.- Superfície de tendência de grau 3 de isólitais de arenito baseada nas sondagens elétricas verticais. Valor de referência e incremento em metros. As faixas variam do mínimo "0" até o máximo "3". As faixas em branco correspondem a valores intermediários às dos símbolos adjacentes. As coordenadas indicadas na parte superior são do tipo UTM.

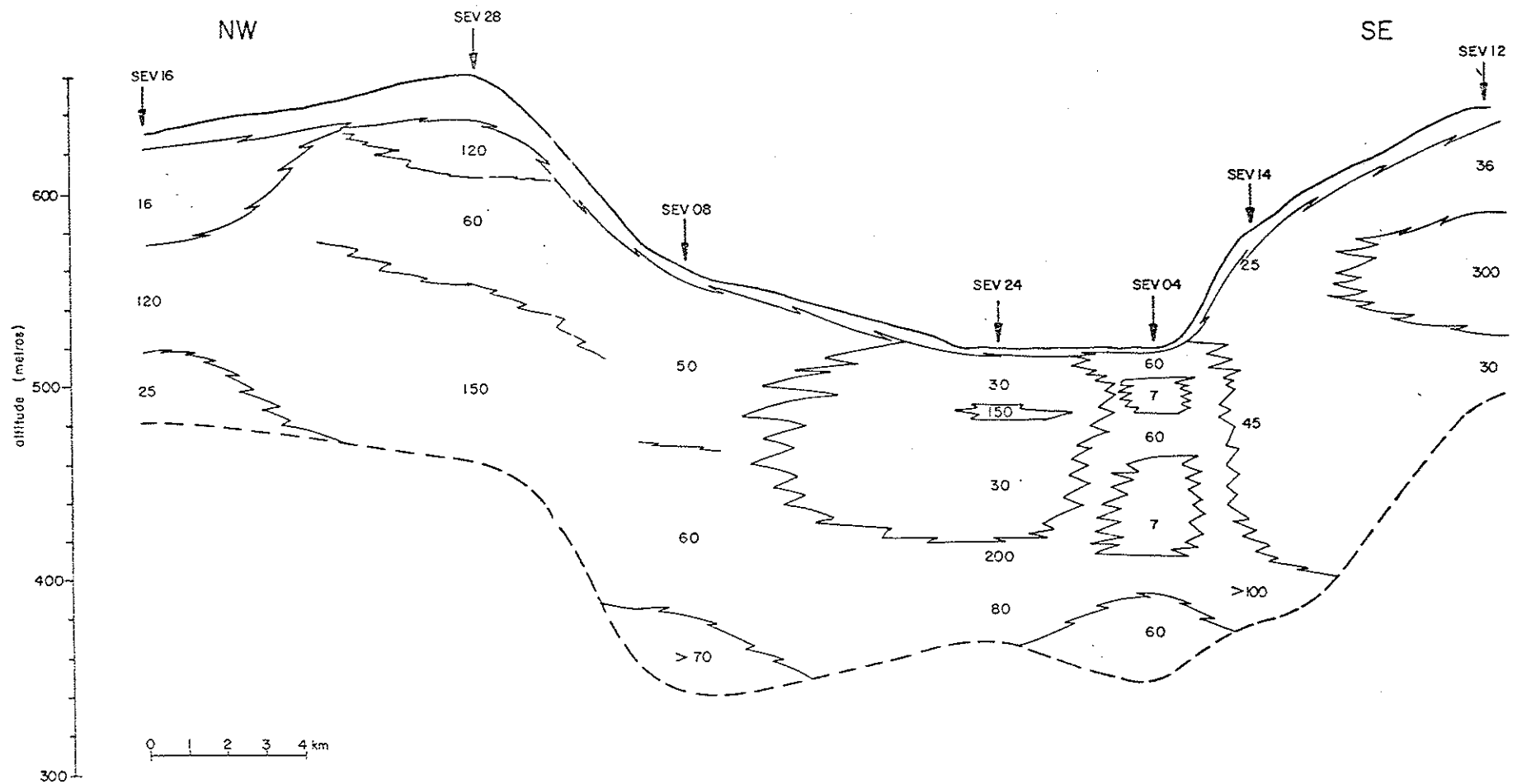


Figura 4.10 — Seção geoeétrica NW-SE, os números indicam resistividades elétricas. Valores altos: arenitos. Valores baixos: argilitos. (Os diabásios não foram considerados.)

CAPÍTULO 5

ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS DE SUBSUPERFÍCIE

"If stratigraphy is ever to become much more than a "library" science, its exponents must concern themselves less with problems of arbitrary stratigraphic classification and nomenclature and more with fundamental lithologic description and classification, less with problems involving the correlation of strata hundreds of miles apart and more with the interpretive analysis of the environmental settings represented by the fundamental rock types. Stratigraphic classification, nomenclature, and correlation are important but never will be accomplished satisfactorily until the rocks themselves and the environments which they represent are described and understood - and we are far from such an understanding at the present time." (PAYNE, 1942).

5. ESTUDOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS DE SUBSUPERFÍCIE

5.1. Introdução

Em se tratando do Subgrupo Itararé, dificilmente os estudos a respeito da distribuição espacial de suas litologias se se rão conclusivos se não existirem dados geológicos e/ou geofísicos de subsuperfície, além, é obvio, daqueles coletados em superfície, fato este que pode ser inferido a partir da síntese elaborada so bre o Itararé contida no Capítulo 3.

Para o presente estudo, além de perfilagens geofísi cas de poços foram utilizados dados geológicos de poços estrati gráficos perfurados pelo IG (Instituto Geológico da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo) e dados geológicos de poços selecionados obtidos nos arquivos do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica da Secretaria de Obras e Meio Ambiente do Esta do de São Paulo).

O presente capítulo é dedicado principalmente à des crição dos dados tanto os compilados quanto os obtidos no campo.

5.2. Descrição geológica dos poços

5.2.1. Poços do DAEE

Foram selecionados, nos arquivos do DAEE, poços con fiáveis em termos da descrição litológica apresentada referente ao Subgrupo Itararé e intrusivas básicas associadas. Esses dados fo ram obtidos dos arquivos correspondentes às folhas 1:50.000 de Ca pivari (CP), Americana (AM), Porto Feliz (PF) e Salto (SA) e estão apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.1. Descrição litológica dos poços do DAEE; os dados são apresentados na seqüência crescente da profundidade, com as espes suras em metros. CP= Folha de Capivari; AM= Folha de Americana ; PF= Folha de Porto Feliz; SA= Folha de Salto. Litologias:

agl - argilito

are - arenito
 aref - arenito fino
 arefm - arenito fino a médio
 arefmc - arenito fino a médio calcífero
 areg - arenito grosseiro
 calc - calcáreo
 dic - diamictito
 FmIB - intrusivas básicas
 fol - folhelho
 lam - lamito
 SGRITA - Subgrupo Itararé
 sil - siltito
 solo - solo

Poço: CP01

Longitude: 240,45 Km E

Latitude: 7459,70 Km N

Cota: 580 m

Litologia: lam 40 (Fm Tatui); are 4; sil 6; are 27; FmIB 123; sil 3; are 59.

Poço: CP 02

Longitude: 235,45 Km E

Latitude: 7461,65 Km N

Cota: 540 m

Litologia: Fm Tatui 40; SGRITA 45; FmIB 13; SGRITA 102.

Poço: CP 04

Longitude: 221,45 Km E

Latitude: 7466,40 Km N

Cota: 555 m

Litologia: solo 25; fol (Fm Tatui) 7; calc (Fm Tatui) 3; lam 145; are 20.

Poço: CP 13

Longitude: 233,10 Km E

Latitude: 7472,10 Km N

Cota: 600 m

Litologia: (a partir de 186 m de profundidade): are 68; sil 34; are 28.

Poço: AM 27

Longitude: 246,5 Km E

Latitude: 7473,60 Km N

Cota: 620 m

Litologia: SGRITA 91; FmIB 79.

Poço: AM 86

Longitude: 248,5 Km E

Latitude: 7467,85 Km N

Cota: 600 m

Litologia: solo 18; FmIB 84.

Poço: AM 87

Longitude: 246,25 Km E

Latitude: 7460,80 Km N

Cota: 550 m

Litologia: Agl 74; are 14; agl 7; aref 25; arem 4; aref 76.

Poço: PF 03

Longitude: 241,65 Km E

Latitude: 7452,15 Km N

Cota: 505 m

Litologia: solo 9,5; sil 23,8; agl 15,3; fol 5,4; sil 20,4; sil 16,6; arefmc 27,6; areg 11,4; arem 18; areg 32; aref 36; areg 2,2; aref 9,1; arem 43,6.

Poço: PF 04

Longitude: 241,55 Km E

Latitude: 7451,80 Km N

Cota: 515 m

Litologia: solo 5; rit 41,8; agl 33,1; arefm 23,1; sil 3,8; arefm 1; aref 2,2; sil 1,5; arefm 3,5; arem 5,7; arefm 28,3; continua

continuação

aref 4,8; sil 0,2; dic 0,5; aref 1,7; arem 20.

Poço: PF 05

Longitude: 239,70 Km E

Latitude: 7450,40

Cota: 600 m

Litologia: sil 7; dic 6; sil 1,5; dic 27,5; sil 3; dic 6; fol 13.

Poço: PF 06

Longitude: 240,70 Km E

Latitude: 7453,45 Km N

Cota: 498 m

Litologia: agl 6; aref 14; agl 38; aref 3; agl 39.

Poço: PF 09

Longitude: 243,20 Km E

Latitude: 7471,50 Km N

Cota: 525 m

Litologia: (a partir de 240 m de profundidade). FmIB 60.

Poço: SA 01

Longitude: 245,45 Km E

Latitude: 7453,90 Km N

Cota: 540 m

Litologia: agl 4; are 10; agl 4; are 27; arec 175; agl 7; arec
103,9.

Poço: SA 04

Longitude: 248,20 Km E

Latitude: 7451,45 Km N

Cota: 565 m

Litologia: FmIB 50; sil 50; are 45; sil 22; are 52; sil 3; are
35,9.

Poço: SA 05

Longitude: 249,20 Km E

Latitude: 7451,55 Km N

Cota: 565 m

Litologia: agl 19; sil 13; are 7; sil 17; are 143,9.

Poço: SA 07

Longitude: 253,95 Km E

Latitude: 7450,95 Km N

Cota: 600 m

Litologia: fol 55; are 63; fol 12.

Poço: SA 10

Longitude: 256,35 Km E

Latitude: 7448,80 Km N

Cota: 580 m

Litologia: agl 8; are 20; agl 2; are 78; agl 4; are 8.

5.2.2. Poços estratigráficos do IG

Durante a fase de pesquisa foram perfurados três poços estratigráficos na região em estudo. Outros quatro poços do mesmo tipo já existiam nessa mesma região. Desses sete poços cinco se localizam na região propriamente dita enquanto dois estão situados no município de Tietê. Desses poços o de Mombuca (nº 3) se reveste de especial significado uma vez que foi perfurado pelo IG especialmente para a presente pesquisa, situando-se em local com controle estratigráfico seguro, próximo à base da Formação Tatuí, o que significa que suas rochas mais superiores pertencem ao Itararé Superior.

A Figura 5.1 apresenta, na escala 1:2000, as litologias predominantes atravessadas pelos poços do IG. O Anexo 5.1 contém as colunas litológicas detalhadas dos poços IG-03, Ig-05 e IG 07 (escala 1:100). A seguir são apresentadas algumas características geológicas desses poços. Suas localizações estão mostradas

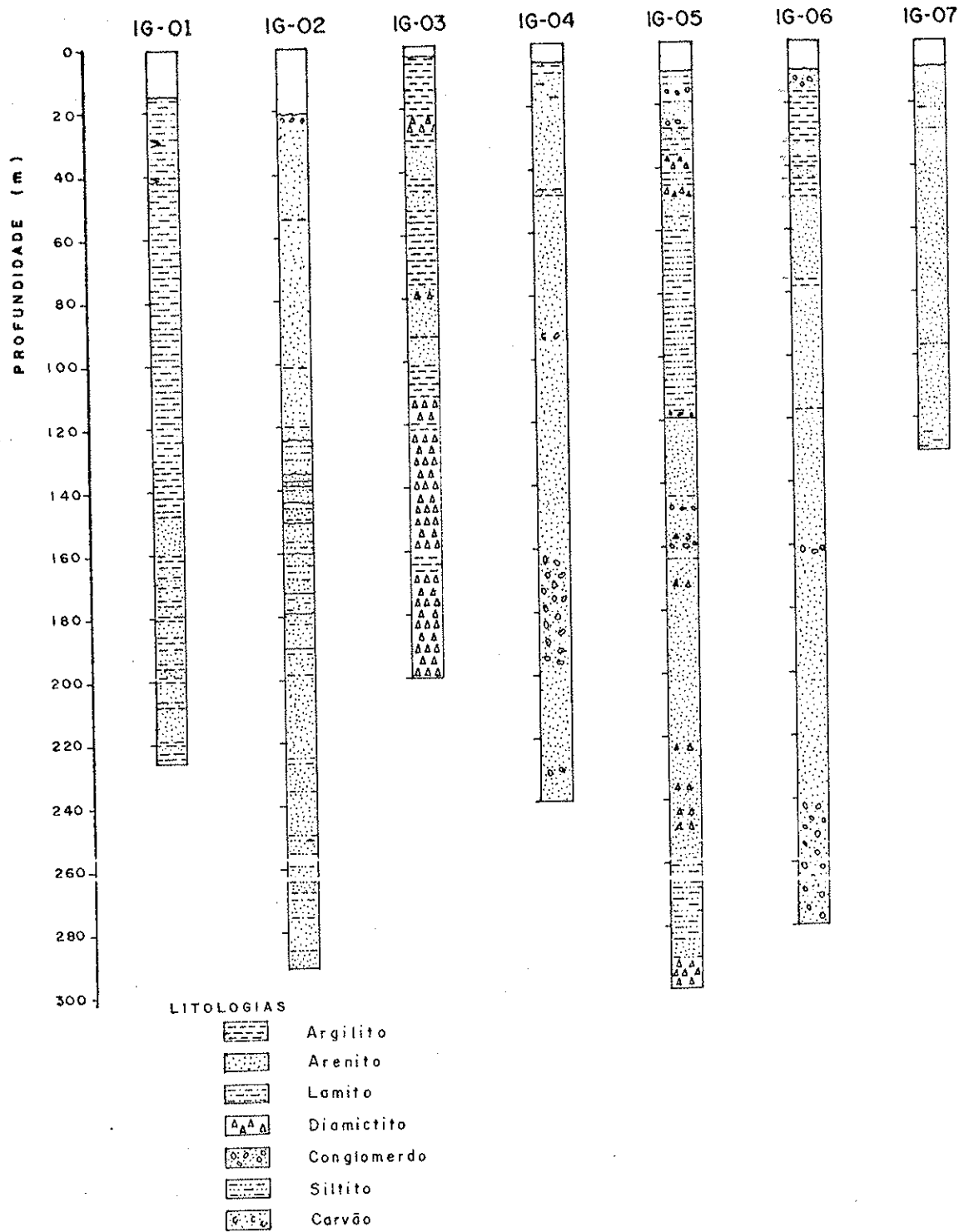


Fig. 5.1 - Colunas Litológicas dos Poços Estratigráficos

no mapa do Anexo 4.1.

Poço IG-01 (Capim Fino)

Longitude: 240,18 Km E

Latitude: 7450,12 Km N

Cota: 580 m

Profundidade: 262,0 m

Localizado na Fazenda Capim Fino, Município de Rarfard. No seu terço inferior ocorrem intercalações de ritmitos e camadas métricas de arenito. São comuns ritmos milimétricos a centimétricos de siltito, às vezes lamito, ou de arenito fino a muito fino, com marcas de ondas, estratificação cruzada, "drapped", gradação normal (granodecrescência ascendente) e inversa (granocrescência ascendente), dobras convolutas, marcas de sola e fluidizações. Os arenitos são finos, médios ou grosseiros, normalmente carbonáticos, maciços as vezes, apresentando ciclos em granocrescência ou granocrescência ascendente com fragmentos de ritmitos dispersos. Os mais grosseiros são levemente carbonáticos, com lentes de material mais fino. Os ritmitos e os arenitos ocorrem quase na mesma proporção, podendo indicar alternância de processos de sedimentação rítmica e de corrente.

Nos terços restantes ocorrem praticamente só sedimentos finos, com pequenas lentes de arenito conglomerático no topo, sugerindo um predomínio marcante de processos de decantação. Na sua total extensão ocorrem seixos pingados com predomínio na fração fina, variando de grãos milimétricos até seixos decimétricos.

Poço IG-02 (Estação de tratamento de água)

Longitude: 242,86 Km E

Latitude: 7454,0 Km N

Cota: 498 m

Profundidade: 292 m

Localizado no Município de Capivari.

Nos testemunhos desta sondagem há um predomínio marcante de arenitos, desde grosseiros até muito finos; siltitos ocor

rem em poucas intercalações ou no topo de seqüências com granodecrescência ascendente. Na metade inferior predominam ciclos métricos a centimétricos, variando de grosseiros até siltitos. A base destes ciclos apresenta, às vezes, contatos erosivos ou deformados. A passagem dos sedimentos da base para os siltitos do topo acontece de forma gradativa. São abundantes as estruturas de corrente, ocorrendo ainda algumas de sobrecarga e de corte e preenchimento. Em vários níveis ocorrem fragmentos de argila no arenito, ou vice-versa, chegando a formar localmente brechas de fragmentos de lamito. Ocorrem ainda estratificações cruzadas, plano paralelas onduladas, micro-falhas e seixos esparsos. Este grande número de estrutura aliado à granulometria extremamente variável, com concentração de clastos e níveis conglomeráticos, sugerem condições de alta energia no ambiente de deposição.

Na porção superior predomina arenito fino a muito fino, síltico, carbonático, com estratificação plano paralela incipiente, micro-estratificações cruzadas, ondulações sobrepostas, dobras convolutas, micro-falhas e estrutura de sobrecarga. São frequentes intercalações de níveis síltico-argilosos, ritmitos, ambos com estratificação plano paralela, arenitos grosseiros limpos e concentrações locais de conglomerado com seixos centimétricos. Esta faciologia indica sedimentação em ambiente com menos energia do que a porção inferior, ou seja, desde a base até o topo há uma diminuição da energia do meio, com reflexos na granulometria e estruturas singenéticas.

Poço IG-03 (Sítio São Jerônimo)

Longitude: 234,95 Km E

Latitude: 7462,10 Km N

Cota: 540 m

Profundidade: 200,4 m

Localizado no Sítio São Jerônimo, Município de Mombuca. Na metade inferior predominam os diamictitos maciços, síltico argilosos com seixos esporádicos de poucos centímetros. Pequenas intercalações de outros clásticos, em número reduzido, também existem nessa grande espessura (100 metros) de diamictitos. Essas intercalações de ritmitos e siltitos apresentam-se perturbados ou

por deslizamentos locais ou por remobilizações da frente da geleira, su-
gerindo tratar-se de diamictito de fluxo.

Na metade superior do poço ocorrem várias litologias, desde arenitos muito finos a grosseiros, siltitos e ritmitos. Os arenitos basais desse trecho apresentam-se limpos, grosseiros, ma-
ciços e com estratificação cruzada plano-paralela; gradam na par-
te superior para arenitos finos, limpos, fluidizados, com estru-
tu-
ras "wavy" e "flaser". A parte central apresenta-se com intercala-
ções de arenitos e ritmitos; os arenitos são grosseiros, com es-
tratificação cruzada, ou são muito finos com microcruzadas e "hum-
mockys"; os ritmitos exibem "wavy" e "hummockys". A parte superi-
or do poço exhibe arenitos muito finos a siltitos em ciclos centi-
métricos e métricos com afinamento até lamito. O arenito apresen-
ta-se com estruturas onduladas truncantes e microcruzadas e o la-
mito com convolutas, seixos pingados e porções maciças de diamic-
tito arenoso.

Poço IG-04 (Bairro Castelani)

Longitude: 243,05 Km E

Latitude: 7456,35 Km N

Cota: 565 m

Profundidade: 238,5 m

Localizado no Bairro Castelani, Município de Capi-
v-
ari. Praticamente em toda sua extensão ocorrem arenitos médios, sen-
do que nos 100 m do topo predominam arenitos finos. São maciços,
com algumas micro-falhas e raras micro-estratificações cruzadas.
Alguns possuem pequenas intercalações de argilito e siltito, às ve-
zes inclinados, estrias de carvão ou são carbonáticos. Ocorrem in-
tercalações de conglomerados e seixos de até 8 cm.

Poço IG-05 (Bairro Paulino Galvão)

Longitude: 241,45 Km E

Latitude: 7451,65 Km N

Cota: 515 m

Profundidade: 300 m

Localizado no Bairro Paulino Galvão, Município de Ra-

fard. Da superfície até os 120 m de profundidade ocorre uma sucessão de pequenas camadas de ritmito, argilito, lamito, arenito, diamictito na parte superior seguida de siltitos e lamitos na inferior; essas litologias exibem freqüentes ondulações irregulares.

Do nível 120 m ao 260 m o poço atravessa corpos de arenitos predominantemente grosseiros com intercalações de arenitos de outras granulometrias, às vezes feldspáticos, siltitos na forma de filmes, diamictitos e camadas com fragmentos de carvão.

Na parte inferior do poço predominam os siltitos com filmes argilosos, ritmitos, diamictitos com filmes argilosos e com estrutura fluidal, existindo uma camada de arenito fino e maciço.

Poço IG-06 (Bairro Bela Vista)

Longitude: 221,65 Km E

Latitude: 7444,30 Km N

Cota: 515 m

Profundidade: 291 m

Localizado no Bairro Bela Vista, Município de Tiete. Em quase toda a extensão do poço ocorrem arenitos desde muito finos com intercalações de siltitos a grosseiros, conglomeráticos; exibem estratificação incipiente, com microestratificação cruzada em alguns trechos, surgindo às vezes convolutas e estrutura de escorregamento.

A parte superior é composta por siltitos e argilitos, com intercalações de arenitos.

Poço IG-07 (Bairro Sete Fogões)

Longitude: 232,7 Km E

Latitude: 7443,85 Km N

Cota: 520 m

Profundidade: 130 m

Localizado no Bairro Sete Fogões, Município de Tiete. Na sua totalidade ocorrem arenitos das várias granulometrias com filmes silticos e duas pequenas camadas de ritmito siltico-arenoso. Ocorrem muitas estruturas fluidais de filmes argilosos, desli-

zes, laminações irregulares de lamito e escavação e preenchimento.

5.3. Perfilagem geofísica dos poços

5.3.1. Generalidades

Com os objetivos de estabelecer relações entre parâmetros físicos das rochas e a litologia, realizar correlações estratigráficas e fornecer subsídios para a identificação dos sistemas deposicionais que atuaram durante a sedimentação do Itararé, foi realizada uma campanha de perfilagem geofísica de poços.

Perfilagem geofísica de poço é a forma pela qual uma sonda tem acesso às formações atravessadas pelo mesmo para a obtenção de parâmetros físicos. Tanto na prospecção de petróleo como na hidrogeologia e na mineração em geral ela vem se constituindo em ferramenta de extrema utilidade e vem, cada vez mais, se colocando entre os métodos prospectivos de maior resolução.

Dois tipos de perfis geofísicos de poços são comumente utilizados em interpretação litofaciológica: o elétrico e o da radiação gama natural. O perfil elétrico, que existe sob diversos nomes, apresenta-se tipicamente na forma de dois traços, um de resistividade e outro de potencial espontâneo.

Conforme GALLOWAY & HOBDAV (1983) os perfis podem se apresentar na forma de padrões (curvas típicas - em forma de funil, sino, cilindro, lisas ou serrilhadas, etc.) que podem ser usados em três níveis de interpretação:

- 1) determinação da seqüência vertical e da arquitetura do acamamento;
- 2) reconhecimento e mapeamento de fácies;
- e 3) interpretação dos ambientes deposicionais.

5.3.2. O Perfil de radioatividade gama natural (perfil gama)

O perfil raios gama resulta da medição da radioatividade natural das rochas. É dessa forma, em primeiro lugar, uma fer

ramenta útil na detecção e avaliação de depósitos radioativos tais como minérios de potássio e urânio.

Nos sedimentos, normalmente reflete o seu conteúdo argiloso, devido à tendência dos elementos radioativos concentrarem-se nas argilas e folhelhos, notadamente o potássio radiogênico. Arenitos limpos geralmente mostram um nível de radioatividade muito baixo, a menos que contenham cinzas vulcânicas ou quando os fluidos da rocha contenham sais de potássio dissolvidos. É um perfil de muita utilidade na localização de corpos arenosos ou argilosos. Nos trabalhos de correlação estratigráfica de poços é o perfil mais usado.

Para interpretações litológicas quantitativas, conforme MOORE (1963) tais como a quantidade de fração arenosa dentro de uma dada unidade genética, os perfis devem ser calibrados internamente, definindo-se respostas típicas para o membro mais puro das litologias dentro de um intervalo conhecido ou suposto conhecido em termos de conter unidades limpas de arenito e de argilito. Determinam-se assim linhas bases para essas litologias extremas, de forma que deflexões intermediárias do perfil considerado indicam litologias texturalmente misturadas na proporção do valor das deflexões. É conveniente ressaltar que a existência de análises granulométricas nesse caso permitem uma definição mais rigorosa das litologias determinadas através dos perfis gama ou elétricos.

Segundo GALLOWAY & HOBDAV (1983) podem surgir problemas na interpretação dos perfis gama em estudos faciológicos se pequenas quantidades de outros materiais radioativos ocorrerem, como minerais pesados de urânio, grãos fosfáticos ou glauconíticos, mica detrítica, etc, nas areias. Por outro lado contagens relativamente baixas podem caracterizar unidades carbonáticas intercaladas nos arenitos e argilitos.

5.3.3. O perfil de potencial espontâneo (SP)

O perfil de potencial espontâneo (SP, Spontaneous Potential) baseia-se na corrente gerada, devido a diferença de salinidade, entre o fluido na formação (água intersticial da rocha) e a lama de perfuração do poço. Essa corrente é a somatória dos com

ponentes eletroquímicos e eletrocinéticos do sistema rocha-fluido lama. A movimentação de íons, que causa o fenômeno do potencial espontâneo, é possível apenas em rochas que têm uma permeabilidade mínima sendo que uma pequena fração de um milidarcy já é suficiente, segundo SCHLUMBERGER (1972). As direções da corrente de SP mostram os casos mais comuns onde a salinidade da água intersticial é maior que a da lama.

Esse perfil representa o potencial elétrico relativo criado entre o fluido que preenche o poço e a formação, referenciado ao potencial fixo de um eletrodo fixado na superfície do terreno. Indiretamente, o perfil SP mede a permeabilidade da formação, mas tanto o sentido quanto a intensidade do potencial elétrico, e conseqüentemente o tamanho da deflexão do traço do perfil, são também funções do contraste eletroquímico existente entre os fluidos contidos no poço e na formação.

O perfil SP é utilizado no estudo de ambiente de sedimentação na identificação de corpos arenosos, na determinação de sua espessura e pode, em alguns casos, dar uma idéia da variação granulométrica destes corpos.

GALOWAY & HOBDAV (1983) afirmam que o potencial espontâneo é pouco estável em pequenas profundidades nas quais se localizam os aquíferos de água doce.

5.3.4. O perfil de resistância elétrica mono-eletrodo (perfil de resistância)

O perfil de resistância elétrica mono-eletrodo (perfil de resistância, R) representa a resistância elétrica total entre um eletrodo colocado no poço (eletrodo simples, pontual) e outro fixado na superfície do terreno (eletrodo terra).

Entretanto, segundo IAEA (1982) num meio homogêneo o valor R depende praticamente da resistividade do meio material que rodeia o eletrodo que está no poço, numa distância próxima do mesmo. Conforme aquele autor 90% da medida da resistância determinada pelo equipamento corresponde ao de um meio homogêneo envolvido pela esfera de raio igual a 30 cm centrada no eletrodo. Qualquer coisa situada a uma distância cinco vezes maior está essencialmen

te a uma distância infinita.

O perfil de resistência é excelente para correlações devido a sua resposta simétrica, estando as interfaces nos pontos de inflexão; é um perfil que representa bem as características da formação. É utilizada quase sempre de forma qualitativa.

5.4. Obtenção dos perfis geofísicos dos poços

Quatro poços foram geofisicamente perfilados, sendo que em dois deles foram realizadas sondagens elétricas verticais.

O poço IG-01, no qual foi feita a SEV 01, foi perfilado pelo equipamento WITCO. A Figura 5.2 apresenta os perfis gama e de resistência elétrica obtidos.

Os poços IG-03, IG-05 e IG-07 foram perfilados com o equipamento MULTILOG-3 da fábrica McPhar, na escala 1:100, obtendo-se para os mesmos perfis de radiação gama total (G), potencial espontâneo (SP) e resistência monoeletrodo (R). Esses perfis estão apresentados no Anexo 5.1. Desses três poços apenas o poço IG 03 se localiza em ponto de SEV. O IG-05 é inacessível para estatécnica e o IG-07 localiza-se fora da malha de SEV projetada.

5.5. Análise dos perfis geofísicos dos poços

No poço IG-03 os perfis geofísicos mostram um caráter perturbado, reflexo da complexidade litológica principalmente na metade superior do mesmo. Abaixo dos 115 m de profundidade os diamictitos argilosos exibem uma seqüência monótona nos três perfis. Nessa faixa de diamictitos os níveis sílticos apresentam valores relativos menores em G e maiores em R como pode ser visto nos intervalos 147-148 m e 162-165 m. É interessante observar que o ritmo existente na faixa 162-164 m apresenta anomalia em R e não em G.

A coluna litológica e os perfis geofísicos são ricos em comparações quando os mesmos se referem ao poço IG-05. Com 300 m de profundidade os dados desse poço apresentam tendências bem definidas em relação ao fato de que todas as litologias mais fi

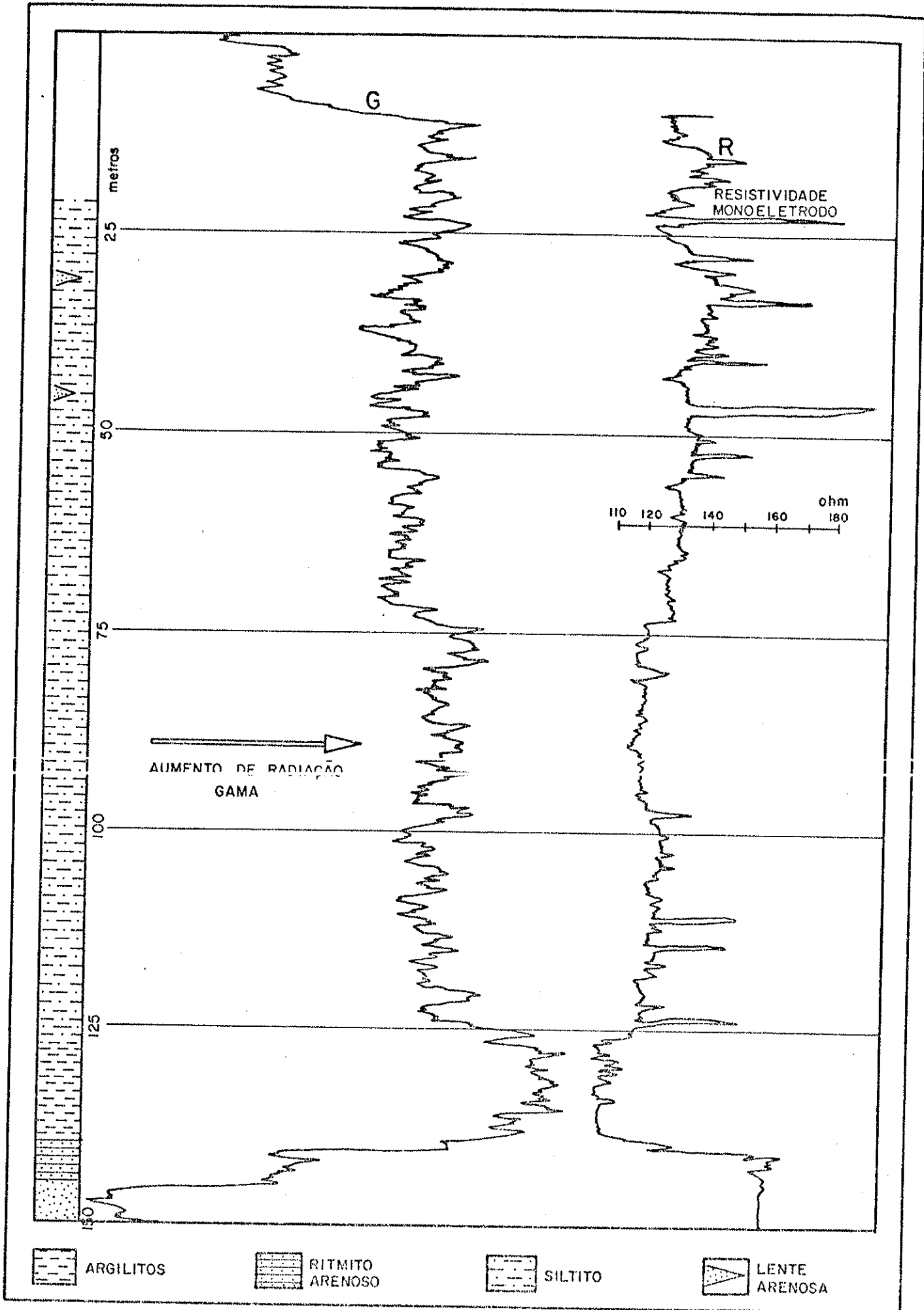


Fig. 5.2 — Perfis Gama (G) e Resistencia Elétrica Monoeletrodo (R) do poço IG-01.

nas do que as "encaixantes" das mesmas apresentam valores relativos maiores na radioatividade gama; é o caso de argilitos nos siltitos; de ritmitos nos arenitos (entre as profundidades 15-16 m e no nível 28 m). Os diamictitos de matriz arenosa, presentes nos intervalos 45-47 m e 48-51 m não são detectáveis geofisicamente nos arenitos. Fato interessante observado nesse poço se relaciona ao nível alto da radiação gama correspondente aos sedimentos carbonosos (210,5-212 m) correlacionada aos perfis R e SP. De forma geral o poço IG-05 apresenta ótima correlação no sentido de que um aumento em G corresponde uma diminuição em R, fato que reflete variação granulométrica.

Quanto ao poço IG-07 observa-se também ótima correlação entre os perfis G e R, fazendo destacar nos arenitos os níveis silteosos e mesmo o ritmito arenoso do intervalo 98-99 m.

Vê-se pois que há excelente correlação entre os perfis geofísicos G, R e SP e a litologia para as rochas do Subgrupo I tararé na região em estudo.

CAPÍTULO 6

ESTUDO MAGNETOMÉTRICO TERRESTRE DAS ROCHAS BÁSICAS INTRUSIVAS

"... a geofísica é uma arte, conduzida por várias ciências: a física, a geologia e a matemática. O geofísico tem a obrigação de se comportar como físico porque ele faz medições, como geólogo porque ele aborda a interpretação dos resultados ou porque examina o conjunto de suas deduções, e enfim como matemático para verificar suas hipóteses e justificar suas deduções". (BARANOV, 1960)

6. ESTUDO MAGNETOMÉTRICO TERRESTRE DAS ROCHAS BÁSICAS INTRUSIVAS

6.1. Introdução

Como já foi mencionado no Capítulo 2 a região em estudo apresenta vários afloramentos de rochas básicas intrusivas associadas à atividade vulcânica que no Juro-Cretáceo (AMARAL et al., 1966) caracterizou a Reativação Wealdeniana (ALMEIDA, 1967) na Bacia do Paraná. Trata-se de rochas associadas à mais expressiva manifestação diastrófica que após o Cambro-Ordoviciano reativou estruturas antigas e gerou outras, associadas a processos magmáticos que permitiram o surgimento de derrames basálticos e intrusões de diabásio. Os afloramentos dessas rochas estão representados no mapa geológico do Anexo 3.1.

Em geral, a grande maioria dos levantamentos magnéticos tanto terrestres quanto aéreos, com finalidades geológicas e/ou geofísicas, são realizados através de medições da intensidade total do campo magnético utilizando-se o magnetômetro de precisão nuclear, gerando-se assim cartas magnéticas. Essas cartas representam em superfície o contraste de magnetização existente em subsuperfície, contraste este que produz um campo magnético anômalo que se superpõe ao campo normal da Terra. O estudo desse campo pode fornecer informações sobre os parâmetros característicos das estruturas e corpos geológicos tais como: dimensão, profundidade e susceptibilidade magnética.

Quando se comparam cartas magnéticas (mapas de contorno) com mapas geológicos de regiões bem conhecidas, ficam evidentes as relações existentes entre as variações do campo magnético e a geologia. Nota-se que a extensão de muitas anomalias correspondem a estruturas e corpos geológicos e que a variação do conteúdo de minerais magnéticos reflete-se nas diversas unidades litológicas. A análise dos dados magnéticos permite também a investigação da distribuição e estrutura subsuperficial das rochas.

Através da observação dos mapas de contorno procura-se identificar as anomalias isoladas; em geral, a interpretação dos dados magnéticos é baseada na hipótese de que essas anomalias são causadas por corpos isolados de rocha, uniformemente magnetizados.

Este capítulo trata da elaboração da carta magnética da região do Baixo Rio Capivari e de uma possível interpretação para a distribuição subsuperficial das rochas causadoras das anomalias. Além do interesse puramente geológico desse estudo, é conhecida a importância do mesmo para a hidrogeologia (DAEE, 1981, 1982) tanto quanto para a interpretação das sondagens elétricas verticais (Capítulo 4), uma vez que as rochas básicas existentes na região possuem resistividades elétricas semelhantes a dos sedimentos que aí ocorrem.

Como já foi mencionado, os levantamentos magnetométricos são realizados atualmente, em sua grande maioria, através de medições da intensidade do campo total, por facilidade e rapidez de coleta de dados. Na presente pesquisa optou-se pelo levantamento da componente vertical do campo, que embora mais demorado por requerer nivelamento e orientação do magnetômetro na estação de medida possui mais facilidade de interpretação com maior segurança na localização dos corpos causadores das anomalias. É conhecido o fato de que o processo de interpretação dos mapas de intensidade total do campo conhecido como "redução ao polo" é intrinsecamente complicado em regiões de baixa latitude (BARANOV, 1957). Além disso, AMARAL et al. (1936) aplicaram com sucesso a magnetometria através de medições da componente vertical na região de São Pedro-Charqueada, próxima da região envolvida no presente estudo.

6.2. Trabalhos prévios

Examinando-se os trabalhos publicados sobre o conhecimento geológico do Estado de São Paulo referentes à Bacia do Paraná, verifica-se o pequeno número deles relacionados à prospecção magnetométrica. Em particular, a região do Baixo Rio Capivari não possuía, no início da presente pesquisa, nenhum levantamento desse tipo.

No início da década de 1980, o Consórcio CESP/IPT (Paulipetro) realizou cerca de 75.000 km lineares de perfis aeromagnetométricos no centro e oeste do Estado de São Paulo, cobrindo uma área aproximada de 130.000 km², obtidos em malha de 2km por 20km. O mapa resultante revelou uma extensa feição tectônica denominada

Alinhamento Estrutural de Guapiara por FERREIRA et al. (1981) e analisada em detalhe por FERREIRA (1982). Tendo 600 km de extensão e larguras variáveis entre 20 km e 100 km, inicia-se sob os sedimentos litorâneos da região de Iguape (SP), atravessa os terrenos pré-cambrianos onde coincide com denso enxame de diques de diabásio (Fissuramento Guapiara de ALGARTE, 1972), e penetra na Bacia do Paraná até a altura da confluência dos rios Verde e Paraná. Nos terrenos sedimentares inclui uma zona de falhas igualmente preenchidas por diques, descritos por FÚLFARO & SUGUIO (1967) e denominada Falhamento da Serra da Fartura por VIEIRA (1973). É um alinhamento composto por polarizações normal e invertida e, de acordo com FERREIRA et al. (1981) teve, desde o Devoniano até o Cenozóico, grande importância na evolução tecto-sedimentar da bacia. A análise quantitativa dos dados aeromagnetométricos desse levantamento possibilitou a confecção de mapa de isópacas da Formação Serra Geral e também de um mapa de contorno estrutural de sua base.

O tópo da Formação Serra Geral pode ser estudada através da magnetometria como mostraram ELLERT & BARCHA (1982) ao proporem o Alto Estrutural de Tanabi, através de medições da componente vertical do campo. Ao se estudar essa formação, entretanto, é preciso considerar a extrema complexidade que a caracteriza tanto em termos espaciais dos derrames, reversões de polaridade magnética (PACCA & HIODO, 1976), idade (AMARAL et al., 1966) e sin cronismo da atividade vulcânica.

Outro aerolevanteamento magnetométrico que contém faixa da Depressão Periférica é o de "São Paulo-Rio de Janeiro" realizado para o DNPM (1980) durante o ano de 1978; esse levantamento engloba os trechos médio e alto da Bacia do Capivari mas não o baixo, sendo $47^{\circ}30'W$ o limite oeste do mesmo.

Além disso deve-se mencionar a pequena contribuição da magnetometria ao estudo do embasamento da Bacia do Paraná. Além das perturbações magnéticas provocadas pelos basaltos, os mapas refletem também as contribuições magnéticas das soleiras de diabásio, etc., intrudidas entre o embasamento e a base dos basaltos. Ademais, é pequeno o conhecimento sobre as rochas do embasamento. Apesar disso, FERREIRA (1982) sugere que o mesmo possa ser determinado em regiões de pequeno volume de basaltos e diabásio e onde

o embasamento seja constituído de rochas razoavelmente magnéticas como os charnockitos/granulitos.

Finalmente é preciso considerar as pesquisas de AMARAL et al. (1936) que, no início do uso da magnetometria no Brasil realizaram um levantamento magnetométrico (componente vertical) na região de São Pedro-Charqueada, procurando prospectar domos de rochas eruptivas com os quais se associassem estruturas portadoras de petróleo. Nas conclusões, aqueles autores atribuem às anomalias uma origem em corpos magnéticos situados entre 300 m e 1000 m de profundidade, na forma de soleiras, diques e lacólitos.

6.3. Elaboração do mapa de contorno das anomalias da componente vertical do campo magnético

6.3.1. Coleta de dados

As pesquisas de campo foram conduzidas na região do Baixo Rio Capivari através de quatro campanhas de campo com duração de vinte e um dias efetivos de medições:

1ª campanha: 09/10/1984 - 13/10/1984

2ª campanha: 17/10/1984 - 21/10/1984

3ª campanha: 05/12/1984 - 12/12/1984

4ª campanha: 19/12/1984 - 21/12/1984

As determinações foram feitas com o magnetômetro de agulha suspensa ABEM da AB - Electrisk Malmletning, "Model 3". Nesse equipamento, após o nivelamento e orientação geográfica necessários, as leituras são feitas em "divisão de escala". A calibração do instrumento permite a transformação daquele valor em unidades gama ou nano-Teslas (nT). A constante utilizada foi de 9,0 nT / divisão de escala, constante obtida através de calibração com bobina de Helmholtz.

A distância planejada entre as estações de medida foi de 500 m. No entanto razões de falta de acesso, controle de posição no campo e situações inadequadas de medida (proximidade de cercas, estradas de ferro, cidades, etc) fizeram com que a malha se tornasse irregular. As estações estão indicadas no mapa de pontos do Anexo 4.1.

Foram levantadas 904 estações magnetométricas com de terminação, em cada uma delas, da intensidade da componente vertical do campo magnético terrestre.

6.3.2. Processamento dos dados

Para efeito de correção da variação diurna do campo magnético terrestre, fato bem conhecido, o equipamento foi reconduzido a cada intervalo de 1,5 a 2,0 horas a estações bases vinculadas a uma estação base central, situada próximo a Capivari (estação com coordenadas UTM: 7456,15 Km E e 241,00 Km N). Para tanto foi elaborado um programa de computação em linguagem BASIC, compatível com o microcomputador PROLOGICA-CP/500. O programa de correção utiliza ajuste polinomial através de quatro pontos sucessivos com superfície cúbica, a que menos distorções provoca na interpolação dos pontos. O programa para esse processamento consta do apêndice 6.1 deste capítulo.

Uma vez feita a correção da variação diurna, procedeu-se à correção da variação regional do campo (USSAMI, 1981). Como essa variação é de grande comprimento de onda no caso presente ela pode ser considerada linear na região do levantamento. Sob essa aproximação os dados foram submetidos à análise de superfície de tendência de grau 1 (DAVTS, 1973) obtendo-se uma superfície plana que mergulha na direção 77° E com gradiente da componente vertical do campo magnético apresentando o valor de +6,5 nT/Km no sentido $N13^{\circ}W$. Os dados de campo foram a seguir corrigidos eliminando-se essa variação regional. Os valores assim corrigidos estão apresentados no Apêndice 6.2 deste capítulo.

Finalmente, ainda na fase de processamento, os dados magnetométricos foram normalizados para a obtenção do valor "zero" regional eliminando-se de cada um o valor da média aritmética de todos os valores da intensidade da componente vertical.

6.3.3. Elaboração do mapa de anomalias

Com os dados processados procedeu-se a elaboração do mapa de anomalias magnéticas da intensidade da componente vertical

cal do campo magnético, na escala 1:50.000. Esse mapa foi elaborado por partes através do microcomputador HP 9825 T, equipado com unidade de disco HP 9895A, com "ploter" HP 7470A e com a impressora HP 2631B, utilizando a linguagem HPL (Hewlett Packard Language) semelhante à linguagem BASIC.

A elaboração de mapas de isovalores ou linhas de contorno por partes através de computadores não é idéia nova, sendo utilizada quando o conjunto dos dados não pode ser tratado de uma só vez por esgotar a capacidade do equipamento. HARALY (1978), por exemplo, elaborou dessa forma um mapa gravimétrico de parte dos estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo através de análise de superfície de tendência, com ajuste estatístico entre as partes. No presente caso foi utilizada uma adaptação do programa GRID (DAVIS, 1973) com ajuste visual entre as partes ou quadrículas, aproveitando-se a parte central de cada uma. Esse procedimento implica em maior tempo gasto em computação mas assegura uma melhor qualidade para o mapa. A região foi dividida em oito quadrículas de 144 Km² gerando-se oito mapas de isovalores que por superposição conduziram ao mapa final. A malha regular de valores foi construída por interpolação fazendo-se a média ponderada pelo inverso da distância às estações de medida mais próximas. A Figura 6.1 mostra uma das quadrículas elaboradas através do programa do Apêndice 6.3 deste capítulo.

O mapa de anomalias assim elaborado está contido no Anexo 6.1.

6.4. Interpretação qualitativa das anomalias da componente vertical do campo magnético

A magnetometria é usada em levantamentos geofísicos quando as propriedades magnéticas das rochas oferecem suficiente contraste entre si para poderem ser diferenciadas. As propriedades são as das magnetizações remanente e induzida. A primeira depende da história geológica do corpo, pois indica a direção e a intensidade do campo magnético existente quando o corpo foi formado, e pode ter sido adquirida, entre outros processos, durante o resfriamento do mesmo. A magnetização induzida depende da suscep



7458
kmN
230 km E

242 km E

Figura 6.1. Mapa de isovalores magneto métricos da quadri cula indicada pelas coordenadas UTM, ob tido em computador, exem plificando o tra çado das curvas. Pa ra localização des ta quadrícula ver má pa da área total no Anexo 6.1.

LEGENDA

SÍMBOLO	FAIXA DE VALORES (nT= gama)
0.....	menor que -700
A.....	-700 a -600
1.....	-600 a -500
B.....	-500 a -400
2.....	-400 a -300
X.....	-300 a -200
3.....	-200 a -100
D.....	-100 a 0
E.....	0 a 100
4.....	100 a 200
F.....	200 a 300
F.....	300 a 400
5.....	400 a 500
T.....	500 a 600
6.....	600 a 700
H.....	700 a 800
7.....	maior que 800

tibilidade magnética do corpo, que é consequência do seu teor em magnetita, pirrotita, ilmenita e titano-magnetita, principalmente.

Constata-se uma grande variação nos valores de susceptibilidade das rochas, como pode ser observado em TELFORD et al. (1976) e LOGACHEV & ZAJAROV (1978). Segundo aqueles autores as rochas do tipo diabásio possuem susceptibilidades da ordem de 5000×10^{-6} uem. Segundo FERREIRA (1982) os basaltos da Bacia do Paraná possuem esses valores na média de 2200×10^{-6} uem. Os arenitos e folhelhos possuem esses valores na média de 40×10^{-6} uem, válidos para o Subgrupo Itararé conforme PASCHOLATI (1983).

Ainda quanto aos dados necessários a uma interpretação das anomalias indicadas no mapa do Anexo 6.1. é preciso considerar os conhecimentos já existentes sobre o magnetismo remanente das rochas básicas intrusivas relacionadas ao magmatismo que afetou a Bacia do Paraná por volta de cem milhões de anos atrás.

Considerando que o embasamento regional deve ser constituído por rochas medianamente magnéticas (500×10^{-6} uem, conforme FERREIRA, 1982) e dada sua profundidade, as anomalias indicadas no mapa do Anexo 6.1. devem estar relacionadas com corpos intrudidos nos sedimentos e de caráter magmático básico conforme sugerido pelos afloramentos indicados no mapa do Anexo 3.1. e pelas descrições dos poços DAEE (Capítulo 5).

As anomalias magnéticas na região do mapa do Anexo 6.1. possuem comprimentos de onda da ordem de poucos quilômetros e sugerem corpos localizados. DAVINO et al (1982) tem sugerido forma lacolítica para os mesmos, idéia que se coaduna com o trabalho de AMARAL et al (1986).

Entretanto somente um modelo magnético para as anomalias provocadas por esses corpos, associado a um modelo gravimétrico e/ou de outra origem poderá elucidar a questão.

No âmbito desta pesquisa o mapa do Anexo 6.1. foi de vital importância na eliminação das SEV que, de outro modo, poderiam ser vinculadas aos sedimentos do Subgrupo Itararé. Para anomalias da componente vertical do campo e para corpos cujo topo esteja próximo da superfície os limites horizontais dos mesmos podem ser estimados (BARANOV, 1975). Os limites do corpo-origem da anomalia localizam-se aproximadamente no ponto do plano onde a amplitude da anomalia cai para metade do valor da amplitude máxima.

Apêndice 6.1. - Programa BASIC para correção da variação diurna do campo magnético.

```

10 U$="####.##" : V$="####.##" : T$="####.##"
20 DIM X(15),Y(15),W(15),U(4),V(4)
30 PRINT CHR$(2)
40 PRINT : PRINT : PRINT
50 GOSUB 1000
60 PRINT:PRINT "DESEJA FAZER ALGUMA ALTERACAO ? (S/N)"
70 A$=INKEY$
80 IF A$ = "S" THEN 110
90 IF A$ = "N" THEN 312
100 GOTO 70
110 PRINT : PRINT "DIGITE, NESTA ORDEM, X (OU Y), O INDICE E O NOVO VALOR. TECLE 'ENTER' APÓS CADA ENTRADA."
120 INPUT "X OU Y";B$
130 INPUT "INDICE";K
140 IF B$ = "X" THEN INPUT "VALOR";X(K-1):GOTO 190
150 IF B$ = "Y" THEN INPUT "VALOR";Y(K-1):GOTO 190
160 GOTO 120
170 FOR I=0 TO N : PRINT X(I),:PRINT USING T$:Y(I):NEXT I
180 GOTO 62
190 PRINT CHR$(2):PRINT :PRINT
200 FOR I=0 TO N
210 W(I)=Y(I)-Y(0)
220 PRINT X(I),
230 PRINT USING T$:Y(I),W(I)
240 NEXT I
250 FOR I=0 TO 1000:NEXT I
260 PRINT : PRINT "DIGITE O NUMERO DA OPCAO DESEJADA"
270 PRINT,"(A) - INTERPOLACAO"
280 PRINT,"(B) - NOVA VARIACAO DIURNA"
290 PRINT,"(C) - TERMINO"
300 A$=INKEY$
310 IF A$ = "A" THEN 370
320 IF A$ = "B" THEN 30
330 IF A$ = "C" THEN END
340 GOTO 320
350 PRINT CHR$(2)
360 PRINT : PRINT "EM QUE PONTO DEVERIA INTERPOLAR ? "
370 INPUT "X= ";Z
380 IF Z<X(0) OR Z>X(N) THEN PRINT "EXTRAPOLACAO: O PONTO X ESTE FORA DO INTERVALO":GOTO 360

```

```

390 I=0
400 IF N<=2 THEN K=N + GO TO 450 ELSE K=3
410 IF Z>X(N-2) THEN 440
420 IF Z<X(1) OR Z>X(I+1) THEN I=I+1 ; IF I=N THEN END ELSE 420
430 FOR J=0 TO K:U(J)=X(J+I):V(J)=W(J+I):NEXT J
440 GOSUB 3000
450 GO TO 430
460 FOR J=0 TO K:U(J)=X(J+N-3):V(J)=W(J+N-3):NEXT J
470 GOSUB 3000
480 PRINT:PRINT "QUAL O VALOR DE L ?"
490 INPUT "L=" :L
500 S=L-F
510 PRINT : PRINT "L CORRIGIDO = " :PRINT USING 10:2
520 F=F-Y(0)
530 PRINT:PRINT "DELTA L = " :PRINT USING 10:2
540 PRINT:GO TO 260
1000 INPUT "NUMERO DE PONTOS DE INTERPOLEDO : " :X
1010 N=X-1
1020 PRINT:PRINT "COORDENADAS DOS " :X :PRINT " PONTOS: "
1030 FOR I=0 TO N
1040 PRINT I+1
1050 INPUT "X= " :X(I)
1060 INPUT "Y= " :Y(I)
1070 NEXT I
1080 PRINT CHR$(2)
1090 PRINT:PRINT:PRINT
1100 FOR I=0 TO N
1110 PRINT X(I), :PRINT USING 10:2 Y(I)
1120 NEXT I
1130 RETURN
3000 R=1
3010 FOR J=0 TO K
3020 R=R*(Z-U(J))
3030 NEXT J
3040 I=0
3050 FOR J=0 TO K
3060 F=1
3070 FOR I=0 TO K
3080 IF I=J THEN 3100
3090 F=F*(U(J)-V(I))
3100 NEXT I
3110 F=F*(Z-U(J))
3120 IF F=0 THEN PRINT:PRINT "VOCÊ DIGITOU O ERRO !!! PARA I=0 TO L:GO TO 1000
1000 NEXT
1000 GO TO 260
3130 S=S+V(J)/F
3140 NEXT J
3150 P=R*S
3160 PRINT USING "VALOR INTERPOLADO = " :V(P)
3170 RETURN

```


1	216.0000	7457.3300	804.5000
2	216.7500	7456.9000	770.0000
3	216.8500	7455.6500	782.3000
4	217.3750	7456.2000	782.0000
5	217.5750	7455.5800	799.2000
6	217.6000	7456.9300	768.0000
7	217.6500	7457.5800	784.0000
8	217.6750	7454.8800	704.1000
9	218.0500	7457.7500	794.9000
10	218.7000	7457.8300	796.4000
11	218.8000	7452.2300	562.9000
12	219.1000	7453.1500	709.6000
13	219.3250	7454.0500	685.9000
14	219.4000	7457.9300	750.3000
15	219.7750	7452.4000	641.5000
16	220.0000	7463.5800	912.7000
17	220.0000	7462.7800	890.3000
18	220.0000	7461.7500	865.6000
19	220.0000	7458.1500	731.2000
20	220.1000	7451.5000	641.0000
21	220.3000	7458.8000	765.0000
22	220.4000	7461.3300	823.0000
23	220.4500	7451.0500	857.5000
24	220.6750	7462.5000	713.8000
25	220.6750	7457.5800	786.6000
26	220.7000	7450.5000	1269.5000
27	220.7500	7459.5000	796.9000
28	220.8000	7460.5000	804.6000
29	220.8000	7450.1000	706.7000
30	221.1750	7453.3000	926.9000
31	221.1750	7460.8500	744.6000
32	221.2000	7459.9500	776.8000
33	221.2250	7459.2800	738.1000
34	221.2500	7460.7000	777.1000
35	221.2750	7459.8000	706.1000
36	221.3000	7461.4000	787.2000
37	221.3500	7462.1000	767.4000
38	221.4000	7458.6000	733.6000
39	221.4500	7458.0500	725.7000
40	221.4500	7453.0800	891.9000
41	221.4750	7457.9300	767.7000
42	221.4750	7454.1300	507.7000
43	221.5000	7457.5000	753.5000
44	221.5250	7457.1000	615.2000
45	221.5500	7459.4000	733.3000
46	221.5500	7462.6000	779.2000
47	221.5500	7456.1000	684.1000
48	221.5750	7452.1000	78.4000
49	221.6250	7456.1300	848.9000
50	221.6750	7455.1300	826.5000
51	221.7000	7450.2000	876.6000
52	221.7500	7451.2000	767.3000
53	221.8500	7459.1300	733.5000
54	221.8750	7463.4000	757.2000
55	222.0500	7462.8500	764.5000
56	222.0500	7450.4500	935.0000
57	222.1000	7453.0000	49.2000
58	222.1000	7461.7000	901.2000
59	222.1750	7451.6500	1001.2000
60	222.2250	7465.9000	792.0000

Apêndice 6.2. - Valores da componente vertical do campo magnético corrigidos da variação diurna: coluna da direita. Longitude (km N): coluna do meio. Latitude (km E): coluna da esquerda.

51	222.2250	7464.0000	761.7000
52	222.3500	7461.5000	796.0000
53	222.3500	7456.7500	749.9000
54	222.6750	7464.7500	771.2000
55	222.7700	7461.0000	796.6000
56	222.8000	7450.9000	623.0000
57	222.8500	7458.9000	791.9000
58	222.9500	7462.7000	927.3000
59	222.9500	7458.4500	707.9000
70	222.9500	7457.9500	645.1000
71	223.0000	7456.6000	482.2000
72	223.1000	7465.3300	721.9000
73	223.2750	7462.7500	924.0000
74	223.3000	7466.0000	733.3000
75	223.3250	7461.5300	656.1000
76	223.3500	7456.6000	400.1000
77	223.4250	7466.6000	967.6000
78	223.4500	7451.0000	712.9000
79	223.4750	7460.4500	787.1000
80	223.5000	7462.3500	925.0000
81	223.5000	7462.9800	924.9000
82	223.5500	7450.2500	626.0000
83	223.9000	7460.2500	750.4000
84	224.0000	7464.3000	923.8000
85	224.0000	7468.5000	699.0000
86	224.0000	7467.3000	753.5000
87	224.0250	7456.7800	423.8000
88	224.0750	7467.9300	724.4000
89	224.3000	7449.1000	929.9000
90	224.3500	7466.8800	795.9000
91	224.4500	7450.7000	908.2000
92	224.4500	7449.9300	539.0000
93	224.5000	7448.2800	926.3000
94	224.6250	7456.9500	923.1000
95	224.6750	7460.1000	750.6000
96	224.9250	7453.6800	-615.9000
97	224.9500	7450.6500	735.7000
98	225.1500	7466.6000	796.0000
99	225.1750	7456.8000	80.1000
100	225.3250	7459.8000	750.4000
101	225.3750	7451.5300	910.1000
102	225.4000	7449.6000	644.6000
103	225.4250	7452.5300	966.6000
104	225.5500	7459.5000	657.2000
105	225.6500	7460.2000	578.9000
106	225.6750	7452.9900	313.2000
107	225.7500	7466.3000	951.3000
108	226.0000	7458.6500	1007.6000
109	226.0250	7461.5500	729.6000
110	226.1000	7462.9300	917.7000
111	226.1000	7460.9000	572.7000
112	226.1750	7462.2500	774.2000
113	226.1750	7460.3000	628.0000
114	226.2500	7463.4800	776.7000
115	226.2750	7459.7800	3297.5000
116	226.3250	7449.4300	727.4000
117	226.4250	7448.0300	799.7000
118	226.4750	7453.1500	448.2000
119	226.5000	7448.7300	926.6000
120	226.5500	7449.8300	939.9000

121	226.6000	7459.4300	249.1000
122	226.6250	7466.0500	801.7000
123	226.6350	7459.7000	763.1000
124	226.6500	7459.9300	1365.4000
125	226.6500	7464.0300	656.0000
126	226.9500	7464.6900	620.9000
127	227.0250	7459.4300	895.7000
129	227.1000	7459.3000	796.9000
129	227.2250	7465.9000	982.7000
130	227.3000	7449.3000	909.0000
131	227.3000	7449.1500	935.6000
132	227.3750	7465.0500	662.3000
133	227.4500	7448.1000	797.4000
134	227.6000	7449.5500	613.9000
135	227.7250	7465.5500	954.1000
136	227.7750	7458.0500	984.6000
137	227.9250	7467.0500	953.4000
138	227.9000	7459.7000	799.5000
139	227.9000	7465.7500	995.1000
140	228.0500	7465.9300	773.7000
141	228.1250	7457.5300	867.4000
142	228.2250	7466.1000	956.6000
143	228.2500	7449.1000	406.9000
144	228.2750	7456.2500	764.1000
145	228.4000	7459.1800	996.6000
146	228.4500	7460.3300	539.6000
147	228.5000	7457.2800	917.6000
148	228.5500	7448.6500	1012.5000
149	228.5500	7456.9000	767.2000
150	228.5500	7466.4500	841.9000
151	228.6000	7468.7000	995.6000
152	228.6000	7454.2500	742.2000
153	228.6000	7454.8300	942.7000
154	228.7000	7466.8300	361.5000
155	228.7750	7459.4000	926.2000
156	228.8000	7467.3300	762.3000
157	228.8250	7456.1300	792.5000
158	228.8500	7455.7000	932.7000
159	228.8750	7450.4300	932.1000
160	228.9250	7459.9500	972.0000
161	228.9500	7464.0300	1070.3000
162	228.9500	7451.0500	734.4000
163	228.9500	7452.4300	914.1000
164	228.9750	7449.4300	982.4000
165	228.9750	7450.3900	798.5000
166	229.0000	7449.7000	432.5000
167	229.0000	7453.7000	697.4000
168	229.0250	7453.1000	622.2000
169	229.0250	7457.3000	936.4000
170	229.0500	7467.7300	963.6000
171	229.1750	7449.4500	961.4000
172	229.1750	7454.6300	1009.2000
173	229.2500	7454.5500	990.3000
174	229.3000	7460.5500	796.0000
175	229.3250	7461.3900	949.6000
176	229.4000	7461.0900	1185.5000
177	229.4500	7468.1500	1183.4000
178	229.5000	7454.2000	942.1000
179	229.5250	7454.2500	964.4000
180	229.6250	7465.1900	644.2000

181	229.6250	7448.9300	1142.2000
182	229.6500	7463.5800	879.3000
183	229.7250	7464.2000	664.6000
184	229.7500	7460.8000	883.2000
185	229.7750	7468.3800	1083.7000
186	229.8000	7457.5800	791.0000
187	229.8500	7469.7800	977.2000
188	229.8500	7467.4800	949.9000
189	229.8500	7456.1800	841.6000
190	229.8500	7461.3500	927.8000
191	229.8750	7461.9500	996.9000
192	229.9000	7462.4800	771.3000
193	229.9500	7448.6500	982.7000
194	230.0250	7463.4500	903.4000
195	230.0500	7468.7500	937.6000
196	230.1000	7463.5500	934.4000
197	230.1500	7449.2000	1050.6000
198	230.1500	7456.6000	820.9000
199	230.1500	7464.0500	903.4000
200	230.2000	7464.4500	600.1000
201	230.2250	7455.6800	841.0000
202	230.2250	7451.8800	832.0000
203	230.2250	7449.5300	1139.1000
204	230.2500	7450.0500	1040.4000
205	230.2500	7465.0000	1055.6000
206	230.2750	7452.6500	720.2000
207	230.2750	7461.1500	840.0000
208	230.3250	7469.1300	960.8000
209	230.3250	7465.4300	629.2000
210	230.3500	7466.4300	867.4000
211	230.3500	7465.9300	775.4000
212	230.4000	7453.3500	1112.3000
213	230.4000	7457.7500	752.4000
214	230.4250	7466.9300	788.0000
215	230.4500	7467.2500	976.2000
216	230.4750	7467.5000	417.9000
217	230.5000	7455.7000	1041.3000
218	230.5000	7453.7000	834.5000
219	230.5000	7451.2500	691.1000
220	230.5750	7469.2800	1140.1000
221	230.6000	7457.1000	707.5000
222	230.6500	7462.7800	795.9000
223	230.6750	7461.5000	1493.0000
224	230.7000	7450.5500	1079.9000
225	230.7500	7469.4300	940.1000
226	230.7750	7464.8500	1065.7000
227	230.7750	7461.0000	1211.9000
228	230.8500	7468.7000	1020.7000
229	230.9250	7467.0800	860.9000
230	230.9500	7457.9800	749.9000
231	230.9750	7450.9500	833.5000
232	230.9750	7462.0000	939.5000
233	231.0000	7449.6500	974.5000
234	231.0250	7455.9800	711.0000
235	231.1250	7469.1300	982.9000
236	231.1500	7464.6300	991.1000
237	231.1500	7469.7500	1034.1000
238	231.1750	7454.1500	913.0000
239	231.2000	7466.8300	771.6000
240	231.2000	7460.7000	892.6000

241	231.2750	7463.9500	953.7000
242	231.3750	7458.3900	749.7000
243	231.3750	7469.5300	989.6000
244	231.4750	7453.9300	996.7000
245	231.5000	7450.0500	1033.3000
246	231.5250	7461.8000	531.9000
247	231.5500	7455.8000	742.1000
248	231.5500	7468.7000	1215.9000
249	231.5500	7460.3800	794.1000
250	231.6250	7459.5000	933.2000
251	231.6250	7461.4500	1029.5000
252	231.7750	7461.1000	995.9000
253	231.8500	7457.3500	746.6000
254	231.9000	7460.0500	923.0000
255	232.0000	7462.0000	665.2000
256	232.0250	7450.3900	1024.2000
257	232.0250	7458.5300	756.2000
258	232.1000	7467.7300	739.0000
259	232.1250	7456.3500	701.3000
260	232.1250	7459.5500	953.3000
261	232.2000	7462.6800	1033.5000
262	232.3000	7457.6500	765.2000
263	232.4250	7462.2300	905.7000
264	232.4500	7450.7300	1097.6000
265	232.5000	7456.7900	474.9000
266	232.6500	7451.1500	2272.9000
267	232.7000	7458.4000	779.5000
268	232.7500	7448.2300	784.9000
269	232.7500	7459.4000	949.9000
270	232.7750	7457.2000	728.6000
271	232.7750	7453.4800	943.9000
272	232.8250	7467.9300	992.6000
273	232.9000	7462.3800	999.6000
274	232.9750	7450.0000	976.3000
275	233.0250	7452.5500	511.2000
276	233.1000	7463.7000	1069.4000
277	233.1000	7459.8000	950.9000
278	233.1250	7463.0000	969.4000
279	233.1500	7464.3500	820.2000
280	233.2250	7450.4300	995.0000
281	233.2250	7457.6250	774.5000
282	233.2500	7451.8500	1170.1000
283	233.2500	7452.5500	604.1000
284	233.3000	7454.8000	949.6000
285	233.3500	7462.2300	954.5000
286	233.3750	7448.7300	949.2000
287	233.3750	7457.2000	908.9000
288	233.4250	7460.2000	960.7000
289	233.5000	7463.8000	972.5000
290	233.5000	7464.5000	967.7000
291	233.5500	7448.0000	709.0000
292	233.5750	7460.7000	970.9000
293	233.6000	7465.3500	630.9000
294	233.6250	7462.4800	901.0000
295	233.6500	7466.2000	740.0000
296	233.7250	7461.9800	966.0000
297	233.7750	7467.5500	731.6000
298	233.9000	7460.1300	993.6000
299	233.9250	7449.1500	631.1000
300	233.9500	7457.8800	831.5000

301	233.9500	7468.1800	833.2000
302	233.9000	7454.8000	920.3000
303	233.9000	7469.0300	1459.2000
304	234.0000	7461.5300	870.3000
305	234.0250	7456.9000	926.1000
306	234.0250	7468.5500	982.0000
307	234.0500	7456.4750	925.6000
308	234.1000	7452.6000	1010.3000
309	234.1500	7465.3300	912.4000
310	234.1750	7459.7500	972.7000
311	234.1750	7461.0500	934.1000
312	234.2000	7460.2300	972.3000
313	234.2000	7455.7500	812.3000
314	234.3250	7468.2000	709.9000
315	234.3500	7464.3000	925.9000
316	234.4000	7455.0000	799.8000
317	234.4000	7460.6300	939.0000
318	234.4750	7462.4000	916.2000
319	234.5250	7459.0800	867.7000
320	234.6750	7452.5000	-15.1800
321	234.7000	7449.6000	-679.2000
322	234.7750	7460.4000	940.3000
323	234.8500	7450.3300	954.6000
324	234.8500	7469.1300	795.9000
325	234.8500	7448.4500	671.1000
326	234.8750	7467.8000	693.3000
327	234.8750	7459.0000	822.5000
328	234.8750	7460.7500	949.2000
329	234.9000	7462.1000	917.9000
330	234.9000	7455.3750	941.1000
331	234.9500	7451.0000	891.5000
332	234.9500	7467.4300	1155.2000
333	235.0000	7464.2800	980.5000
334	235.0000	7461.8300	913.0000
335	235.1000	7469.8500	962.1000
336	235.1750	7459.8800	940.1000
337	235.2000	7451.7500	975.7000
338	235.2750	7468.3000	735.9000
339	235.2750	7467.0500	479.9000
340	235.4000	7460.9300	944.6000
341	235.5250	7458.9800	942.9000
342	235.5500	7455.2500	914.2000
343	235.6000	7466.6500	410.0000
344	235.6500	7453.9500	927.1000
345	235.6500	7454.7800	859.9000
346	235.6750	7468.6500	-289.7000
347	235.6750	7460.9000	858.3000
348	235.6750	7454.2500	938.4000
349	235.7250	7453.4500	913.2000
350	235.7500	7461.9300	917.3000
351	235.8000	7452.1000	746.7000
352	235.8250	7459.8500	942.6000
353	235.8250	7448.6000	922.3000
354	235.8750	7469.9800	853.7000
355	235.9000	7463.8900	893.8000
356	235.9500	7466.3000	911.8000
357	235.9500	7460.3500	846.4000
358	235.9750	7454.1000	901.6000
359	236.0000	7453.1300	609.5000
360	236.0500	7468.3000	918.9000

361	236.1000	7469.3000	975.9000
362	236.1000	7462.0000	971.2000
363	236.1000	7461.1000	940.9000
364	236.2500	7467.0000	976.5000
365	236.2500	7465.9000	951.3000
366	236.2500	7459.3500	943.0000
367	236.3000	7459.9300	941.5000
368	236.3500	7451.8000	895.0000
369	236.3500	7465.4500	847.3000
370	236.3750	7450.8500	669.9000
371	236.3750	7455.1000	903.1000
372	236.4000	7464.9300	915.0000
373	236.4250	7452.9300	788.3000
374	236.4500	7461.5800	820.5000
375	236.5000	7464.4500	794.2000
376	236.5250	7468.3800	972.1000
377	236.5500	7465.5000	1093.9000
378	236.6000	7463.9500	985.9000
379	236.6250	7459.9300	950.4000
380	236.6500	7463.4300	928.5000
381	236.7000	7462.9300	988.4000
382	236.7250	7448.8800	677.9000
383	236.7500	7462.4500	949.4000
384	236.8250	7451.7000	686.3000
385	236.9000	7466.6500	879.9000
386	236.9000	7453.4300	985.5000
387	236.9250	7452.9300	919.5000
388	236.9500	7454.4000	945.8000
389	237.0000	7450.5000	-1430.1000
390	237.0250	7455.2800	999.5000
391	237.0500	7468.1800	996.3000
392	237.0750	7460.2500	939.9000
393	237.2000	7450.8900	-260.5000
394	237.2000	7448.7300	681.0000
395	237.2250	7447.4000	603.0000
396	237.3000	7451.5500	511.6000
397	237.3500	7458.5500	863.5000
398	237.3500	7452.8800	969.1000
399	237.3750	7464.4300	900.4000
400	237.4000	7469.4000	702.1000
401	237.4250	7463.6600	700.4000
402	237.4500	7451.9000	911.0000
403	237.4750	7469.8500	909.5000
404	237.5000	7460.2500	932.7000
405	237.5000	7448.1000	620.9000
406	237.5250	7459.5500	947.6000
407	237.5250	7468.0000	895.2000
408	237.5250	7451.4000	936.7000
409	237.5750	7457.2500	528.4000
410	237.5750	7461.3500	936.4000
411	237.6000	7452.5000	956.2000
412	237.6000	7456.7300	924.9000
413	237.6000	7457.7800	795.0000
414	237.6750	7458.2500	794.3000
415	237.7250	7465.3500	749.2000
416	237.7250	7456.2500	924.8000
417	237.7500	7446.9000	644.6000
418	237.7750	7451.7800	166.2000
419	237.8000	7460.3900	929.4000
420	237.8250	7462.8500	956.9000

421	237.9250	7452.9300	-344.6000
422	237.9580	7466.1500	866.7000
423	237.9750	7451.2000	1315.9000
424	237.9800	7461.1800	721.2000
425	237.9250	7455.0500	960.9000
426	237.9250	7455.7000	993.2000
427	237.9750	7462.3500	954.0000
428	239.0000	7454.6800	927.9000
429	239.0250	7449.1500	744.9000
430	239.0500	7450.8000	1131.6000
431	239.0750	7463.5500	917.1000
432	239.0750	7452.3000	937.0000
433	239.2000	7456.0500	910.4000
434	239.2500	7447.0000	665.1000
435	239.2750	7452.9500	162.9000
436	239.3000	7452.7000	658.5000
437	239.3000	7457.8300	584.2000
438	239.3500	7451.4500	637.9000
439	239.3500	7454.9500	992.7000
440	239.3750	7462.9300	1010.9000
441	239.3750	7469.8500	738.4000
442	239.4250	7464.3500	596.9000
443	239.4500	7458.4500	659.5000
444	239.4500	7460.9500	811.5000
445	239.5250	7465.4300	876.1000
446	239.5500	7466.1000	985.1000
447	239.6000	7461.9500	944.9000
448	239.6250	7451.9500	728.5000
449	239.6250	7455.7800	913.4000
450	239.6500	7464.7300	911.2000
451	239.7000	7453.0800	240.2000
452	239.7000	7457.6300	870.7000
453	239.7750	7464.2000	712.1000
454	239.7750	7467.6500	868.9000
455	239.7750	7449.9500	723.9000
456	239.8250	7449.1300	771.5000
457	239.8500	7460.6500	847.9000
458	239.8750	7455.9300	612.3000
459	239.9250	7458.0300	662.2000
460	239.9500	7458.4700	641.6000
461	239.9750	7452.2500	799.8000
462	239.0000	7465.0800	933.3000
463	239.0000	7456.5500	846.8000
464	239.0250	7464.3500	785.7000
465	239.0350	7460.0000	863.1000
466	239.0500	7453.6000	583.3000
467	239.0500	7455.4000	842.9000
468	239.1000	7447.7250	694.2000
469	239.1250	7469.7000	745.4000
470	239.1500	7465.9300	884.9000
471	239.1500	7452.7300	880.1000
472	239.1500	7453.1300	1034.6000
473	239.2000	7457.4000	-138.2000
474	239.2250	7460.3500	876.9000
475	239.2500	7450.0000	695.6000
476	239.3250	7468.6800	786.7000
477	239.3500	7448.2500	656.9000
478	239.3750	7461.2800	915.2000
479	239.4000	7448.8000	697.7000
480	239.4250	7467.4300	861.7000

481	239.4500	7451.0300	589.0000
482	239.4500	7456.2500	1737.9000
483	239.4750	7460.9000	673.9000
484	239.5250	7453.2500	450.1000
485	239.5250	7455.9500	1073.7000
486	239.5500	7455.3800	734.1000
487	239.5750	7462.0300	916.5000
488	239.6000	7452.8800	1033.7000
489	239.6000	7454.0500	-60.7000
490	239.6000	7455.6800	921.1000
491	239.6250	7455.0300	209.7000
492	239.6500	7465.4800	906.9000
493	239.6900	7460.2000	507.7000
494	239.7250	7449.7000	641.2000
495	239.7250	7456.6500	1140.0000
496	239.7500	7464.2500	-3509.6000
497	239.7500	7449.8300	679.0000
498	239.7500	7454.6800	394.5000
499	239.7750	7469.8800	746.3000
500	239.8500	7463.8300	655.5000
501	239.9000	7463.7500	1010.0000
502	239.9000	7467.2500	861.1000
503	239.9000	7450.3900	979.7000
504	239.9500	7457.5800	867.3000
505	239.9500	7457.1000	1045.3000
506	240.0000	7465.9300	876.2000
507	240.0250	7455.5000	1166.3000
508	240.0500	7453.3300	924.6000
509	240.0750	7462.4000	1237.3000
510	240.0800	7459.8800	906.7000
511	240.1000	7452.9500	1111.1000
512	240.1000	7448.2500	641.7000
513	240.1000	7454.4300	387.0000
514	240.1500	7444.6000	669.8000
515	240.1750	7449.5300	678.9000
516	240.2000	7452.3500	979.9000
517	240.2250	7456.6300	1162.4000
518	240.2500	7445.2500	661.3000
519	240.2750	7451.8500	794.9000
520	240.3000	7446.3500	939.3000
521	240.3000	7451.4300	972.6000
522	240.3000	7449.1500	619.4000
523	240.3250	7458.9300	50.9000
524	240.4000	7466.9000	845.4000
525	240.4000	7468.4300	736.6000
526	240.4250	7456.9000	776.8000
527	240.4250	7459.5300	779.4000
528	240.4500	7464.1000	907.6000
529	240.4500	7469.7500	669.9000
530	240.4500	7454.9500	1267.4000
531	240.4750	7448.7000	767.9000
532	240.4750	7454.5000	632.6000
533	240.5000	7465.3500	934.9000
534	240.5250	7449.8000	615.5000
535	240.5250	7455.5000	737.8000
536	240.5500	7448.3800	-527.2000
537	240.5500	7455.3300	691.7000
538	240.5500	7457.9000	9.5000
539	240.5750	7469.1000	692.9000
540	240.6000	7445.8300	657.2000

541	240.6250	7444.7000	678.5000
542	240.6250	7442.2000	707.3000
543	240.6750	7456.4300	1231.7000
544	240.7500	7459.1800	938.7000
545	240.8000	7467.3000	787.5000
546	240.8500	7442.6000	695.6000
547	240.8750	7455.7000	193.6000
548	240.9000	7465.9500	906.9000
549	240.9000	7466.6500	769.1000
550	240.9250	7443.4300	698.7000
551	240.9500	7468.1000	758.1000
552	240.9500	7451.1500	1785.7000
553	240.9500	7447.2500	715.8000
554	240.9650	7458.7000	858.5000
555	240.9750	7443.9000	721.1000
556	241.0000	7467.8300	2261.4000
557	241.0000	7449.9000	645.9000
558	241.0000	7444.6000	695.7000
559	241.0000	7447.9000	613.9000
560	241.0000	7456.1500	0.0000
561	241.0250	7455.5900	1019.5000
562	241.0500	7448.3800	726.9000
563	241.1000	7445.1000	629.5000
564	241.2750	7447.4500	665.4000
565	241.2750	7458.3800	163.3000
566	241.3000	7463.9300	145.7000
567	241.3000	7458.9000	655.5000
568	241.3250	7467.9300	717.9000
569	241.3350	7456.8400	555.7000
570	241.3500	7451.8000	1807.9000
571	241.4250	7450.1500	677.3000
572	241.4500	7467.8000	688.9000
573	241.4500	7459.5800	890.8000
574	241.4500	7457.7300	673.3000
575	241.4500	7457.7100	570.9000
576	241.4750	7455.7500	-571.4000
577	241.4750	7443.4800	717.9000
578	241.5250	7445.9500	763.7000
579	241.5500	7458.4000	342.5000
580	241.5750	7450.6000	783.7000
581	241.5750	7445.2800	669.7000
582	241.5750	7446.6500	828.8000
583	241.5750	7461.2300	992.4000
584	241.6000	7444.2500	725.3000
585	241.6000	7447.1300	538.4000
586	241.6500	7466.6500	815.7000
587	241.6500	7459.6300	921.0000
588	241.6750	7462.5500	1654.3000
589	241.7000	7458.9500	730.9000
590	241.7250	7460.7300	828.4000
591	241.7500	7467.3900	816.0000
592	241.8250	7469.2500	705.4000
593	241.8250	7446.4300	673.2000
594	241.8250	7456.5300	792.3000
595	241.8350	7457.2000	250.6000
596	241.8500	7457.7000	583.6000
597	241.8750	7459.8500	817.1000
598	241.8750	7458.1900	349.9000
599	241.9000	7460.4800	305.2000
600	241.9250	7458.5500	697.7000

501	241.9250	7457.8300	1162.2000
502	241.9250	7457.1300	994.9000
503	241.9400	7457.2300	425.0000
504	241.9500	7466.0500	658.4000
505	241.9500	7446.2500	751.5000
506	242.0000	7458.3500	988.0000
507	242.1000	7445.9300	926.2000
508	242.1000	7455.4300	534.5000
509	242.1000	7447.2300	681.7000
510	242.1000	7445.4500	576.0000
511	242.1250	7462.9000	924.7000
512	242.1500	7449.3500	999.3000
513	242.1500	7444.9500	673.2000
514	242.1500	7444.2300	685.6000
515	242.1500	7443.7000	764.9000
516	242.1500	7445.8000	784.2000
517	242.1750	7460.9300	964.7000
518	242.2000	7463.4000	-16.4000
519	242.2000	7462.4000	939.4000
520	242.2250	7443.2000	745.9000
521	242.3000	7463.9800	970.9000
522	242.3000	7461.9300	1202.9000
523	242.3100	7457.0400	929.9000
524	242.3500	7442.6800	701.3000
525	242.3500	7448.8800	929.9000
526	242.3750	7460.5000	753.6000
527	242.4000	7465.2000	730.5000
528	242.4000	7450.9500	712.6000
529	242.4000	7450.1300	756.1000
530	242.4250	7461.4500	1136.9000
531	242.4750	7445.4000	719.4000
532	242.5500	7449.4500	743.4000
533	242.5500	7460.9800	1161.7000
534	242.5750	7456.6800	692.9000
535	242.5750	7459.8500	694.0000
536	242.6000	7465.1000	914.4000
537	242.6000	7448.4300	567.6000
538	242.6000	7463.1800	909.4000
539	242.6500	7460.4800	1162.9000
540	242.6750	7440.1600	676.5000
541	242.6750	7449.1300	924.3000
542	242.6750	7462.7000	1212.5000
543	242.7250	7465.5800	867.4000
544	242.7250	7444.2000	710.4000
545	242.7500	7461.0000	994.4000
546	242.7500	7458.2000	728.1000
547	242.7500	7455.6300	627.9000
548	242.8000	7445.0500	656.2000
549	242.8250	7451.2500	680.5000
550	242.8250	7447.5800	670.7000
551	242.8500	7459.6000	968.7000
552	242.8750	7461.7500	991.7000
553	242.9000	7464.2500	911.0000
554	242.9000	7456.1300	661.1000
555	242.9500	7459.1000	223.5000
556	242.9750	7457.6000	719.3000
557	242.9750	7457.1800	701.6000
558	242.9750	7456.6000	682.2000
559	243.0000	7465.9000	980.7000
560	243.0000	7444.8000	674.7000

661	243.0000	7458.1000	597.6000
662	243.0250	7458.6000	596.1000
663	243.0500	7462.7800	909.5000
664	243.1750	7447.3800	727.7000
665	243.1750	7447.7000	685.3000
666	243.2750	7451.6000	649.9000
667	243.3750	7445.3500	624.7000
668	243.3750	7463.3500	709.0000
669	243.4750	7466.9300	875.7000
670	243.6250	7446.0500	619.3000
671	243.6750	7466.1900	860.2000
672	243.6750	7461.7000	849.5000
673	243.6750	7444.6000	803.5000
674	243.7000	7451.9300	641.7000
675	243.9250	7462.4500	734.1000
676	243.9250	7453.3000	564.1000
677	243.9000	7447.4500	684.7000
678	243.9000	7452.1900	634.9000
679	243.9250	7444.4500	826.6000
680	243.9500	7450.7800	748.1000
681	244.0750	7467.2500	900.4000
682	244.0750	7452.9000	581.3000
683	244.1000	7449.2500	602.1000
684	244.1250	7451.4300	692.3000
685	244.1500	7447.0500	609.0000
686	244.1500	7464.6500	653.3000
687	244.1750	7465.8000	906.0000
688	244.2250	7451.9500	619.5000
689	244.2750	7461.5000	1025.5000
690	244.2750	7452.4500	575.3000
691	244.3500	7450.7800	690.6000
692	244.4000	7452.3000	564.4000
693	244.4250	7446.8000	649.0000
694	244.4250	7443.5800	809.2000
695	244.4500	7461.7000	439.2000
696	244.4750	7450.1500	791.5000
697	244.5000	7440.8000	1242.7000
698	244.5750	7453.8500	559.2000
699	244.6000	7466.5000	977.9000
700	244.6000	7460.9300	959.9000
701	244.6500	7440.7500	836.0000
702	244.6500	7464.2300	954.4000
703	244.6500	7467.6000	842.9000
704	244.6500	7459.8500	626.8000
705	244.6500	7452.7800	534.0000
706	244.8000	7453.5800	513.1000
707	244.8250	7449.0000	1029.1000
708	244.8250	7460.4800	875.9000
709	244.8500	7450.9300	594.8000
710	244.9000	7453.5800	489.2000
711	244.9250	7442.7500	689.5000
712	244.9250	7451.9000	490.4000
713	244.9500	7446.8500	608.9000
714	245.0000	7459.4300	718.2000
715	245.0250	7458.7500	796.1000
716	245.0250	7453.1500	526.3000
717	245.0500	7445.8000	689.6000
718	245.1000	7463.7300	925.9000
719	245.1000	7455.4000	536.8000
720	245.1250	7443.5300	745.6000

721	245.1250	7446.1500	678.5000
722	245.1250	7460.9800	883.9000
723	245.1750	7465.8500	677.7000
724	245.2250	7458.3500	632.9000
725	245.2500	7449.0000	1435.1000
726	245.2500	7467.0500	741.5000
727	245.2500	7459.9800	999.0000
728	245.3000	7443.1000	652.9000
729	245.3250	7460.1000	951.5000
730	245.3500	7446.6500	658.7000
731	245.4000	7440.9000	797.3000
732	245.4000	7459.7300	605.3000
733	245.4250	7441.8500	704.9000
734	245.4500	7466.6300	748.9000
735	245.4750	7447.4000	651.7000
736	245.4750	7451.4500	595.1000
737	245.5500	7444.0300	614.2000
738	245.5500	7452.0500	502.7000
739	245.5750	7460.4800	873.6000
740	245.5750	7441.3500	750.4000
741	245.6000	7462.8300	-230.3000
742	245.6500	7462.1500	3300.9000
743	245.6750	7460.3500	735.2000
744	245.7250	7448.0500	740.9000
745	245.7500	7455.9000	451.9000
746	245.7750	7440.3300	648.8000
747	245.7750	7449.0500	73.7000
748	245.8750	7446.6000	658.6000
749	245.8750	7453.9300	585.0000
750	245.9250	7463.7800	1112.2000
751	245.9500	7443.4000	464.6000
752	246.0000	7442.9000	476.7000
753	246.0000	7461.0500	490.9000
754	246.0000	7459.5000	880.9000
755	246.0250	7450.0500	651.0000
756	246.0750	7454.1300	599.9000
757	246.1000	7448.9500	902.9000
758	246.1000	7447.4000	689.0000
759	246.1000	7450.8300	651.5000
760	246.1500	7442.6000	575.1000
761	246.1500	7441.6000	615.8000
762	246.1750	7440.3000	629.0000
763	246.1750	7440.9500	653.1000
764	246.1750	7463.9800	750.6000
765	246.2000	7443.9300	707.6000
766	246.2250	7462.7500	792.1000
767	246.2250	7456.4500	615.5000
768	246.2500	7458.5000	1014.8000
769	246.3500	7446.3500	709.0000
770	246.3500	7466.8000	747.7000
771	246.4000	7454.8500	517.0000
772	246.4250	7461.8000	1126.5000
773	246.4500	7466.3000	860.7000
774	246.4500	7441.2300	633.9000
775	246.4750	7457.5500	474.1000
776	246.5000	7442.1000	665.3000
777	246.5250	7463.5300	873.8000
778	246.5750	7463.4500	-305.1000
779	246.6250	7462.3000	791.7000
780	246.6500	7460.2800	571.8000

781	246.6500	7450.3500	588.7000
782	246.7750	7449.7000	707.3000
783	246.8000	7450.6000	568.9000
784	246.8250	7456.6000	358.2000
785	246.9000	7460.6500	1089.2000
786	246.9000	7456.4500	436.7000
787	246.9500	7446.9000	644.3000
788	246.9500	7446.2000	614.7000
789	246.9500	7454.7800	620.3000
790	246.9750	7441.0500	657.3000
791	247.0000	7447.4300	763.6000
792	247.0750	7463.2300	1226.5000
793	247.1000	7440.5250	612.5000
794	247.1000	7460.1800	960.0000
795	247.1000	7449.8300	962.2000
796	247.1500	7455.9500	504.7000
797	247.2250	7466.5800	726.3000
798	247.2250	7455.6800	556.3000
799	247.2750	7441.6300	565.7000
800	247.2750	7448.6300	1252.8000
801	247.3500	7452.6500	1142.5000
802	247.4000	7460.6000	959.5000
803	247.4000	7464.0250	747.4000
804	247.4750	7462.8500	634.9000
805	247.5500	7459.5800	590.5000
806	247.5500	7467.0000	562.4000
807	247.5500	7449.3500	1294.6000
808	247.5750	7445.8000	643.9000
809	247.5750	7450.0000	1172.4000
810	247.6000	7447.2300	666.4000
811	247.6000	7447.0500	908.2000
812	247.7000	7440.1250	646.2000
813	247.7000	7447.7500	949.5000
814	247.7250	7459.1300	991.2000
815	247.7250	7449.4500	919.4000
816	247.7500	7452.3000	1134.9000
817	247.7500	7450.6000	1820.0000
818	247.7750	7460.2000	1131.9000
819	247.8000	7440.5750	608.8000
820	247.8000	7461.8800	1844.2000
821	247.8000	7454.9300	665.9000
822	247.8250	7465.9800	1042.9000
823	247.8250	7455.3000	653.1000
824	247.8500	7464.7000	93.5000
825	247.8500	7456.2500	586.0000
826	247.8750	7441.2000	551.3000
827	247.8750	7458.6500	620.4000
828	247.8750	7460.7800	1890.0000
829	247.8750	7454.8300	628.4000
830	247.9000	7448.9500	910.4000
831	247.9250	7450.5000	707.1000
832	247.9750	7465.2000	913.4000
833	248.0250	7447.7300	877.8000
834	248.0250	7456.8000	580.9000
835	248.1250	7445.5000	604.2000
836	248.1250	7451.8300	924.5000
837	248.1250	7455.8300	611.9000
838	248.1750	7460.8500	1116.4000
839	248.2000	7458.1500	667.1000
840	248.2500	7461.7000	1496.6000

941	240.2750	7448.4500	926.6000
942	248.3000	7442.4000	605.4000
943	248.3250	7452.0300	941.0000
944	248.3500	7447.3000	741.9000
945	248.3750	7462.2000	-191.1000
946	248.3750	7450.3300	691.7000
947	249.4250	7452.7500	513.7000
948	249.4250	7454.2000	607.2000
949	248.4500	7460.2300	1117.2000
950	249.4750	7457.0000	515.9000
951	248.5500	7452.5000	1069.6000
952	249.5750	7454.6000	570.4000
953	248.6000	7453.3000	575.9000
954	249.6250	7446.8800	931.5000
955	248.6250	7448.7300	942.0000
956	248.6500	7445.4000	544.2000
957	249.6500	7461.2000	549.3000
958	249.6750	7465.2300	746.3000
959	249.7000	7452.2300	2160.3000
960	249.7000	7457.7000	-213.7000
961	249.7250	7447.8800	703.3000
962	249.7500	7449.3500	944.9000
963	249.9500	7442.6500	552.0000
964	249.0000	7450.7000	369.5000
965	249.1000	7448.0300	946.7000
966	249.1250	7460.2000	1528.5000
967	249.1500	7453.4500	662.6000
968	249.1500	7447.3500	56.9000
969	249.2000	7463.6000	799.6000
970	249.2250	7461.3500	1731.6000
971	249.2250	7445.4000	592.1000
972	249.2500	7465.6500	734.0000
973	249.2500	7458.0900	773.1000
974	249.2500	7454.6800	594.7000
975	249.3250	7462.7500	950.0000
976	249.3250	7459.9500	1581.6000
977	249.3750	7451.4800	965.7000
978	249.4000	7444.9300	521.0000
979	249.4000	7444.5500	679.7000
980	249.5250	7461.7300	705.7000
981	249.5250	7451.0000	1002.2000
982	249.6000	7461.2800	-369.0000
983	249.6000	7446.7500	443.4000
984	249.6250	7464.4300	735.3000
985	249.6250	7450.3000	942.9000
986	249.6500	7459.5800	713.6000
987	249.7000	7452.0900	1367.0000
988	249.7500	7458.4500	914.0000
989	249.8250	7452.7000	879.1000
990	249.9000	7447.1300	776.7000
991	249.9000	7446.3300	681.6000
992	249.9500	7442.7000	565.3000
993	249.9500	7461.5000	1141.7000
994	249.9750	7454.4500	639.3000
995	249.9750	7444.2300	531.1000
996	249.9750	7444.9000	197.1000
997	249.9750	7445.6300	762.1000
998	250.1000	7452.2000	922.4000
999	250.2500	7459.9000	1309.7000
900	250.4500	7454.1800	344.4900

901	250.5500	7452.0300	783.5000
902	251.1500	7454.2500	965.4000
903	251.7250	7450.4300	765.9000
904	251.9500	7454.3250	-219.0000

Apêndice 6.3. - Programa HPL - High - Level Programming
Language para elaboração do mapa magneto
métrico.

```

0: wtb 606,27,39,107,49,83
1: wtb 606,27,39,97,55,53,77
2: dsp "CRID";stp
3: wtb 606,27,39,107,49,83
4: fnt 1,x,"Arranjo regular de valores interpolados",2/;wrt 606.1
5: dim T#(60)
6: ent "TITULO?",T#;wrt 606,T#
7: cfg 13;enp "No. de Tracks: 0 ou 1?",r1;if flg13;cfg 13;gto +0
8: enp "Numero do Arquivo com Dados?",J;if flg13;cfg 13;gto +0
9: enp "Numero de Pontos?",N;if flg13;cfg 13;gto +0
10: dim O#(12)
11: enp "ORICEM DAS COORDENADAS: NW ou SW?",O#;if flg13;cfg 13;gto +0
12: enp "DIMENSOES DO MAPA?",D;if flg13;cfg 13;gto +0
13: enp "VALORES MINIMO E MAXIMO DE X?",A,Z;if flg13;cfg 13;gto +0
14: enp "VALORES MINIMO E MAXIMO DE Y?",M,W;if flg13;cfg 13;gto +0
15: 3+U
16: D*10+X;D*7*((W-M)/(Z-A))+Y
17: dia DIN,U1,CIN1,MIY,X)
18: (Z-A)/(X-1)+S;(W-M)/(Y-1)+T
19: (S*S+T*T)/10000+P
20: wtb 606,27,39,107,50,83
21: fnt ,35x,45"-",3/;wrt 606
22: gto 25
23: fnt 1,59x,"MATRIZ DE DADOS",2/;wrt 606.1
24: fnt 2,44x,"X",17x,"Y",17x,"Z",17/;wrt 606.2
25: trk r1;ldf J,D[*]
26: gto 31
27: for I=1 to N
28: fnt 3,32x,f3.0,3x,f10.4,10x,f10.4,10x,f10.4
29: wrt 606.3,I,D11,11,D11,21,D11,31
30: next I
31: 0+J
32: if cap(O#)="NW";M+U
33: if cap(O#)="SW";W+U
34: for I=1 to Y
35: A+U
36: for J=1 to X
37: for K=1 to N
38: (U-DIK,11)+2+(U-DIK,21)+2+CIK)
39: next K
40: 0+M+O
41: for K=1 to 6
42: 1+Q
43: for L=2 to N
44: if G1L1<G1Q1;L+Q
45: next L
46: if G1Q1<P;gto +5
47: (C1Q1+R;H+D1Q,31/R+M;O+1/R+0;9e35+G1Q)

```

```

48: next K
49: M/Q→MII,J1
50: gto +2
51: DIQ,31→MII,J1
52: U+S→U
53: next J
54: if cap(C#)="NW";V+T→U
55: if cap(C#)="SW";U-T→U
56: next I

57: gto 63
58: fmt 4,2/,"MATRIZ DE VALORES INTERPOLADOS",/;wrt 606.4
59: for I=1 to Y;for J=1 to X
60: fmt 5,f6.0,x;wrt 606.5,MII,J1;next J
61: fmt ;wrt 606
62: next I
63: cli 'PLOT'
64: end
65: "PLOT";wtb 606,27,38,108,49,86
66: 0→B+C+Z
67: wtb 606,27,38,107,51,83
68: -200→H
69: 900→E
70: for I=1 to Y
71: for J=1 to X
72: if MII,J1<-700;fmt "0",x;wrt 606
73: if MII,J1>=-700 and MII,J1<-600;fmt "A",z;wrt 606
74: if MII,J1>=-600 and MII,J1<-500;fmt "1",z;wrt 606
75: if MII,J1>=-500 and MII,J1<-400;fmt "R",z;wrt 606
76: if MII,J1>=-400 and MII,J1<-300;fmt "2",z;wrt 606
77: if MII,J1>=-300 and MII,J1<-200;fmt "X",z;wrt 606
78: if MII,J1>=-200 and MII,J1<-100;fmt "3",z;wrt 606
79: if MII,J1>=-100 and MII,J1<0;fmt "D",z;wrt 606
80: if MII,J1>=0 and MII,J1<100;fmt " ",z;wrt 606
81: if MII,J1>=100 and MII,J1<200;fmt "E",z;wrt 606
82: if MII,J1>=200 and MII,J1<300;fmt "4",z;wrt 606
83: if MII,J1>=300 and MII,J1<400;fmt "F",z;wrt 606
84: if MII,J1>=400 and MII,J1<500;fmt "5",z;wrt 606
85: if MII,J1>=500 and MII,J1<600;fmt "T",z;wrt 606
86: if MII,J1>=600 and MII,J1<700;fmt "6",z;wrt 606
87: if MII,J1>=700 and MII,J1<800;fmt "H",z;wrt 606
88: if MII,J1>=800;fmt "7",z;wrt 606
89: next J
90: fmt ;wrt 606
91: next I
92: (E-H)/17→B;H+9*B→C
93: wtb 606,27,38,107,50,83
94: fmt 2,2/,5x,"Coordenadas dos pontos a partir do canto ",c2;wrt 606.2,C
95: fmt 3,/,5x,"Curva de Referencia ( ):",f10.2;wrt 606.3,C
96: fmt 4,/,5x,"Intervalo entre Curvas:",f10.2;wrt 606.4,C
97: ret
*9720

```

CAPÍTULO 7

SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA REGIÃO ESTUDADA EM CONFORMIDADE COM OS DADOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS.

"It is generally best to gather all the available data of a sedimentary facies, and not to base the diagnosis of its origin on any single criterion. Geology is at best an imprecise science in which it is seldom possible to make deterministic statements. We deal in probabilities rather than certainties". (SELLEY, 1978).

7. SISTEMAS DEPOSICIONAIS DA REGIÃO ESTUDADA EM CONFORMIDADE COM OS DADOS GEOLÓGICOS E GEOFÍSICOS.

7.1. Introdução

Na reconstrução dos antigos ambientes de sedimentação e em análise de bacias, vários métodos tem sido propostos e utilizados por inúmeros pesquisadores. Segundo GAMA Jr. (1977) a escolha de um determinado método depende, entre outros fatores, da natureza e do grau de resolução dos dados disponíveis.

Já no Capítulo 3 relatou-se, sob vários aspectos, a complexidade do estudo das litologias componentes do Subgrupo Itararé. Conforme CAETANO CHANG (1984), a dificuldade em se obter a separação do Subgrupo Itararé em unidades menores é consequência não só de sua complexidade intrínseca, mas também da falta de estudos ambientais de detalhe, do enfoque ambiental, das metodologias empregadas no estudo desses sedimentos e do apenas recente progresso no estudo de ambientes glaciais em termos de gênese das diferentes facies sedimentares, sua interrelação e associação de subambientes.

Segundo aquele mesmo autor, dada a ampla variabilidade lateral dos corpos litológicos na unidade Itararé, mesmo em áreas relativamente pequenas, há que se supor uma grande diversidade na sucessão de litologias para diferentes secções. Isto não implica entretanto, que mudanças ambientais significativas tenham ocorrido com tamanha singularidade em todo tempo Itararé mas denunciam, outrossim, essencialmente variações subambientais ou de processos deposicionais dentro dos mesmos, como reflexo da alta complexidade dos ambientes deposicionais maiores que dominaram e se alternaram durante a sedimentação da unidade.

Além das dificuldades de ordem puramente geológicas existentes no estudo dos sedimentos Itararé, existem outras de caráter aplicado como é o caso dos aspectos hidrogeológicos dessa unidade, ou seja, daqueles referentes, por exemplo, à distribuição dos seus aquíferos em relação aos quais DAEE (1981, 1982) discute múltiplos problemas.

Assim, com os objetivos amplos de:

a) elaborar uma previsão da ocorrência de rochas sedimentares clásticas armazenadoras de água que se mostram impossíveis de serem evidenciadas por meio das técnicas sedimentológicas convencionais, isto é, dos aquíferos que se distribuem irregularmente no tempo e no espaço de maneira lenticular e errática;

b) definir a prospectividade e explotabilidade desses aquíferos;

propõem-se, neste capítulo, a implantação de uma nova metodologia no estudo dos recursos hídricos subterrâneos do Subgrupo Itararé, a exemplo do que vem acontecendo mundialmente na pesquisa de outros bens minerais tais como petróleo, carvão e urânio, cujas ocorrências são controladas direta ou indiretamente pelos seus respectivos ambientes deposicionais.

Como o controle da ocorrência de aquíferos (onde e quando existem), da forma (tabular ou lenticular) e da distribuição (tanto em extensão vertical quanto em área) são feitos, no presente caso, pelos tipos de ambientes sedimentares que lhes deram origem, o trabalho será desenvolvido no sentido de perseguir os objetivos enumerados utilizando-se dos modernos conceitos de sistemas deposicionais e idênticas técnicas de modelos deposicionais introduzidos pioneiramente na América do Norte por FISHER & MCGOWEN (1967) e no Brasil por FISHER et al. (1973) conceitos e técnicas esses que, transformando-se em metodologia, provocaram uma racionalização das pesquisas geológicas trazendo, conseqüentemente, contribuições importantes nas descobertas de jazidas petrolíferas.

O presente capítulo é dedicado à apresentação do referido conceito como método de análise de bacias sedimentares, à descrição dos dados geológicos disponíveis, à proposição das SEV como metodologia de suporte para a elaboração de modelos e às técnicas especiais envolvidas no tratamento dos dados para a interpretação dos sistemas deposicionais, procurando-se ajustar a metodologia proposta por aqueles pesquisadores às pesquisas hidrogeológicas com vistas à reconstrução paleoambiental dos sedimentos do Subgrupo Itararé a fim de localizar os que se comportam como aquíferos. As implicações hidrogeológicas, entretanto, somente serão discutidas no Capítulo 8.

7.2. Histórico e Conceitos Referentes a Sistemas Depositionais

O conceito de sistema deposicional, no sentido paleo-fisiográfico ou paleogeomorfológico, é relativamente novo na literatura geológica e foi introduzido por FISHER & MCGOWEN (1967) na análise dos sedimentos do Grupo Wilcox da Bacia Costeira do Golfo, E.U.A. Conforme GAMA Jr. (1977), a grande aceitação das conclusões daquele trabalho propiciou o desenvolvimento do conceito através da elaboração de uma sistemática própria aplicável na interpretação de sedimentos de qualquer complexo fisiográfico.

Embora, segundo MIALL (1984), os fundamentos do sistema deposicional não tenham sido nunca formalmente estabelecidos, a base do método é uma extensão da aplicação da "Lei de Walther" (in MIALL, 1984) e do conceito de modelo de facies a tratos deposicionais de larga escala, chegando a incluir bacias inteiras. A Lei de Walther afirma que numa coluna estratigráfica em que não haja interrupção temporal as únicas facies que podem ocorrer juntas numa sucessão vertical são aquelas que podem ocorrer lado a lado na natureza. Isso indica que as sucessões são construídas por deslocamentos laterais de facies. Cuidadosa aplicação dessa lei sugere que em uma sucessão vertical, uma transição de uma facies para outra implica que as duas facies representam ambientes que já foram adjacentes lateralmente. FISHER (1965) mostra que cada processo sedimentar produz não só a distribuição de um específico ambiente, mas, também, um específico perfil vertical.

Ainda segundo MIALL (1984) a aplicação da Lei de Walther envolve essencialmente a estratigrafia genética, na qual o centro da análise reside na interpretação das interrelações de grandes corpos sedimentares baseada no entendimento dos ambientes deposicionais e da tectônica sindeposicional que controlou suas formações. Técnicas sedimentológicas, incluindo-se análise de facies e métodos de mapeamento de bacias são parâmetros importantes, como o são a aplicação de correlações bioestratigráficas e geofísicas. No entanto os métodos da estratigrafia formal, tal como a descrição de membros e formações são de importância secundária.

Conforme SELLEY (1978), um ambiente sedimentar é uma parte da superfície terrestre distinguível das áreas adjacentes através de parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Nos ambientes sedimentares de caráter deposicional, uma massa de rocha sedimentar definida e distinguível através da

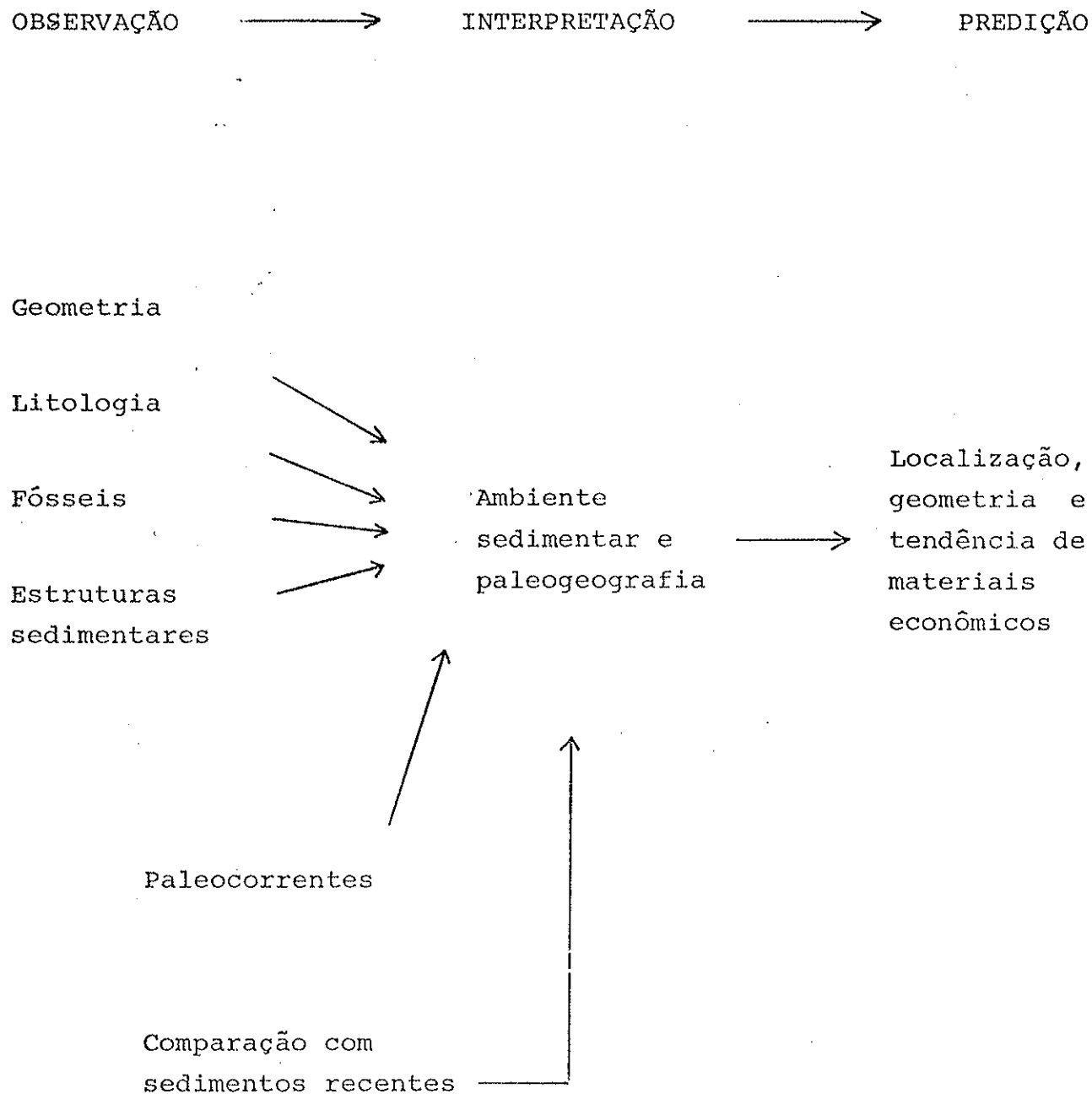


Figura 7.1 - Ilustração da abordagem básica na determinação da forma de deposição de um sedimento.

sua geometria, litologia, estruturas sedimentares, padrão de paleoocorrentes e fósseis é denominada de facies sedimentar, desde que seja geneticamente definida.

Ainda de acordo com SELLEY (1978), a Figura 7.1 mostra a abordagem básica a ser seguida na análise de ambientes sedimentares antigos.

Existe o consenso na opinião geológica (SELLEY, 1978) de que há um número finito de facies sedimentares que ocorrem de forma repetida em rochas de diferentes épocas em todo o mundo. Comparação com sedimentos do Recente sugerem que esse fato pode estar relacionado com os ambientes de deposição atuais. A partir dos últimos vinte anos, vários estudos de complexos deposicionais recentes mostraram que a medida que a sedimentação continua, cada facies revela uma mudança temporal ocorrida em cada ambiente. Esses estudos possibilitaram a compreensão da distribuição e correlação tridimensional (espacial e temporal) das facies componentes de um complexo deposicional.

Com base em tais conhecimentos, FISHER et al. (1969) introduziram o conceito de sistema deposicional como sendo uma unidade informal definida por critérios de facies e designado por um termo genético como, por exemplo, sistema deltaico (in RICCI - LUCCHI, 1980). Componentes de um sistema deposicional são referidos simplesmente como facies, por exemplo, de frente deltaica (in GAMA Jr., 1977).

Uma facies sedimentar é, portanto, o produto de um ambiente deposicional, um tipo especial de ambiente sedimentar. Um dos principais problemas da determinação da origem dos sedimentos antigos é o de que, apesar de essencialmente refletirem os ambientes deposicionais, eles também incorporam características das antigas fases de erosão e de não deposição.

As associações de facies compreendem duas ou mais facies sedimentares geneticamente ligadas formando um só corpo rochoso de geometria e grau de organização variáveis. São, pois, expressões espaciais dos processos, ambientes e complexos deposicionais que atuaram por um tempo geológico significativo (RICCI-LUCCHI, 1980). As associações de facies representam o produto final de um ambiente sedimentar, originadas que são pelos processos sedimentares que correspondem aos agentes físicos, químicos e bioló

gicos que atuam e se desenvolvem durante a sedimentação dando origem às facies.

Fundamentando-se então na tridimensionalidade desses grupos ou associações de facies e na analogia com os bem estudados complexos deposicionais recentes, foram idealizados arranjos de facies correspondentes aos das províncias fisiográficas ou geomorfológicas de sedimentação, denominados modelos deposicionais. Modelo deposicional é, pois, o arranjo ideal de facies sedimentares formado por uma associação co-genética de processos deposicionais atuantes em uma província fisiográfica ou geomorfológica.

O uso do conceito de sistemas deposicionais possibilita, portanto, a realização de predições a respeito de massas de sedimentos e sua aplicação implica necessariamente, conforme GAMA Jr. (1977), na utilização de uma sistemática própria. A ênfase principal é colocada sobre a rocha em si, independentemente de correlações temporais ou persistência de unidades estratigráficas formais.

7.3. Considerações a respeito do uso de técnicas geofísicas na análise de bacias.

Métodos geofísicos são usados em todos os estágios de exploração de uma bacia. São abundantes na literatura exemplos da aplicação da gravimetria e aeromagnetometria em escala regional, métodos que proporcionam informações a respeito da configuração da bacia, em caráter amplo, antes da perfuração do primeiro poço.

Dos parâmetros que definem um ambiente sedimentar, pelo menos a geometria e a litologia podem ser determinadas ou inferidas com razoável margem de segurança através de métodos geofísicos, dependendo do particular ambiente em estudo. A sismo-estratigrafia é, sem dúvida, o melhor exemplo disso na pesquisa do petróleo (SHERIFF, 1976).

Embora a estratigrafia sísmica não tenha tido importância primária no desenvolvimento do método de sistemas deposicionais (MIAL, 1984), ela vem ganhando importância crescente na aplicação do método a novas bacias por causa da sua habilidade em

"ver" a geometria de tratos estratigráficos em grande escala.

Segundo GALLOWAY & HOBDAV (1983), uma análise estratigráfica sistemática deve descrever e interpretar vários aspectos da geologia da bacia, entre os quais a geometria tri-dimensional da estrutura de facies que delinea os maiores elementos ou sistemas deposicionais e suas facies componentes. Vários mapas quantitativos relacionados a facies (isólitas, porcentagem de arenito etc.) e distribuição regional de facies podem ser obtidos a través do mapeamento sísmico das facies.

A sísmica de reflexão de alta resolução, empregada na determinação da estrutura interna de uma bacia, é hoje usada no fornecimento de dados sobre seqüências estratigráficas, facies e mesmo no esclarecimento da arquitetura interna a nível de fino detalhe (MIALL, 1984).

A maior parte dos métodos geofísicos determina uma só grandeza física da rocha, como a velocidade de propagação de ondas mecânicas, a resistividade elétrica, radioatividade gama, etc. Estas grandezas refletem a litologia e portanto podem ser usadas, isoladas ou combinadas entre si, para uma interpretação litológica ou geométrica.

A caracterização litológica dos sistemas pode ser pesquisada, pelo menos em regiões rasas, pela eletroresistividade, fato já estudado, do ponto de vista litológico, no Capítulo 4.

O emprego dos métodos elétricos na análise faciológica, no entanto, tem sido extremamente reduzido. Tal fato se deve à perda de resolução por exemplo das SEV, com o aumento da profundidade. Se o poder de resolução vertical da sísmica de reflexão, na profundidade média das jazidas petrolíferas se situa hoje por volta de algumas dezenas de metros, o da SEV deve se situar por volta de várias centenas de metros. Tentativas de aplicação do método magneto-telúrico falharam nas pesquisas da Bacia do Paraná a través do PAULIPETRO - Consórcio CESP/IPT (OHOFUGI, 1982).

A utilização das SEV, entretanto, como ferramenta auxiliar nos estudos de sistemas deposicionais não deve ser descartada a priori. Condições favoráveis como características dos sedimentos, escala dos levantamentos, profundidade de investigação, etc., podem conduzir a bom termo a aplicação dessa ferramenta. McCROSSAN (1961) obteve sucesso na elaboração de mapas de resistividade elé

trica como análogos a mapas paleogeográficos ao estudar os sedimentos argilosos basais (Devoniano Superior) das porções inferior e média da Formação Ireton (região central de Alberta) imbricados com recifes carbonáticos.

7.4. Geologia e sistemas deposicionais do Subgrupo Itararé

7.4.1. Mapa de isólitas de arenito e considerações gerais

A área do Baixo Rio Capivari já foi mapeada por vários pesquisadores conforme extensa descrição constante do Capítulo 3; especialmente o item 3.3 destaca as várias contribuições a nível local referentes à estratigrafia e faciologia.

O Subgrupo Itararé que predomina em toda a área de trabalho, limitado a norte e nordeste pela Formação Tatui, apresenta-se com mergulho para oeste com valores baixos próximos a 1° (SOARES, 1974; SAAD, 1977), localmente afetados por falhas ou por estruturas arqueadas como as interpretadas por SOUZA FILHO (1983) na quadrícula de Campinas.

De posse dos dados de sondagens elétricas verticais (Capítulo 4) e das informações de poços estratigráficos ou não (Capítulo 5), e considerando somente as informações existentes para o Subgrupo Itararé segundo o mapa geológico do Anexo 3.1, foi possível o traçado de um mapa de isólitas de arenito para esse subgrupo. Esse mapa está apresentado na Figura 7.2. Observa-se nesse mapa um comportamento mais uniforme na sua parte oeste. Além disso ele se mostra de acordo, em termos litológicos, com a secção geoelétrica apresentada na Figura 4.10. Observa-se também boa semelhança entre este mapa e o mapa de tendência de isólitas da Figura 4.9.

7.4.2. Estratigrafia genética

Como já relatado, o conhecimento da estratigrafia genética do Subgrupo Itararé vem se acumulando principalmente desde

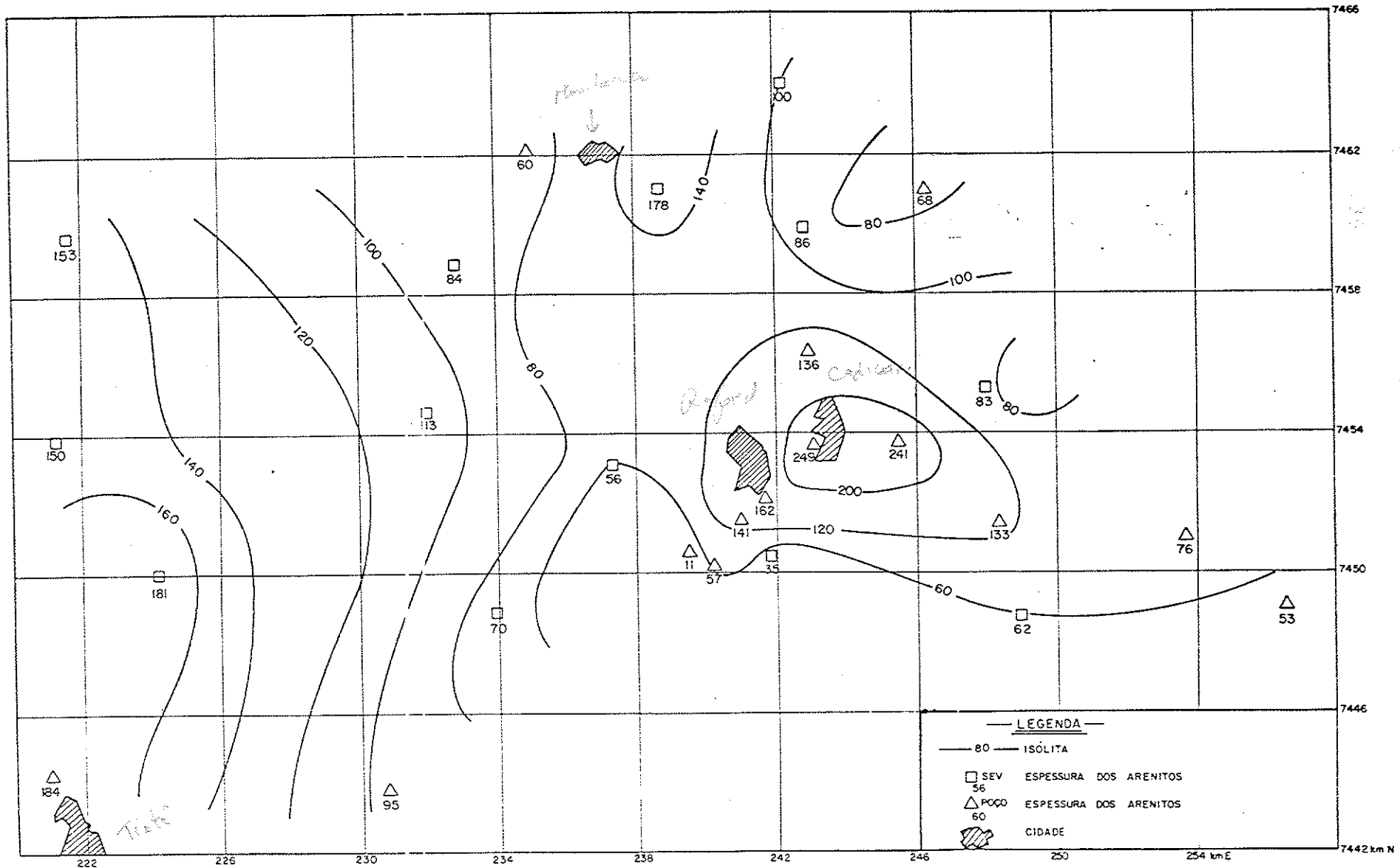


Figura 7.2 — MAPA DE ISÓLITAS DE ARENITO DO SUBGRUPO ITARARÉ BASEADO EM DADOS DE POÇOS E SEV

a última década em decorrência das contribuições de vários pesquisadores.

Com o trabalho desses pesquisadores, apresentado no Capítulo 3, e com mapeamentos geológicos e levantamentos geofísicos desenvolvidos para o Projeto FAPESP apresentado no Capítulo 1, acumularam-se informações que permitem inferir para a região do Baixo Rio Capivari e vizinhanças as seguintes unidades genéticas: sistema de leques subaquosos, na porção inferior; sistema deltaico com incursões glaciais, na porção média; e sistema costeiro, na porção superior.

7.4.2.1. Sistema de Leques Subaquosos

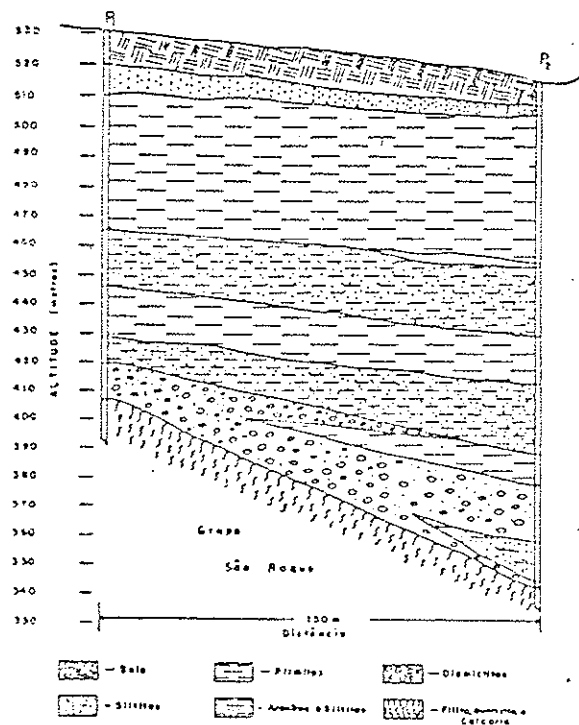
A porção inferior do Subgrupo Itararé assenta-se sobre substrato irregular (ROCHA CAMPOS, 1967). A irregularidade desse substrato é causada ou por fenômenos tectônicos que dão ensejo aos freqüentes contatos de falha ou por erosão glacial que deram origem às diversas calhas de sedimentação, como por exemplo, pré-glaciais.

As calhas e os altos do embasamento propiciaram respectivamente: a preservação de sedimentos glaciais ("tills" de alojamento) e flúvios-glaciais e o fornecimento de material grosso que permitiu o desenvolvimento de leques aluviais (Figura 7.3). Estes mantiveram-se ativos até que foram afogados por evento transgressivo responsável por sedimentação de finos (argilas rítmicas e laminadas), porém com sinais de contribuição glacial substanciada na presença de seixos pingados, leques subaquosos e deltas de alta carga aportados no sentido oeste.

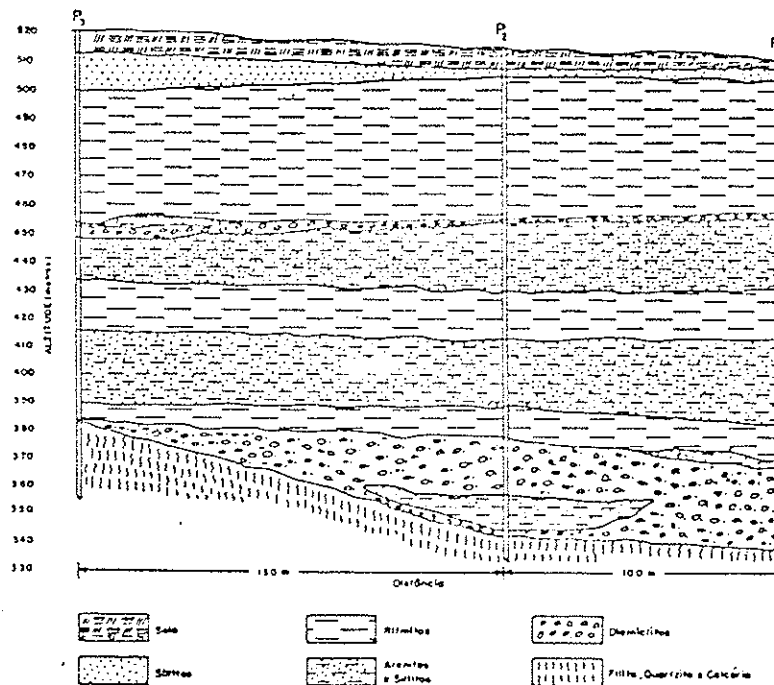
Esse sistema é caracterizado por diamictitos maciços recobertos por argilas laminadas cortadas por corpos arenosos, geralmente conglomeráticos na base. Seus afloramentos podem ser observados na região de Campinas e se estendem para Itu, Salto e Sorocaba (Figura 7.4).

7.4.2.2. Sistema Deltaico

O Sistema Deltaico instalou-se no corpo aquoso origi



— Secção Geológica através dos poços P¹ e P².



— Secção Geológica através dos poços n.ºs. 3, 2 e 4.

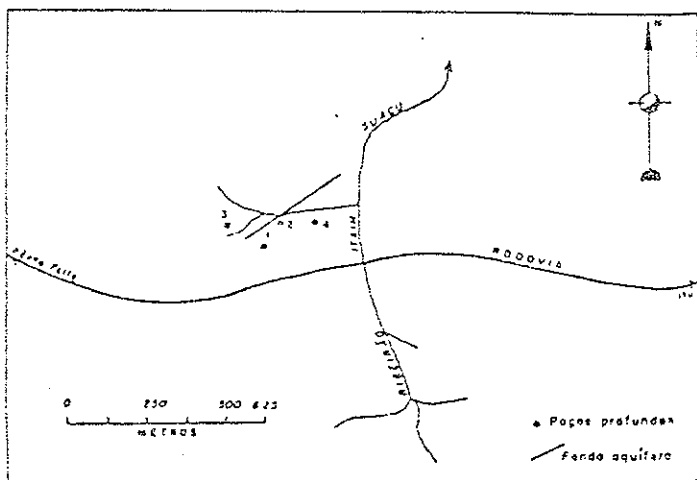


Figura 7.3. - Secções Geológicas cortando a parte inferior do Sistema Deltaico e o Sistema de Leques Subaquosos. Informações retiradas de Mezzalira 1969.

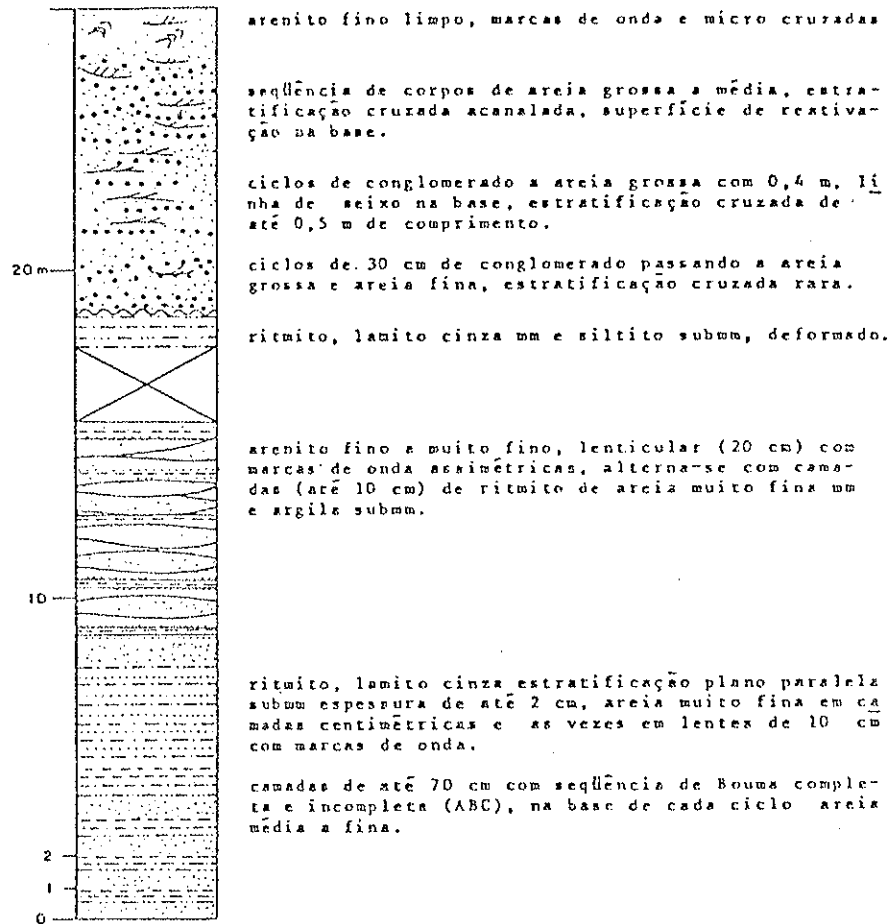


Figura 7.4. - Parte da seção aflorante do Sistema de Leques Subaquosos. Rodovia do Açúcar a 600 m do trevo para Itu (SP).

nado pela transgressão referida anteriormente e é caracterizado por seqüências em "coarsening upward" iniciada por lamitos, em geral laminados, seguidos de siltitos maciços e siltitos arenosos retrabalhados por ondas que são seguidas por corpos arenosos com ciclos de "fining upward", em que a parte superior do corpo arenoso apresenta também retrabalhamento por ondas e é encerrada por siltitos e folhelhos cinza escuro.

A seqüência completa do sistema compreende corpos lenticulares de arenito em meio a um conjunto lamítico. As lentes correspondem a lobos deltaicos que foram abandonados, sofreram subsidência e foram recobertos por lamitos prodeltaicos e plataformas. As espessuras desses corpos dependem do estágio evolutivo do lobo deltaico que foi preservado.

Os corpos arenosos correspondem a canais distributários e frentes deltaicas que podem chegar a 20m. Frequentemente, porém, apresentam-se com espessuras de até 2m intercaladas em lamitos de prodelta ou baía interdistributária e se mostram caracteristicamente deformados por diápiros de argila. As seqüências em que o sistema fluvial está preservado são mais espessas e podem atingir mais de cinquenta metros de espessura de areia (Figura 7.5).

A atuação glacial em condições subaquosas é evidenciada tanto por seixos pingados, como por diamictitos espessos que se associam aos lamitos escuros. Em condições subaéreas ela é marcada por diamictitos com feições glaciais (pavimento de clastos) ou bases erosivas que indicam fluxo glacial para oeste e noroeste. A seqüência de um lobo deltaico cortado no topo por depósitos glaciênicos está documentada na Figura 7.5.

A espessura total do Sistema Deltaico supera quinhentos metros de espessura e sua área de ocorrência inclui as localidades de Monte Mór, Elias Fausto, Capivari e Rafard, e as ocorrências fossilíferas de Capivari, Hortolândia (fósseis marinhos) e Monte Mór (carvão).

7.4.2.3. Sistema Costeiro

O Sistema Costeiro corresponde aos depósitos resul

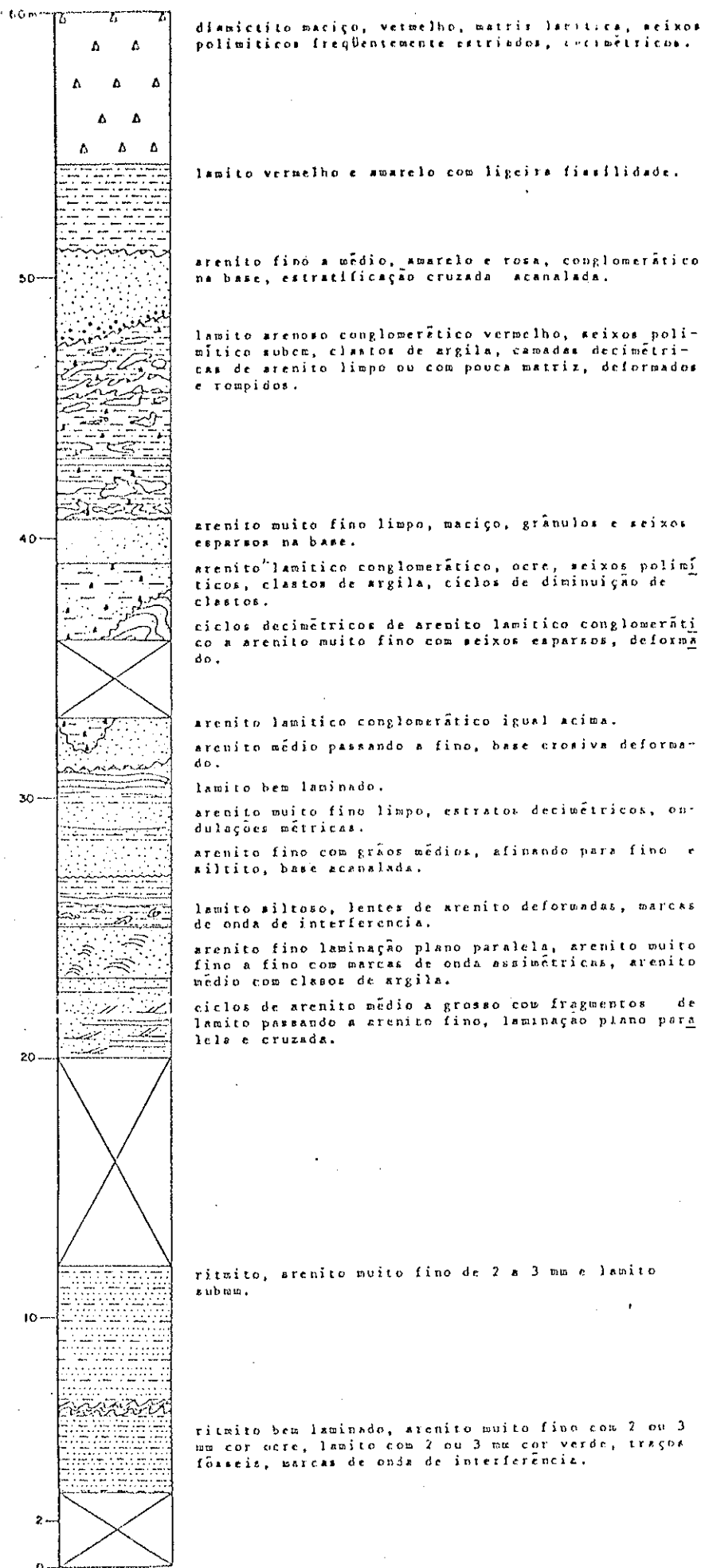


Figura 7.5. - Seção de um lobo deltáico aflorante, pertencente ao sistema deltaico. Rodovia do Açúcar entrada de Elias Fausto.

tantes do predomínio de condições litorâneas sobre os lobos deltaicos que ocorrem no topo do Subgrupo Itararé. Este último evento é atribuído por FULFARO et al. (1984) à Formação Tietê, equivalente à Formação Rio Bonito, do Estado do Paraná.

A espessura total do sistema não excede 100m, apresentando cerca de 50m em Tupi (Figura 7.6), 70m em Mombuca e 30m em Cerquilha, compreendendo uma associação de corpos litorâneos (praia, planície de maré), e de corpos fluviais de diversos tipos orientados paralelamente à costa, ou seja, na direção NE. O sistema tem no topo corpos fluviais com sedimentos grosseiros e é encerrado por praias transgressivas que constituem a base da Formação Tatui na região (FULFARO et al., 1984).

7.4.3. Modelagem sedimentar na região do Baixo Rio Capivari

No Baixo Rio Capivari encontra-se o t^{er}ço superior do Subgrupo Itararé, com os membros Tietê e Capivari, onde ocorrem os sistemas deltaico e costeiro. O relacionamento entre as unidades litoestratigráficas e as unidades genéticas não é possível de ser feito de forma categórica, porém relações aproximadas entre os membros, sistemas deposicionais e áreas de ocorrência podem ser propostas.

O Sistema Costeiro compreende a parte superior do Membro Tietê (Pci I-II, Figura 3.2 e ítem 3.3.2 do Capítulo 3) e o Sistema Deltaico abrange a parte média e inferior da referida unidade, além de compreender todo o Membro Capivari (Pci III, ídem).

O Sistema Costeiro apresenta os corpos litorâneos com direção deposicional orientada N-S e NNE-SSE em Tupi (STEVAUX et al., 1985) e NE-SW em Mombuca e Capivari, mantendo sempre mergulho deposicional para oeste e noroeste. Isso significa que ao tempo do Sistema Costeiro o mar estava do lado oeste e nessa região predominou deposição de finos enquanto que para leste onde se situava o continente predominou a deposição de sedimentos grosseiros.

Os trabalhos de campo permitiram também observar a

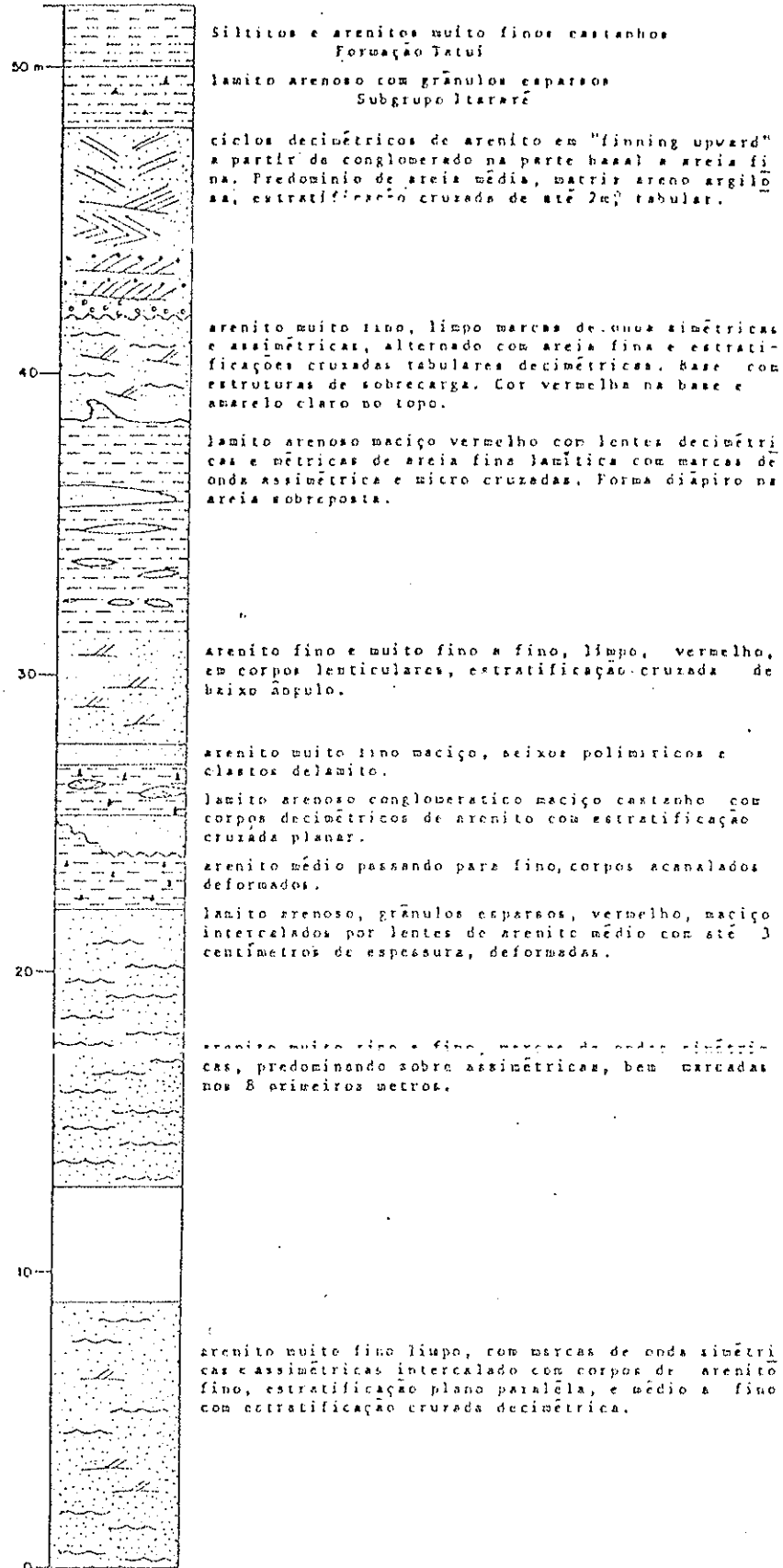


Figura 7.6. - Seção aflorante do Sistema Costeiro,
SP 304 km 145 e 148 (Tupi - SP)

direção de desenvolvimento dos corpos lenticulares arenosos associados aos lobos deltaicos do sistema deltaico. A disposição de tais lentes depende da posição de entrada das correntes e da direção da então linha de costa. Na Rodovia do Açúcar a direção das correntes pode ser avaliada por meio de medidas de estratificações cruzadas acanaladas e marcas de sola que apresentam-se consistentemente dispostas para sudoeste (entre $N 200^{\circ}$ e $N 260^{\circ}$).

Os trabalhos de campo permitiram observar a direção de desenvolvimento desses corpos. As estruturas sedimentares e a variação de fósseis (Figura 7.7) indicam desenvolvimento no sentido SW. A linha de costa foi interpretada como tendo orientação NNW-SSE com mergulho deposicional SW para a época. As lentes arenosas apresentam, portanto, alongamento SW-NE, com tendência à diminuição de granulação no sentido SW, já que a área fonte ficava a NE e o mar a SW. Em posição lateral às lentes ocorrem, entre tanto, sedimentos finos de baías interdistributárias e de plataforma lateral ao delta.

7.4.4. Correlações

O poço IG-03 (Mombuca) foi adotado como centro para as correlações propostas. Além de estar geologicamente descrito, possui perfis geofísicos e está associado a uma sondagem elétrica vertical (SEV 08). Esse poço se situa também em região de cruzamento das tendências litológicas NE - SW e NW - SE já observadas de diversas maneiras (Figuras 4.9, 4.10 e 7.2). Foi perfurado em região com controle estratigráfico, estando a cota de sua boca próxima da base da Formação Tatui.

Com os dados obtidos no campo foi possível a elaboração do diagrama em painel representado pela Figura 7.8, no qual se faz uma correlação com o poço de Mombuca (IG-03). O referido diagrama permite a observação do comportamento dos corpos arenosos e a avaliação mais adequada de suas espessuras e variabilidade.

A seção reconhecida ao longo da Rodovia Capivari-Tietê (Figura 7.9) representa uma situação lateral àquela definida pelo diagrama em painel. Nessa seção o predomínio de facies finas indica que à época de sua deposição os corpos deltaicos e costei

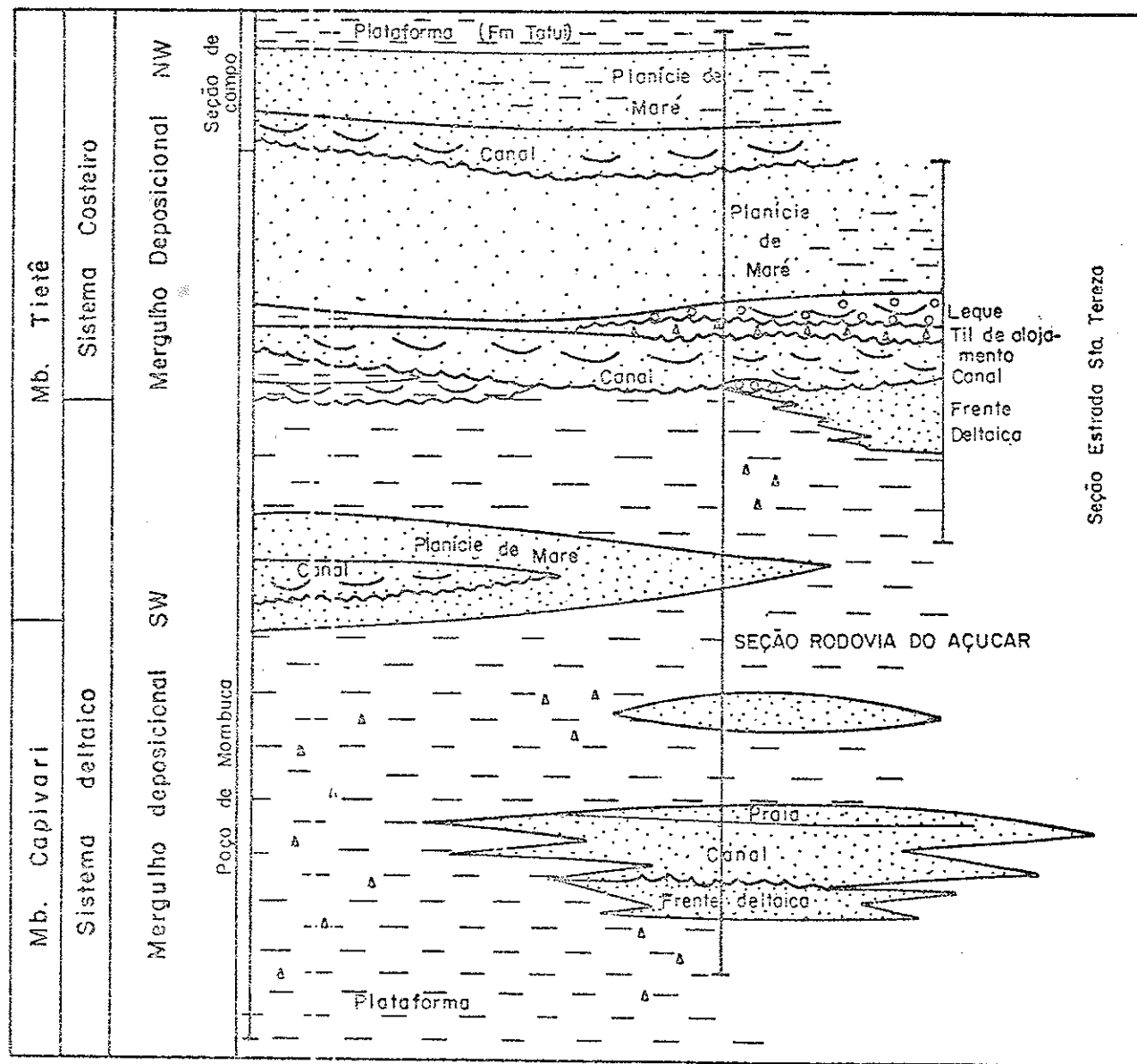


Figura 7.7. - Seção EW abrangendo o poço de Mombuca, a Rodovia do Açucar e a Estrada para a Fazenda Santa Tereza.

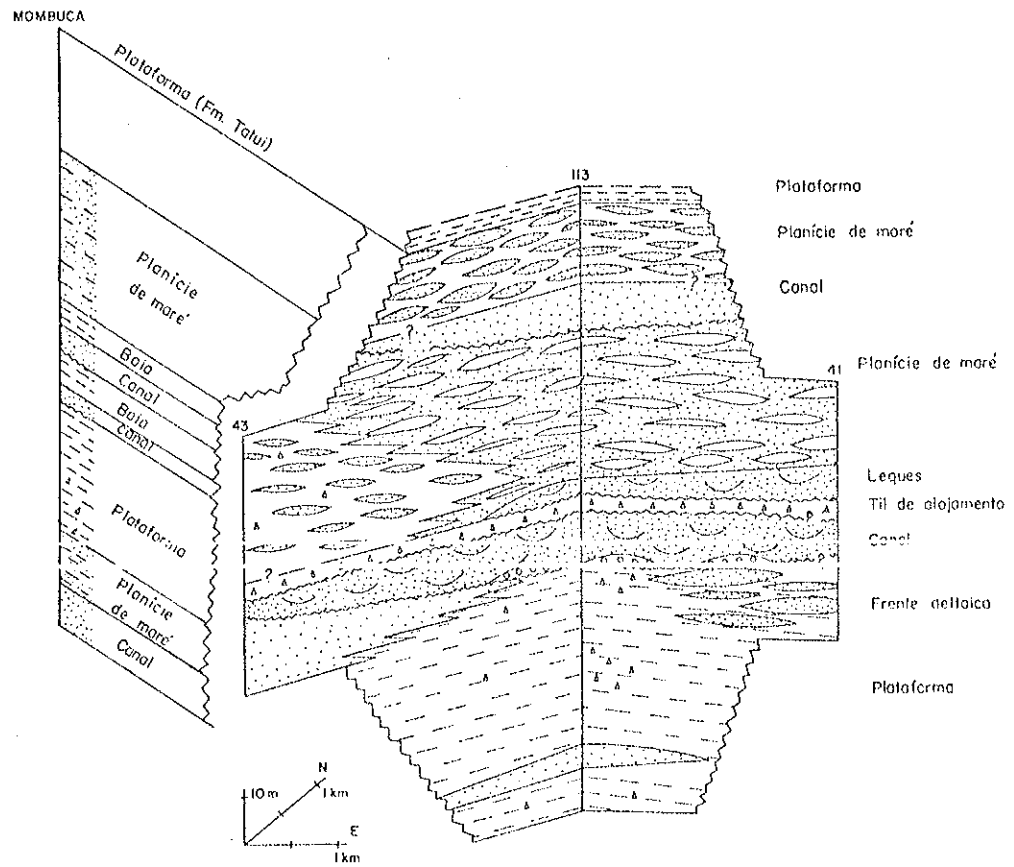


Figura 7.8. - Correlação preliminar entre o poço de Mombuca e as colunas de campo das: Rodovia Capivari-Mombuca (43), Rodovia do Açúcar (113) e estrada para Fazenda Sta. Tereza(41).

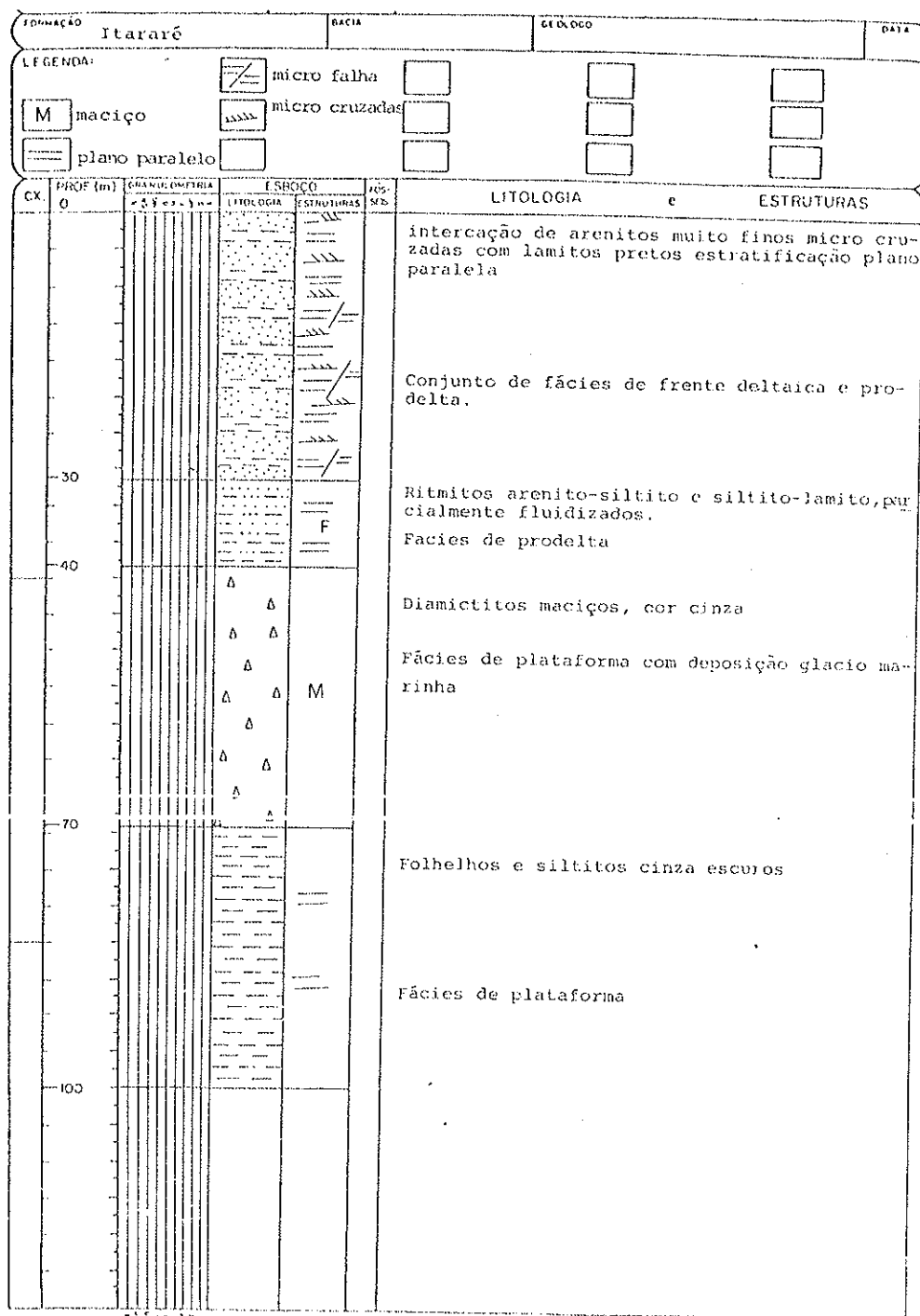


Figura 7.9. - Perfil Esquemático da Rodovia Capi-vari-Tiête.

ros situavam-se mais a norte, com rumo sudoeste.

Correlações mais abrangentes podem ser feitas utilizando-se informações de diversas fontes. Assim, abrangendo volumes grandes de rochas, porisso mesmo ganhando no aspecto geral das tendências e perdendo no aspecto dos detalhes, foram construídas seções geológicas baseadas nas informações de poços, perfilagens geofísicas e sondagens elétricas verticais. Essas seções, elaboradas para as direções preferenciais NE-SW e NW-SE já relatadas do ponto de vista geoeletrico estão apresentadas no Anexo 7.1, na escala 1:50.000.

A seção AB (NW-SE), elaborada com os mergulhos aparentes sobre-elevados, mostra na sua parte NW os corpos tabulares do sistema costeiro, apresentando-se nessa região encobertos por rochas mais jovens, às vezes abatidos por falhamentos como é o caso do poço CP-04. Caminhando-se para SE surgem os corpos lenticulares do sistema deltaico.

Comportamento semelhante possui a seção CD, vista do extremo SW para SE.

Entretanto, o conjunto dos dados coletados e interpretados não permite ainda a elaboração de um diagrama tridimensional detalhado para a distribuição espacial das litologias na Baía Hidrográfica do Baixo Rio Capivari, principalmente devido ao caráter de difícil previsão dos corpos arenosos lenticulares.

CAPÍTULO 8

CONSEQUÊNCIAS QUANTO À HIDROGEOLOGIA

"... interpretation of magnetic and radiometric data requires, first, close cooperation between the geological and geophysical professions and, second, full consideration of all available geological information. This coordinated approach may seem obvious, but it is often overlooked.

A coordinated approach can be neglected, even though both geological and airborne geophysical data maps are available, because either geologists or geophysicists may be initially discouraged by the apparent lack of correlation between these data sets. It has to be remembered that maps of both types would be essentially correct and that the particular limitations of each, if understood and considered at all times, are reconcilable in the hands of skilled interpreters." (BATTERHAM et al., 1983).

8. CONSEQUÊNCIAS QUANTO À HIDROGEOLOGIA

8.1. Caracterização dos aquíferos

A região hidrográfica do rio Capivari está inserida na província hidrogeológica constituída pela Bacia do Paraná.

A vocação hidrogeológica desta região está intimamente ligada à história geológica da referida bacia. Assim, com a evolução dos processos sedimentares formaram-se três unidades genéticas com possibilidades aquíferas: uma unidade superior, uma unidade média e outra inferior, conforme está sintetizado na Figura 8.1.

Estas três unidades podem ser consideradas ora como um sistema aquífero único (conforme haja ligação direta entre suas águas, quer por meio do contato físico entre seus corpos arenosos quer por meio de fraturamentos existentes) ora como três subsistemas aquíferos independentes (conforme haja separação entre eles quer por lentes argilosas quer por "sills" de diabásio).

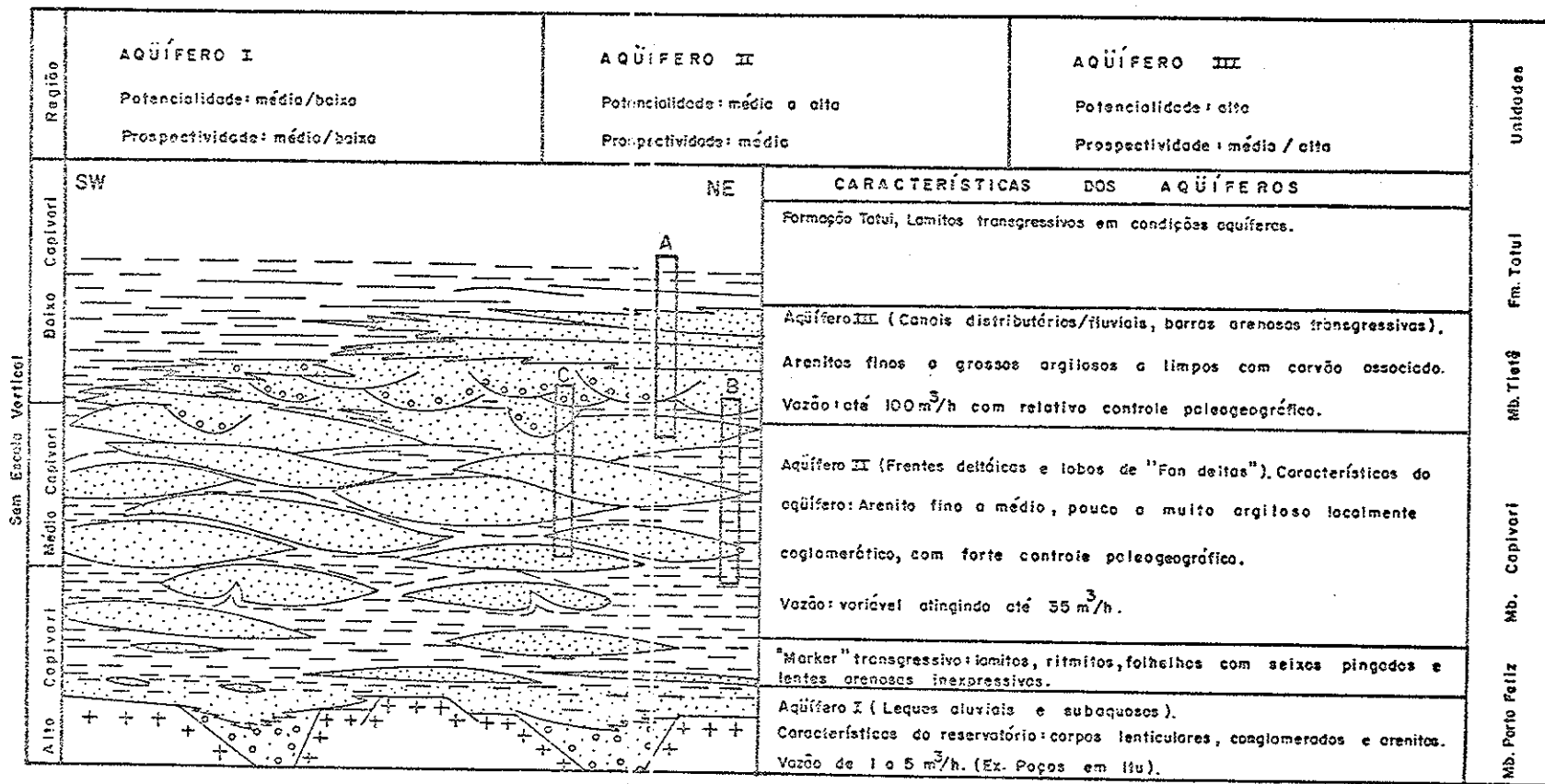
Dos estudos realizados, relatados nos capítulos anteriores e das informações contidas em DAEE (1981, 1982) e daquelas associadas aos poços do IG foi possível caracterizar em cada unidade genética um sistema (ou subsistema) aquífero.

O aquífero I é representado pela unidade genética inferior (Membro Porto Feliz) e é constituído de lentes irregulares de arenitos grosseiros, com matriz lamítica, intercaladas em espessa seção de lamitos e folhelhos.

O aquífero II é representado pela unidade genética média (Membro Capivari), sendo constituído por lentes decamétricas de arenitos grosseiros até finos intercalados em siltitos, folhelhos e diamictitos que chegam a alcançar dezenas de metros de espessura.

O aquífero III é representado pela unidade genética superior, e é constituído de arenitos finos, ocasionalmente médios a grosseiros, bem selecionados, dispostos em corpos tabulares que se acunham para noroeste.

O aquífero III é o mais importante de todos uma vez que sendo constituído de arenitos bem selecionados, com porosidade e permeabilidade elevadas, apresenta-se mais favorável à recarga quer por infiltração direta das precipitações quer por contribui



- A- Poço furado em Mumbuca—teste do Aquífero II e III
 B- Poço furado em Capim Fino—Aquífero tipo II
 C- Poço furado em Capivari—Aquífero tipo III

Figura 8.1.—Esboço faciológico do Grupo Tubarão e características dos aquíferos da Região do Rio Capivari.

ção dos cursos de água que drenam a região.

Nas áreas onde os aquíferos se comportam como livres predomina uma topografia suave, com drenagem relativamente desenvolvida, com cursos de água perenes.

Os níveis de água dos aquíferos aproximam-se da superfície topográfica, sobretudo, no período chuvoso havendo contribuição dos cursos de água rumo ao aquífero, enquanto que na época das estiagens as águas subterrâneas são restituídas, isto é, alimentam os cursos de água. Ocasionalmente, quando ocorrem estiagens prolongadas como a do ano de 1985, alguns cursos de água secam totalmente.

O escoamento das águas subterrâneas dos aquíferos da região segue a feição estrutural da Bacia do Paraná, ou seja, apresenta um gradiente hidráulico de leste para oeste.

Os exutórios das águas subterrâneas dos aquíferos III e II são o rio Capivari e a evapotranspiração. Também os sedimentos da unidade genética inferior que são realimentados por drenagem através dos aquíferos III e II podem ser considerados como exutórios.

8.2. Potencialidade e prospectividade dos aquíferos

Os valores médios de potencialidade e prospectividade de estão indicados na Figura 8.1. As potencialidades aquíferas variam de média/baixa, com vazões de 1 a 5 metros cúbicos horários, a média/alta, com vazões de ordem de 100 metros cúbicos horários, por poço. Quanto à prospectividade variam de média/baixa a média/alta. Suas águas são de excelente qualidade química, de fácil exploração e são captadas por meio de poços que atingem profundidades de até 300 metros.

8.3. Distribuição espacial dos aquíferos

As características dimensionais dos aquíferos podem ser avaliadas somente ao nível de detalhes coerente com as secções geológicas AB e CD (Anexo 7.1), com o mapa de isólitais de arenito

(Figura 7.2) e com os levantamentos geológicos de campo.

A região do Baixo Rio Capivari dispõe, portanto, dos aquíferos III e II relacionados, respectivamente, ao Sistema Deltaico e Costeiro.

O aquífero III só está disponível para a área norte da Bacia, onde afloram a Formação Tatui e o Grupo Passa Dois. Desta maneira, apenas Rio das Pedras, Saltinho e os sitiantes dessa região usufruem dessa possibilidade para captação de água dentro ou próximo da bacia do baixo Capivari.

O Sistema Costeiro apresenta excelentes possibilidades como aquífero conforme mostra a Figura 8.1 e como já demonstraram os furos na região de Piracicaba, Rio Claro e outras cidades que o utilizam. Apesar disso, as regiões situadas a oeste da área podem não dispor desse aquífero visto que o sistema apresenta variação faciológica para fins no sentido oeste. Tal situação pode ser observada na Figura 7.7 onde estão apresentadas as variações laterais de facies do Sistema Costeiro e da parte superior do Sistema Deltaico.

O Sistema Costeiro apresenta direção deposicional orientada N-S em Tupi, ENE-WSW em Cerquilha e direções em torno de NE-SW em Mombuca e Capivari, mantendo sempre mergulho deposicional para oeste e noroeste. Isso significa que ao tempo do Sistema Costeiro o mar estava do lado oeste e nessa região predominou de posição de fins enquanto que para leste onde se situava o continente predominou a deposição de sedimentos grosseiros.

As cidades de Capivari, Mombuca e Rafard e as regiões ao longo do Vale do Capivari, dispõem apenas do Sistema Deltaico como aquífero. O problema desse aquífero reside na dificuldade em ser prospectado (Figura 8.1), já que os lobos deltaicos são corpos lenticulares e dificilmente podem ser previstos. A variabilidade do aquífero pode ser muito bem exemplificada pelo contraste entre o poço IG-01 (seqüência de lobos arenosos superpostos) e o IG-02 que estão separados de apenas alguns quilômetros (Figura 8.1).

As sondagens efetuadas revelaram também que as situações dos poços não são as mais comuns. A regra geral é a de um poço cortar seqüências arenosas de dez a trinta metros de espessura

(lobos deltaicos) que podem ser bons aquíferos (planície deltaica) ou não (frentes deltaicas). Essas seqüências são intercaladas por dezenas de metros de sedimentos finos (ritmitos, folhelhos e diamictitos de plataforma), mas repetem-se ao longo dos poços (Figuras 7.5 e 8.1).

8.4. Características hidrodinâmicas dos aquíferos

As características hidrodinâmicas dos aquíferos não podem ser avaliadas com bom grau de confiabilidade em decorrência da falta de estudos mais detalhados sobre a distribuição espacial dos lobos deltaicos que armazenam toda água subterrânea da região. Estes estudos deverão ser conduzidos com base em prospecção geofísica, sondagens mecânicas e testes de aquífero a fim de que se possa admitir valores médios para as referidas características uma vez que os trabalhos geológicos de campo e os poucos testes realizados confirmam a grande irregularidade dos lobos deltaicos, suas heterogeneidade e anisotropia.

Alguns dados relativos às transmissibilidades e aos coeficientes de armazenamento foram obtidos por meio de testes de aquífero realizados em alguns poços. Assim, em Rafard foram conduzidos dois testes no aquífero II: um no poço IG-01 obtendo-se para a transmissibilidade, T_h , o valor de $0,057\text{m}^3/\text{h.m}$ e para o coeficiente de armazenamento, S_a , o valor de $0,13$; e outro no poço IG-05 obtendo-se $T_h = 1,02\text{m}^3/\text{h.m}$ e $S_a = 8,06 \times 10^{-4}$.

Outros dois testes foram realizados no poço IG-01 situado no Sítio São Jerônimo, em Mombuca. O primeiro deles foi realizado quando o poço estava com 130 metros de profundidade e tinha ultrapassado o aquífero III e atingido uma pequena parte do aquífero II. Os resultados deste teste mostraram para $T_h = 0,85\text{m}^3/\text{h.m}$ e $S_a = 1,54 \times 10^{-15}$. O segundo teste foi realizado após a conclusão da perfuração do poço, isto é, atingidos os 200 metros de profundidade. Assim, com uma maior penetração no aquífero II, os resultados encontrados foram $T_h = 1,11\text{m}^3/\text{h.m}$ e $S_a = 1,41 \times 10^{-13}$. Estes resultados mostram que o pequeno aumento desses coeficientes deve-se à pequena contribuição do aquífero II que localmente tem uma potencialidade baixa por ser constituído predominantemente de

argila.

A Tabela 8.1 apresenta as características dos poços testados, geologicamente descritos no Capítulo 5. As transmissibilidades foram determinadas pelo método de JACOB (1950).

8.5. Correlação entre resistência transversal e transmissibilidade hidráulica.

Em passado recente vários investigadores tentaram estabelecer relações empíricas, semi-empíricas e as vezes mesmo teóricas entre vários parâmetros de aquíferos e parâmetros obtidos por métodos elétricos de superfície e de subsuperfície, como por exemplo HENRIET (1976) e KELLY (1977).

Medições da resistividade elétrica do aquífero são intuitivamente atrativas para se estimar sua condutividade hidráulica por causa da relação fundamental que existe entre esta grandeza e a condutividade elétrica através da dependência de ambas, da tortuosidade e da porosidade (BEAR, 1972). Além disso é significativo o fato de que medições elétricas de superfície são capazes de amostrar um volume apropriadamente grande de um aquífero.

KELLY (1977) descobriu interessantes relações entre parâmetros hidrogeológicos e elétricos dos aquíferos, em região glacial de planície de lavagem, na qual seis SEV foram realizadas em locais onde testes de bombeamento haviam sido previamente conduzidos. Os resultados indicaram que resistividades elétricas determinadas a partir das SEV podiam ser usadas para prever condutividades hidráulicas.

GRIFFITHS (1976) trabalhando no bem conhecido aquífero do arenito Bunter (Triássico) na Inglaterra, mostrou a possibilidade de uso de técnicas elétricas de superfície para a determinação da porosidade e permeabilidade (condutividade hidráulica).

Um outro tipo de correlação entre uma variável do tipo elétrico e uma relacionada à hidráulica de aquífero que tem se mostrado satisfatória é a que existe entre a resistência transversal e a transmissibilidade, como ilustrado pelas pesquisas de NI

Tabela 8.1. Características hidrogeológicas dos poços testados. NE: nível estático; ND: nível dinâmico; Q = vazão; Q esp: vazão específica; T_h : transmissibilidade hidráulica; S_a : coeficiente armazenamento; Prof.: profundidade.

Poço	NE m	ND m	Q l/h	Q esp m ³ /h.m	T_h m ³ /h.m	S_a	Prof. m
IG-01	72,80	121,50	1800	0,046	0,057	0,13	262,00
IG-02	13,51	49,40	29300	0,816	3,117	$1,063 \times 10^{-15}$	292,00
IG-03 1º teste	10,3	49,11	9780	0,25	0,85	$1,54 \times 10^{-15}$	130,00
IG-03 2º teste	15,72	70,42	18857	0,345	1,11	$1,41 \times 10^{-13}$	200,4
IG-04	49,33	88,13	9660	0,249	0,48	$2,16 \times 10^{-8}$	238,5
IG-05	43,94	88,19	39600	0,89	1,02	$8,06 \times 10^{-4}$	300,00
IG-06	60,35	91,96	41680	1,32	2,93	$2,23 \times 10^{-9}$	291,00
IG-07	22,54	37,92	20800	1,35	1,52	$3,72 \times 10^{-3}$	130,00

WAS & SINGHAL (1981) usando dados do já citado trabalho de KELLY (1977), e também pelos trabalhos de KOSINSKI & KELLY (1981).

Na literatura científica brasileira o único trabalho que procurou estabelecer correlações do tipo mencionado nos parágrafos anteriores é o de ELLERT (1973) e se refere justamente ao Grupo Tubarão. Aquele autor propôs uma relação linear entre resistividade elétrica do aquífero e vazão usando dados de SEV efetuadas em três poços próximos entre si, em região de borda da Bacia do Paraná.

A existência dessas relações na forma de mapas, gráficos ou equações enriquece obviamente o conhecimento hidrogeológico do(s) aquífero(s) envolvido(s). Elas permitem, por exemplo, prever a transmissibilidade num local onde a resistência transversal é conhecida, supondo-se que esse local tenha o mesmo comportamento geológico existente nos pontos que serviram de base para a obtenção das mesmas.

Uma correlação entre transmissibilidade hidráulica e resistência transversal pode ser procurada para o(s) aquífero(s) do Subgrupo Itararé na região do Baixo Rio Capivari.

Os valores de resistências transversais são calculados pela equação (4.5) a partir dos dados de SEV interpretados, constantes da Tabela 4.2. A Tabela 8.2 apresenta esses valores para a faixa de profundidades entre 50 m e 200 m. Os primeiros 50 m superficiais não foram considerados uma vez que a maior parte dos poços apresenta níveis estáticos dessa ordem ou mais profundos. A Tabela 8.2 só utiliza dados de SEV efetuadas no Subgrupo Itararé.

A Figura 8.2 apresenta o mapa de resistência transversal, com os valores da Tabela 8.2 ligeiramente arredondados. Nota-se no mesmo um comportamento mais definido na região oeste.

Dos poços apresentados na Tabela 8.1 somente o IG-01 e o IG-03 possuem SEV paramétricas. Entretanto, resistências transversais podem ser associadas aos demais poços por interpolação e extrapolação realizadas no mapa da Figura 8.2. A Tabela 8.3 apresenta o conjunto de valores de resistências transversais associadas aos poços.

Os dados da Tabela 8.3 associados aos de transmissibilidades constantes da Tabela 8.1 permitiram a obtenção da relação entre resistência transversal T e transmissibilidade hidráulica

Tabela 8.2. Resistência transversal para as rochas do Subgrupo I tararé, entre 50 e 200 metros de profundidade. Para localização das SEV ver mapa de pontos (Anexo 4.1).

SEV nº	Resistência Transversal (ohm.m ²)
01	2184
08	5000
09	10616
10	15750
11	6000
12	19770
14	4500
15	1300
18	5500
19	6500
20	11000
22	4500
24	7300
26	12720
27	4200

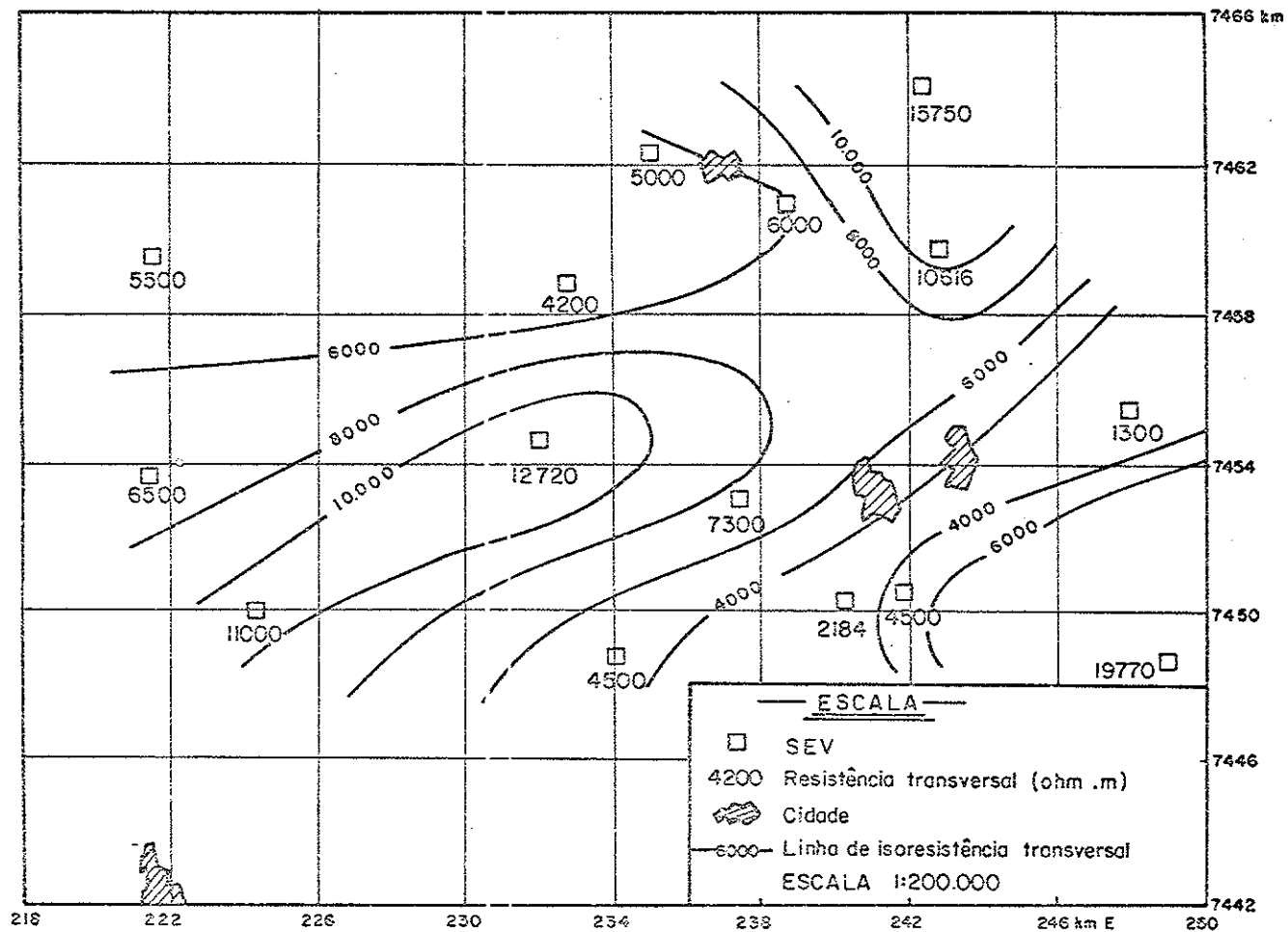


Figura 8.2 — Mapa de linhas de isovalores de resistência transversal baseado nas SEV.

lica T_h para o Subgrupo Itararé na região do Baixo Rio Capivari, mostrada na Figura 8.3 e dada pela relação

$$T(\text{ohm.m}) = 4330 T_h (\text{m}^3/\text{h.m}) \quad (8.1)$$

determinada por regressão linear através da família do tipo $y=ax$.

Tabela 8.3. Valores de resistência transversal associados aos poços estratigráficos. Localização dos poços: mapa do Anexo 4.1.

Poço	Resistência Transversal (ohm.m ²)
IG-01	2184
IG-02	4000
IG-03	5000
IG-04	7000
IG-05	4000
IG-06	9000
IG-07	7000

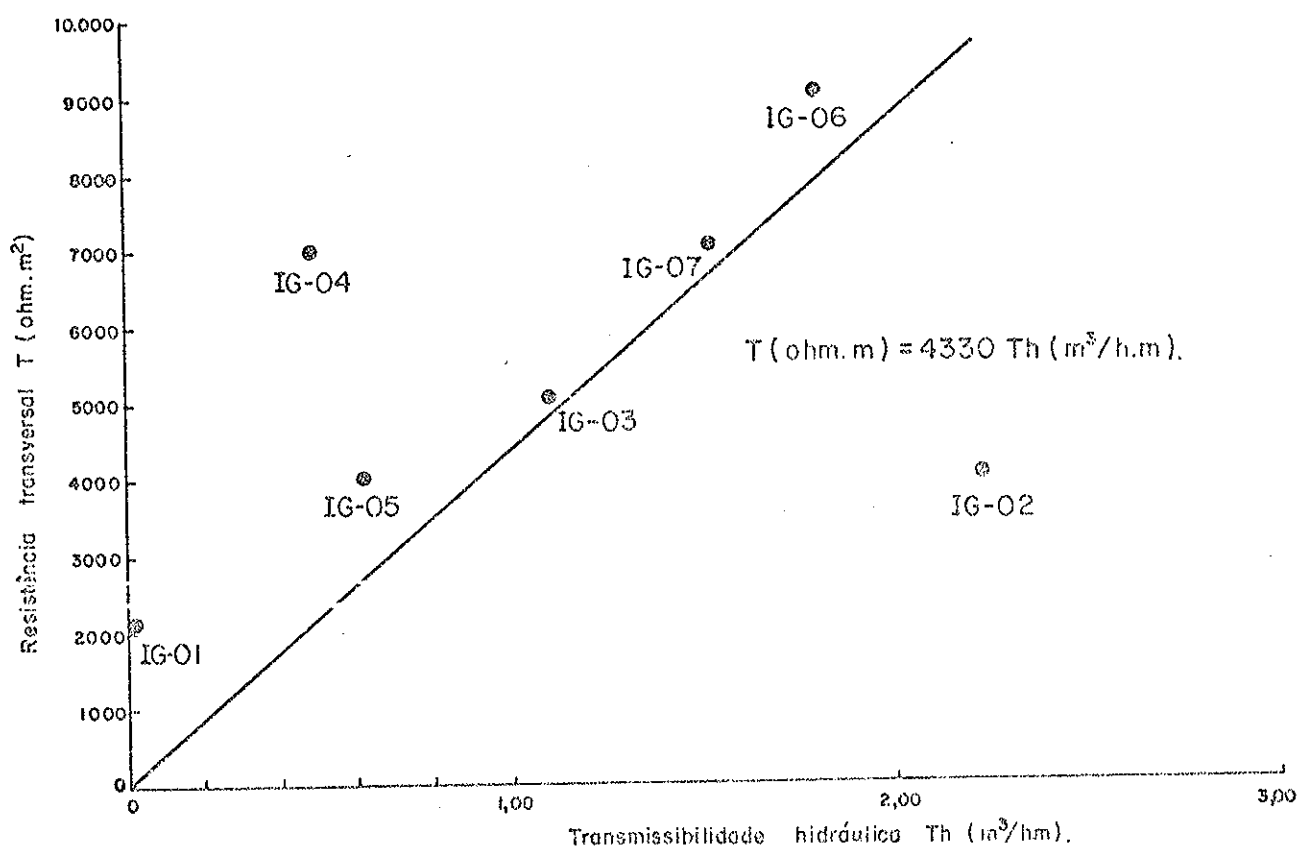


Figura 8.3 — Correlação entre resistência transversal e transmissibilidade hidráulica para os poços estratigráficos na região do Baixo Rio Capivari.

CAPÍTULO 9

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

"An eminent geophysicist recently said that geology is at a stage of development comparable with that of physics before Newton. Discoveries yet to be made in geology will be as fundamental and as sweeping as those of the last three centuries of physics. With this I agree, but hasten to add that fundamental discoveries yet to come in physics will also dwarf modern physics. Whatever our field of science, we have scarcely begun to scratch the surface. Progress stops whenever we smugly believe that the fundamentals are known and that future work will only crystallise details". (CAREY, 1976)

9. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1. Levantamentos geofísicos e geológicos de superfície e sub-superfície possibilitaram, através da aplicação do conceito de sistemas deposicionais, a delimitação da ocorrência dos sistemas costeiro e deltaico para os sedimentos do Subgrupo Itararé da Bacia hidrográfica do Baixo Rio Capivari (SP).

9.2. Na região do Baixo Rio Capivari encontra-se o terço superior do Subgrupo Itararé, com os Membros Tietê e Capivari; o Sistema Costeiro compreende a parte superior do Membro Tietê e o Sistema Deltaico abrange a parte média e inferior da referida unidade, além de compreender todo o Membro Capivari.

9.3. Os levantamentos citados em 9.1 permitiram estabelecer um relacionamento aproximado entre os Membros, os sistemas deposicionais, os aquíferos sedimentares e as áreas de ocorrência.

9.4. O Sistema Costeiro apresenta excelentes possibilidades como aquífero (aquífero III), apresentando variação faciológica para fins no sentido oeste.

9.5. As cidades de Capivari, Mombuca e Rafard dispõem apenas do Sistema Deltaico como aquífero (aquífero II), difícil de ser prospectado dado o caráter lenticular dos lobos deltaicos e sua variabilidade.

9.6. Do ponto de vista hidrogeológico os aquíferos II e III podem ser considerados ora como um sistema aquífero único, conforme haja ligação direta entre suas águas, quer por meio do contato físico entre seus corpos arenosos quer por meio de fraturamentos existentes, ora como subsistemas aquíferos independentes, conforme

haja separação entre eles quer por lentes argilosas quer por corpos de diabásio.

9.7. As potencialidades dos aquíferos variam de média/baixa , com vazões de 1 a 5 metros cúbicos horários, a média/alta, com vazões da ordem de 100 metros cúbicos horários. Quanto à prospectividade varia de média/baixa a média/alta.

9.8. As sondagens elétricas verticais (SEV) permitiram: a) do ponto de vista litológico a caracterização geoeletrica regional para as rochas do Subgrupo Itararé; b) do ponto de vista geométrico a distribuição dessas rochas através de mapas de isóclitas e de seções geológicas em parte baseadas nas SEV.

9.9. O princípio de equivalência das camadas representa importante papel na interpretação das curvas de campo das SEV. Nesse aspecto, a existência de SEV paramétricas é fundamental.

9.10. Os perfis geofísicos de poços estratigráficos (gama, potencial espontâneo e resistência monoeletrodo) mostraram excelente correlação com a litologia. Tal fato sugere que as perfilagens que vierem a ser realizadas mesmo em sondagens rotativas contribuirão sobremaneira para a ampliação do conhecimento geológico e hidrogeológico regional. A realização de perfilagens de resistividade elétrica e de temperatura poderão tornar quantitativas as interpretações dos perfis.

9.11. As SEV, associadas a um levantamento magnetométrico, mostraram também que os arenitos podem ter resistividades equivalentes às dos diabásios. Dessa forma há necessidade sempre da aplicação desses dois métodos nas pesquisas hidrogeológicas na região.

9.12. Uma interpretação quantitativa das anomalias magnéticas

em termos de distribuição tridimensional dos corpos que as originam poderá no futuro incorporar aos aquíferos sedimentares os aquíferos dos diabásios fraturados.

9.13. Dados de transmissibilidade e de resistência transversal tornaram possível o estabelecimento de uma correlação linear entre os mesmos. O mapa de resistência transversal passa assim a possuir grande importância na gestão dos aquíferos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A.N. - 1954 - A Geomorfologia do Estado de São Paulo. In: Aspectos geográficos da terra bandeirante. Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro, p. 1-97.
- ALGARTE, J.P. - 1972 - A influência dos arqueamentos cratônicos no condicionamento das alcalinas nos Estados de São Paulo e Paraná. In: CONG. BRAS. GEOL., 26, Belém, 1972. Anais... Belém, SBG, V.1, p. 65 - 69.
- ALMEIDA, F.F.M. - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: INST. GEOGR. GEOL. Boletim. São Paulo, p. 167-263 (Boletim 41: Geologia do Estado de São Paulo).
- ALMEIDA, F.F.M. - 1967 - Origem e Evolução da Plataforma Brasileira. In: DNPM/DGM. Boletim. Rio de Janeiro, 36 p. (Boletim 241).
- ALMEIDA, F.F.M. - 1981 - Síntese sobre a Tectônica da Bacia do Paraná. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3, Curitiba, 1981. Atas... Soc. Bras. Geol. - Núcleo de São Paulo - Vol. 1, p. 1-20.
- ALMEIDA, F.F.M.; BARBOSA, O. - 1953 - Geologia das quadrículas de Piracicaba e Rio Claro, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, DNPM/DEM, 96 p. (Boletim 143).
- AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J.H. - 1966 - Potassium - argon ages of basaltic rocks from Southern Brazil. Geoch. Cosmoch. Acta, 30(2): 159 - 189.
- AMARAL, I.C.; ODDONE, D.S.; OLIVEIRA, G.M.A. - 1936 - Prospecção magnética detalhada nas áreas de São Pedro - Charqueada. In: DNPM/SFPM. Boletim. Rio de Janeiro, p. 1-22. (Boletim 10: Prospecção Geophysica em São Paulo).

- ANDRADE, S.M.; SOARES, P.C. - 1971 - Geologia do Centro-Leste do Estado de São Paulo. In: PETROBRÁS Relatórios, Rio de Janeiro, DE SUL. (Relatório 407).
- BARANOV, W. - 1957 - A new method for interpretation of aeromagnetic maps: pseudo-gravimetric anomalies. Geophysics, 22, p. 359-383.
- BARANOV, V. - 1960 - Rôle de mathématiques dans l'art de l'interprétation. Geoph. Prosp., 8(2): p. 141 - 148.
- BARANOV, W. - 1975 - Potential fields and their transformations in applied geophysics. In: Van Nostrand, R.G; Saxov, S., ed. Geoploration Monographs, Series 1, nº 6, Berlin, Gebriider Borntraeger.
- BARBOSA, O.; ALMEIDA, F.F.M. - 1949 - A Série Tubarão na Bacia do Rio Tietê, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, DNPM/DEM, 16 p. (Notas Preliminares e Estudos 48).
- BARBOSA, O.; GOMES, F.A. - 1958 - Pesquisa de petróleo na Bacia do Rio Corumbataí, Estado de São Paulo. Rio de Janeiro, DNPM/DEM, 40 p. (Boletim 171).
- BATTERHAM, P.M.; BULLOCK, S.J.; HOPGOOD, D.N. - 1983 - Tanzania: integrated interpretation of aeromagnetic and radiometric maps for mineral exploration. Trasn. Inst. Min. Metal., Section B.; applied Earth Science, 92(2): p. B83 - B92.
- BEAR, J. - 1972 - Dynamics of fluids in porous media. New York, American Elsevier, 764 p.
- BHATTACHARYA, P.K.; PATRA, H.P. - 1968 - Direct Current Geoelectric Sounding. Amsterdam, Elsevier, 136 p.

- BIELLA, G; LOZEJ, A; TABACCO, I. - 1983 - Experimental study of some hydrogeophysical properties of unconsolidated porous media. Ground Water, 21 (6): p. 741-751.
- BJORNBERG, A.J.S.; LANDIM, P.M.B; GANDOLFI, N. - 1965 - Indícios de contribuição eólica nos sedimentos do Grupo Tubarão, em Limeira e Casa Branca, São Paulo. In: ESC. ENG. SÃO CARLOS Geologia. São Carlos, USP, p. 1-16 (Boletim Geologia nº 13).
- CAETANO CHANG, M.R. - 1984 - Análise ambiental e estratigráfica do Subgrupo Itararé (PC) no Sudoeste do Estado de São Paulo. São Paulo, 310 p. (Tese de Doutorado. IGUSP. Inédita).
- CAETANO CHANG; M.R.; LANDIM, P.M.B. - 1983 - Interpretação ambiental da secção Itaporanga-Taquarituba, SW do Estado de São Paulo. (Subgrupo Itararé). Geociências, vol. 2, p. 97-116.
- CANUTO, J.R. - 1985 - Origem dos diamictitos e de rochas associadas do Subgrupo Itararé, no sul do Estado do Paraná e norte do Estado de Santa Catarina. São Paulo, 187 p. (Dissertação de mestrado. IGUSP. Inédita)
- CAREY, S.W. - 1976 - The expanding earth. Amsterdam, Elsevier, 488 p.
- CASSINIS, R.; PARASNIS, D.S. - 1976 - Foreword (in "New Roles of Geophysical Methods in Exploration for Water Resources"). Geoploration, 14(3/4): p. 155 - 156.
- CHAVES, H.A.F. - 1973 - Análise de tendência da razão arenito/folhelho na sedimentação lacustre. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXVII, Aracajú, 1973. Anais... Aracajú, Soc. Bras. Geol. V. 3 p.417-427.
- COIMBRA, A.M.; NETO, M.B.; PETRI, S. - 1977 - O alinhamento estrutural do Tietê. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1, São Paulo. Atas..., Soc. Bras. Geol. - Núcleo de São Paulo - p. 145-152.

- COTTAS, L.R.; FIORI, A.P.; LANDIM, P.M.B. - 1981 - Divisão faciolo-
gica do Subgrupo Itararé e da Formação Aquidauana no Nordeste
do Estado de São Paulo. In: 3º SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, Cu-
ritiba. Atas... Curitiba, SBG, Vol. 2, p. 103-111.
- DAEE - 1974 - Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa
6: Ribeirão Preto. São Paulo, V. 2, texto.
- DAEE - 1979 - Estudo de Águas Subterrâneas. Regiões Administrati-
vas 10 e 11: Presidente Prudente e Marília. São Paulo, V. 1, 220
p.
- DAEE - 1981 - Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa
5: Campinas. São Paulo, 607 p.
- DAEE - 1982 - Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa
4 - Sorocaba. Vol. 1. São Paulo, 256 p.
- DAEMON, R.F.; QUADROS, L.P. - 1970 - Bioestratigrafia do neopaleo-
zóico da Bacia do Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXIV, Brasília,
1970. Anais... Brasília, Soc. Bras. Geol., Vol. , p.359-412.
- DAVINO, A. - 1979 - O Grupo Tubarão em Indaiatuba, SP. Estudo hi-
drogeológico por eletroresistividade e perfilagens geofísicas.
In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2º, Rio Claro, 1979. Atas...,
Soc. Bras. Geol. - Núcleo de São Paulo - Vol. 2, p.241-251.
- DAVINO, A. - 1983 - Curvas-padrão de sondagens elétricas para as
seqüências estratigráficas Bauru-Basalto-Botucatu da Bacia do
Paraná e sua importância para a prospecção de água subterrânea.
Rev. Bras. Geoc., 13(2): p. 113-118.
- DAVINO, A.; SINELLI, O.; SOUZA, A.; CORREIA, C.T. - 1982 - Diabá-
sios na região nordeste da Bacia do Paraná. In: CONGR. BRAS.
GEOL., XXXII, Salvador, 1982. Anais... Salvador, Soc. Bras. Geol.,
Vol. 4, p. 1736-1744.

- DAVIS, J.C. - 1973 - Statistics and Data Analysis in Geology. New York, John Wiley & Sons, Inc., 550 p.
- DEFFONTAINES, P., - 1935 - Regiões e Paisagens do Estado de São Paulo. Primeiro esboço de divisão regional. Geografia, 1 (2): 117-169. São Paulo.
- DNPM - 1980 - Relatório Anual: Atividades de 1979. Brasília, Dep. Nac. Prod. Min., 247 p.
- EAEG - 1980 - Standard Graphs for Resistivity Prospecting. European Association of Exploration Geophysicists.
- EBERT, A. - 1943 - Grundlagen zur Auswertung Geoelektrischer Tiefenmessungen. Beitr. z. angew. Geophys., 10, p. 1.
- ELLERT, N. - 1973 - Aplicação de eletroresistividade em sedimentos paleozóicos e mesozóicos do Estado de São Paulo. Rev. Bras. Geoc., 3: p. 39 - 47.
- ELLERT, N.; BARÇA, S.F. - 1982 - Aplicação de métodos geofísicos na delimitação do alto estrutural de Tanabi - NW do Estado de São Paulo. Geociências, São Paulo, 1: p. 75 - 82.
- FERREIRA, F.J.F. - 1982 - Integração de dados aeromagnéticos e geológicos: configuração e evolução tectônica do Arco de Ponta Grossa. São Paulo, 169 p. (Dissertação de Mestrado. IGUSP. Inédita).
- FERREIRA, F.J.F.; MORAES, R.A.V.; FERRARI, M.P.; VIANNA, R.B. - 1981 - Contribuição ao estudo do alinhamento estrutural de Guapiara. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 3º, Curitiba, 1981. Atas..., Soc. Bras. Geol. - Núcleo de São Paulo - Vol. 1, p. 226-240.
- FIORI, A.P.; COTTAS, L.R. - 1980 - Divisão faciológica do Grupo Itararé no Nordeste do Estado de São Paulo. In: CONG. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, 1980. Resumos..., Soc. Bras. Geol., Camboriú, Boletim 2, p. 360.

- FISHER, W.L.; Mc GOWEN, J.H. - 1967 - Depositional systems in the Wilcox Group of Texas and their relationship to occurrence of oil and gas. Trans. Guef Coast Assoc. Geol. Soc., 17, p.105-125.
- FISHER, W.L.; BROWN, L.P.; SCOTT, A.J.; Mc GOWEN, J.H. - 1969 - Delta systems in the exploration for oil and gas. Texas Bur. Econ. Geol., 78 p.
- FISHER, W.L.; GAMA, Jr., E.G.; OJEDA y OJEDA, H.A. - 1973 - Estratigrafia sísmica e Sistemas Depositionais da Formação Piaçubucu. In: CONG. BRAS. GEOL., 27, Aracajú, 1973. Anais..., Soc.Bras. Geol., Aracajú, V. 3, p. 123-134.
- FLATHE, H. - 1976 - The role of a geologic concept in geophysical research work for solving hydrogeological problems. Geoexploration, 14 (3/4), p. 195-206.
- FRAKES, L.A.; CROWELL, J.C. - 1969 - Late Paleozoic glaciation: I South America. Bull. Geol. Soc. America, 80 (6); p. 1007-1042.
- FRAKES, L.A.; FIGUEIREDO Fº, P.M. - 1967 - Glacial rocks of the Paraná Basin exposed along the Sorocaba - Itapetininga road. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D., ed. Problems in Brazilian Gondwana Geology - Brazilian contribution to the I International Symposium on the Gondwana Stratigraphy and Paleontology. Curitiba, Brasil, p. 103-106.
- FÚLFARO, V.J. - 1971 - A Evolução Tectônica e Paleogeográfica da Bacia Sedimentar do Paraná pelo "Trend Surface Analysis". In: ESC. ENG. SÃO CARLOS Geologia. São Carlos, USP, 112 p. (Boletim Geologia nº 14)
- FÚLFARO, V.J. - 1974 - Tectônica do alinhamento do Paranapanema. In: INST. GEOC. Boletim. São Paulo, USP, p. 129-138. (Boletim Vol. 5).

- FÚLFARO, V.J.; SUGUIO, K. - 1967 - Campos de diques de diabásio da Bacia do Paraná. Bol. Soc. Bras. Geol., São Paulo, 16(2):p.23-38.
- FÚLFARO, V.J.; GAMA Jr., E; SOARES, P.C. - 1980 - Revisão estrati-gráfica da Bacia do Paraná. São Paulo, PAULIPETRO - Consórcio CESP/IPT, 155 p. (Relatório BP 008/80).
- FÚLFARO, V.J.; STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E.; BARCELOS, J.H. - 1984 - A Formação Tatui (P) no Estado de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXXIII, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, Soc. Bras. Geol., Vol. 2, p. 711-724.
- GALLOWAY, W.E.; HOBDAV, D.K. - 1983 - Terrigenous Clastic Depositio-nal Systems. New York, Springer - Verlag Inc., 423 p.
- GAMA Jr., E.G. - 1976 - Análise de tendência de espessuras do Membro Marituba da Formação Piaçabuçu da Bacia de Sergipe - Alagoas. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXIX, Ouro Preto, 1976. Anais...Ouro Preto, Soc. Bras. Geol., Vol. 2, p. 233-239.
- GAMA Jr., E.G. - 1977 - Sistemas deposicionais e modelo de sedimentação das formações Campos e Emborê, Bacia de Campos, Rio de Janeiro, Brasil. São Paulo, 107 p. e anexos, 2 vol. (Tese de Douto-ramento. IGUSP. Inédita).
- GAMA Jr., E.C.; CAETANO, M.R.; WEYLER, G. - 1980 - Divisão faciolo-gica do Grupo Itararé no centro-leste do Estado de São Paulo. In: CONG. BRAS. GEOL., 31, Camboriú, 1980. Resumos..., Soc. Bras. Geol., Camboriú, Boletim 2, p. 365.
- GAMA Jr., E; BANDEIRA, A.N.; FRANÇA, A.B. - 1982 - Distribuição es-pacial e temporal das unidades litoestratigráficas paleozóicas na parte central da Bacia do Paraná. In: PAULIPETRO - Geologia da Bacia do Paraná - Reavaliação da Potencialidade e Prospectivi-dade em Hidrocarbonetos. São Paulo, Consórcio CESP/IPT, p. 19-40.

- GEIKIE, A. - 1905 - The Founders of Geology. Londres, MacMillan and Company, 2ª ed. 486 p.
- GORDON, Jr., M. - 1947 - Classification of the gondwanic rocks of Paraná, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, DNPM/DGM, p. (Boletim 38).
- GRIFFITHS, D.H. - 1976 - Application of electrical resistivity measurements for the determination of porosity and permeability in sandstones. Geoexploration, 14(3/4): p. 207-213.
- HARALYI, N.L.E. - 1978 - Carta Gravimétrica do Oeste de Minas Gerais, Sudeste de Goiás e Norte de São Paulo. São Paulo, 152 p. (Tese. IGUSP. Inédita).
- HENRIET, J.P. - 1976 - Direct applications of the Dar Zarrouk parameters in ground water surveys. Geoph. Prosp., 24: p. 344-353.
- IAEA - 1982 - Borehole Logging for Uranium Exploration. Viena, Intern. Atom. En. Ag., Technical Reports Series nº 212, 278 p.
- IAKUBOVSKII, I.U.; LIAJOV, L.L. - 1980 - Exploracion eléctrica, Barcelona, Ed. Reverté, 421 p.
- JACOB, C.E. - 1950 - Flow of Ground Water. In: ROUSE, H., ed. Engineering Hydraulics. N. York, John Wiley & Sons, p. 321-386.
- JANKOWSKY, W.J. - 1981 - Presidential Address: Communication Between Geophysicists. Geoph. Prosp., 29, p. 669-671.
- KELLER, G.V.; FRISCHKNECHT, F.C. - 1966 - Electrical methods in geophysical prospecting. Oxford, Pergamon Press, 343 p.
- KELLY, W.E. - 1977 - Geoelectric Sounding for Estimating Aquifer Hydraulic Conductivity. Groundwater, 15(6): p. 420-425.

- KOSINSKI, W.; KELLY, W.E. - 1981 - Geoelectric soundings for predicting aquifer properties. Ground water, 19(2): p. 163-171.
- LANDIM, P.M.B. - 1973 - Contribuição ao estudo dos mistitos do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. In: ESC. ENG. SÃO CARLOS, Geologia. São Carlos, USP, p. 1-98 (Boletim Geologia nº 17).
- LANDIM, P.M.B.; FÚLFARO, V.J. - 1972 - Trend-surface analysis of Carboniferous and Permian thickness data from Paraná Basin. An. Acad. Bras. Ciên., 44 (supl.): 187-196.
- LEINZ, V. - 1937 - Estudos sobre a glaciação Permo-Carbonífera do sul do Brasil. Rio de Janeiro, DNPM/SFPM, 47 p. (Boletim 21).
- LOGACHEV, A.A.; ZAJAROV, V.P. - 1978 - Exploración Magnética. Editorial Reverté, Barcelona. 346 p.
- MAILLET, R. - 1947 - The fundamental equations of electrical prospecting. Geophysics, 12, p. 529-556.
- MARTIN, H.; MAU, H; BJORNBERG, A.J.S. - 1959 - Vale preglacial a Nordeste de Jundiá, S.P. Bol. Soc. Bras. Geol., 8 (2): p. 35-40.
- MCCROSSAN, R.G. - 1961 - Resistivity mapping and petrophysical study of Upper Devonian inter-reef calcareous of central Alberta, Canada. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 45, p. 441-470.
- MENDES, J.C. - 1967 - The Passa Dois Group (The Brazilian portion of the Paraná Basin). In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I. D. ed. Problems In Brazilian Gondwana Geology - Brazilian contribution to the I International Symposium o the Gondwana Stratigraphy and Paleontology. Curitiba, Brasil, p. 119-166.
- MEZZALIRA, S. - 1969 - Geologia de superfície em Itu, SP; ocorrência de rocha moutonnée nos testemunhos de sondagens. An. Acad. Bras. Ciên., 41(1): p. 83-90.

- MIALL, A.D. - 1984 - Principles of sedimentary basin analysis. New York, Springer - Verlag Inc, 490 p.
- MONBEIG, P. - 1949 - A divisão regional do Estado de São Paulo. An Assoc. Geogr. Bras., São Paulo, 1, p. 19-30.
- MOORE, C.A. - 1963 - Handbook of subsurface geology. London, Harper & Row, 235 p.
- NIWAS, S.; SINGHAL, D.C. - 1981 - Estimation of aquifer transmissivity from Dar Zarrouk parameters in porous media. Journal of Hydrology, 50: p. 393-399.
- NORTHLET, A.A.; MEDEIROS, R.A.; MÜHLMANN, H. - 1969 - Reavaliação dos dados geológicos da Bacia do Paraná. Bol. Tec. Petrobrás, Rio de Janeiro, 12 (3): p. 291-343.
- OHOFUGI, W. - 1982 - Resolução do método magneto - telúrico na área de Piquiri - Cantu, Bacia do Paraná. In: PAULIPETRO - Geologia da Bacia do Paraná - Reavaliação da Potencialidade e Prospectividade de em Hidrocarbonetos. São Paulo, Consórcio, CESP/IPT, p.183-198.
- OLIVEIRA, E.P. - 1916 - Geologia do Estado do Paraná. In: MIN. AGR. IND. COM. BRASIL. Boletim. Rio de Janeiro. (Boletim 5, nº 1).
- ORELLANA, E. - 1963 - Properties and drawing of the so-called Dar Zarrouk curves. Geophysics, 28, p. 199-210.
- ORELLANA, E. - 1972 - Prospección geoelectrica en corriente continua. Ed. Paraninfo, Madrid, 523 p.
- ORELLANA, E.; MOONEY, H.M. - 1966 - Master tables and curves for vertical electrical soundings. Madrid, Interciencia, 34 p. de texto, 125 p. de tabelas, 68 laminas.

- PACCA, I.G.; HIODO, F.Y. - 1976 - Paleomagnetic analysis of mesozoic Serra Geral basaltic lava flows in southern Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON CONTINENTAL MARGINS OF ATLANTIC TYPE. An. Acad. Bras. Ci., Rio de Janeiro, 48 (supl.): 207-214.
- PASCHOLATI, E.M. - 1983 - Possibilidade de interferências termiais do magmatismo Juro-Cretácico na análise paleomagnética do Grupo Itararé. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 49, São Paulo, 1983. Atas... Soc. Bras. Geol. - Núcleo de São Paulo - p. 211-222.
- PAYNE, T.G. - 1942 - Stratigraphical analysis and environmental reconstruction. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol., 26 (11), p.1697-1770.
- PETRI, S. - 1964 - Grupo Tubarão. In: INST. GEOGR. GEOL. Boletim. São Paulo, p. 56-63. (Boletim 41: Geologia do Estado de São Paulo).
- PETRI, S.; FÚLFARO, V.J. - 1983 - Geologia do Brasil. São Paulo, T. A. Queiroz, Ltda, 631 p.
- PONÇANO, W.L.; CARNEIRO, C.D.R.; BISTRICHI, C.A.; ALMEIDA, F.F.M.; PRANDINI, F.L. - 1981 - Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Monografias, São Paulo, 94 p. (Monografia 5, Publicação IPT nº 1183).
- PROMINERIO - 1981 - Mapa geológico do Estado de São Paulo. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Monografias, São Paulo, V.1 (texto, 126 p.) V.2 (mapas). (Monografia 6, Publicação IPT nº 1184).
- REGO, L.F.M. - 1932 - Notas Sobre a Geomorfologia de São Paulo e sua Gênese. Inst. Astron. Geofísico, São Paulo, 28 p.
- REYNOLDS, G.A. - 1980 - Influence of glacial overburden on geoelectrical prospecting in Ireland. Trans. Inst. Min. Metal., Section B, Applied Earth Science, 89 (1): p. B44-B49.

RICCI-LUCCHI, F. - 1980 - Sedimentologia: Parte III - Ambienti sedimentari e facies con un contributo originale di Emiliano Mutti. Bologna, Coop. Lib. Univ. Editrice Bologna, 545 p.

ROCHA-CAMPOS, A.C. - 1966 - Novas ocorrências de fósseis marinhos no Grupo Tubarão em São Paulo e Santa Catarina. Bol. Soc. Bras. Geol., 15 (4): p. 5-13.

ROCHA-CAMPOS, A.C. - 1967 - The Tubarão Group in the Brazilian portion of the Paraná Basin. In: BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; PINTO, I.D. ed. Problems in Brazilian Gondwana Geology - Brazilian contribution to the I International Symposium on the Gondwana Stratigraphy and Paleontology. Curitiba, Brasil, p. 119-166.

ROCHA-CAMPOS, A.C.; FARJALLAT, J.E.S.; YOSHIDA, R. - 1968 - New glacial features of the Upper Paleozoic Itararé Subgroup in the State of São Paulo, Brazil. Bol. Soc. Bras. Geol., 17 (1): p. 47-57.

SAAD, A.R. - 1977 - Estratigrafia do Subgrupo Itararé no Centro e Sul do Estado de São Paulo. São Paulo, 107 p. (Dissertação de Mestrado. IGUSP. Inédita).

SANFORD, R.; LANGE, F.W. - 1960 - Basin Study Approach to Oil Evaluation of Paraná Miogeosyncline, South Brazil. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., 44 (8): p. 1316-1370.

SANTOS, P.R. - 1979 - Distribuição estratigráfica, características e facies de diamictitos e rochas associadas do Subgrupo Itararé no centro e sul do Estado de São Paulo. São Paulo, 135 p. (Dissertação de Mestrado. IGUSP. Inédita).

SELLEY, R.C. - 1978 - Ancient sedimentary environments. Londres, Chapman and Hall, Ltd, 2ª ed., 287 p.

SCHLUMBERGER Ltd. - 1972 - Log Interpretation, Vol I - Principles. New York. 112 p.

- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. - 1974 - Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXVIII, Porto Alegre. Anais...., Porto Alegre; SBG, V.1, p. 41-65.
- SHERIFF, R.E. - 1976 - Inferring stratigraphy from seismic data. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 60, p. 528-542.
- SLICHTER, L.B. - 1933 - The interpretation of resistivity prospecting method for horizontal structures Physics, 4, p. 307-322.
- SOARES, P.C. - 1972 - O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. An. Acad. Bras. Ciênc., 44 (Supl.): p. 333-342.
- SOARES, P.C. - 1974 - Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. In: CONGR. BRAS. GEOL., 28, Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre, SBG, V.4, p. 107-121.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; SINELLI, O.; WERNICK, E.; WU, F.T.; FIORI, A.P. - 1977 - Associações Litológicas do Subgrupo Itararé e sua Interpretação Ambiental. Rev. Bras. Geoc., 7(2): p.131-149.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B. - 1973 - Aspectos Regionais da Estratigrafia da Bacia do Paraná no seu Flanco Nordeste. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXVII, Aracajú, 1973. Anais... Aracajú, Soc. Bras. Geol., Vol. 1, p. 243-256.
- SOUZA FILHO, E.E. - 1983 - Elementos estruturais do centro leste paulista na área de ocorrência do Subgrupo Itararé. Instituto de Geociências, UNESP, Rio Claro. Inédito.
- STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E.; PERINOTTO, J.A.J.; WU, F.T. - 1985 - Análise Paleogeográfica da Ocorrência de carvão do Bairro Aliança, Cerquilho (SP). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5ª, São Paulo, 1985. Atas..., Soc. Bras. Geol. - Núcleo de São Paulo, V.1, p. 221-233.

- SCHNEIDER, R.L.; MÜHLMANN, H.; TOMMASI, E.; MEDEIROS, R.A.; DAEMON, R.F.; NOGUEIRA, A.A. - 1974 - Revisão Estratigráfica da Bacia do Paraná. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXVIII, Porto Alegre. Anais..., Porto Alegre; SBG, V.1, p. 41-65.
- SHERIFF, R.E. - 1976 - Inferring stratigraphy from seismic data. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 60, p. 528-542.
- SLICHTER, L.B. - 1933 - The interpretation of resistivity prospecting method for horizontal structures Physics, 4, p. 307-322.
- SOARES, P.C. - 1972 - O limite glacial/pós-glacial do Grupo Tubarão no Estado de São Paulo. An. Acad. Bras. Ciênc., 44 (Supl.): p. 333-342.
- SOARES, P.C. - 1974 - Elementos estruturais da parte nordeste da Bacia do Paraná: classificação e gênese. In: CONG. BRAS. GEOL., 28, Porto Alegre, 1974. Anais... Porto Alegre, SBG, V.4, p. 107-121.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B.; SINELLI, O.; WERNICK, E.; WU, F.T.; FIORI, A.P. - 1977 - Associações Litológicas do Subgrupo Itararé e sua Interpretação Ambiental. Rev. Bras. Geoc., 7(2): p.131-149.
- SOARES, P.C.; LANDIM, P.M.B. - 1973 - Aspectos Regionais da Estratigrafia da Bacia do Paraná no seu Flanco Nordeste. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXVII, Aracajú, 1973. Anais... Aracajú, Soc. Bras. Geol., Vol. 1, p. 243-256.
- SOUZA FILHO, E.E. - 1983 - Elementos estruturais do centro leste paulista na área de ocorrência do Subgrupo Itararé. Instituto de Geociências, UNESP, Rio Claro. Inédito.
- STEVAUX, J.C.; SOUZA FILHO, E.E.; PERINOTTO, J.A.J.; WU, F.T. - 1985 - Análise Paleogeográfica da Ocorrência de carvão do Bairro Aliança, Cerquilha (SP). In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 59, São Paulo, 1985. Atas..., Soc. Bras. Geol. - Núcleo de São Paulo, V.1, p. 221-233.

STEVENSON, A.F. - 1934 - On the theoretical determination of earth resistance from surface potential measurements. Physics, V.5, p. 114-124.

TEIXEIRA, G.P.; DUTRA; E.B. - 1934 - Carvão mineral no norte do Paraná. Rio de Janeiro, DNPM/SFPM. (Boletim 4).

TELFORD, W.M.; GELDART, L.P.; SHERIFF, R.E.; KEYS, D.A. - 1976 - Applied geophysics. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 860 p.

TODD, D.K. - 1980 - Groundwater hydrology. New York, John Wiley & Sons, 2ª ed., 535 p.

URISH, D.W. - 1981 - Electrical resistivity - hydraulic conductivity, relationships in glacial outwash aquifers. Water Resources Res., 17 (5): p. 1401-1408.

USSAMI, N. - 1981 - Interpretação quantitativa dos dados aeromagnéticos na área compreendida entre 42º - 47ºW e 15º - 19ºS (Minas Gerais, Brasil). São Paulo, 119 p. (Dissertação de Mestrado. IAGUSP. Inédita).

VENDEL'SHTEIN, B.Y. - 1963 - The relationships among porosity, surface conductivity, diffusion - adsorption, and adsorption properties in clastic rocks. In: ZHIGACH, K.F. ed. Industrial and Exploratory Geophysical Prospecting. Consultants Bureau, New York, p. 10-19.

VIEIRA, A.J. - 1973 - Geologia do Centro e Nordeste do Paraná e Centro-Sul de São Paulo. In: CONGR. BRAS. GEOL., XXVII, Aracajú, 1973. Anais..., Aracajú, Soc. Bras. Geol., Vol. 3, p. 259-277.

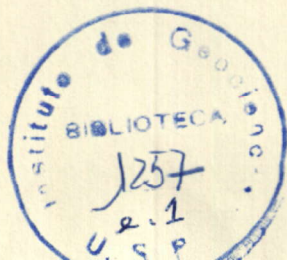
VIEIRA, A.J.; MAINGUE, E. - 1974 - Geologia de Semi-Detalhe do Centro e Nordeste do Paraná e Centro-Sul de São Paulo. In: PETROBRÁS. Relatórios, Rio de Janeiro; DESUL (Relatório 425, 48 p.).

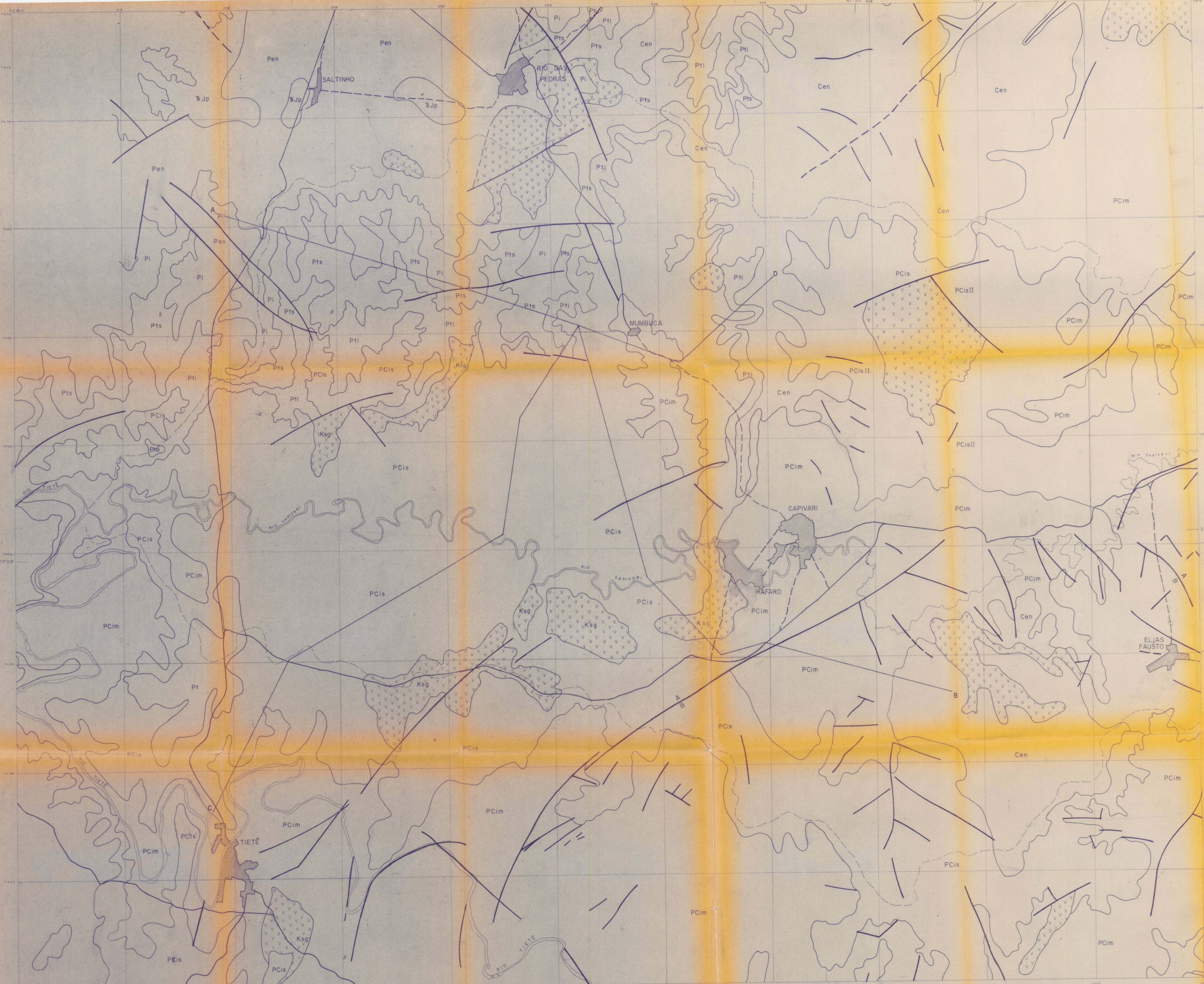
- VISHER, G.S. - 1965 - Use of vertical profile in environmental re
construction. Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 49, p. 41-61.
- WASHBURNE, C.W. - 1930 - Petroleum geology of the São Paulo - State,
Brazil. In: COMISSÃO GEOGRAPHICA E GEOLOGIA. Boletim. São Paulo,
p. 1-282. (Boletim 2).
- WHITE, D. - 1908 - Flora fossil das Coal Measures do Brazil (Report
on the fossil flora of the coal measures of Brazil). In: Relatório
final da Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Bra
sil. Rio de Janeiro, Parte 3, p. 337-617.
- WORTHINGTON, P.F. - 1976 - Hydrogeophysical equivalence of water sa
linity, porosity and matrix conduction in arenaceous aquifers.
Ground Water, 14 (4): p. 224-232.
- WU, F.T. - 1981 - Minerais Pesados das Sequências Arenosas Paleoi
zóica e Mesozóica no Centro-Leste do Estado de São Paulo. São
Paulo, 78 p. (Dissertação de Mestrado. IGUSP. Inédita).
- WU, F.T. - 1982 - Minerais nas rochas arenosas do Subgrupo Itararé
e Formação Aquidauana no Centro-Leste do Estado de São Paulo. Geo
ciências, Vol. 1, p. 7-27.
- WU, F.T.; SOARES, P.C.; MATTOS, J.T. - 1980 - Divisão faciológica do
Grupo Itararé no sudeste do Estado de São Paulo. In: CONG. BRAS.
GEOL., 31, Camboriú, 1980. Resumos... Soc. Bras. Geol., Camboriú,
Boletim 2, p. 364.

ANEXO 3.1

MAPA GEOLÓGICO DA REGIÃO DO
BAIXO RIO CAPIVARI

01 mapa





MAPA GEOLÓGICO DA
ÁREA DO BAIXO RIO
CAPIVARI

ESCALA 1:50000

UNESP - DAAE - FAPESP (1985)

— LEGENDA —

- Falhas (inferidas)
- Limite do Baixo e Médio Capivari
- Rios
- Poços
- Poço de Mumbuca
- Estradas
- Contatos
- Coberturas inconsolidadas
- Intrusivos Básicos
- Formação Pirambóia
- Formação Corumbataí
- Formação Itati
- Formação Tatuí superior
- Formação Tatuí inferior
- Subgrupo Itararé superior
- Subgrupo Itararé médio

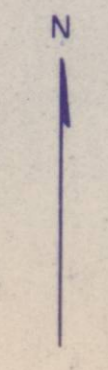
ANEXO 4.1
MAPA DE PONTOS

MAPA DE PONTOS

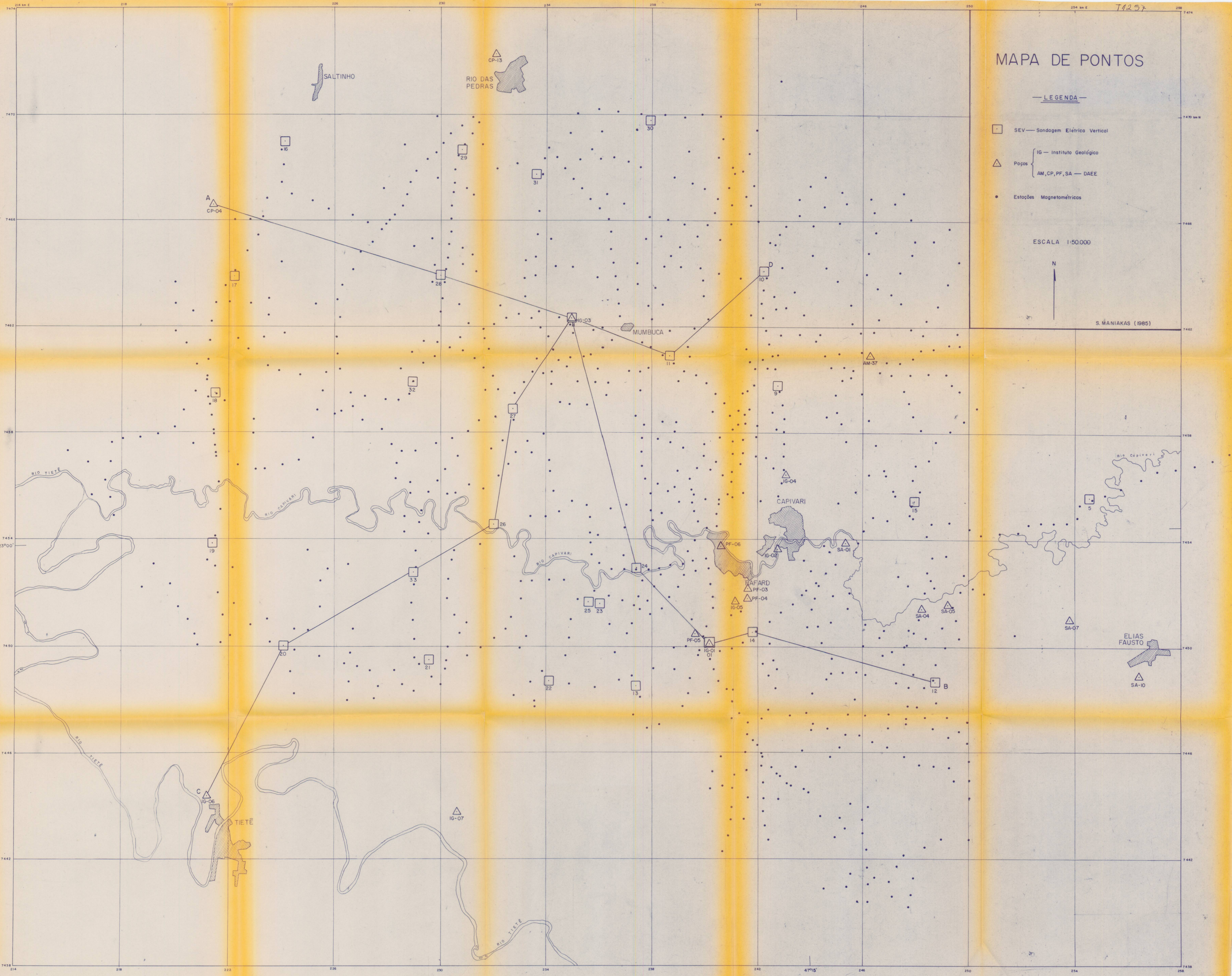
— LEGENDA —

- SEV — Sondagem Elétrica Vertical
- △ Pontos
 - IG — Instituto Geológico
 - AM, CP, PF, SA — DAEE
- Estações Magnetométricas

ESCALA 1:50.000



S. MANKAKS (1985)



ANEXO 5.1

PERFIS GEOFÍSICOS DE POÇOS

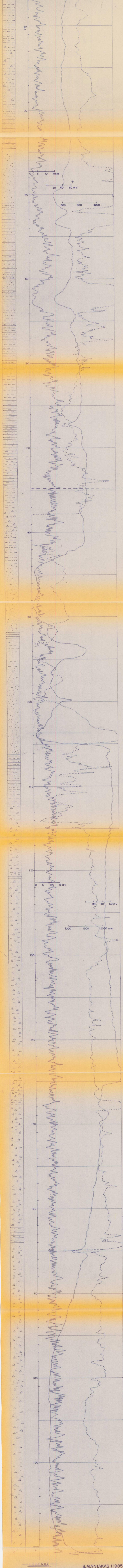
03 mapas

POÇO IG-03-MOMBUCA

PERFILAGEM : Gama (G)

Resistência (R)

Potência Espontânea (SP)



LEGENDA

- ARENITO
- SILTITO
- ARGILITO
- RITMITO COM MATRIZ ARENOSA
- RITMITO COM MATRIZ SILTOSA
- RITMITO COM MATRIZ ARGILOSA
- DIAMICTITO COM MATRIZ ARENOSA
- DIAMICTITO COM MATRIZ ARGILOSA
- INTERVALO DE VALIDADE DAS ESCALAS EM G, R, SP

S.MANIAKAS (1985)

T1257

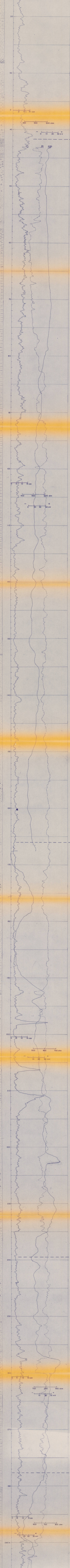
POÇO IG-05 - RAFARD

PERFILAGEM: Gama (G)
Resistência (R)
Potencial Espontâneo (SP)

LEGENDA

- ARENITO
- SILITO
- ARGILITO
- LAMITO
- RITMITO COM MATRIZ SILTOSA
- RITMITO COM MATRIZ ARGILOSA
- DIAMICTITOS COM MATRIZ ARENOSA
- DIAMICTITOS COM MATRIZ SILTOSA
- SEDIMENTOS CARBONOSOS
- INTERVALO DE VALIDADE DAS ESCALAS EM G, R, SP

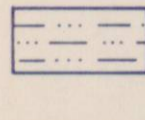
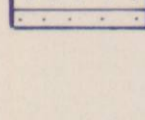
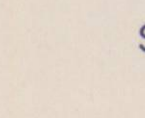
S. MANIAKAS (1985)



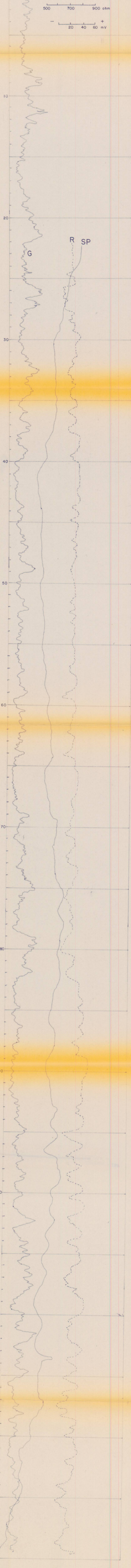
POÇO IG-07— SETE FOGÕES- TIETÊ

PERFILAGEM: Gama (G)
Resistência (R)
Potencial Espontâneo (SP)

— LEGENDA —

-  ARENITO
-  SILTITO
-  RITMITO COM MATRIZ ARENOSA

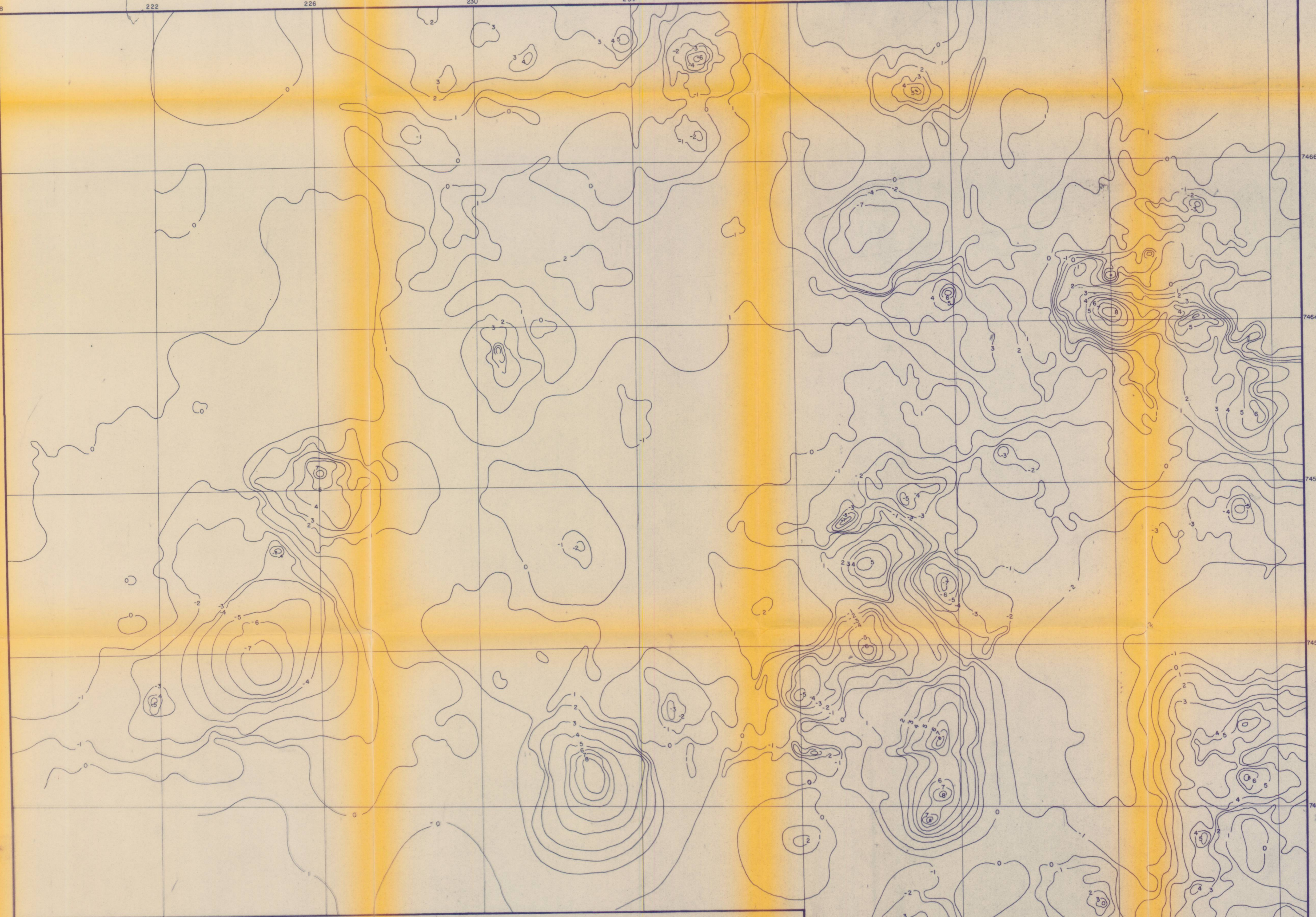
S. MANIAKAS (1985)



ANEXO 6.1.

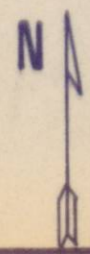
MAPA MAGNETOMÉTRICO DA INTENSIDADE
DA COMPONENTE VERTICAL DO CAMPO

01 mapa

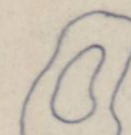


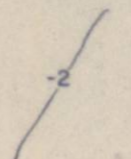
MAPA DE ANOMALIAS MAGNÉTICAS
DA BACIA DO BAIXO RIO CAPIVARI

Escala 1:50.000



— Legenda —

 Anomalias da intensidade da componente vertical do campo magnético.

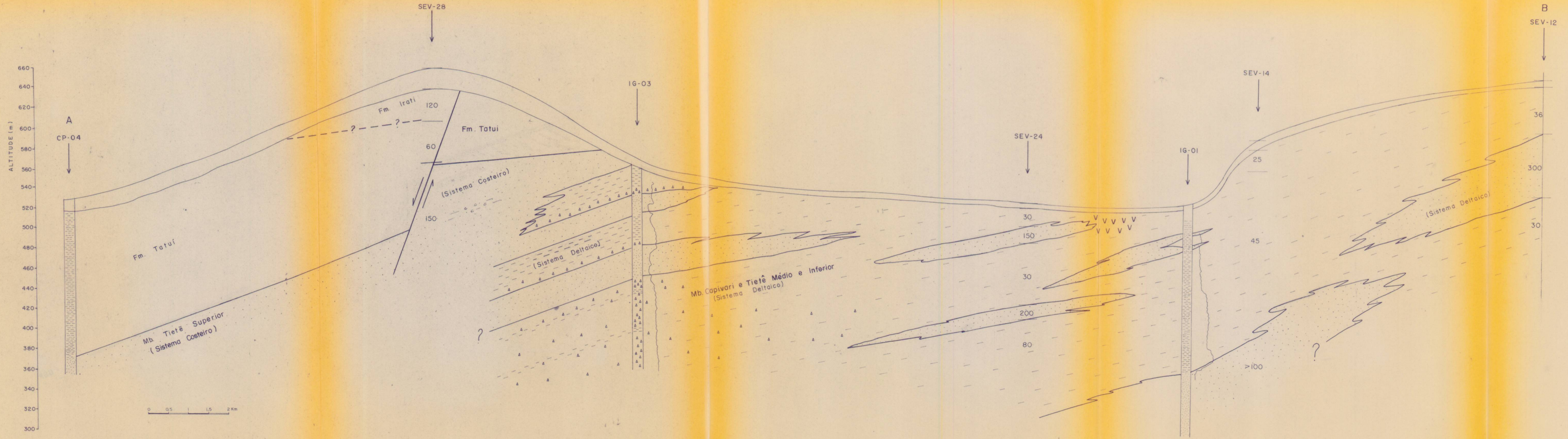
 Os isovalores indicados devem ser multiplicados por 100 nano-Teslas (nT).

ANEXO 7.1

SEÇÕES GEOLÓGICAS AB E CD

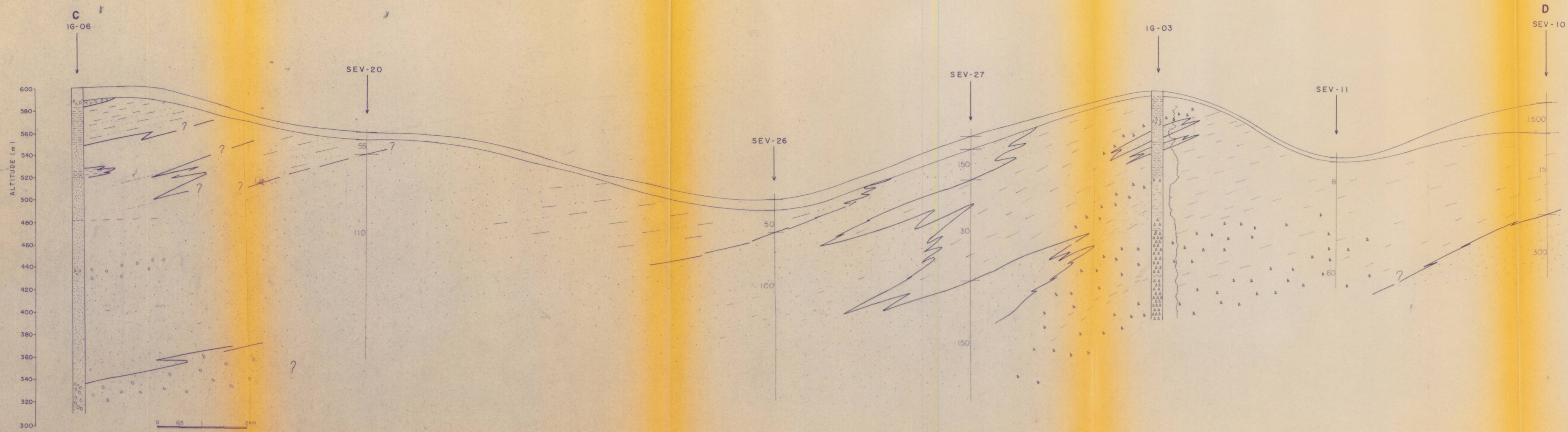
Ol mapa

SEÇÃO GEOLÓGICA AB



- A-B - Seção Geológica (vide mapa Anexo 3.1)
 - SEV-28 - Sondagem Elétrica Vertical
 - IG-03 - Poços
 - CP-04 - Poços
 - [Symbol] - Argilito, Lamito
 - [Symbol] - Siltito
 - [Symbol] - Arenito
 - [Symbol] - Diamictito
 - [Symbol] - Carvão
 - [Symbol] - Intrusivas basicas
 - [Symbol] - Camada Superficial
 - 120 - Resistividade Elétrica da camada (ohm.m)
 - [Symbol] - Perfil Gama
 - [Symbol] - Falha
- Escala:
 vertical: 1:2.000
 horizontal: 1:50.000

S. MANIAKAS (1986)



SEÇÃO GEOLÓGICA CD

- C-D - Seção Geológica (vide mapa Anexo 3.1)
 - SEV-20 - Sondagem Elétrica Vertical
 - IG-03 - Poços
 - ▨ - Argilite, Lamite
 - ▩ - Siltite
 - ▧ - Arenite
 - ▣ - Diamictite
 - ▤ - Conglomerado
 - - Camada Superficial
 - 55 - Resistividade Elétrica da camada (ohm.m)
 - ~ - Perfil Gama
 - ⚡ - Falha
- Escala:
 vertical: 1:2.000
 horizontal: 1:50.000

S. MANIAKAS (1986)