

ALBERTO COPPEDE JUNIOR

FORMAS DE RELEVO E PERFIS DE INTEMPERISMO

NO LESTE PAULISTA:

APLICAÇÕES NO PLANEJAMENTO DE OBRAS CIVIS

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da USP
para obtenção do título
de Mestre em Engenharia.

São Paulo, 1988

FD. 1040

ALBERTO COPPEDE JUNIOR

Geólogo, Instituto de Geociências da USP, 1988

FORMAS DE RELEVO E PERFIS DE INTEMPERISMO
NO LESTE PAULISTA:
APLICAÇÕES NO PLANEJAMENTO DE OBRAS CIVIS

Dissertação apresentada à
Escola Politécnica da USP
para obtenção de título
de Mestre em Engenharia

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Teixeira da Cruz
Departamento de Estruturas e Fundações

São Paulo, 1988

À minha mulher Luzia e
filhos, Dulce e Abílio

AGRADECIMENTOS

O Autor deseja externar seus agradecimentos

- . à Figueiredo Ferraz - Consultoria e Engenharia de Projetos Ltda. que concedeu o apoio necessário para a elaboração desta pesquisa;
- . ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, através da Divisão de Minas e Geologia Aplicada, onde iniciou este trabalho e obteve grande parte das informações apresentadas;
- . ao Professor Dr. Paulo Teixeira da Cruz pela orientação, críticas, sugestões e colaboração durante a pesquisa;
- . ao ilustre Prof. Dr. Yociteru Hasui pelas orientações e estímulo ao desenvolvimento deste tema;
- . ao Geól. Armando Mangolim Filho pelas discussões e apoio permanente durante a elaboração do texto final;
- . aos Geólogos Leandro da Silva Cerri, Mário Luiz Assine e Flávio de Paula e Silva pela inestimável colaboração prestada durante a fase de levantamento bibliográfico e de dados;
- . aos Geólogos José Augusto Mioto e Álvaro Gabriel Domingues da Costa e estagiário Maurício Ramos pela colaboração na montagem e revisão do texto final; e
- . à Maria Helena Borges Turbino e Ivanete Rodrigues dos Santos pelo zelo e dedicação nos trabalhos de datilografia do texto final.
- . E ao Sr. Edélsio Ferreira Motta, pelo enestimável apoio na elaboração de desenhos.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de aspectos referentes a geologia, geomorfologia e intemperismo que devem ter influenciado as atuais características tanto de superfície como de subsuperfície do relevo de idade pré-cambriana do leste paulista.

Apresenta-se um estudo sobre a evolução tectônica terciária da área pré-cambriana, ressaltando-se as relações existentes entre os eventos tectônicos, evolução geomorfológica do relevo e perfis de intemperismo referentes a uma grande área representada pela zona geomorfológica do Planalto Paulistano.

Finalmente, faz-se considerações conclusivas a respeito dos estudos sobre o contexto de origem e das características gerais observadas nos perfis estudados. Com base nesses estudos, sugere-se a existência de perfis típicos em áreas do pré-cambriano paulista, assim como, um roteiro de atividades de escritório e campo, que possibilitam a identificação de perfis similares.

ABSTRACT

This paper presents a study on aspects referring to geology, geomorphology and weathering that must have influenced the actual characteristics not only of the surface but, also, the subsurface of the physical relief covering the State of São Paulo, composed of land formed in the Pre-Cambrian Age.

This study treats the Tertiary Era's tectonic evolution of the Pre-Cambrian area, highlighting the relationship existing between the tectonic events, geomorphological evolution of the relief and the weathering profiles of a large area, encompassing the geomorphological zone of the "Planalto Paulistano".

Finally, conclusions are reached based on the studies covering the origin and general characteristics observed in the profiles under examination. Using the results obtained in the studies undertaken, such conclusions indicate the existence of typical profiles in Pre-Cambrian areas of the State of São Paulo. Further, a guide is proposed on the field and office activities which permit the identification of typical profiles.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Área-Modelo	4
1.4. Metodologia de Trabalho	6

2. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E TECTÔNICA

2.1. Generalidades	9
2.2. Evolução Tectônica	10
2.3. Mecanismo de Evolução Tectônica Mesozóico-cenozóica.....	15
2.4. Arcabouço Remanescente do Tectonismo Cenozóico	19
2.4.1. Macro-Feições	21
2.4.2. Feições Menores	23

3. EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA

3.1. Aspectos Gerais.....	26
3.2. Evolução Geomorfológica	27
3.3. Arcabouço Remanescente do Tectonismo Cenozóico	30
3.4. Arcabouço do Planalto Paulistano	38
3.4.1. Características Topográficas Limítrofes e Interior	38
3.4.2. Domínios Geomorfológicos Considerados	40
3.4.3. Formas de Relevo Presentes	41
3.4.3.1. Formas de Relevo na Área de Domínio da Superfície do Alto Tietê	45
3.4.3.2. Formas de Relevo nas Zonas de Transição	46
3.4.3.3. Assimetria de Vales	49

4. ANÁLISE DE PERFIS DE INTEMPERISMO

4.1. Introdução.....	52
----------------------	----

4.2. Perfis do Interior de Antigos Aplainamentos: Área de Domínio da Superfície do Alto Tietê	58
4.2.1. Bacia do Alto Tietê	58
4.2.1.1. Rio Paraitinga III	73
4.2.1.2. Barragem de Ponte Nova	73
4.2.1.3. Rio Biritiba Mirim II	74
4.2.1.4. Rio Jundiaí III	75
4.2.1.5. Interligação Biritiba-Jundiaí	76
4.2.1.6. Rodovia dos Trabalhadores, km 15 a km 35	76
4.2.2. Bacia do Rio Guarapiranga	78
4.2.2.1. Rio Embu-Guaçú 3	78
4.2.2.2. Ribeirão Santa Rita 5	85
4.2.2.3. Interligação Ribeirão Cachoeira 2-Embu-Guaçu 3	86
4.2.2.4. Interligação Santa Rita 5-Embu-Guaçu 3	86
4.2.3. Rio Grande (Billings)	86
4.2.4. Bacia do Rio Juquiá	93
4.2.4.1. Ribeirão Cachoeira 2	103
4.2.4.2. Ribeirão Grande 2	104
4.2.4.3. Ribeirão Grande 4	104
4.2.4.4. Ribeirão Grande 3	105
4.2.4.5. Ribeirão Grande 6	106
4.2.4.6. Rio Juquiá 1	105
4.3. Perfis de Áreas Consideradas de Transição de Relevo	106
4.3.1. Rios da Vertente Atlântica na Área de Domínio da Superfície do Alto Tietê	107
4.3.1.1. Rios Capivari e Monos	115
4.3.1.2. Rios Itatinga e Itapanhaú	116
4.3.1.3. Rio São Lourençinho 3 e Usina Reversível 1	116
4.3.2. Rio Pardo	117
4.3.2.1. Eixo Carrapatos	122
4.3.2.2. Eixo Barreiro	122

4.3.2.3. Eixo São José	123
------------------------------	-----

5. ANÁLISES CONCLUSIVAS

5.1. Contexto de Origem dos Perfis	124
5.2. Características Gerais Identificadas	125
5.2.1. Interior dos Antigos Aplainamentos	126
5.2.1.1. Bacias dos Rios Tietê-Pinheiros	126
5.2.1.2. Bacia do Rio Juquiá	131
5.2.2. Zonas de Relevos Considerados de Transição	132
5.2.2.1. Rios da Vertente Atlântica	133
5.2.2.2. Rio Pardo	134
5.3. Perfis Típicos de Áreas do Pré-Cambriano Paulista	134
5.3.1. Antigas Superfícies de Aplainamento	134
5.3.2. Relevos das Áreas de Transição.....	136
5.4. Proposta de Roteiro para Identificação.....	138
5.4.1. Estudos de Escritório	138
5.4.1.1. Estudos Geológicos	138
5.4.1.2. Análise de Cartas Topográficas e Fotos Aéreas	138
5.4.1.3. Integração Preliminar de Dados	140
5.4.2. Investigação de Subsuperfície	141
5.4.3. Considerações Finais	141
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145

LISTAGEM DAS FIGURAS

01 - Área do pré-cambriano paulista	2
02 - Composição aproximada do horizonte afetado por intemperismo em terrenos pré-cambrianos	2
03 - Escala do tempo geológico, aproximada da "Geological Society of America, 1983"	3
04 - Possibilidade que os estudos geológicos-geotécnicos têm de influenciar na concepção de barragens e minimização de seus custos (RUIZ, 1983)	4
05 - Localização da Zona do Planalto Paulistano (ALMEIDA, 1964) na área do pré-Cambriano paulista	5
06 - Seção esquemática pelo Planalto Paulistano	5
07 - Seqüência de desenvolvimento de atividades	6
08 - Esquema de evolução tectônica para a área pré-cambriana (ALMEIDA, 1976) modificada quanto ao término da sedimentação terciária segundo MELO et alii (1985.a)	12
09 - Cronologia de formação e sedimentação das bacias terciárias de São Paulo e Taubaté (proposta de MELO et alii, (1985.a)	13
10 - Coluna cronoestratigráfica válida para o pré-Cambriano paulista (adaptada de HASUI et alii, 1982)	13
11 - Ocorrência de possíveis movimentações quaternárias, de natureza transcorrente, através de medidas de deslocamentos em depósitos coluviais sobre o pré-Cambriano do ambiente da Serra do Mar, no Município de Nova Venécia, Estado do Espírito Santo (GALLARDO et alii, 1988)	14
12 - Localização de epicentros da atividade sísmica registrada na área do pré-Cambriano paulista (MIOTO, 1984)	15

13 - Esquema da seqüência de estágios evolutivos da Bacia de Santos e da área continental adjacente (modificada de ASMUS, 1978).....	17
14 - Grandes unidades geológicas e dobramentos (BISTRICHI et alii, 1981).....	20
15 - Grandes falhamentos da área (BISTRICHI et alii, 1981)....	20
16 - Mapa indicativo da posição das macro-feições originadas pelo desnivelamento de blocos no tectonismo terciário (ASMUS, 1978).....	22
17 - Perfil geológico esquemático, transversal à área afetada pelo tectonismo terciário mostrando o basculamento de blocos de leste para oeste, conforme ASMUS (1978), válido também para o território paulista.....	23
18 - Evidências de basculamento tectônico (ALMEIDA, 1964)....	24
19 - Evidências de basculamento tectônico de blocos que constituem o embasamento da Bacia de Taubaté (PONÇANO et alii, 1981).....	24
20 - Seqüência de pequenos blocos abatidos na borda sudoeste da bacia terciária de Resende (HASUI et alii, 1982).....	25
21 - Divisão geomorfológica da área do pré-cambriano paulista (ALMEIDA - 1964, modificada por PONÇANO et alii, 1981).....	28
22 - Provável seqüência de eventos que condicionaram a evolução geomorfológica da área pré-cambriana paulista.....	31
23 - Seções morfo-estruturais esquemáticas mostrando aspectos gerais do arcabouço geomorfológico atual do relevo pré-cambriano nos Estados de São Paulo e Paraná (HASUI & ALMEIDA, 1978).....	32
24 - Esquema de anotação das assimetrias de vales, indicando a direção do mesmo e o sentido das vertentes com altas declividades.....	35

25 - Esquema de anotação utilizado na identificação de vales em plantas do IBGE e EMPLASA, respectivamente em originais nas escalas 1:50.000 e 1:10.000.....	36
26 - Associação dos vales assimétricos com litologias e estruturas.....	37
27 - Características topográficas limítrofes e interior do Planalto Paulistano.....	39
28 - Áreas de domínios geomorfológicos do Planalto Paulistano	42
29 - Seção esquemática mostrando o subnívelamento da Superfície do Alto Tietê (ALMEIDA, 1958).....	43
30 - Representação esquemática de aspectos relacionados ao ciclo erosivo que modelou a Superfície do Alto Tietê (modificada de CHRISTOFOLETTI, 1974).....	47
31 - Formas de relevo do Planalto Paulistano.....	48
32 - Assimetria de vales identificada na área do Planalto Paulistano.....	51
33 - Perfil geológico descrito por CABRERA (1981), em um trecho do Rio Juquiá nas proximidades da Serra do Mar...	53
34 - Perfis de intemperismo referentes a regiões do pré-cambriano da Nigéria (THOMAS, 1974).....	54
35 - Perfis de intemperismo referentes a regiões do pré-cambriano da Nigéria (THOMAS, 1974).....	55
36 - Locação das seções geológicas estudadas na área de domínio da Superfície do Alto Tietê.....	59
37 - Localização da Seção Rio Paraitinga III.....	60
38 - Localização da Seção Barragem Ponte Nova.....	61
38-A Localização da Seção Barragem Ponte Nova.....	62
39 - Localização da Seção Rio Biritiba II.....	63
40 - Localização da Seção Rio Jundiá III.....	64

40-A - Localização da Seção Rio Jundiáí III	65
41 - Localização da Seção Interligação Rio Biritiba-Rio Jundiáí	66
42 - Localização da Seção Rodovia dos Trabalhadores	67
42-A - Localização da Seção Rodovia dos Trabalhores	68
42-B - Localização da Seção Rodovia dos Trabalhadores	69
43 - Seções Paraitinga III, Barragem Ponte Nova e Biritiba II	70
44 - Seções Rio Jundiáí III	71
45 - Seções Rodovia dos Trabalhadores e Interligação Biritiba-Jundiáí	72
46 - Localização da Seção Rio Embu-Guaçu 3	79
47 - Localização da Seção Ribeirão Santa Rita 5	80
48 - Localização da Interligação Rib. Cachoeira 2-Rio Embu-Guaçu 3	81
49 - Localização da Interligação Rib. Santa Rita 5-Rio Embu-Guaçu 3	82
50 - Seções Rio Embu-Guaçu e Ribeirão Santa Rita 5	83
51 - Seções de Interligações Cachoeira 2-Embu-Guaçu 3	84
52 - Localização da Seção Rio Grande-Travessia Anchieta	88
53 - Localização da Seção Rio Grande-Travessia Imigrantes	89
53-A - Localização da Seção Rio Grande-Travessia Imigrantes, Margem Direita	90
54 - Seções do Rio Grande, Eixos I e II	91
55 - Seções do Rio Grande, Travessia Anchieta e Imigrantes ...	92
56 - Localização da Seção Ribeirão Cachoeira 2	94
57 - Localização da Seção Ribeirão Grande 2	95
58 - Localização da Seção Ribeirão Grande 4	96
59 - Localização da Seção Ribeirão Grande 3	97
60 - Localização da Seção Ribeirão Grande 6	98
61 - Localização da Seção Rio Juquiá 1	99

62 - Seções Ribeirão Cachoeira 2	100
63 - Seções Ribeirão Grande 2 e Ribeirão Grande 4	101
64 - Seções Ribeirão Grande 6 e Rio Juquiá 1	102
65 - Localização das Seções Rio Capivari, Eixos B-2 e B-3	108
66 - Localização da Seção Rio Itatinga	109
67 - Localização da Seção Rio Itapanhau	110
68 - Localização da Seção Rio São Lourencinho e Usina Reversível 1	111
69 - Seções Rio Capivari, Eixos B-2 e B-3 e Rio Monos	112
70 - Seções Rios Itatinga, Itapanhau e São Lourencinho 3	113
71 - Seções Usina Reversível 1	114
72 - Localização do Eixo Carrapatos, Rio Pardo	118
73 - Localização do Eixo Barreiro, Rio Pardo	119
74 - Localização do Eixo São José, Rio Pardo	120
75 - Seções Eixos Carrapatos, Barreiro e São José, Rio Pardo ..	121
76 - Características gerais dos locais estudados nas bacias dos rios Tietê-Pinheiros e Vertente Atlântica	127
77 - Perfis esquemáticos representativos do interior da Superfície do Alto Tietê, na porção compreendida pelo alto das bacias dos rio Tietê-Pinheiros	128
78 - Representação esquemática do fraturamento induzido por desnivelamentos tectônicos, condicionando o avanço diferenciado do intemperismo	131
79 - Representação esquemática de um compartimento geomorfológico	135
80 - Perfis típicos dos relevos de: A - região alta e B - região baixa dos compartimentos geomorfológicos; C - zonas de transição	137
81 - Outras características do topo rochoso, relacionadas a litologias, estruturas geológicas e declividades de encostas: (a) matacões, comuns em rochas graníticas; (b)	

bolsões, comuns em migmatitos bandados, onde os bolsões se formam ao longo das bandas de paleossoma (biotíticos-anfibolíticos). Estes bolsões podem aparecer em outros tipos litológicos onde ocorram anomalias estruturais; (c) degraus comuns em encostas com altas declividades (de 15 a 30 graus) constituídas por rochas graníticas e gnáissicas 143

82 - Critério da compartimentação geológico-geotécnica preliminar dos perfis de intemperismo (COPPEDE JR. et alii, 1985)..... 144

1. INTRODUÇÃO

1.1. Generalidades

A área do Estado de São Paulo constituída pelos terrenos pré-cambrianos (Figura 01) compreende uma região de significativa importância no contexto sócio-econômico estadual, considerando-se, entre outros, os seguintes fatores:

- . as maiores concentrações urbanas e industriais assentam-se nesta região que, como se sabe, carece de um amplo planejamento no que se refere a: uso e ocupação do solo e do seu espaço subterrâneo; preservação do meio ambiente; e aproveitamento de seus recursos naturais ainda disponíveis;
- . com a expansão da ocupação urbana, ampliam-se as necessidades de melhorias de infraestrutura, principalmente nas áreas de saneamento básico e transportes;
- . situam-se nesta região as áreas de mananciais hídricos ainda não aproveitados, assim como áreas de mineração de materiais de construção necessários ao desenvolvimento urbano;
- . situa-se, também, nesta região, grande parte do potencial hidroelétrico remanescente do Estado para pequenos e grandes aproveitamentos, como usinas de altas quedas e reversíveis.

Durante o desenvolvimento de projetos de obras em terrenos pré-cambrianos, as equipes de engenharia quase sempre se deparam com sérias dificuldades para a melhor definição das características geológico-geotécnicas dos horizontes afetados por intemperismo (Figura 02), devido às inúmeras variáveis geológicas que se associam às litologias e estruturas presentes nos maciços desses terrenos.

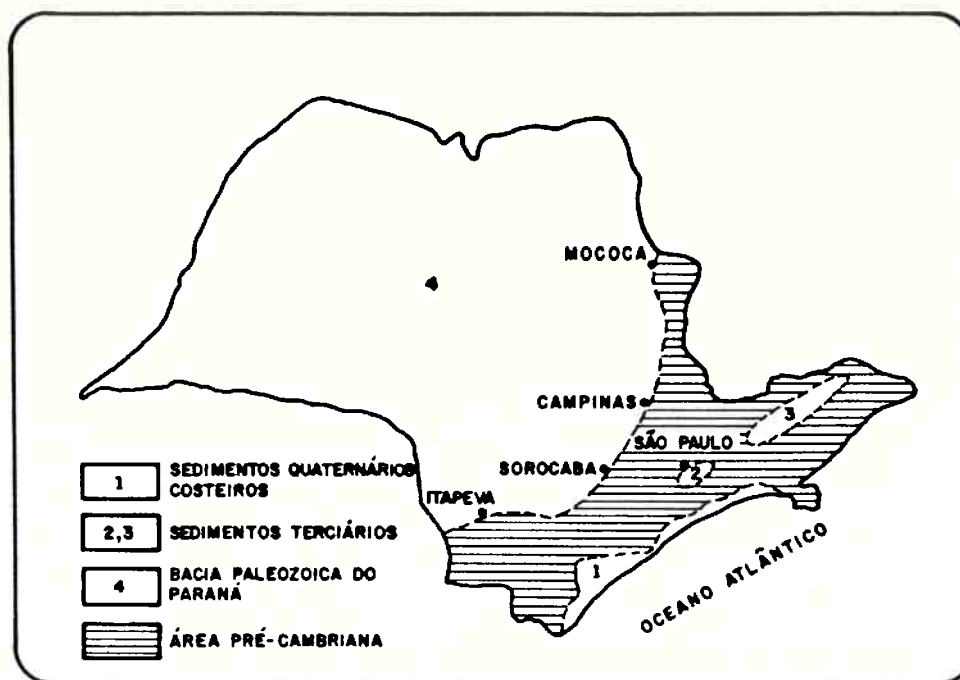


Figura 01 - Área do pré-Cambriano paulista

HORIZONTE AFETADO POR INTEMPERISMO	SOLOS	DÉ ALTERAÇÃO DE ROCHA, FORMADOS A PARTIR DO INTEMPERISMO DO MACIÇO ROCHOSO SUBJACENTE
	MACIÇO ROCHOSO	COMPOSTO PREDOMINANTEMENTE POR ROCHAS MUITO INTEMPERIZADAS
COMPOSTO PREDOMINANTEMENTE POR ROCHAS POUCO INTEMPERIZADAS ONDE O PROCESSO DE INTEMPERIZAÇÃO EVOLUI POR FRATURAS DO MACIÇO		
NÃO AFETADO		COMPOSTO POR ROCHAS SÁS SEM INTEMPERIZAÇÃO PELAS FRATURAS

Figura 02 - Composição aproximada do horizonte afetado por intemperismo em terrenos pré-cambrianos

Apesar da complexidade geológico-geotécnica desses horizontes, o presente estudo indica que há uma certa possibilidade de se inferir as características de um determinado maciço, partindo-se do pressuposto que tanto as atuais formas do relevo como de seus perfis de intemperismo resultam da ação de processos tectônicos, geomorfológicos e climáticos sobre o arcabouço pré-Cambriano, a partir de uma certa época da história geológica iniciada no Cretáceo Médio (Figura 03).

EON	ERAS	PERÍODOS		ÉPOCAS	DURAÇÃO	INÍCIO		
					em milhões de anos			
FANEROZÓICO	CENOZÓICA	Quaternário		Holoceno	0,01	0,01		
				Pleistoceno	1,59			
		Terciário		Eógeno	Plioceno	3,4	1,6	
					Mioceno	19	5	
				Paleógeno	Oligoceno	13	24	
					Eoceno	21	37	
					Paleoceno	7	58	
								65
								135
				180				
				220				
				270				
				350				
				400				
				430				
				490				
				600				
	PROTERO-ZÓICO	PRÉ-CAMBRIANA	Pré - Cambriano Superior		Algonquiano	1000	1600	
			Pré - Cambriano Médio			1000	2600	
Pré - Cambriano Inferior			Arqueano	> 4500 (?)	Idade Provável da Terra			

Figura 03 - Escala do tempo geológico, aproximada da "Geological Society of America, de 1983"

1.2. Objetivos

Procurou-se associar o conhecimento atual referente à evolução geológico-geomorfológica da área pré-cambriana às informações disponíveis de subsuperfície coletadas em vários projetos de obras civis, com as seguintes finalidades:

- . apresentar uma seqüência de eventos que propiciaram o desenvolvimento das atuais formas de relevo e de seus perfís de intemperismo;
- . propor a existência de relações entre as atuais formas de

relevo e perfis de intemperismo em áreas do pré-Cambriano paulista; e

- . com base nas relações existentes, propor um método de avaliação preliminar das características geológico-geotécnicas dos horizontes afetados por intemperismo.

O interesse por este estudo surgiu diante da perspectiva de se utilizar o produto de inúmeras experiências vividas com projetos e obras em locais semelhantes, ainda nas fases iniciais de planejamento, pois, são nestas fases que os estudos geológico-geotécnicos têm maior influência na concepção do empreendimento e minimização de seus custos (Figura 04).

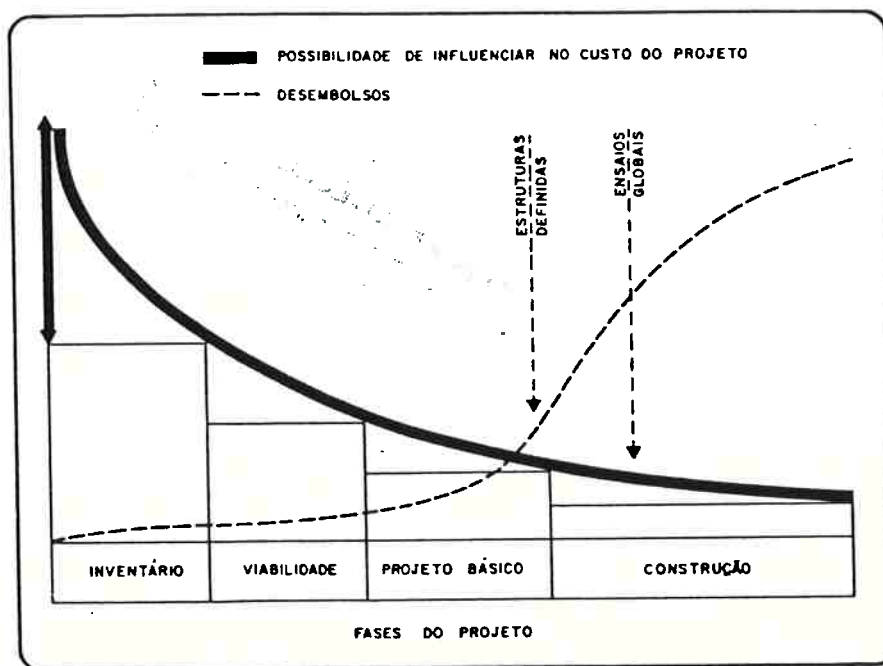


Figura 04 - Possibilidade que os estudos geológico-geotécnicos têm de influenciar na concepção de barragens e minimização de seus custos (RUIZ, 1983)

1.3. Área-Modelo

Os estudos referentes à evolução geológico-geomorfológica foram desenvolvidos para toda área pré-cambriana, porém dando-se ênfase a uma área-modelo conhecida como zona geomorfológica do Planalto Paulistano (Figuras 05 e 06).

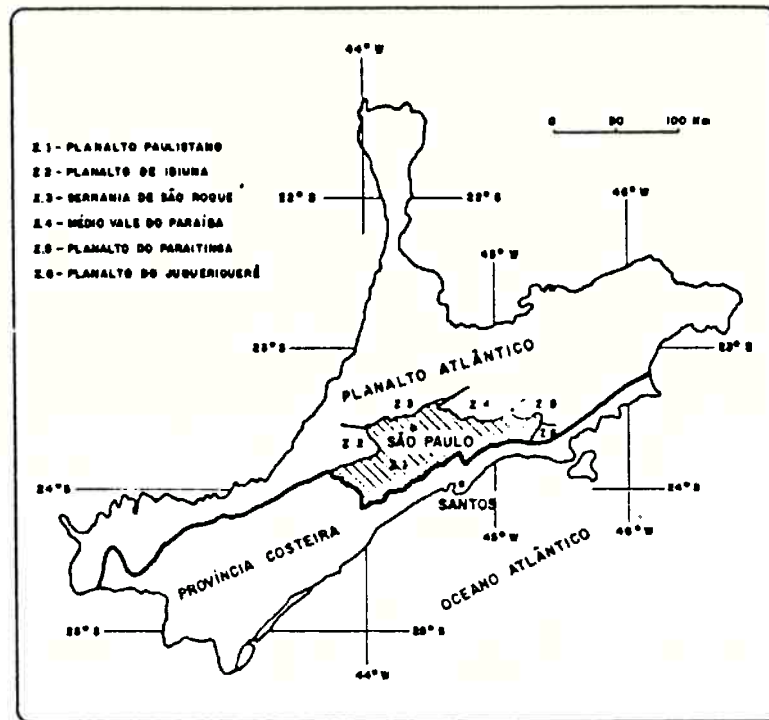


Figura 05 - Localização da Zona do Planalto Paulistano (ALMEIDA, 1964) na área do pré-cambriano paulista.

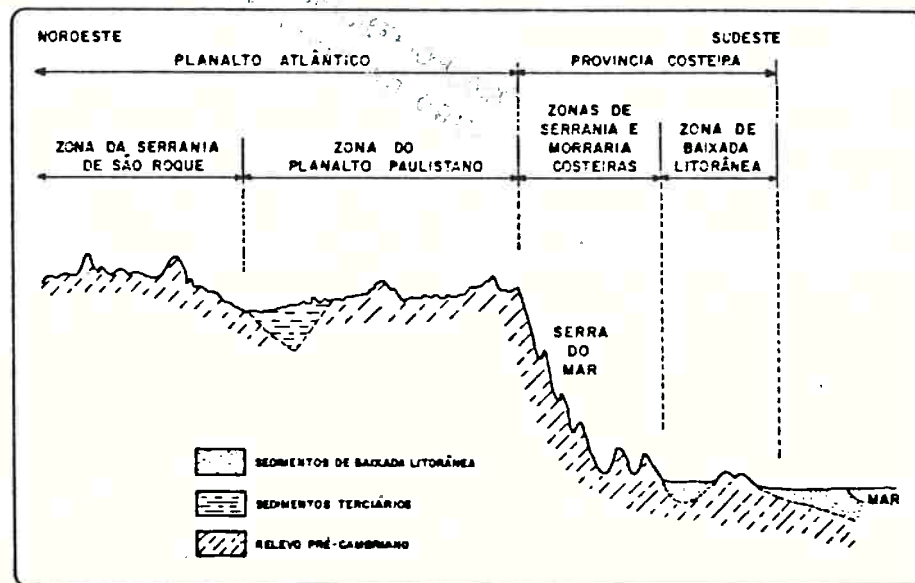


Figura 06 - Seção esquemática pelo Planalto Paulistano

A escolha dessa área justifica-se, no presente momento, não só por se tratar de uma região do maior interesse sob o ponto de vista de implantação de obras civis, como também, por oferecer material bibliográfico em quantidade considerada satisfatória.

Apesar de, neste estudo, ter-se escolhido a região da zona do

Planalto Paulistano como área-tipo, a metodologia de trabalho a ser apresentada possibilitará que, em estudos posteriores, se estenda para outras áreas pré-cambrianas, o mesmo nível de detalhe de conhecimento acerca das relações entre formas de relevo e perfis de intemperismo.

1.4. Metodologia de Trabalho

Para se alcançar os objetivos propostos, obedeceu-se a uma seqüência de desenvolvimento de atividades, conforme indicado na Figura 07.

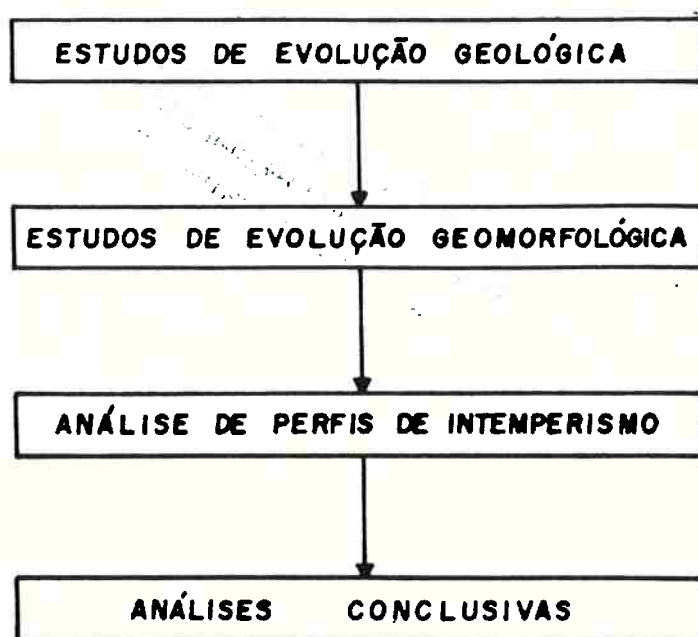


Figura 07 - Seqüência de desenvolvimento de atividades

a) Estudos sobre Evolução Geológica

Para o estudo das relações existentes entre formas atuais de relevo e dos respectivos perfis de intemperismo, foram destacados os seguintes aspectos: evolução tectônica pós-cretácea, mecanismos de evolução e arcabouço remanescente. Foi dada ênfase às citações bibliográficas referentes à

seqüência de eventos de pulsações tectônicas posteriores à modelagem das superfícies de aplainamento.

b) Estudos sobre Evolução Geomorfológica

Para a compreensão do esquema evolutivo responsável pelo modelado atual do relevo, julgou-se necessário distinguir as áreas de domínios topográficos distintos, referentes às antigas superfícies de aplainamento e zonas de transição entre elas. Foi dada ênfase às ocorrências de desnivelamentos e basculamentos de pequenos blocos refletidas hoje na forma de assimetria de vales.

c) Análise de Perfis de Intemperismo

Foram levantadas informações a respeito da espessura do manto intemperizado e da conformação do topo rochoso no interior da Superfície do Alto Tietê. Estes dados foram obtidos de seções geológicas espalhadas pela área de domínio da referida Superfície, transversais e longitudinais a vales, e transpondo espigões divisores d'água entre bacias interiores.

d) Análises Conclusivas

Com base nos estudos anteriores, procurou-se definir o provável contexto em que se teria formado o horizonte afetado por intemperismo no interior das antigas superfícies de aplainamento.

Através da análise de plantas topográficas e da conformação

do topo rochoso de cada local estudado, procurou-se identificar as relações típicas existentes entre formas de relevo e perfis de intemperismo, válidas para o pré-Cambriano paulista.

Foi dada ênfase à observação de possíveis correspondências existentes entre assimetrias de vales e de conformação do topo rochoso, para se poder associar os deslocamentos verificados com pulsações tectônicas posteriores à modelagem da Superfície do Alto Tietê.

Por fim, propõe-se um roteiro de atividades para identificação dos perfis de intemperismo nos locais desejados, compreendendo estudos de escritório e investigações de subsuperfície. Ainda, com base no tipo de resultado que se obtém com as referidas investigações, propõe-se também um critério de compartimentação geológico-geotécnica preliminar do horizonte afetado por intemperismo.

2. EVOLUÇÃO GEOLÓGICA E TECTÔNICA

2.1. Generalidades

A área compreendida por terrenos pré-cambrianos estende-se por quase todo o Leste-Sudeste do Estado de São Paulo; conforme mostra a Figura 08. Em superfície, limita-se a Oeste com as unidades litológicas da Bacia do Paraná e a Leste com o Oceano Atlântico, separando-se deste por faixas de sedimentos da Baixada Litorânea.

No interior desses limites, os maciços pré-Cambrianos afloram em mais de 80% da área, sendo que no restante encontram-se cobertos por sedimentos aluvionares terciários, onde se destacam as bacias de São Paulo e Taubaté.

Na condução do presente trabalho, adotou-se como área representativa para o desenvolvimento dos estudos a região compreendida pela Zona do Planalto Paulistano, conforme razões que podem ser resumidas em:

- . trata-se da área pré-cambriana do Estado com a morfologia de relevo mais adequada ao presente estudo;
- . esta região insere-se no contexto de numerosos estudos de natureza tectônica referentes à margem continental do Sudeste Brasileiro; e
- . sobre esta área dispõe-se, também, de razoável quantidade de informações geológico-geotécnicas de superfície, devido à grande quantidade de projetos e obras nela desenvolvidas.

Dos estudos bibliográficos efetuados concluiu-se que seria necessário distinguir:

- a) a evolução tectônica pós-Cretácica, época em que findavam os episódios de derrames de lavras basálticas da Formação Serra Geral e se iniciava a separação dos continentes Sulamericano e Africano;

- b) os mecanismos que teriam norteado essa evolução tectônica; e
- c) o arcabouço geológico remanescente dos eventos tectônicos pós-cretácicos.

2.2. Evolução Tectônica

A evolução tectônica a que esteve submetido o pré-Cambriano paulista, a partir do Mesozóico, foi explicada por ALMEIDA (1976) com base nos esquemas apresentados na Figura 08, indicando cinco etapas da evolução tectônica que poderiam ser genericamente entendidas da seguinte forma:

- . 1a. A primeira etapa de evolução começou no final do vulcanismo basáltico da Serra Geral, no Mesozóico Médio, onde se iniciaram os movimentos verticais normais, responsáveis pela origem da Bacia de Santos de um lado e o conseqüente soergimento das áreas do pré-cambriano do outro;
- . 2a. A segunda etapa caracterizou-se pela continuidade dos movimentos ao longo das mesmas falhas, acompanhados de magmatismo alcalino. Em virtude do soergimento, parte do horizonte compreendido pelos derrames basálticos foi erodido, expondo os maciços pré-cambrianos. Os sedimentos oriundos dessa fase erosiva foram transportados, de um lado, para a Bacia do Paraná, dando origem à Formação Bauru, e, de outro, para a Bacia de Santos;
- . 3a. A terceira etapa caracterizou-se pela continuidade dos movimentos ao longo das mesmas falhas, acompanhados de um novo ciclo de magmatismo alcalino. Em virtude da continuidade do soergimento, os maciços pré-cambrianos continuaram sendo erodidos. Os sedimentos foram, da mesma

- forma, transportados para compor a Formação Bauru, na Bacia do Paraná, e prosseguir o preenchimento da Bacia de Santos ;
- . 4a. Na quarta etapa, continuaram os movimentos pelas falhas que deram origem à Bacia de Santos e já haviam surgido outros movimentos semelhantes ao longo de antigas linhas de fraqueza pré-cambrianas que iniciaram a formação do "Graben do Paraíba". Os maciços pré-cambrianos foram sendo soerguidos e erodidos, os sedimentos continuaram sendo transportados para complementar a deposição da Formação Bauru, prosseguir o preenchimento da Bacia de Santos e iniciar o da Bacia de Taubaté;
 - . 5a. Durante esta etapa, continuaram os movimentos tectônicos na borda continental da Bacia de Santos e ao longo do alinhamento do "Graben do Paraíba". Os maciços pré-cambrianos continuaram sendo soerguidos, erodidos e os sedimentos transportados para as bacias de Santos, Taubaté e São Paulo. A quinta etapa terminaria com um provável cessamento das movimentações tectônicas no Plioceno.

MELO et alii (1985.a) propõe que o término da sedimentação nas bacias terciárias tenha se dado entre o Oligoceno - 24 m.a. e o Plioceno - 5 m.a. (Figura 09). Assim, não se tem registros de movimentações tectônicas se estendendo além do Oligoceno.

Contudo, baseados na observação de falhamentos na bacia terciária de Resende, MELO (1985.b) e CAMPANHA et alii (1985) sugerem que há evidências de tectonismo pós-Oligoceno, do tipo intraplaca, relacionados à movimentação da América do Sul para oeste.

A coluna cronoestratigráfica válida então para a área do pré-Cambriano paulista é apresentada na Figura 10.

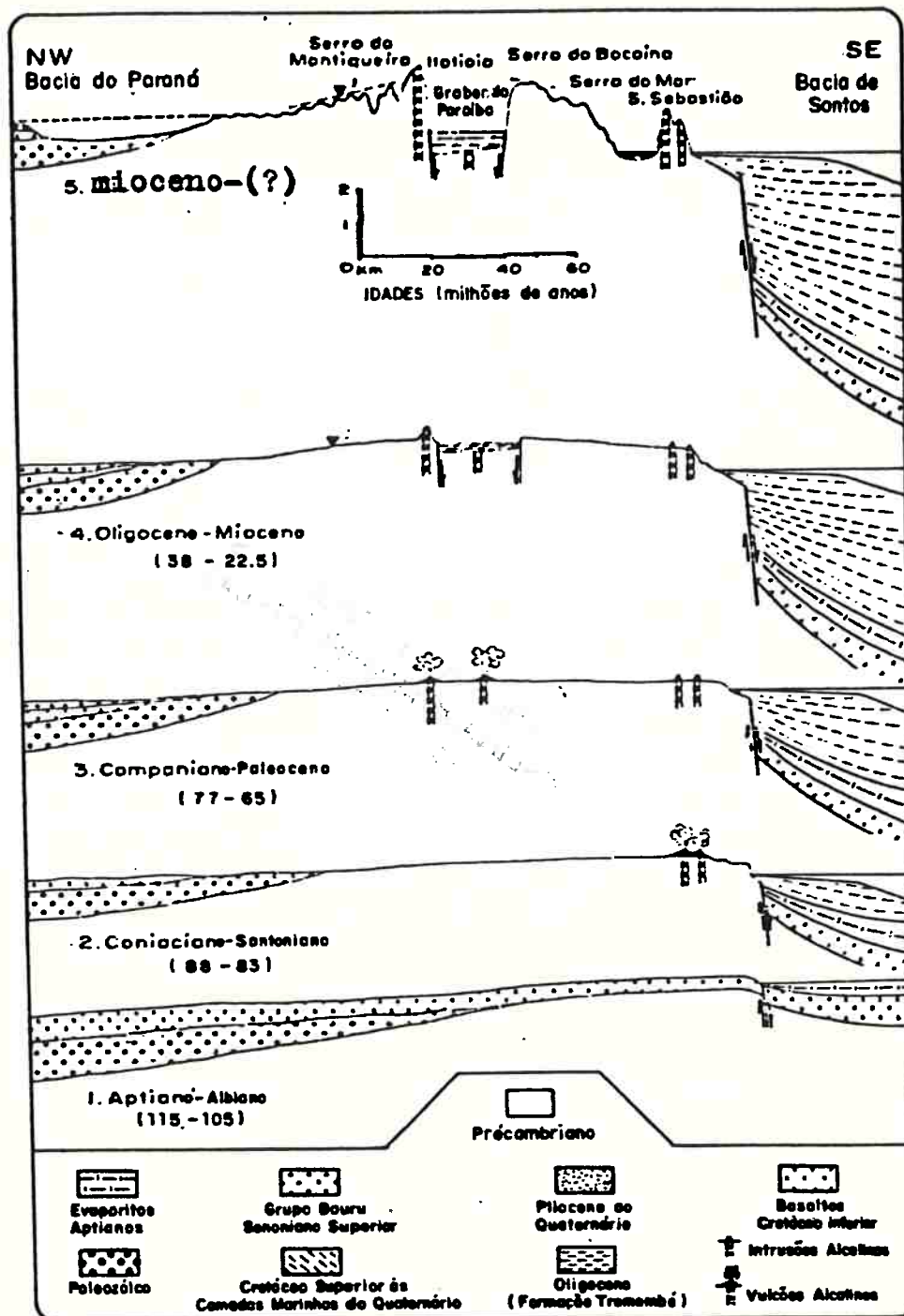


Figura 08 - Esquema de evolução tectônica para a área pré-cambriana, (ALMEIDA, 1976), modificada quanto ao término da sedimentação terciária, segundo MELO et alii (1985.a)

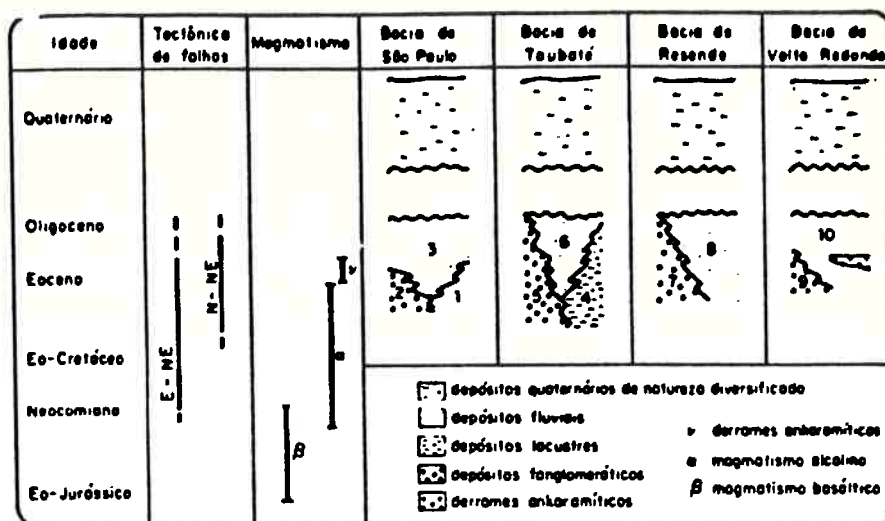


Figura 09 - Cronologia de formação e sedimentação das bacias terciárias de São Paulo e Taubaté (proposta de MELO et alii, 1985.a). 1 e 2 - Formação Itaquaquecetuba; 3 - Formação São Paulo; 4 e 5 - Formação Tremembé; 6 - Formação Caçapava; 7 e 8 - Formação Resende; 9 e 10 - Formação Resende, na Bacia de Volta Redonda.

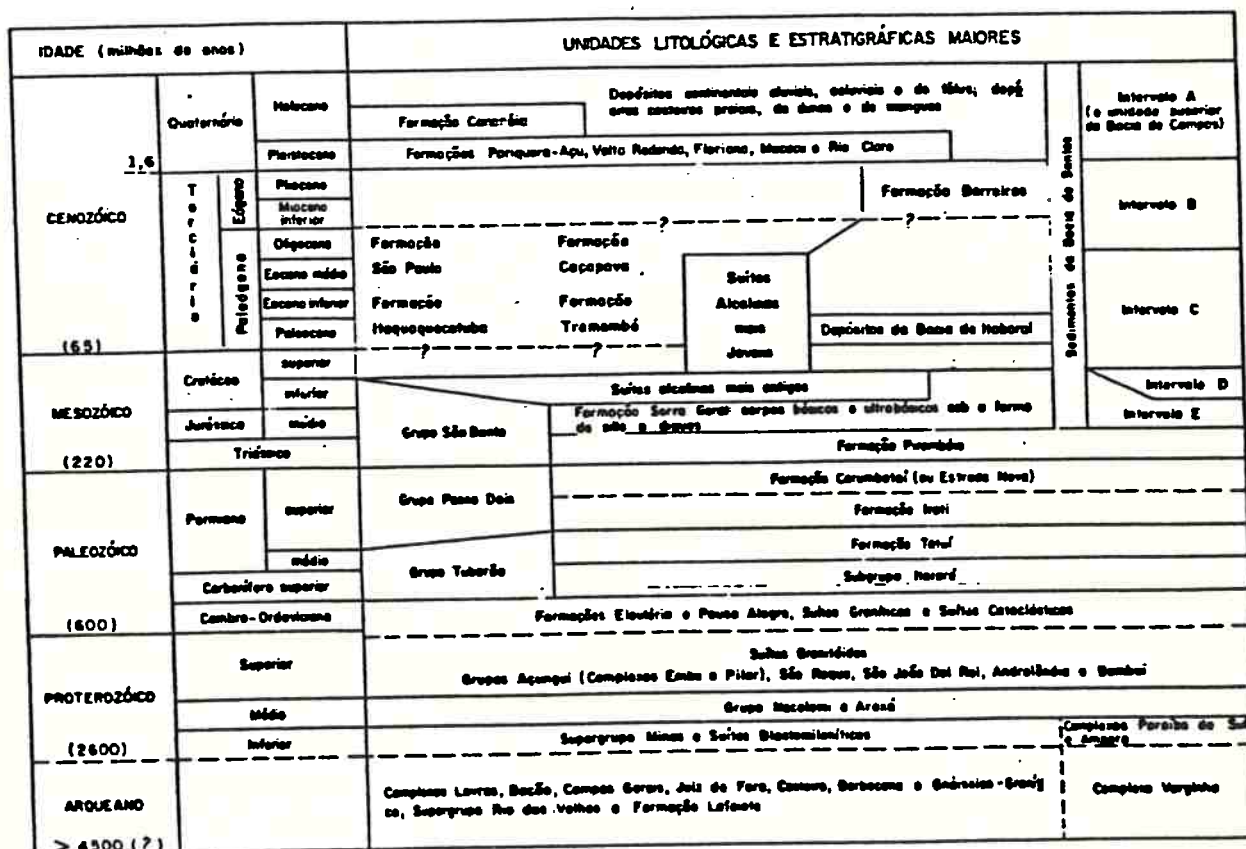


Figura 10 - Coluna cronoestratigráfica válida para o pré-ambriano paulista (adaptada de HASUI et alii, 1982)

Sobre a continuidade das manifestações tectônicas no Quaternário, pode-se dizer que não é ainda conhecida em nosso meio técnico. Encontram-se na bibliografia várias citações de evidências comprobatórias, como citado por GALLARDO et alii (1987) (Figura 11) porém, analisadas à luz de modelos de evolução tectônica quaternária sujeitos a revisões por não estarem ainda suficientemente testados e discutidos no meio técnico nacional.

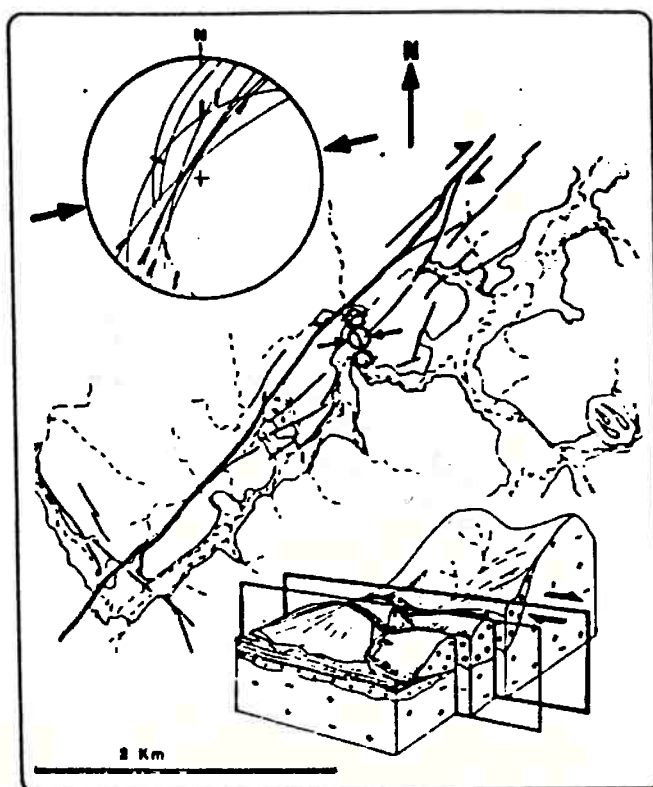


Figura 11 - Ocorrência de possíveis movimentações quaternárias, de natureza transcorrente, através de medidas de deslocamentos em depósitos coluviais sobre o pré-Cambriano do ambiente da Serra do Mar, no Município de Nova Venécia, Estado do Espírito Santo (GALLARDO et alii, 1987).

Contudo, a atividade sísmica registrada na área do pré-Cambriano (Figura 12) mais freqüente na margem continental e mais intensa no nordeste do Estado (HASUY et alii, 1982 e MIOTO, 1984) constitui-se, sem dúvida, na mais consistente evidência de continuidade das manifestações tectônicas até o presente.

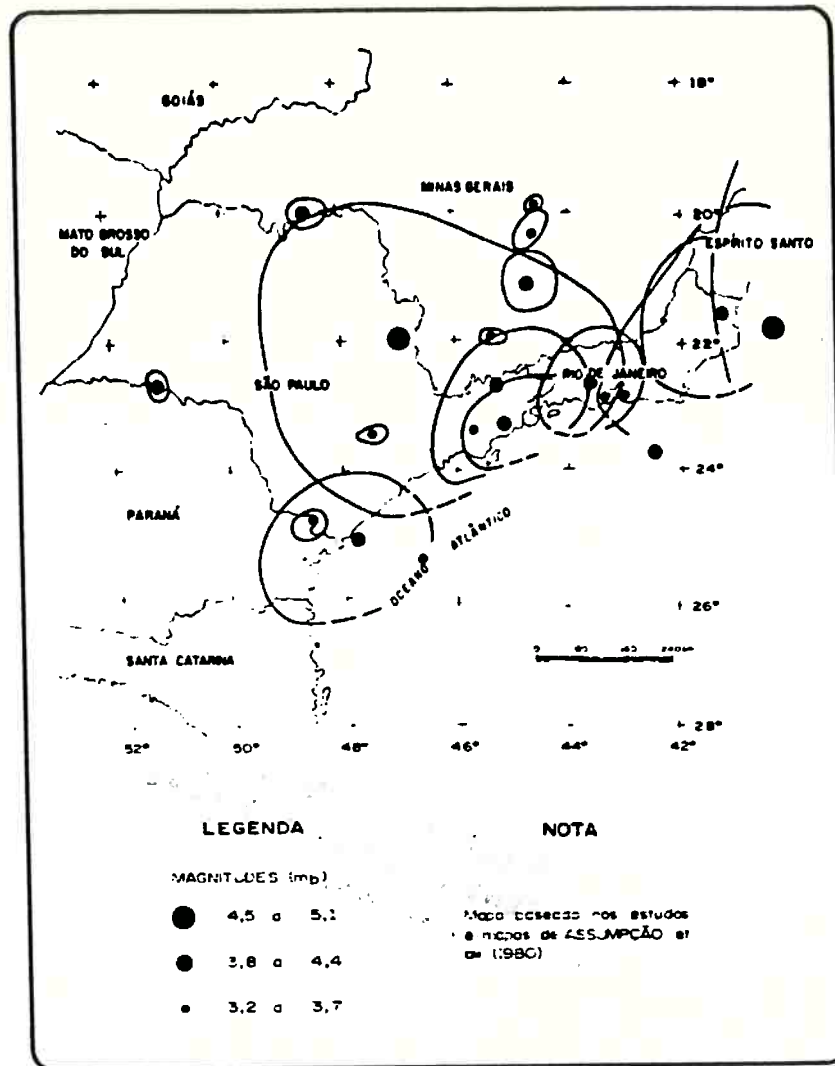


Figura 12 - Localização de apicentros da atividade sísmica registrada na área do pré-cambriano paulista (MIOTO, 1984)

2.3. Mecanismo de Evolução Tectônica Mesozóico-cenozóica

O mecanismo que teria governado o tectonismo Cenozóico na região do pré-Cambriano paulista insere-se num contexto mais amplo, associado à evolução tectônica de toda a costa brasileira que, por sua vez, tem suas origens relacionadas à tectônica de placas com o evento da separação dos continentes no Eocretáceo.

Sobre a origem dos movimentos cenozóicos existem várias hipóteses. ALMEIDA (1976) é de opinião que esse tectonismo tem sua origem possivelmente relacionada a movimentos do manto superior (camada subcrustal de consistência fluido-viscosa). ASMUS (1978)

confere ao tectonismo Cenozóico que afetou a borda continental da Bacia de Santos um caráter peculiar que o distingue do tectonismo que afetou grande parte da costa brasileira, devido à sua idade Terciária e área de ocorrência restrita.

Ainda ASMUS (1978), propõe que se tente encontrar a explicação geodinâmica para este caso particular de tectonismo Cenozóico admitindo-se, também, as peculiaridades que marcaram a evolução geológica da porção sudeste da margem continental brasileira. Nesse sentido, o citado autor formula uma hipótese para o possível mecanismo que teria condicionado a evolução tectônica cenozóica da referida área (Figura 13) que poderia ser estendida, também, para a região do pré-Cambriano paulista. ASMUS assim explica o mecanismo dos cinco estágios:

- . 1o. A - A formação do domo (antes da partição dos continentes) desenvolveu-se a partir do Permiano e atingiu expressão máxima no Triássico-Jurássico (estágio A). A partir daí processou-se um afinamento da litosfera, tanto por atenuação na porção inferior como por erosão da superfície. Em seguida, houve a partição dos continentes no Eocretáceo;
- . 2o. B - Após a ruptura crustal, estabeleceu-se o desequilíbrio isostático, com excesso de massa fluido-viscosa sob a Bacia de Santos e com deficiência sob a porção continental adjacente;
- . 3o. C - A tendência ao equilíbrio isostático deformou a litosfera através de movimentos verticais opostos, descendentes na Bacia de Santos e ascendentes na região costeira adjacente.

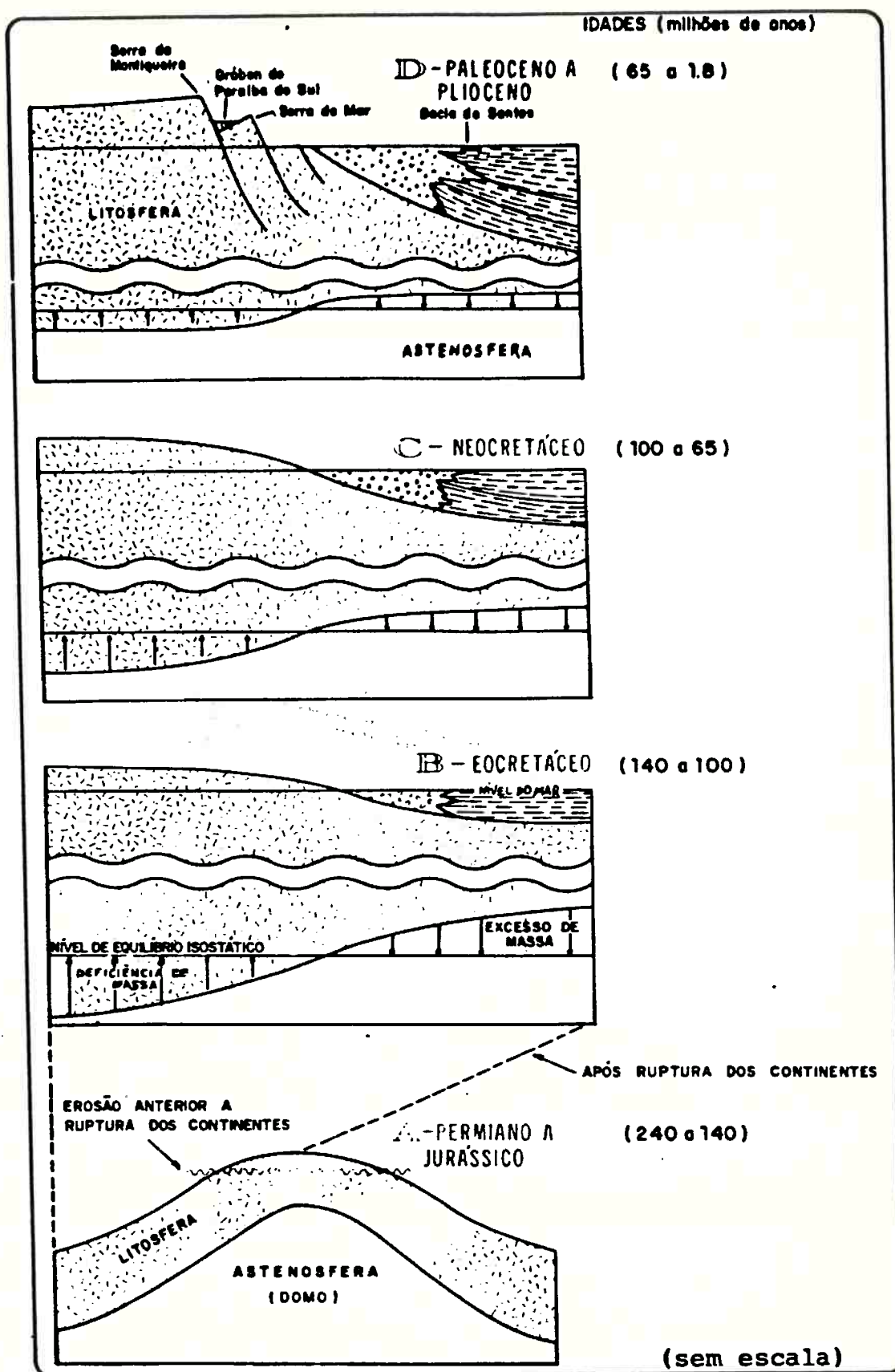


Figura 13 - Esquema da seqüência de estágios evolutivos da Bacia de Santos e da área continental adjacente (modificado de ASMUS, 1978)

- . 4o. D - Os esforços verticais opostos acabaram por suplantar a resistência das rochas crustais, partindo-as. A porção correspondente à Bacia de Santos continua atualmente a subsidir enquanto a da região costeira continua a ser soerguida.

É interessante notar, no esquema evolutivo proposto por ASMUS, que:

- . o desequilíbrio isostático desencadeou um jogo de intensos movimentos verticais, que teriam ocorrido, possivelmente, ao longo de descontinuidades antigas pre-existentes;
- . os deslizamentos gravitacionais ao longo dessas descontinuidades provocaram basculamentos de blocos crustais, como ilustrado no esquema do Estágio D;
- . ASMUS (1978) cita a possibilidade de acomodar uma sugestão de A. GONÇALVES (verbal) referente a uma migração de idade dos falhamentos cenozóicos que de leste para oeste se tornariam progressivamente mais jovens. Contudo, é possível que essas pulsações estejam relacionadas ao tectonismo intraplaca, ainda não muito entendido no Brasil;
- . em não tendo sido ainda atingido o equilíbrio isostático, poderia haver uma tendência das manifestações tectônicas se estenderem também até o presente, possibilidade que não poderia ser sustentada apenas pelo reconhecimento da existência de zonas sísmicamente ativas na região do pré-Cambriano adjacente à Bacia de Santos;
- . ainda a esse respeito, cita ASMUS (1978): "FULFARO & PONÇANO (1974) admitem que o embasamento cristalino pré-Cambriano da região Sudeste é ainda tectonicamente ativo. Fundamentaram sua opinião alegando indícios geomorfológicos patentes em terraços de rios e informações de residentes na região, cujos relatos testemunham que os grandes deslizamentos de

terra - como aquele de proporções catastróficas ocorrido em Caraguatatuba em 1967 - trazem consigo uma seqüência de sinais (tremores de terra e abertura de fendas) nos quais se poderia, talvez, identificar alguma associação com tremores de terra. Entretanto, AMADOR (1976) discorda do significado tectônico dos terraços fluviais. Entende que esses terraços do Pleistoceno estejam relacionados à variações climáticas. Acrescenta que a ausência de deformação nos estratos superiores da Bacia de Resende indicaria calma tectônica no período de formação daqueles terraços".

No ítem seguinte, de estudo do arcabouço geológico remanescente do tectonismo Cenozóico que afetou a área pré-cambriana paulista, serão apresentados novos indícios referentes à hipótese de movimentações tectônicas estendendo-se até o Recente.

2.4. Arcabouço Remanescente do Tectonismo Cenozóico

Os maciços pré-cambrianos, por serem muito antigos, guardam feições estruturais e litológicas de eventos tectônicos e magmáticos ocorridos no longo período compreendido entre o Arqueano e o Recente.

De uma forma geral, os maciços são compostos por rochas metamórficas (migmatitos, gnaisses, xistos, filitos) e ígneas graníticas, freqüentemente atravessados por diques de composição diabásica.

As grandes estruturas de idade pré-Cambriana constituem-se de dobramentos e falhamentos transcorrentes, alinhados em direção aproximadamente paralela à margem continental do Estado, ou seja, este-nordeste (Figuras 14 e 15).

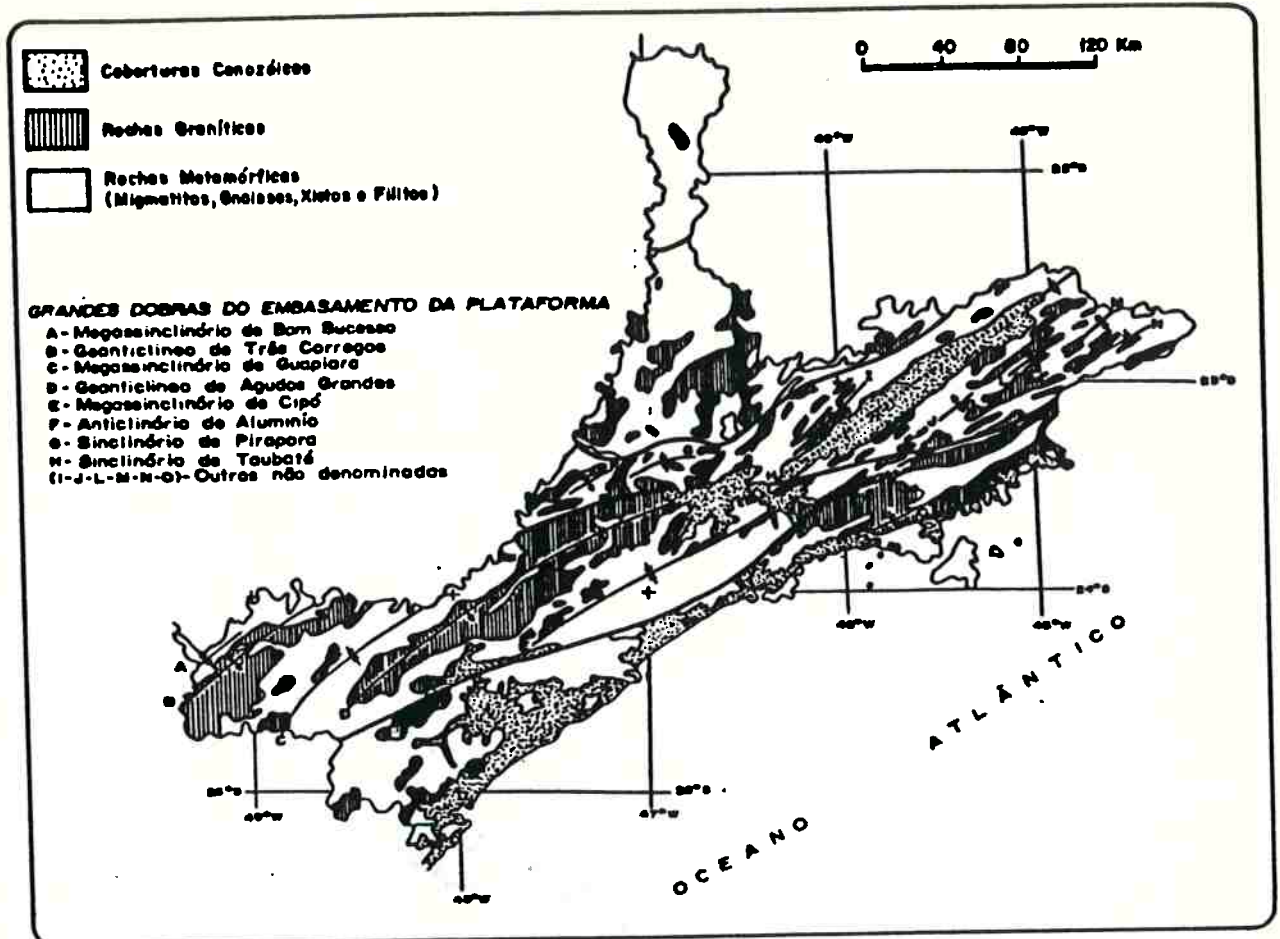


Figura 14 - Grandes unidades geológicas e dobramentos (BISTRICHI et alii, 1981)

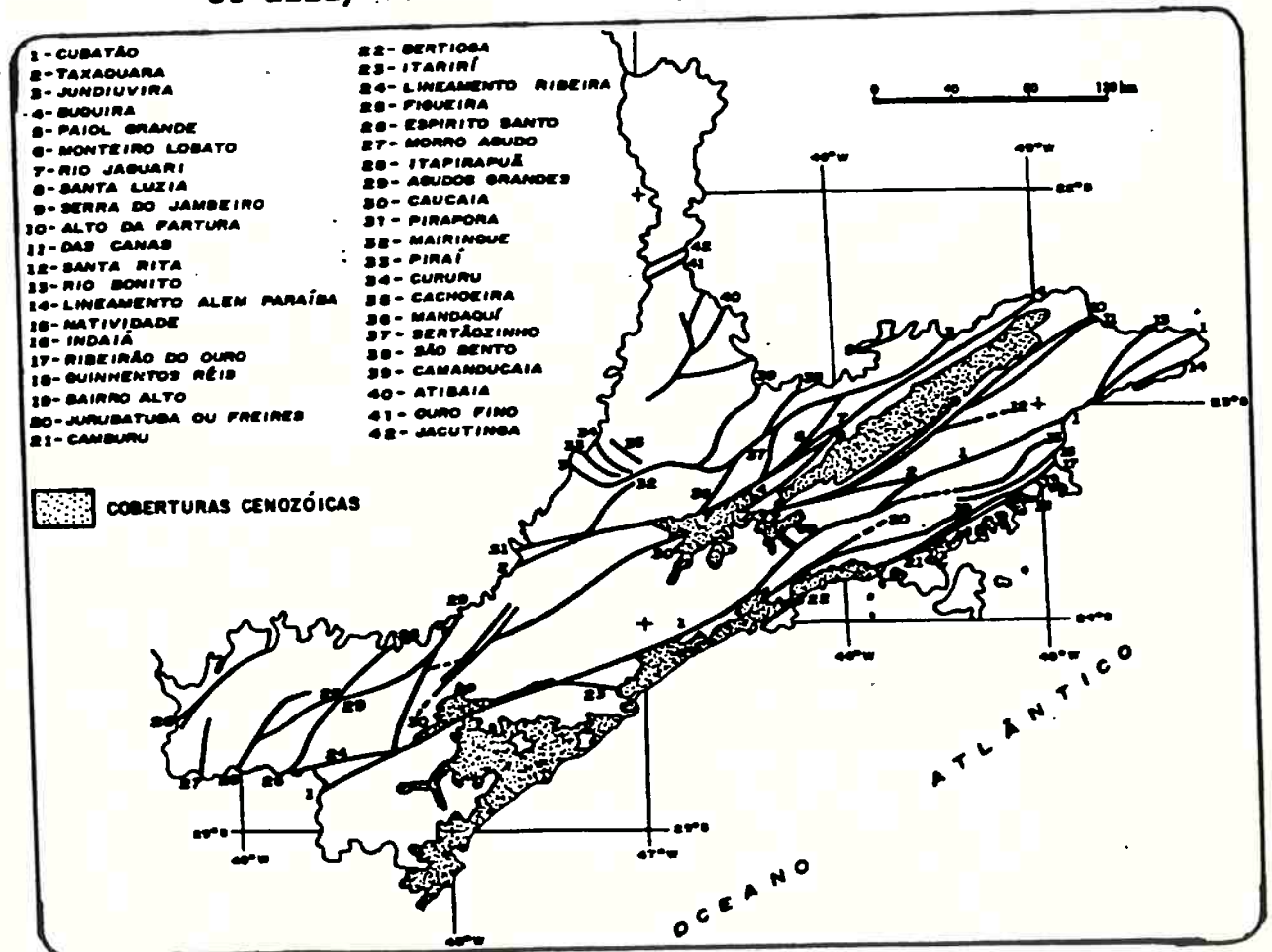


Figura 15 - Grandes falhamentos da área (BISTRICHI et alii, 1981)

. no Cenozóico destacaram-se apenas as movimentações tectônicas com pequenas intrusões alcalinas associadas e sedimentação nas bacias então formadas, conforme modelo evolutivo proposto por ALMEIDA (1976), Figura 08.

O tectonismo Cenozóico caracteriza-se por movimentos sub-verticais que, na maior parte, ocorrem ao longo de antigos planos de falha, citados na Figura-15, com direções predominantes leste-nordeste.

Coube, pois, destacar no presente trabalho as macro e pequenas feições resultantes da atuação desse tectonismo Cenozóico no contexto geológico-geomorfológico pré-existente.

2.4.1. Macro-feições

As movimentações determinaram, inicialmente, a formação da Bacia de Santos na margem continental e, em seguida, a definição dos grandes desnivelamentos de blocos na plataforma continental, que foram estimados em até 3.000 metros.

Esses desnivelamentos de blocos deram origem a dois tipos de macro-feições: elevações e depressões, correspondentes às serras do Mar e Mantiqueira, Bacia de São Paulo e Gráben do Paraíba, e onde está inserida, no território paulista, a Bacia de Taubaté. A posição dessas macro-feições é indicada na Figura 16.

Outra característica marcante das movimentações terciárias foram os basculamentos impostos aos blocos que mergulham de leste para oeste, conforme ilustra a Figura 17, no modelo evolutivo proposto por ASMUS (1978).

Como exemplos práticos, há inúmeras citações de basculamentos de grandes blocos de leste para oeste, conforme ilustram as Figuras 18 e 19.

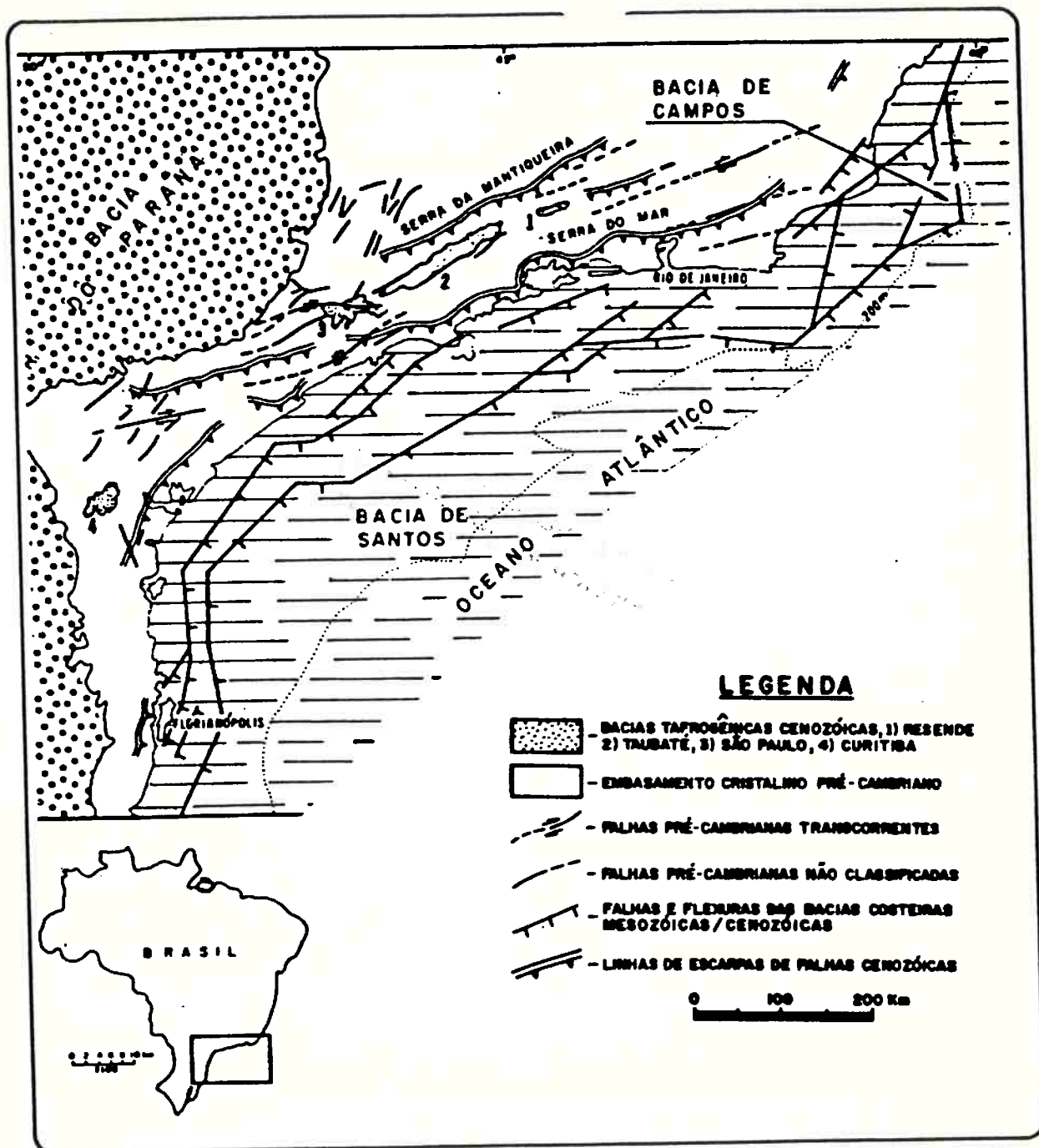


Figura 16 - Mapa indicativo da posição das macro-feições originadas pelo desnivelamento de blocos no tectonismo Terciário (ASMUS, 1978).

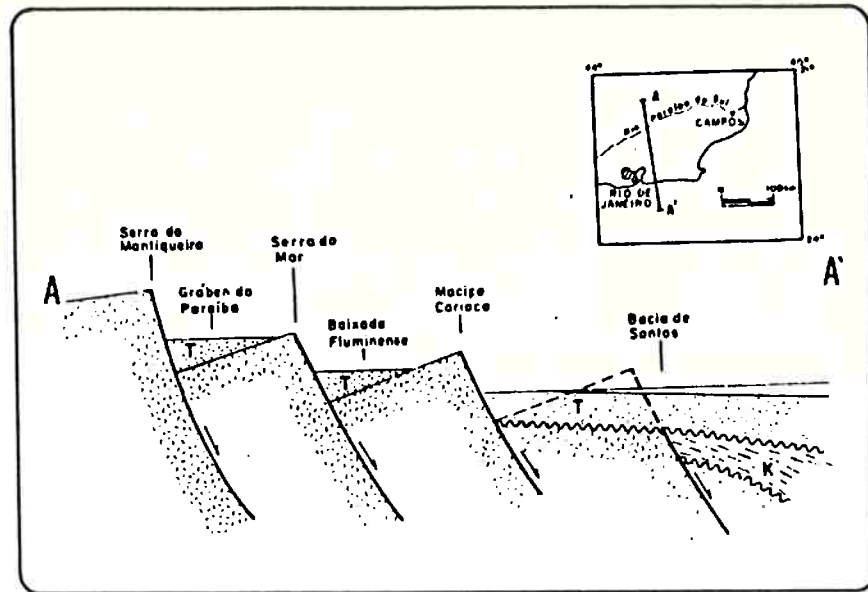


Figura 17 - Perfil geológico esquemático, transversal à área afetada pelo tectonismo Terciário mostrando o basculamento de blocos de leste para oeste, conforme ASMUS (1978), válido também para o território paulista.

Até aqui foi destacada apenas a importância dos basculamentos terciários ocorridos ao longo dos alinhamentos este-nordeste, naturalmente por serem os mais notáveis e frequentes.

Embora bem mais discreta, deve-se esperar, também, a ocorrência de basculamentos ao longo de eixos de soerguimento com direções variando de leste-oeste para oeste-nordeste. Exemplos destes soerguimentos são citados por ASMUS (1978) separando as Bacias de São Paulo-Taubaté e de Taubaté-Resende.

2.4.2. Feições Menores

Quanto aos pequenos basculamentos, existem na literatura algumas citações referentes a evidências de pequenos blocos adernados (BJORNBERG et alii, 1971). Contudo, pouco é conhecido ainda a respeito.

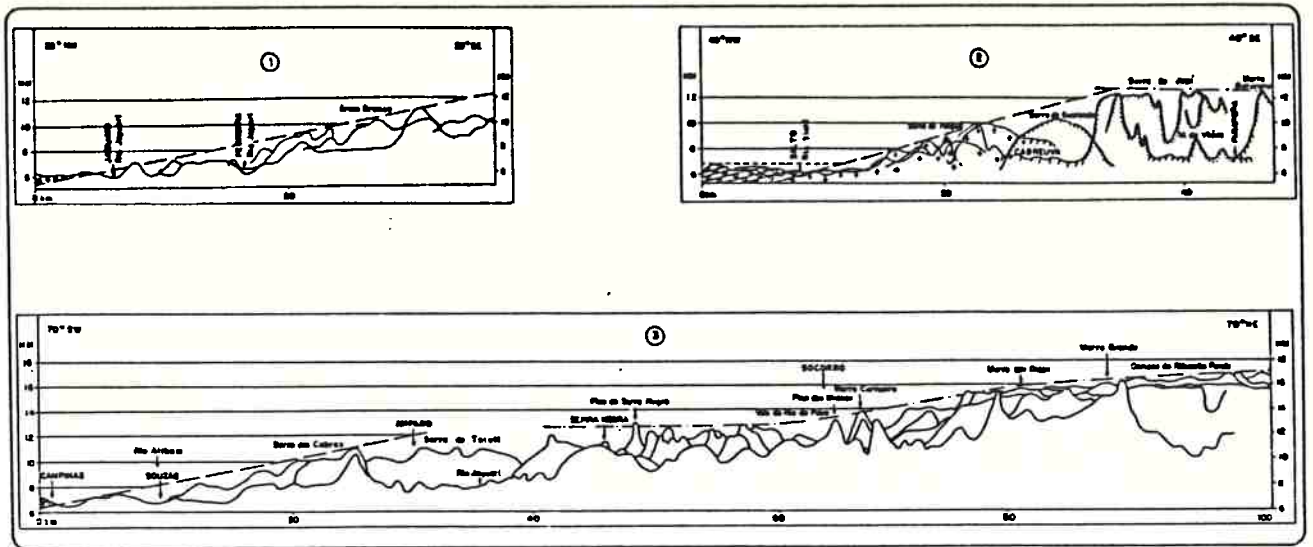


Figura 18 - Evidências de basculamento tectônico (ALMEIDA, 1964)

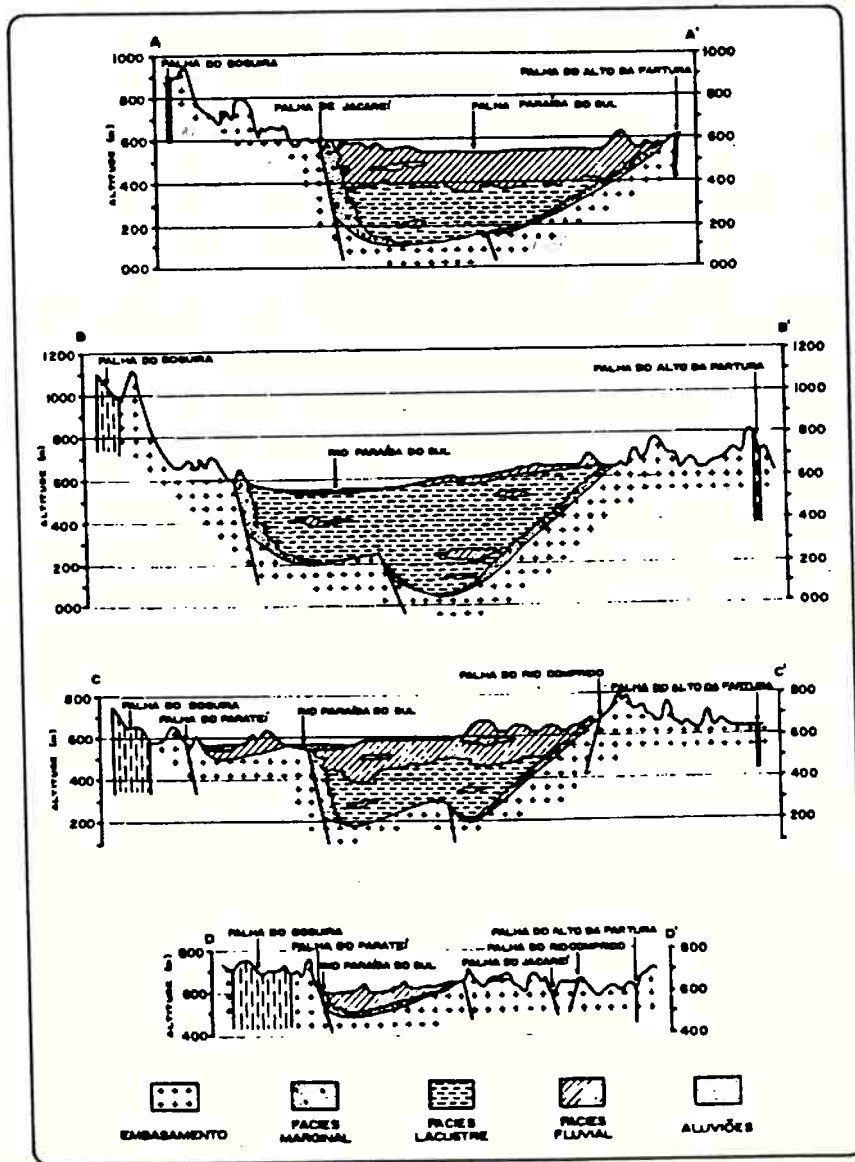


Figura 19 - Evidências de basculamento tectônico de blocos que constituem o embasamento da Bacia de Taubaté (PONÇANO at alii, 1981)

Essas citações encontram suporte em levantamentos geológicos de detalhe existentes, como se pode concluir da análise de trabalhos realizados no pré-Cambriano da borda sudoeste da Bacia de Resende, (HASUI et alii, 1982) (Figura 20) e na bacia terciária de São Paulo, mais especificamente na Formação Itaquaquecetuba, onde, ALMEIDA et alii (1984), identificaram falhamentos com rejeitos superiores a uma dezena de metros.

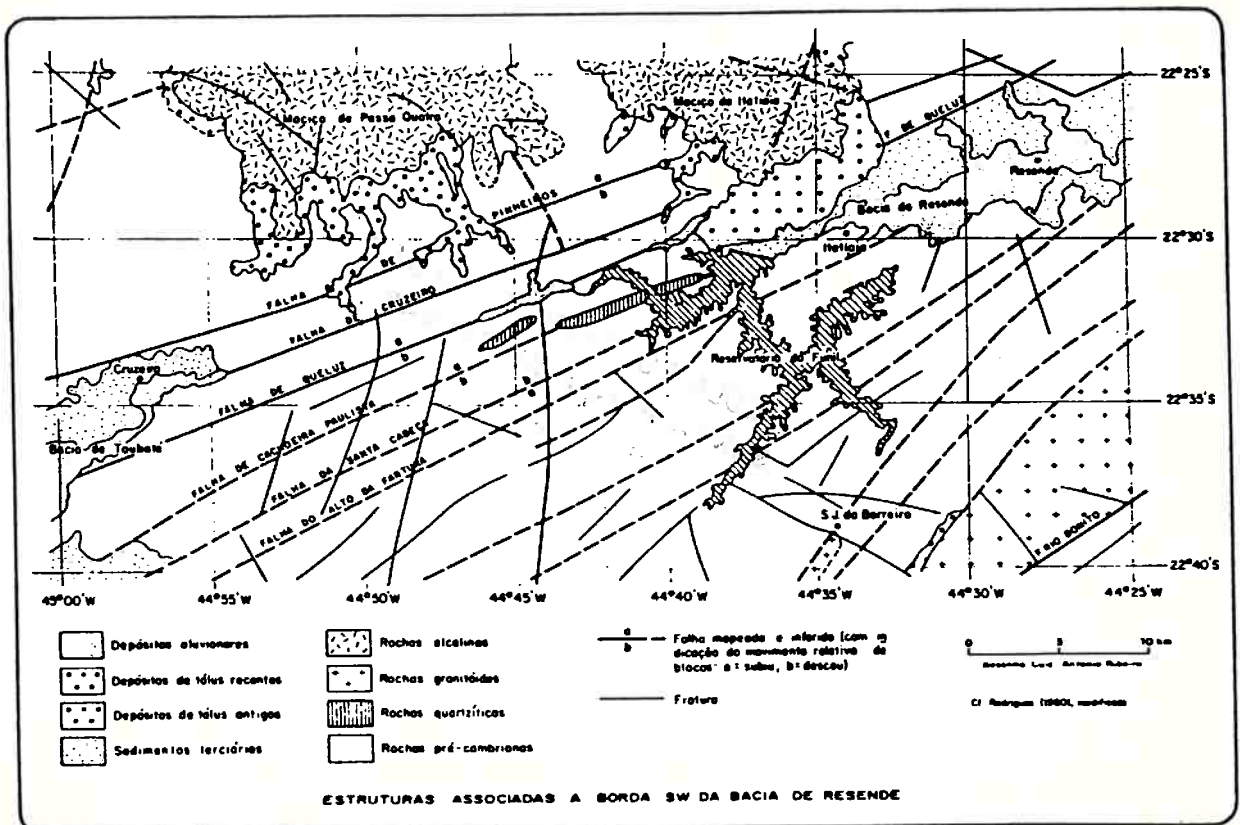


Figura 20 - Seqüência de pequenos blocos abatidos na borda sudoeste da bacia terciária de Resende (HASUI et alii, 1982)

No presente trabalho, considerou-se importante a investigação da ocorrência de basculamentos de pequenos blocos, por serem as movimentações capazes de influenciar a configuração morfológica do topo dos maciços rochosos. Essa investigação será feita a seguir, com os estudos geomorfológicos.

3. EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA

3.1. Aspectos Gerais

Da análise de dados disponíveis concluiu-se que os estudos deveriam ser dirigidos para possibilitar a compreensão do contexto em que se formaram os perfis de intemperismo em regiões de relevos planos, ou que apresentassem os menores desníveis.

Estas regiões compreenderiam antigos relevos aplainados constituindo superfícies levemente inclinadas. No pré-Cambriano paulista, estas superfícies não mais existem como tal, estando, hoje, submetidas a novo ciclo erosivo devido aos desnivelamentos tectônicos cenozóicos. Contudo, a existência e extensão das mais importantes superfícies foram identificadas por ALMEIDA (1964), inclusive através da construção de planos imaginários tangenciando os cimos dos morros que comporiam os antigos aplainamentos, conforme mostrado na Figura 18.

Para o estudo das relações entre formas de relevo e perfis de intemperismo, considerou-se necessário distinguir:

- . a área de ocorrência dos antigos aplainamentos e das respectivas zonas de relevo de transição que constituíssem notórios desníveis entre os aplainamentos; e
- . ocorrências de basculamentos de pequenos blocos, tanto no interior dos aplainamentos como nas zonas de relevo de transição.

Considerou-se, também, que não seriam necessárias definições precisas quanto aos contornos e cronologia dos eventos formadores das superfícies de aplainamento nem tampouco diferenciar superfícies contíguas com pequenos desníveis entre elas.

Para distinguirem-se os antigos aplainamentos, foi adotada a divisão geomorfológica do Estado de São Paulo, proposta por

ALMEIDA (1964) e modificada por PONÇANO et alii (1981), conforme Figura 21.

Na área do pré-Cambriano são individualizadas duas grandes unidades, denominadas Província Costeira e Província do Planalto Atlântico, separadas entre si pelo alinhamento da borda da Serra do Mar.

A Província Costeira constitui-se num grande relevo de transição entre o alto da Serra do Mar e o Oceano Atlântico, enquanto a do Planalto Atlântico compõe-se de antigas superfícies de aplainamentos e zonas de transição, razoavelmente distintas.

Da subdivisão da Província do Planalto Atlântico, adotou-se a zona do Planalto Paulistano (Figura 21) como área mais indicada ao desenvolvimento do estudo de associação de formas de relevo com perfis de intemperismo, por apresentar características de relevo mais favoráveis e por haver disponível sobre ela quantidade satisfatória de material bibliográfico.

3.2. Evolução Geomorfológica

A modelagem atual do relevo da área pré-cambriana paulista foi condicionada por processos poligênicos envolvendo, em ordem de importância, deformações tectônicas e flutuações climáticas.

Está intimamente associada a evolução tectônica terciária proposta por ALMEIDA (1976) e HASUI & ALMEIDA (1978), que teria obedecido aos mecanismos de deformação propostos por ASMUS (1978), ilustrados nas Figuras 13 e 17.

O relevo da área, no início do Terciário, era representado segundo ALMEIDA (1964), por um grande aplainamento denominado, pelo mesmo Autor, de Superfície do Japi. Sob o ponto de vista fisiográfico, o relevo encontrava-se relativamente plano, de forma semelhante ao 3o. estágio do esquema de evolução tectônica ilustrado pela Figura 08.

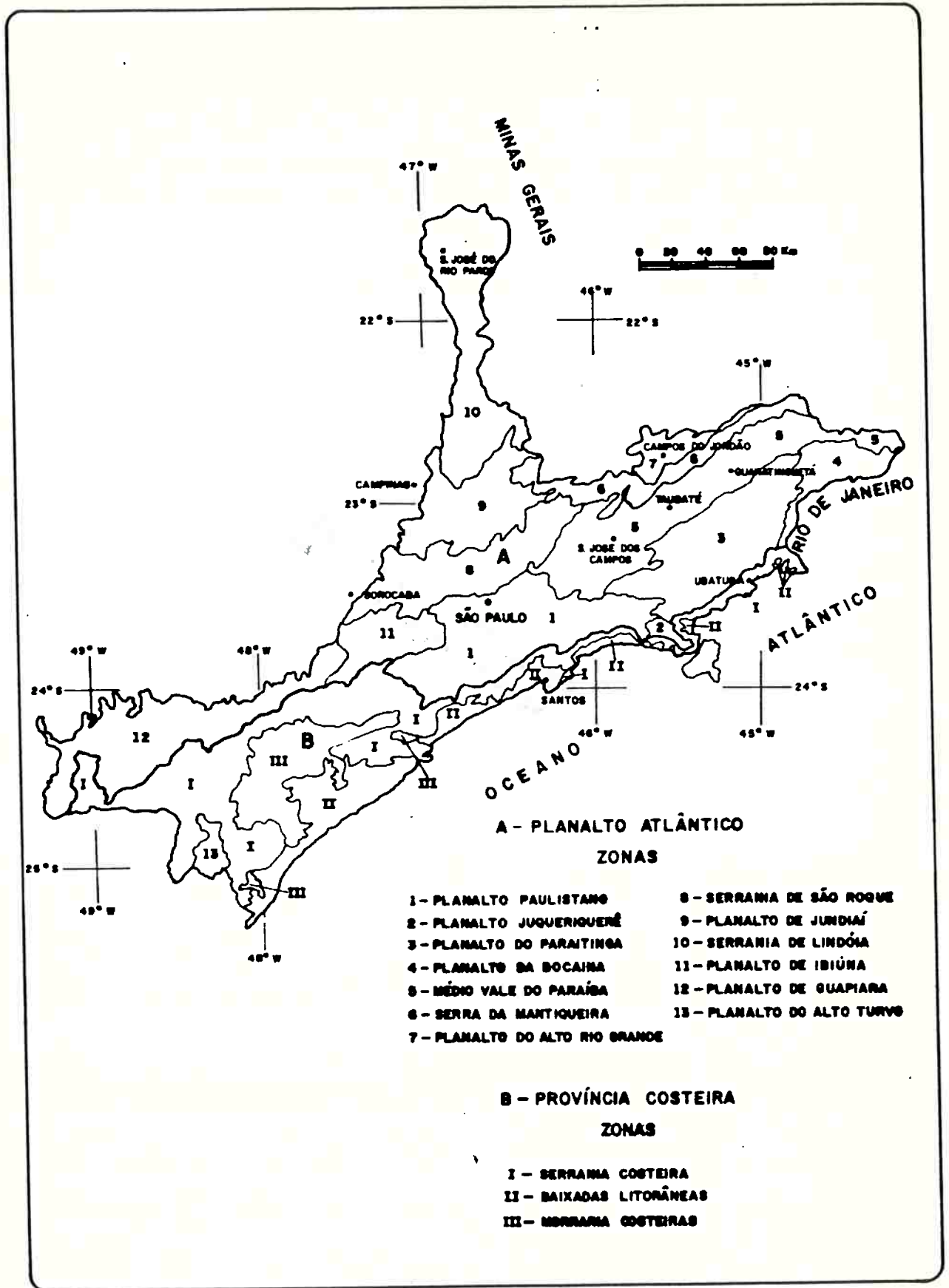


Figura 21 - Divisão geomorfológica da área do pré-Cambriano paulista (ALMEIDA - 1964, modificada por PONÇANO et alii, 1981)

Possivelmente, a partir do Paleoceno, como se conclui de MELO et alii (1985.a), teriam se iniciado as deformações de natureza distensiva da Superfície do Japi, resultando em movimentos verticais que se deram ao longo das descontinuidades pré-existentes de idade pré-cambriana, indicadas na Figura 15. Essa partição deu origem à formação de vários blocos levemente basculados e acentuadamente desnivelados entre si. Na mesma época acentuavam-se, também, os desnivelamentos na borda continental da Bacia de Santos.

No início da partição, admite ALMEIDA (1964), a Superfície do Japi encontrava-se nivelada aproximadamente entre as cotas 1.100 - 1.300m. Os desnivelamentos do Japi implicaram no rebaixamento de alguns blocos e no soerguimento de outros. Os maiores rebaixamentos ocorridos na plataforma continental constituem hoje o fundo das bacias terciárias de São Paulo e Taubaté, (esta no Gráben do Paraíba), onde atinge profundidade inferior à cota 100m, como ilustram as seções da Figura 19. Por outro lado, o maior soerguimento constitui uma das bordas do mesmo gráben, representado pela Serra da Mantiqueira, alçada a altitudes pouco superiores a cota 2.200m.

Rebaixado ou soerguido, com ou sem basculamento, cada bloco passou a se constituir num compartimento geomorfológico distinto.

A reorientação da drenagem superficial provocou o início de um ciclo erosivo em cada um dos blocos soerguidos e de sedimentação nos rebaixados, dando origem às bacias terciárias referidas anteriormente. Em alguns blocos encontram-se restos preservados da Superfície do Japi, como no alto do tabuleiro da serra homônima próxima a Jundiá e nos altos da Serra da Mantiqueira em Campos do Jordão (ALMEIDA, 1964). Em outros blocos a erosão progrediu até arrasar a antiga superfície e criar um novo nivelamento para os compartimentos.

A partir deste primeiro episódio de desnivelamento, conclui-se, da consulta bibliográfica, que nem todos os novos compartimentos puderam ser bem reconhecidos e delimitados.

Para a região do Planalto Paulistano e proximidades, há referências que atribuem pelo menos quatro ciclos erosivos posteriores à partição do Japi (ALMEIDA, 1958), assim como outras, que atribuem um número expressivamente maior. Com base nos estudos bibliográficos, admitiu-se que o número de novos ciclos erosivos devido aos desenvolvimentos de origem tectônica deve ter sido pequeno e com amplitudes de deslocamentos relativos também pequenos, situando-se numa faixa de poucos a até no máximo 100 metros.

Que esses pequenos desnivelamentos se estenderam ao longo do Terciário parece não haver dúvidas. Entretanto, MELO (1985.b) e CAMPANHA et alii (1985) sugerem que, a partir do Mioceno, as movimentações estariam relacionadas ao tectonismo intraplaca.

Não há, entretanto, referências quanto à provável seqüência cronológica desses desnivelamentos. Contudo, a partir de consultas bibliográficas baseadas em ALMEIDA (1958 e 1964) e MELO et alii (1985.a), tentou-se compor um quadro referente à possível seqüência dos eventos geomorfológicos, indicados na Figura 22, que teriam condicionado a modelagem atual do relevo da Zona do Planalto Paulistano.

3.3. Arcabouço Remanescente do Tectonismo Cenozóico

HASUI & ALMEIDA (1978) caracterizaram as deformações tectônicas terciárias como resultantes de grandes movimentações subverticais, preferencialmente ao longo de descontinuidades este-nordeste pré-existentes, conforme indicado na Figura 23. Essas grandes movimentações foram responsáveis pela

compartimentação geomorfológica atual do relevo pré-cambriano nas Províncias, Zonas e Sub-Zonas reconhecidas por ALMEIDA (1964), parcialmente citadas na Figura 21.

Os mesmos Autores ressaltam que o modelado atual do relevo deu-se, preferencialmente, devido a atuação de processos erosivos em litologias de resistência e estruturas diferenciadas.

IDADE		EVENTOS	
QUATER-NÁRIO	Holoceno	0,01 milhões de anos	
	Pleistoceno	1,0	
TERTIÁRIO	NEÓGENO	Plioceno	DESNIVELAMENTOS TECTÔNICOS DE PEQUENO PORTE (?)
	MIOCENO		DESNIVELAMENTO TECTÔNICO - INÍCIO CICLO EROSIVO ATUAL (?)
	PALEOGENO		24 FIM DA SEDIMENTAÇÃO DA BACIA DE SÃO PAULO - COTA 830 m
		OLIGOCENO	
		37	
EOCENO			
PALEOCENO		DESNIV. TECTÔNICO - INÍCIO SEDIMENTAÇÃO BACIA DE SÃO PAULO	
		58 FIM DA MODELAGEM DA SUP DO ALTO TIETÊ - COTAS 850-800 m	
		DESNIVELAMENTO TECTÔNICO - INÍCIO DO CICLO EROSIVO	
PRÉ-CAMBRIANO	Eocretáceo	65 FIM DA MODELAGEM DA SUP DO ALTO SOROCABA - COTAS 930-900 (?)	
		DESNIV. TECTÔNICO - PARTIÇÃO DO JAPI - INÍCIO DO CICLO EROSIVO	
		FIM DA MODELAGEM DA SUPERFÍCIE DO JAPI - COTA 1200 m	

Figura 22 - Provável sequência de eventos que condicionaram a evolução geomorfológica da área pré-cambriana paulista baseado em ALMEIDA (1958,1984) e MELO et alii (1985).

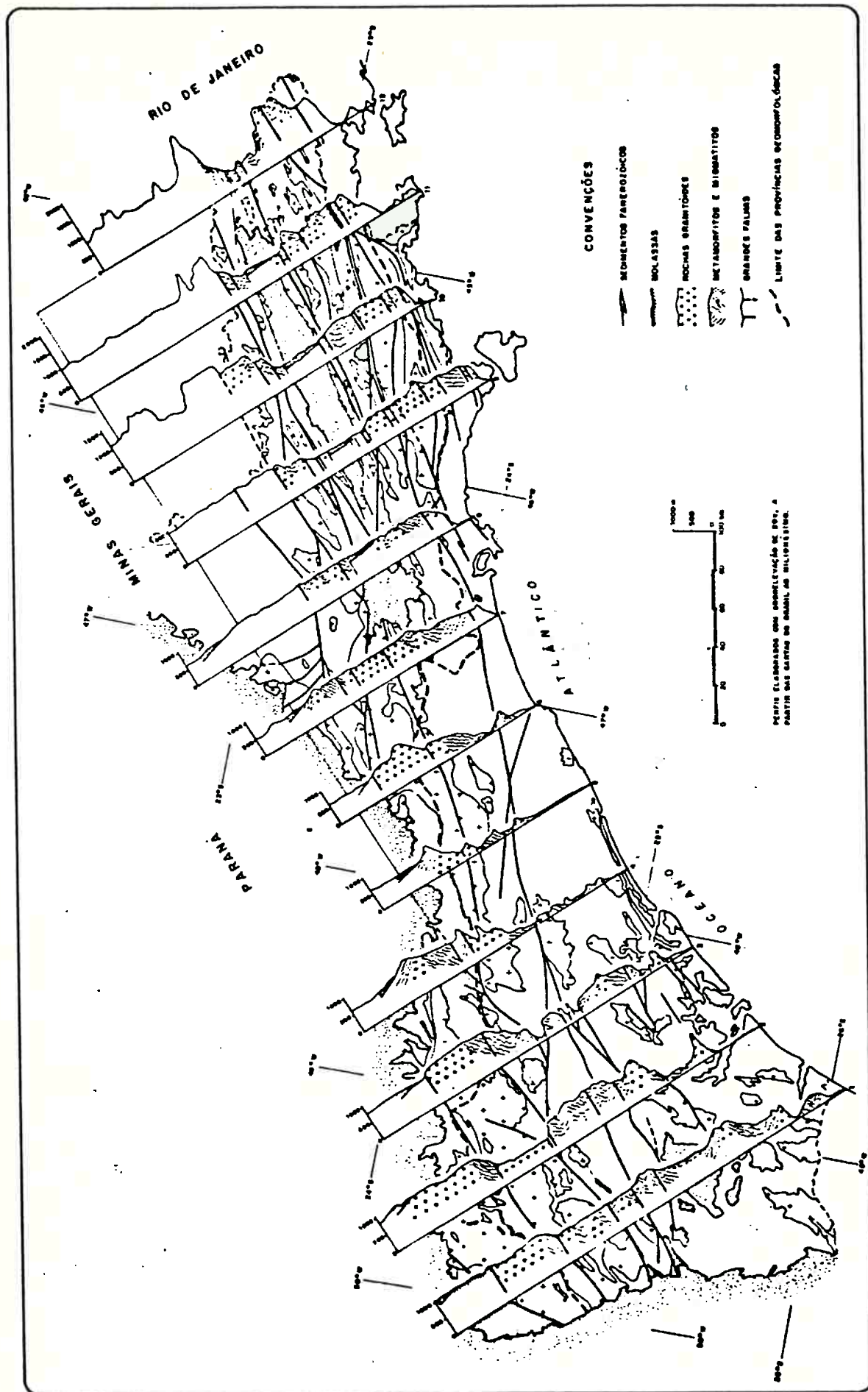


Figura 23 - Seções morfo-estruturais esquemáticas mostrando aspectos gerais do arcabouço geomorfológico atual do relevo pré-Cambriano nos Estados de São Paulo e Paraná (HASUI & ALMEIDA, 1978)

Não descartam, contudo, tanto no referido trabalho como em posteriores (ALMEIDA - 1984 e MELO et alii - 1985.a e b) a possibilidade de terem ocorrido novas pulsações tectônicas de idade plio-pleistocênicas, porém com intensidade sensivelmente menores que as anteriores.

Assim sendo, estas novas pulsações teriam sido as responsáveis por eventuais desnivelamentos e basculamentos de pequenos blocos, tanto no interior de áreas de superfícies de aplainamento como nas de zonas de transição. Teriam também afetado, indistintamente, litologias graníticas, metamórficas e, até mesmo, sedimentares das próprias bacias terciárias.

Porém, as novas pulsações plio-pleistocênicas poderiam também ter condicionado o desenvolvimento do atual ciclo erosivo. As maiores evidências deste condicionamento estariam hoje refletidas no modelado do relevo na forma de assimetrias de vales alinhados segundo as direções das estruturas por onde teriam se dado as novas pulsações tectônicas, independentemente da ocorrência de diferentes litologias e posição nos compartimentos geomorfológicos.

Para a verificação da possível existência de assimetrias de vales decorrentes de basculamentos de blocos de pequeno porte, julgou-se necessário proceder a uma investigação sistemática e generalizada para toda área do pré-Cambriano paulista, observando-se os seguintes critérios:

- 1o. - identificação e anotação das assimetrias em plantas topográficas nas escalas 1:50.000 e 1:10.000, conforme representadas nas Figuras 24 e 25;
- 2o. - anotação das assimetrias identificadas no mapa geológico-estrutural, escala 1:250.000 (HASUI et alii, 1981) depois reduzido (Figura 26) para possibilitar uma breve análise crítica da associação de assimetrias com

litologias e estruturas geológicas presentes;

Da análise da Figura 26, pode-se considerar que:

- . as assimetrias ocorrem quase sempre ao longo de estruturas leste-nordeste, apresentando, com grande freqüência, as altas declividades nas vertentes situadas nos blocos noroeste. Secundariamente, as assimetrias ocorrem também ao longo de estruturas leste-nordeste, predominando altas declividades nas vertentes nordeste;
- . os vales assimétricos instalam-se, quer em rochas graníticas, quer em rochas metamórficas fortemente orientadas como migmatitos biotíticos, xistos e filitos. Este fato contraria o argumento de tais assimetrias serem condicionadas exclusivamente pelos ângulos de mergulho de acamadamento, foliação e xistosidade das rochas metamórficas;
- . o fato destas assimetrias ocorrerem ao longo de estruturas tanto de maciços de rochas graníticas como de metamórficas, favorece a hipótese de que poderia ter havido um novo ciclo de pulsações tectônicas plio-pleistocênicas, atribuído à fase final das deformações iniciadas com a partição da Superfície do Japi, com implicações em discretos deslocamentos e basculamentos de pequenos blocos.

Os estudos até aqui desenvolvidos sobre a evolução geomorfológica e arcabouço remanescente após a partição da Superfície do Japi permitem distinguir que:

- . o relevo ficou subdividido em compartimentos geomorfológicos relativamente distintos (Figura 21), representados por antigas superfícies de aplainamento parcialmente erodidas e por zonas de transição entre elas. Podem ocorrer no interior de uma superfície restos de outras mais antigas e testemunhos erosivos sustentados por litologias mais

resistentes que, para a finalidade do presente estudo, foram considerados como relevos de transição;

. poderia ter ocorrido, também, no interior das superfícies desnivelamentos e basculamentos de pequenos blocos que, em razão da discreta amplitude dos deslocamentos, não constituíram zonas típicas de transição. Contudo parece que exerceram uma certa influência local durante a evolução do ciclo erosivo, por terem criado pequenos degraus e planos inclinados do tipo ilustrado pela Figura 17, responsáveis por rearranjos e redimensionamentos também localizados de fluxos de drenagem superficial.

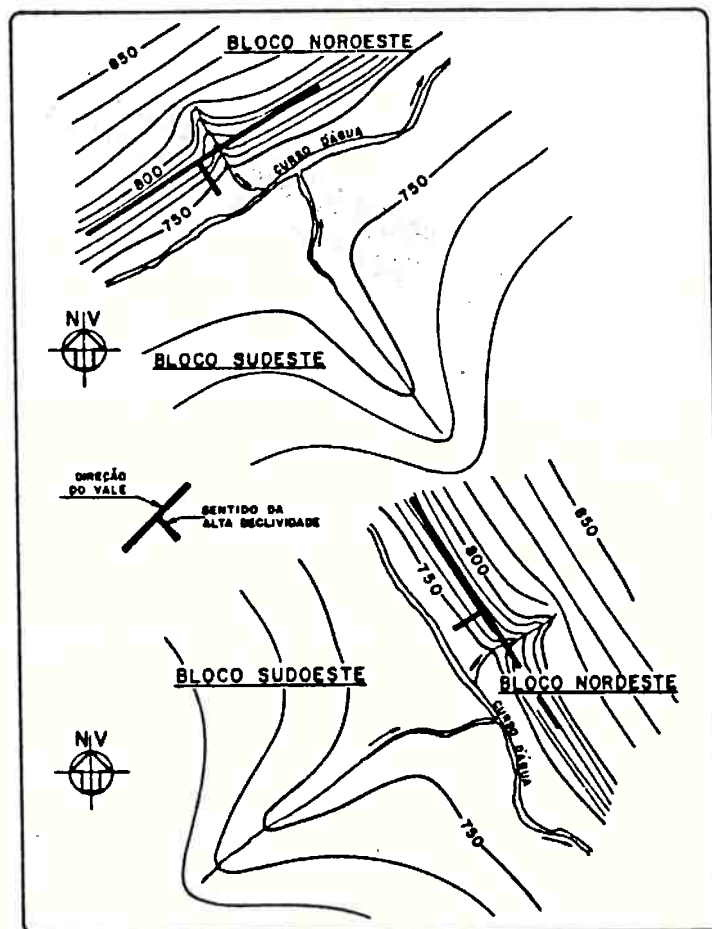


Figura 24 - Esquema de anotação das assimetrias de vales indicando a direção e o sentido das vertentes com altas declividades

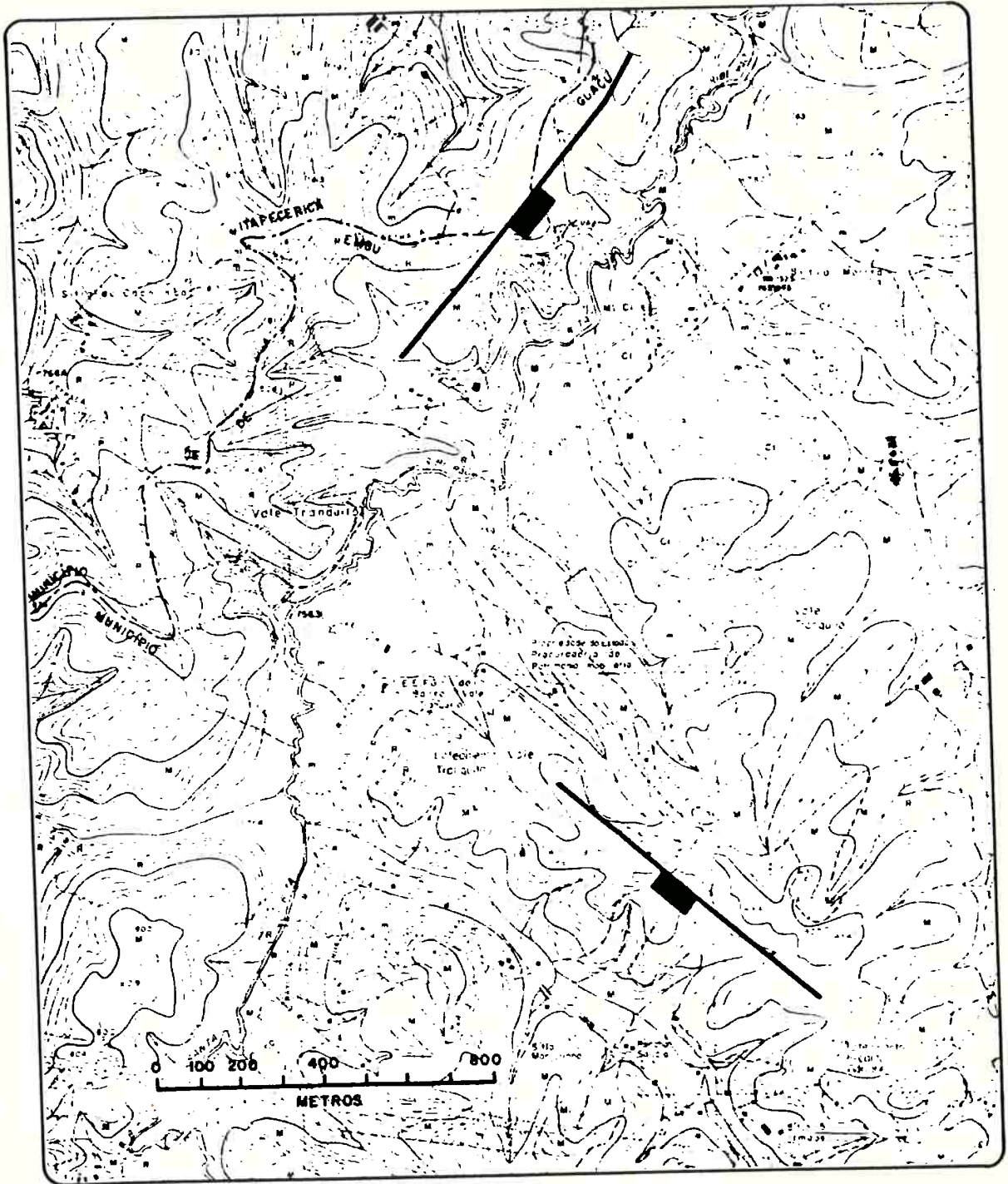


Figura 25 - Esquema de anotação utilizado na identificação de vales em plantas do IBGE e EMLASA, respectivamente em originais, nas escalas 1:50.000 e 1:10.000

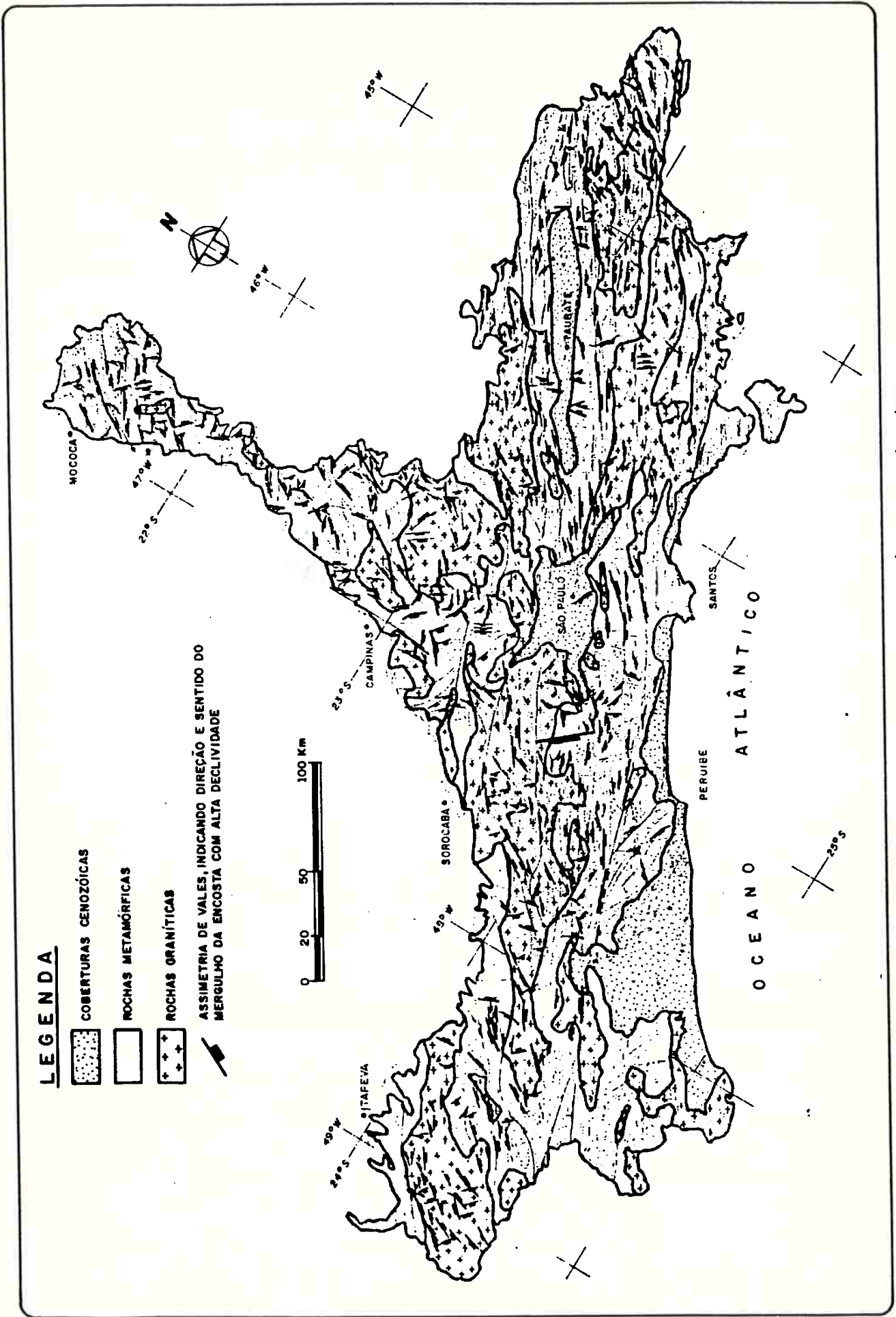


Figura 26 - Associação dos vales assimétricos com litologias e estruturas

Caberia, então, na continuidade dos estudos do atual arcabouço geomorfológico do pré-Cambriano, identificar melhor os aspectos referentes às formas de relevo no interior da área abrangida pelas antigas superfícies de aplainamento e zonas de transição limítrofes. Essa etapa seguinte de detalhamento dos estudos, será feita apenas para a zona do Planalto Paulistano.

No entanto, acredita-se que seria válido aplicar essa mesma metodologia de estudos para a identificação das referidas relações nas demais regiões da área pré-cambriana paulista.

3.4. Arcabouço do Planalto Paulistano

3.4.1. Características Topográficas Limítrofes e Interior

O Planalto Paulistano apresenta seus limites com as zonas geomorfológicas vizinhas bem caracterizados por acentuados desníveis (Figura 27).

Pelas cumeadas das escarpas das Serras do Mar e Paranapiacaba, limita-se a leste, sudeste e sul, com a Província Costeira que, ao longo deste limite, constituiu-se numa grande escarpa de serra com desníveis variando de 1.100 a 800m.

A oeste, o Planalto Paulistano finda no sopé da Zona do Planalto de Ibiúna, representado por um degrau de 90 - 100m entre as antigas Superfícies do Alto Sorocaba no Planalto de Ibiúna e Alto Tietê, no Planalto Paulistano.

A nordeste, finda no sopé da Zona de Serrania de São Roque, ali representado por um degrau de 300 - 400m, entre os altos remanescentes das superfícies do Japi e do Alto Tietê.

Ao norte, limita-se com a depressão da Zona do Médio Vale do Paraíba, onde o relevo remanescente da Superfície do Alto Tietê encontra-se mais alto, constituindo um degrau com 200m de desnível que mergulha para o Vale do Paraíba.

A nordeste, o Planalto Paulistano exibe seu mais alto relevo, atingindo cotas em torno de 1.000 e 1.200m. Neste quadrante, limita-se com as zonas do Planalto do Paraitinga e Juqueriquerê, estando mais alto do que ambos, 200 e 400m, respectivamente.

3.4.2. Domínios Geomorfológicos Considerados

O Planalto Paulistano compreende uma área de aproximadamente 5.000 km². No seu interior, destacam-se pelo menos três grandes áreas de domínios geomorfológicos distintos, conforme apresentado na Figura 28.

A primeira e mais alta, possivelmente referida ao relevo remanescente da erosão da Superfície do Japi (ALMEIDA, 1958), situa-se na porção nordeste do Planalto Paulistano, ocupando aproximadamente 25% de sua área total. Apresenta-se com altitudes superiores à cota 900m, atingindo 1.100 - 1200m nos seus pontos mais altos.

A segunda, compreendendo pouco mais de 15% do Planalto Paulistano, abrange a área representada pelos sedimentos da bacia de São Paulo, cujo ponto mais alto atinge a cota 830m.

A terceira, compreendendo aproximadamente os 60% restantes da área, é representada pela antiga Superfície do Tietê. Na área compreendida pelas bacias dos rios Tietê e Pinheiros, a Superfície apresenta uma certa declividade de leste para oeste, ou seja, das cotas 850 - 800m nos altos da Serra do Mar para as cotas 800 - 760m na região de Barueri, onde se encontra o nível de base do Tietê na cota 710m. Na área

compreendida pela bacia do rio Juquiá, a Superfície apresenta uma ligeira declividade de nordeste para sudoeste, ou seja, das cotas 850 - 800m nos altos do divisor de águas, entre as bacias do Juquiá e Tietê, para as cotas 780 - 760m no flanco sudoeste, constituído pelos altos da Serra de Paranapiacaba.

Na Figura 29 é apresentada uma seção mostrando o destacado nivelamento da Superfície do Alto Tietê, segundo ALMEIDA (1958). Os altos topográficos encontrados ao longo da Superfície foram associados, pelo mesmo Autor, a testemunhos erosivos de uma outra superfície não identificada sustentados por litologias graníticas. Entretanto, estes altos topográficos, assim como outros, poderiam estar associados também a soerguimentos, decorrentes de uma fase de discreta pulsação tectônica plio-pleistocênicas, anteriormente referida.

3.4.3. Formas de Relevo Presentes

Antes de serem apresentadas as referências sobre as atuais formas de relevo do Planalto Paulistano, achou-se oportuno ressaltar alguns aspectos relacionados à sequência dos eventos de evolução geomorfológica (Figura 22) que teriam afetado as três áreas de domínios geomorfológicos referidas na Figura 28.

A área compreendida pela porção nordeste do Planalto Paulistano, possivelmente, refere-se a um testemunho erosivo da Superfície do Japi (ALMEIDA, 1958), tendo estado submetida a todos os ciclos erosivos posteriores à sua partição. No presente estudo, esta área foi considerada como uma grande transição entre os Altos do Japi e a Superfície do Alto Tietê.

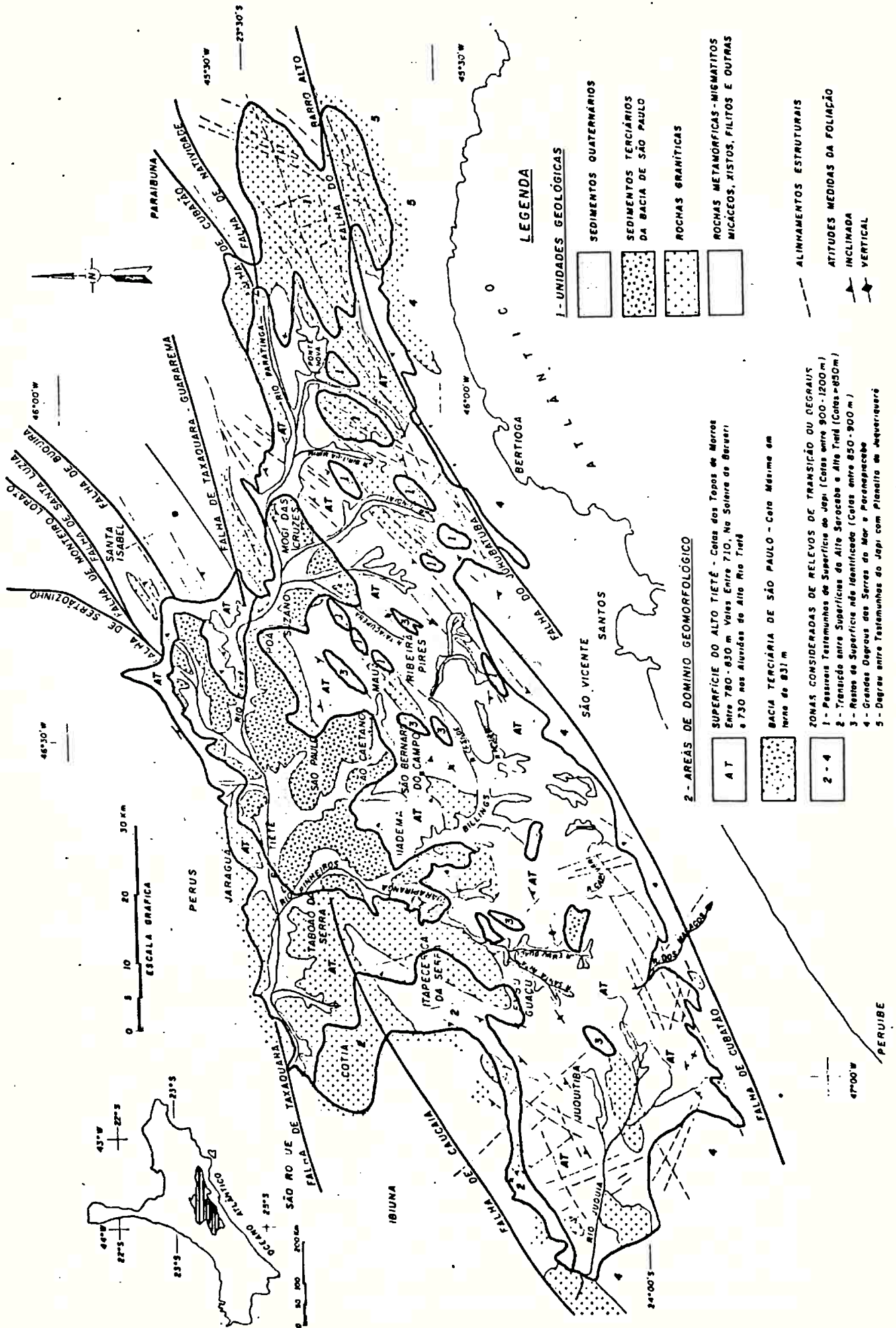


Figura 28 - Áreas de domínios geomorfológicos do Planalto Paulista

resultaram da atuação de processos erosivos, guiados, primeiro, pelos desnivelamentos e basculamentos de blocos e, em seguida pelas características geológicas dos maciços tais como espessura do manto de rochas intemperizadas, diferentes resistências das várias litologias e distribuição espacial de suas estruturas.

Deve-se ressaltar, contudo, que a existência de uma expressiva espessura do manto de rochas intemperizadas no início do ciclo erosivo poderia diminuir sensivelmente a influência das estruturas geológicas e das altas resistências das diferentes litologias no desenvolvimento da rede fluvial.

Ao que parece, isto pode ter ocorrido com a superfície do Alto Tietê, ou seja, após a pulsação tectônica no Mioceno Médio, a Superfície teria sido desnivelada e basculada no sentido norte-noroeste. Grande parte de seus rios desenvolveram seus cursos nesse mesmo sentido e, conseqüentemente, no sentido transversal à distribuição das diferentes e principais estruturas do pré-Cambriano, como se pode notar na Figura 28.

Essa possibilidade de pré-existência de uma expressiva espessura de manto intemperizado no início do ciclo erosivo é, em parte, fortalecida pelo fato de que, praticamente, todos os rios que drenam o interior da Superfície do Alto Tietê apresentam os seus leitos no alto do manto intemperizado relativamente distantes do topo da rocha sã. O Rio Tietê, principal coletor da drenagem da Superfície, toca o topo rochoso sã no seu nível de base em Barueri, representado por uma resistente soleira granítica.

Na continuidade dos estudos referentes aos aspectos relacionados às atuais formas de relevo existentes no pré-Cambriano do Planalto Paulistano (excluindo-se agora a área abrangida pelos sedimentos terciários da bacia de São Paulo) o relevo da área da Superfície do Alto Tietê foi separado

daquele que compõe as áreas consideradas de transição, indicadas na Figura 28.

3.4.3.1. Formas de Relevo na Área de Domínio da Superfície do Alto Tietê

No interior da Superfície do Alto Tietê, tanto nas bacias dos rios Tietê e Pinheiros como na do Juquiá, há uma certa distribuição das formas de relevo cujas características são ditadas essencialmente pela profundidade atingida pelo entalhe erosivo entre os altos das bacias e os seus níveis de base, conforme se pode ilustrar com a representação esquemática da Figura 30, ou seja:

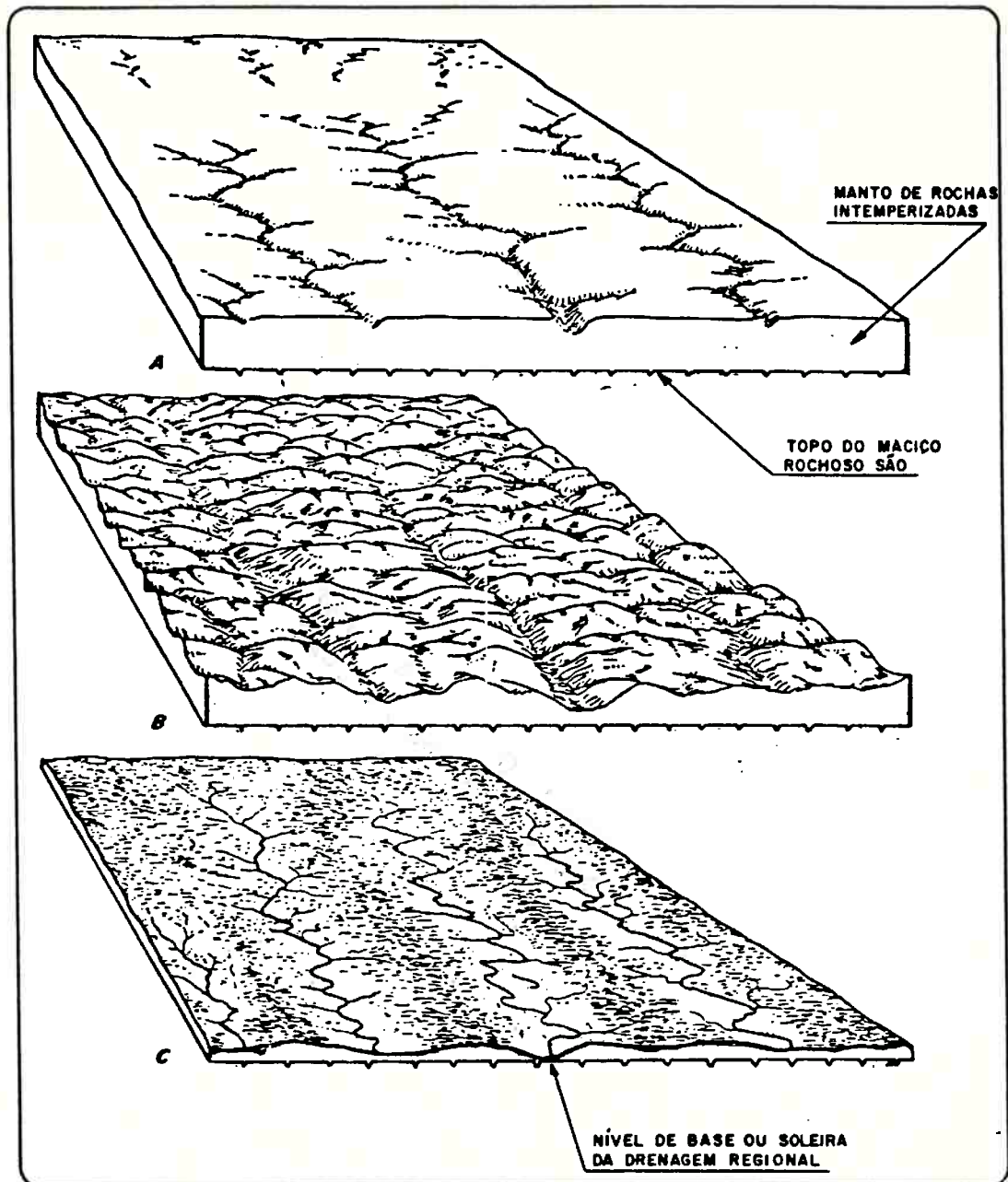
- a) no alto das bacias, os entalhes erosivos ainda estão pouco pronunciados, atingindo, em geral, profundidades entre 30 e 50m. A erosão praticamente não ressalta a influência de estruturas geológicas e resistências diferenciais das litologias existentes. Os morros são aproximadamente arredondados, apresentando vales fechados com restritas planícies aluvionares. A área de domínio deste tipo de relevo é representada na Figura 31, pelo número 231;
- b) nas porções mediana e inferior da bacia do Pinheiros e parte mediana Alto do Tietê, os entalhes erosivos já estão mais pronunciados, atingindo, em geral, profundidades máximas em torno de 70 metros. A erosão ressalta, localizadamente, a influência de estruturas geológicas e diferentes litologias. Os morros assumem formas arredondadas e alongadas, apresentando vales que gradam de fechados a abertos, quando se aproximam da área abrangida

pelos sedimentos terciários da Bacia de São Paulo. Na Figura 31, a área de domínio deste tipo de relevo é representado pelo número 232;

- c) nas porções mediana e interior das bacias do Tietê e Juquiá, ocorrem relevos cujos entalhes erosivos podem exceder a 100 metros. São representados pelos números 244 e 245 e estão associados a existência das elevações de relevo acima das cotas 830 - 850m. Neste domínio, a erosão ressalta, com certa freqüência, a influência de estruturas e litologias diversas. Os morros assumem formas predominantemente alongadas, apresentando vales fechados com planícies aluvionares restritas, sendo que na bacia do Tietê podem também gradar para vales abertos ao se aproximarem das coberturas terciárias.

3.4.3.2. Formas de Relevo nas Zonas de Transição

Nestas zonas, o relevo caracteriza-se por apresentar acentuados desníveis, onde as profundidades dos entalhes erosivos são muito variáveis, podendo exceder a 150 metros. As feições predominantes são de relevo acidentado, estando representados pelos números 244 e 245 no mapa da Figura 31. São nestas zonas de transição que as características do terreno (como diferentes litologias e estruturas geológicas) exercem forte controle no desenvolvimento do ciclo erosivo. Os morros assumem formas alongadas, apresentando quase sempre vales fechados e, raramente, planícies aluvionares restritas.



- A - Aspectos do início do ciclo erosivo após o desnivelamento e basculamento da Superfície. Como tal, essa fisiografia não mais existe na Superfície do Alto Tietê.
- B - Aspectos do estado atual do relevo que predomina na maior parte da área da Superfície.
- C - Estágio atual do relevo nas zonas próximas ao nível de base da Superfície.

Figura 30 - Representação esquemática de aspectos relacionados ao ciclo erosivo que modelou a Superfície do Alto Tietê. (modificado de CHRISTOFOLETTI, 1974)

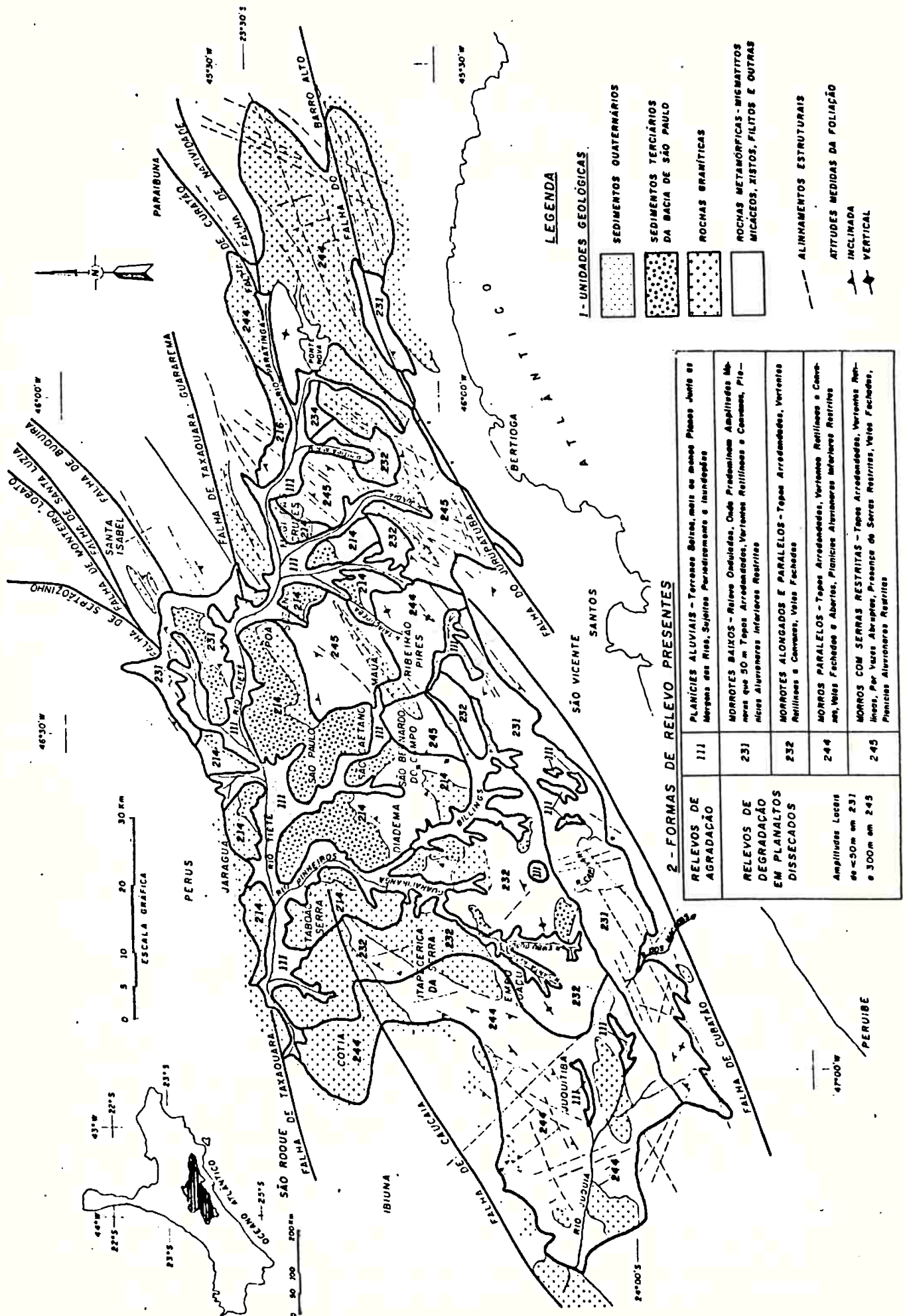


Figura 31 - Formas de relevo do Planalto Paulista

3.4.3.3. Assimetria de Vales

Dos estudos efetuados para a identificação de assimetrias na área do Planalto Paulistano, conclui-se que:

- a) as formas de ocorrência de vales assimétricos no pré-Cambriano são sensivelmente distintas em cada área de domínio geomorfológico, isto é, na área da Superfície do Alto Tietê e nas zonas consideradas de transição. Não se estudou essa feição na área de ocorrência dos sedimentos terciários devido a grande dificuldade representada pela atual ocupação urbana nela existente;
- b) na área da Superfície do Alto Tietê, as formas de ocorrência das assimetrias de vales não se restringem apenas a calha dos rios. São identificadas também em várias escalas de observação com as encostas de baixa declividade se estendendo a alguns quilômetros das calhas dos rios. Caracterizam-se por apresentar nas encostas com altas declividades, drenagens secundárias com curtas extensões e vazões incipientes, enquanto que nas de baixa declividade apresentam drenagens secundárias mais evoluídas em termos de extensão e vazão dos ribeirões.
- c) há uma constatação de a maior parte das assimetrias identificadas na Superfície do Alto Tietê terem alinhamento dos respectivos vales concordantes com a direção das principais estruturas do pré-Cambriano, conforme indicado na Figura 32. Por outro lado, as drenagens secundárias desses vales assimétricos constituem, geralmente, vales simétricos, dispostos quase sempre sub-perpendicularmente

aos primeiros e às estruturas dos maciços pré-cambrianos, independentemente dos tipos litológicos presentes;

d) outro aspecto interessante a ser destacado sobre a Superfície do Alto Tietê, é a assimetria de vale encontrada ao longo do alinhamento Norte 60 graus Oeste, situado, aproximadamente, ao longo do divisor de águas entre as bacias dos rios Pinheiros e Juquiá. Na planta topográfica do IBGE 1:50.000, este alinhamento intercepta a Serra do Mar a oeste de Itanhaém, condicionando a formação de um grande entalhe erosivo, cuja drenagem principal é denominada rio dos Macacos. O mesmo alinhamento aparece em vários mapas geológicos como "falha inferida", sendo, inclusive, muito visível em imagens fotográficas de satélite. Esta feição poderia também corresponder a um dos prováveis eixos de soerguimento crustal ao longo da direção leste-noroeste referidos por ASMUS (1978). Este possível soerguimento parece tratar-se, também, do eixo de basculamento para sudeste da porção da Superfície do Alto Tietê compreendida pela bacia do rio Juquiá;

e) nas zonas consideradas de transição, as assimetrias de vales identificadas restringem-se à calha das drenagens. Da mesma forma, o alinhamento dos vales é concordante com a direção das principais estruturas pré-cambrianas e as assimetrias nem sempre são condicionadas pelas características geológicas dos maciços.

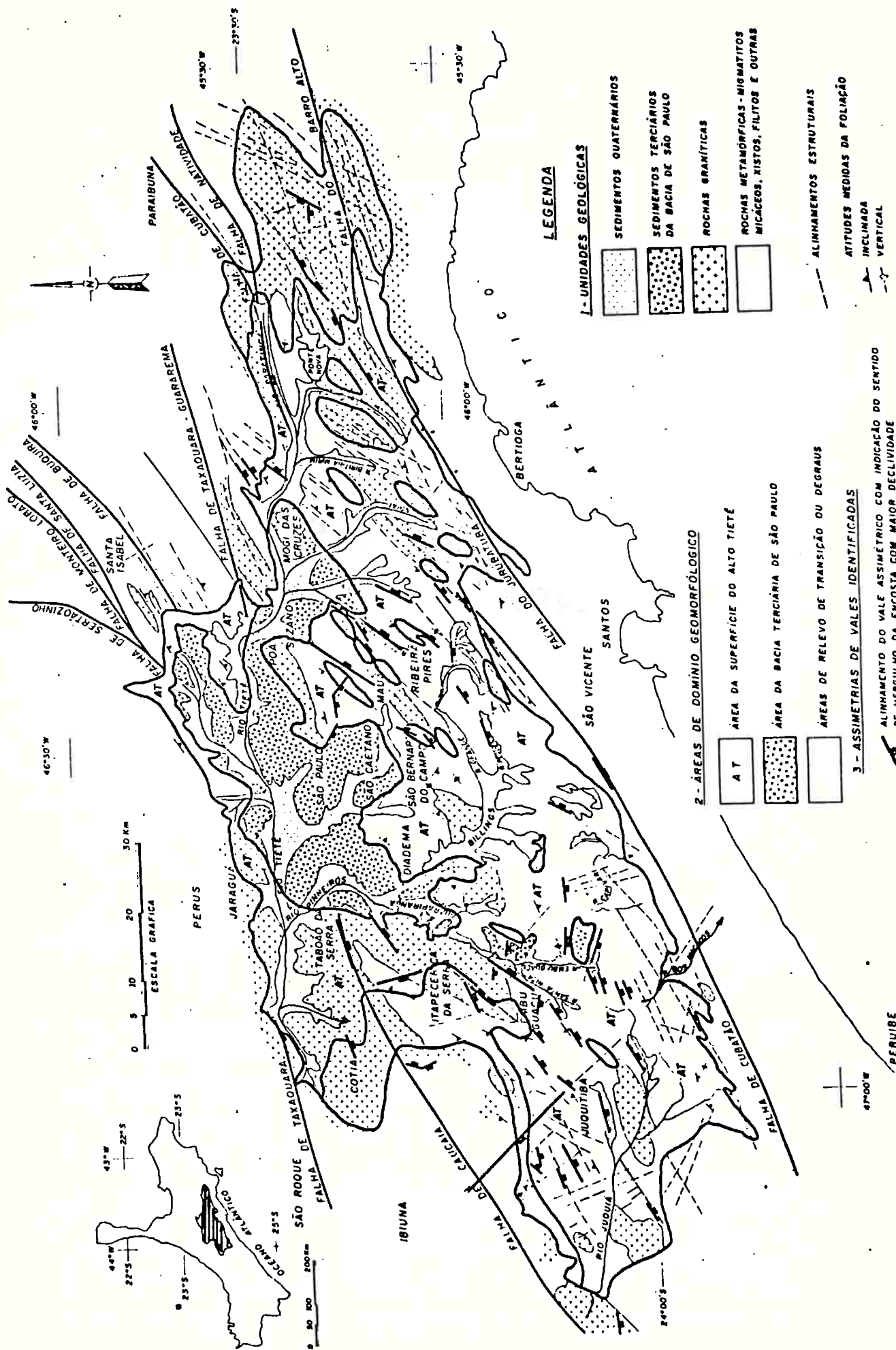


Figura 32 - Assimetria de Vales identificada na área do Planalto Paulista

4. ANÁLISE DE PERFIS DE INTEMPERISMO

4.1. Introdução

É comum admitir-se que um perfil típico de intemperismo apresenta o contorno do topo da rocha sã aproximadamente subparalelo ao da superfície do terreno, adelgaçando-se em direção aos vales. Porém, tem-se observado que essa concepção não deve ser generalizada para todas as áreas de rochas pré-cambrianas.

Em 1981, o eminente geólogo Jonh George Cabrera proferiu uma interessante palestra sobre "Geologia de Engenharia no Brasil" e enfatizando sua experiência pessoal nos últimos anos. Dentre seus vários relatos, destaca-se:

"Minhas primeiras impressões, ao iniciar os estudos de locais próximos à Serra do Mar em São Paulo, no início da década dos anos 50, foram de surpresa ao observar a considerável espessura de saprolito e solo residual formada pelo intemperismo. Em vários locais pesquisados no rio Juquiá, o topo da rocha aflorante no leito do rio possui um perfil inverso da topografia da superfície, ocorrendo em cotas inferiores sob as ombreiras (Figura 33). Recordo que num local do rio seguia o contato entre micaxisto e gnaisses. Ambos os taludes das ombreiras para a barragem proposta possuíam a mesma inclinação íngreme. Na ombreira direita, a rocha sã ocorria entre 3 e 4m da superfície, mas na esquerda, o xisto estava alterado até a cota do leito do rio. Isso causou problemas não para a companhia para a qual eu trabalhava, mas para a que, finalmente, obteve a concessão para construir uma barragem no local e satisfêz-se com os resultados obtidos por nós numa ombreira".

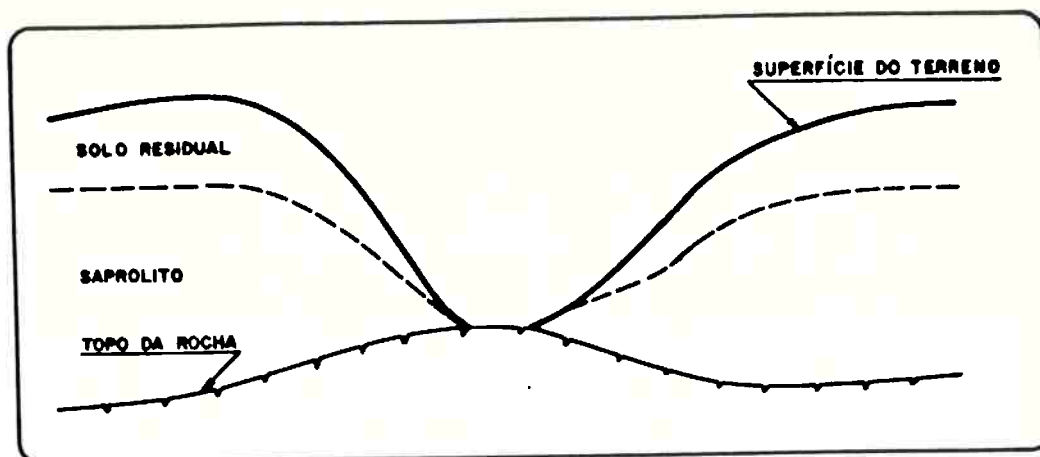


Figura 33 - Perfil geológico descrito por CABRERA (1981), em um trecho do Rio Juquiá nas proximidades da Serra do Mar.

Constatações semelhantes a de CABRERA (1981) são citadas por THOMAS (1974) referindo-se a duas regiões do pré-cambriano da Nigéria, conforme ilustramas Figuras 34 e 35.

Contudo, ambos os Autores citados não apresentaram explicações sobre a origem dos perfis observados. Na pesquisa bibliográfica efetuada, encontrou-se vasta quantidade de informações a respeito de processos físicos e químicos envolvidos na formação dos perfis de intemperismo; porém, eram restritos a um perfil puntual e vertical, como em um furo de sondagem ou em um corte de talude. Entretanto, pouco foi encontrado na bibliografia sobre a origem e padrões regionais de desenvolvimento do intemperismo que pudessem auxiliar na compreensão dos perfis ilustrados nas Figuras 33, 34 e 35.

As experiências vividas no pré-Cambriano do Estado confirmam a existência desses perfis atípicos, como foi observado em inúmeras seções geológicas elaboradas para projetos de túneis e barragens do DAEE, CESP e SABESP, na área enfocada...

No presente trabalho, não se teve como preocupação básica o estudo dos processos físico-químicos envolvidos de alteração dos maciços rochosos, e sim, o estudo do contexto em que, possivelmente, teria sido formado o horizonte afetado pelo intemperismo.

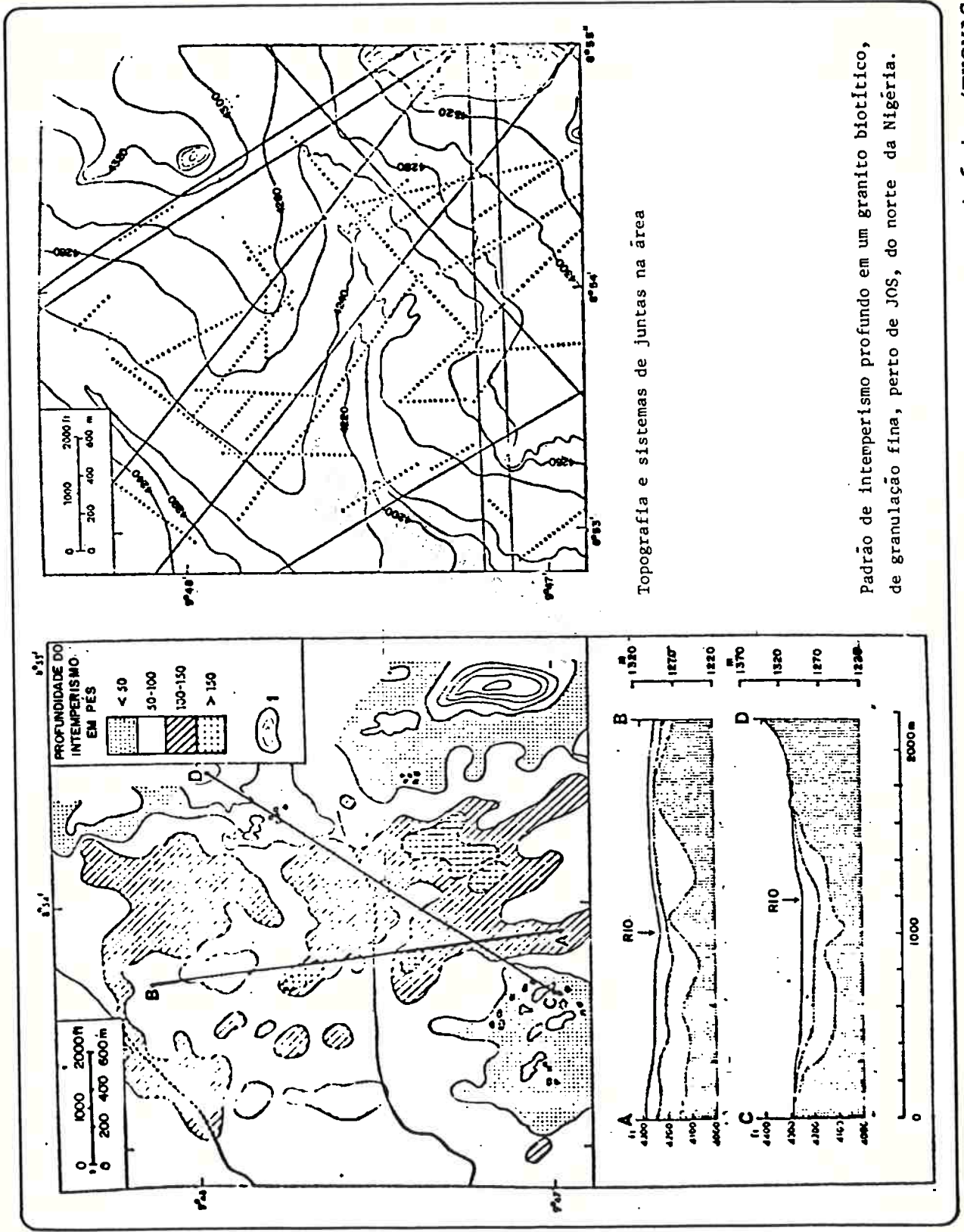
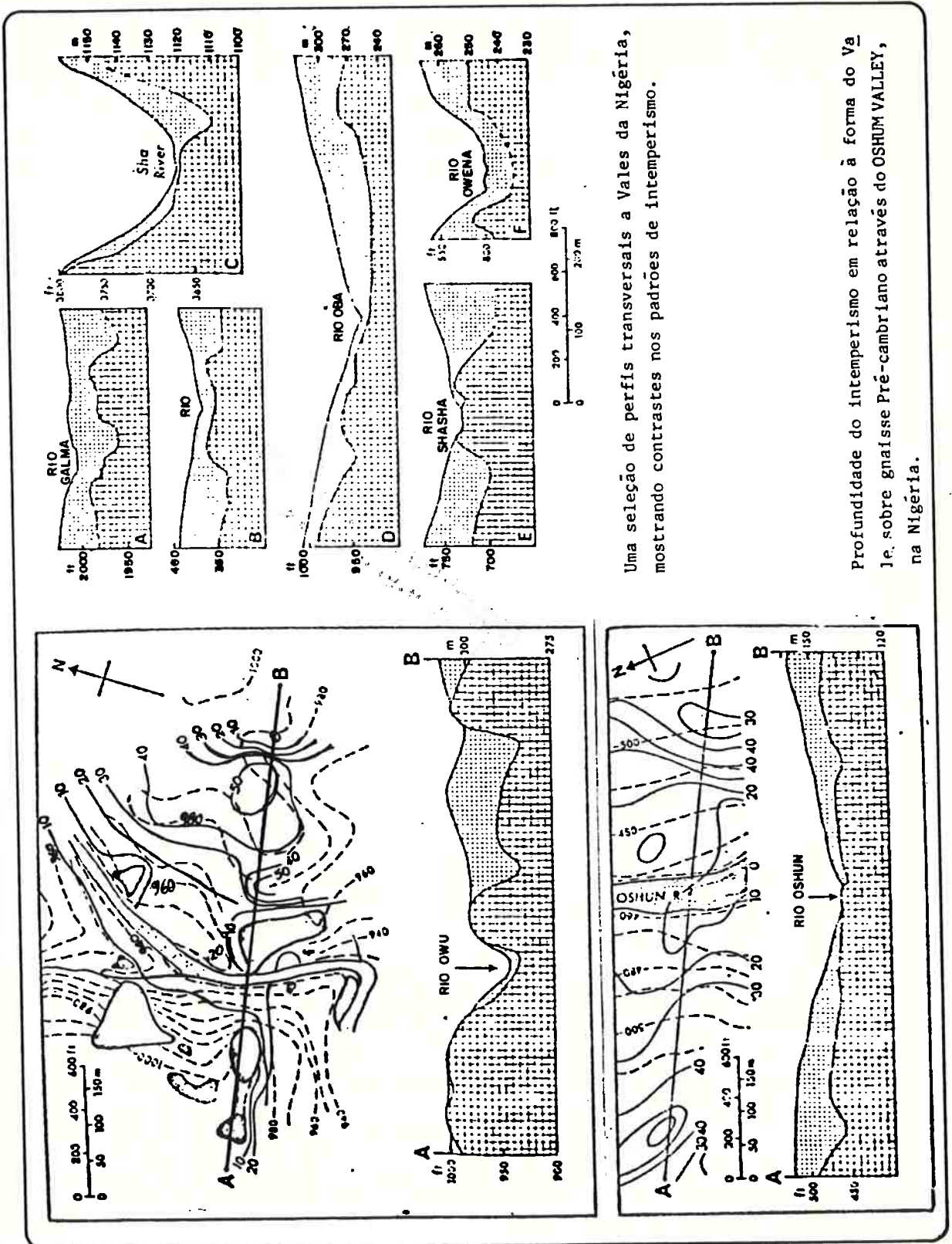


Figura 34 - Perfis de interperismo referentes a regiões do pré-Cambriano da Nigéria (THOMAS, 1974)



Uma seleção de perfis transversais a Vales da Nigéria, mostrando contrastes nos padrões de intemperismo.

Profundidade do intemperismo em relação à forma do Vale, i.e. sobre gnaisse Pré-cambriano através do OSHUN VALLEY, na Nigéria.

Figura 35 - Perfis de intemperismo (THOMAZ, 1974)

De uma forma geral, os principais fatores intervenientes da intemperização das rochas são:

- a) climáticos e biológicos. As melhores condições de intemperização se dão sob altas temperaturas, altos índices de precipitação pluviométrica e densa cobertura vegetal;
- b) permeabilidade. Sob boas condições de percolação, relevos altos e ondulados promovem um maior fluxo descendente e um conseqüente maior avanço da intemperização. Por outro lado, sob más condições de percolação, estes mesmos relevos altos e ondulados favorecem o rápido escoamento das águas e dificultam a evolução da intemperização;
- c) mineralogia e fraturamento. As características químicas e granulométricas dos minerais podem facilitar ou dificultar as reações físico-químicas envolvidas na alteração das rochas, enquanto que o fraturamento tende sempre a favorecer a intemperização;
- d) geomorfologia. Nos relevos planos, a alteração é favorecida pelas altas taxas de infiltração, baixas velocidades de percolação e baixas taxas de erosão laminar. O tempo de permanência do relevo na condição plana é um outro fator determinante da profundidade a ser atingida pelo intemperismo. Se este tempo for suficientemente longo, as rochas mais e menos suscetíveis a alteração poderão ser igualmente intemperizadas;
- d) cronologia de eventos. A alternância de climas úmidos e semi-áridos favorecem a evolução física e química do

intemperismo. Pulsações tectônicas, com desnivelamentos e basculamentos, podem alterar sensivelmente a atuação de fatores intervenientes na intemperização como taxas de infiltração, velocidades e sentidos preferenciais de percolação.

Considerando a participação destes fatores foram analisados vários perfis de intemperismo típicos da área pré-cambriana, com os objetivos de:

- verificar as características dos perfis de intemperismo que ocorrem no interior de uma superfície de aplainamento. Nesse caso, foram analisadas várias seções do compartimento representado pela Superfície do Alto Tietê;
- verificar as características dos perfis que ocorrem nas zonas consideradas de relevo de transição. Foram analisadas seções geológicas representativas da área de "borda" da Serra do Mar e de outras zonas de transição externas ao Planalto Paulistano.

Como critério de compilação, preferiu-se utilizar apenas as seções geológicas contendo pelo menos uma sondagem rotativa que tivesse atingido o topo do maciço rochoso são. Também não foram definidos os tipos litológicos presentes em cada local estudado, visto que não foi possível homogeneizar as descrições contidas nas seções geológicas encontradas. Porém, parece que predominam os migmatitos de paleossoma (ou matriz) gnáissica.

4.2. Perfis do Interior de Antigos Aplainamentos: Área de Domínio da Superfície do Alto Tietê

Os locais de onde se conseguiu compilar dados de investigações geológicas estão indicados na Figura 36. Correspondem às seguintes bacias: Alto Tietê, rio Guarapiranga, rio Grande (Billings), rio Juquiá e rios da Vertente Atlântica.

Em princípio, considerou-se que essas seções poderiam ser representativas das características comumente encontradas no interior da Superfície do Alto Tietê e na região limítrofe dessa Superfície com os altos da Serra do Mar.

4.2.1. Bacia do Alto Tietê

A seqüência dos locais de onde foram conseguidas informações de subsuperfície, bem como da indicação das figuras nas quais foram apresentadas as respectivas locações e seções geológicas, são listadas a seguir:

<u>Locais estudados</u>	<u>Plantas de Locação</u>	<u>Seções Geológicas</u>
Rio Paraitinga III	Fig. 37	Fig. 43
Barragem de Pte. Nova	Fig. 38 e 38-A	Fig. 43
Rio Biritiba Mirim II	Fig. 39	Fig. 43
Rio Jundiaí III	Fig. 40 e 40-A	Fig. 44
Interligação entre Biritiba-Jundiaí	Fig. 41	Fig. 45
Rodovia dos Trabalhadores, km 15 a km 35	Fig. 42, 42-A e B	Fig. 45

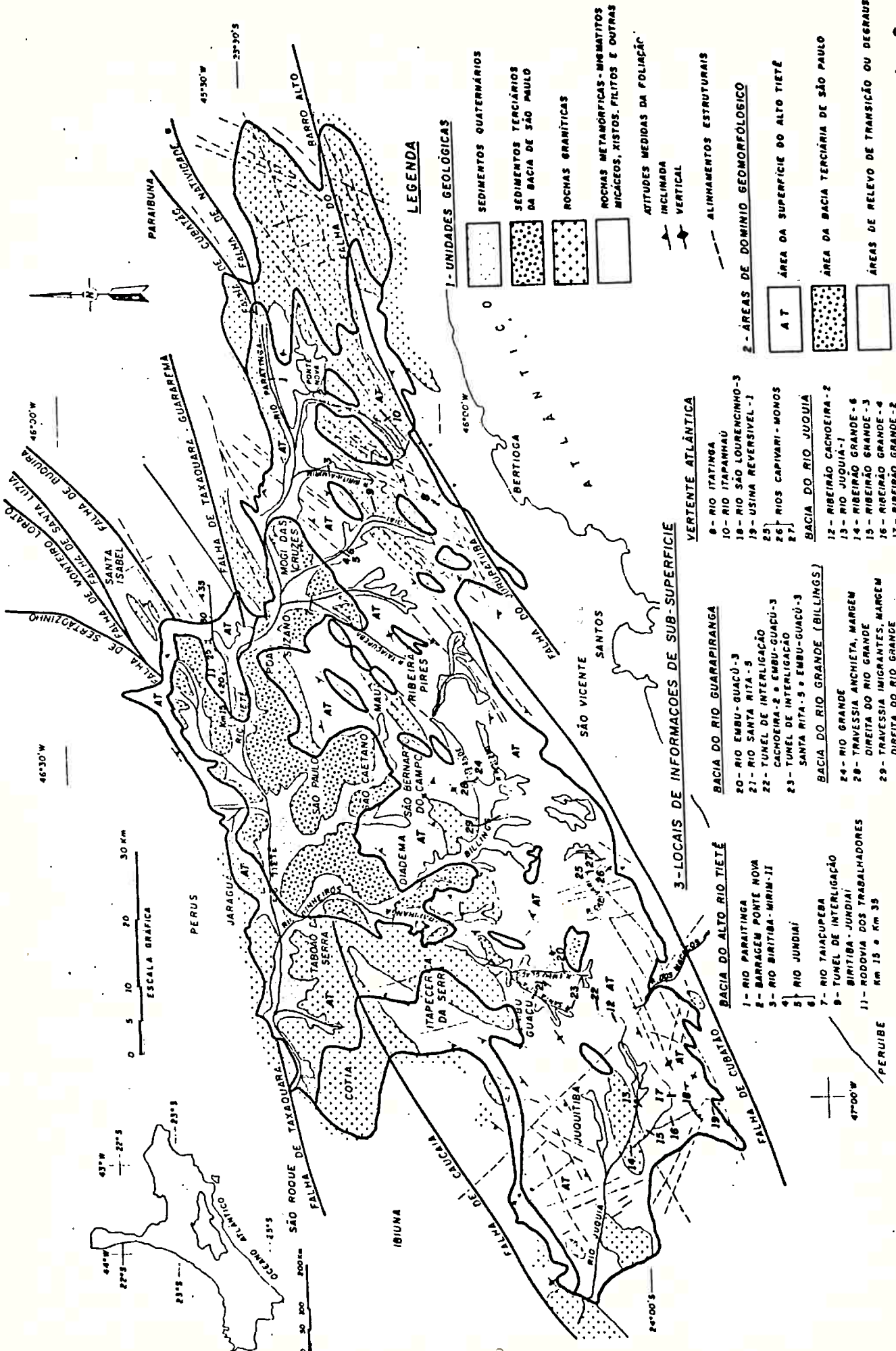


Figura 36 - Localização das seções geológicas estudadas na área de domínio da superfície do Alto Tietê

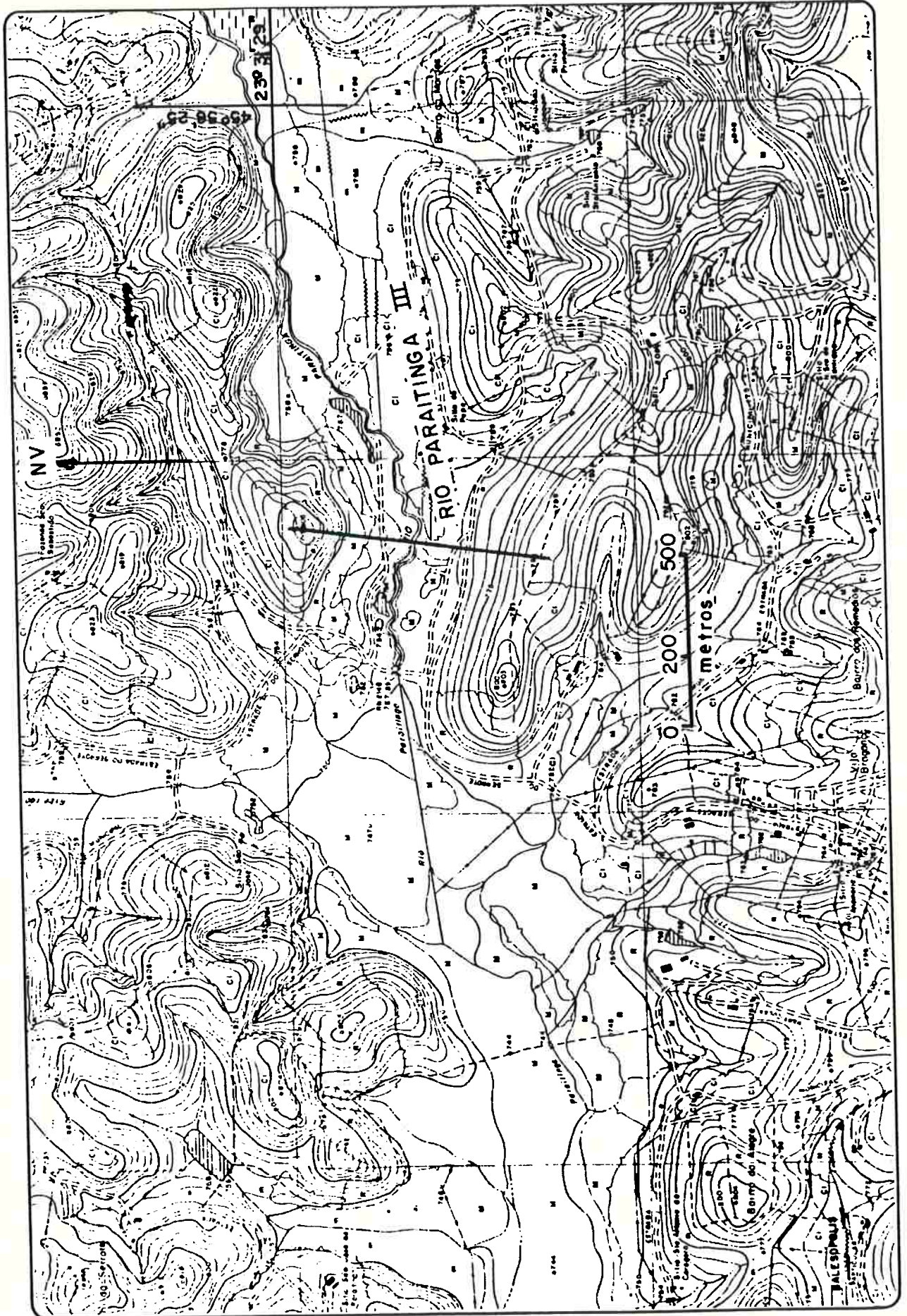


Figura 37 - Localização da Seção Rio Paraitinga III

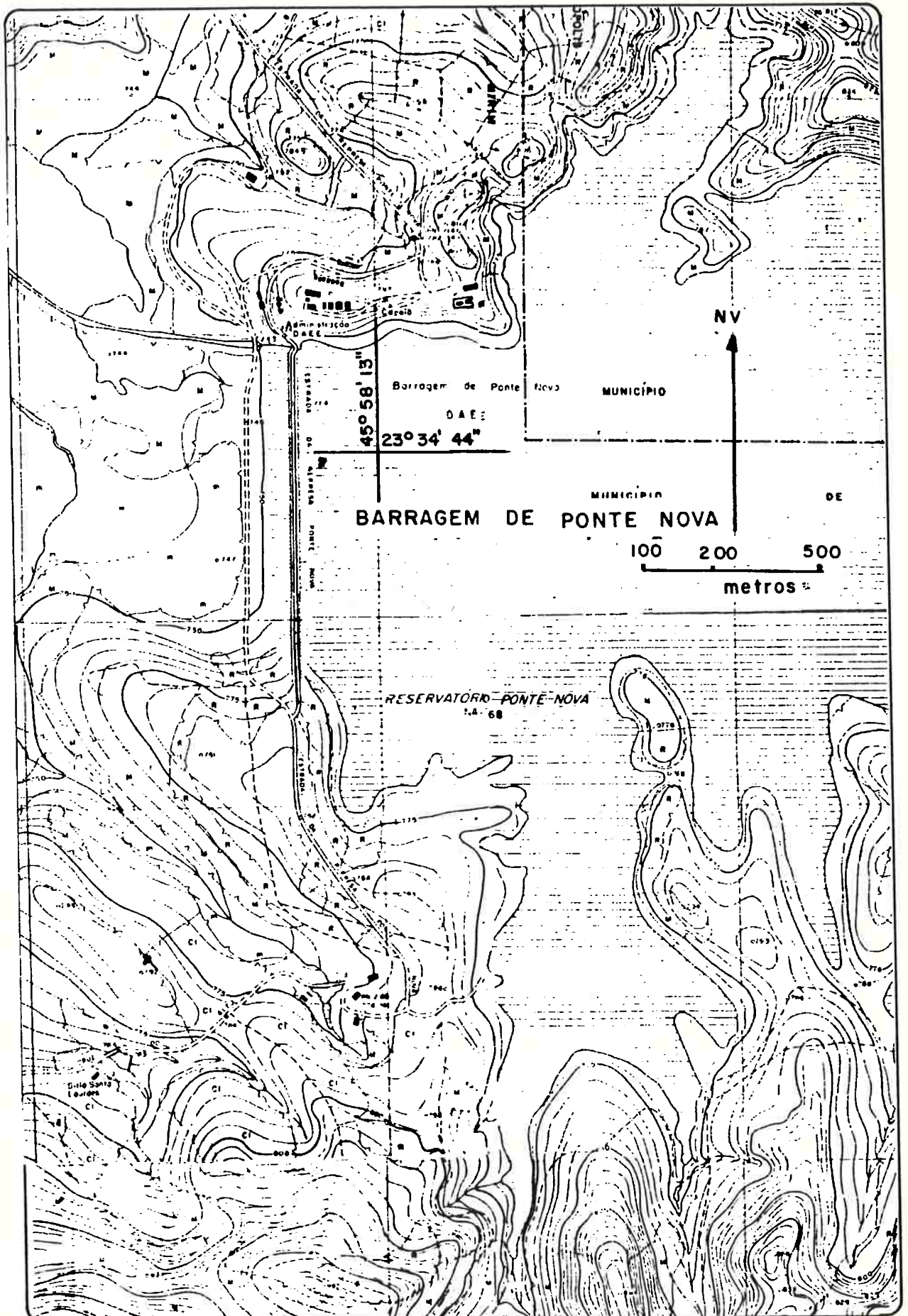


Figura 38 - Localização da Seção Barragem Ponte Nova

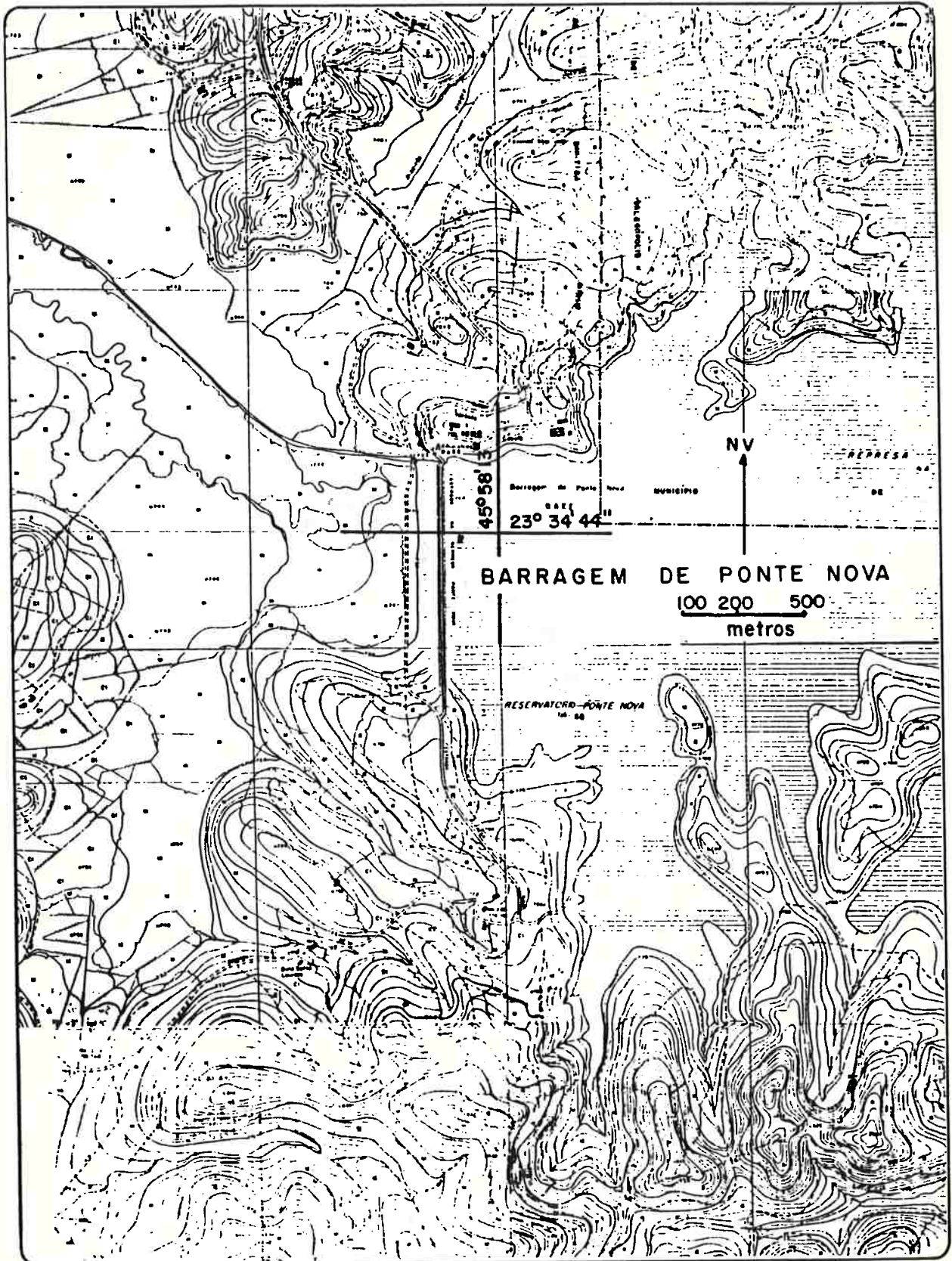


Figura 38-A - Localização da Seção Barragem Ponte Nova

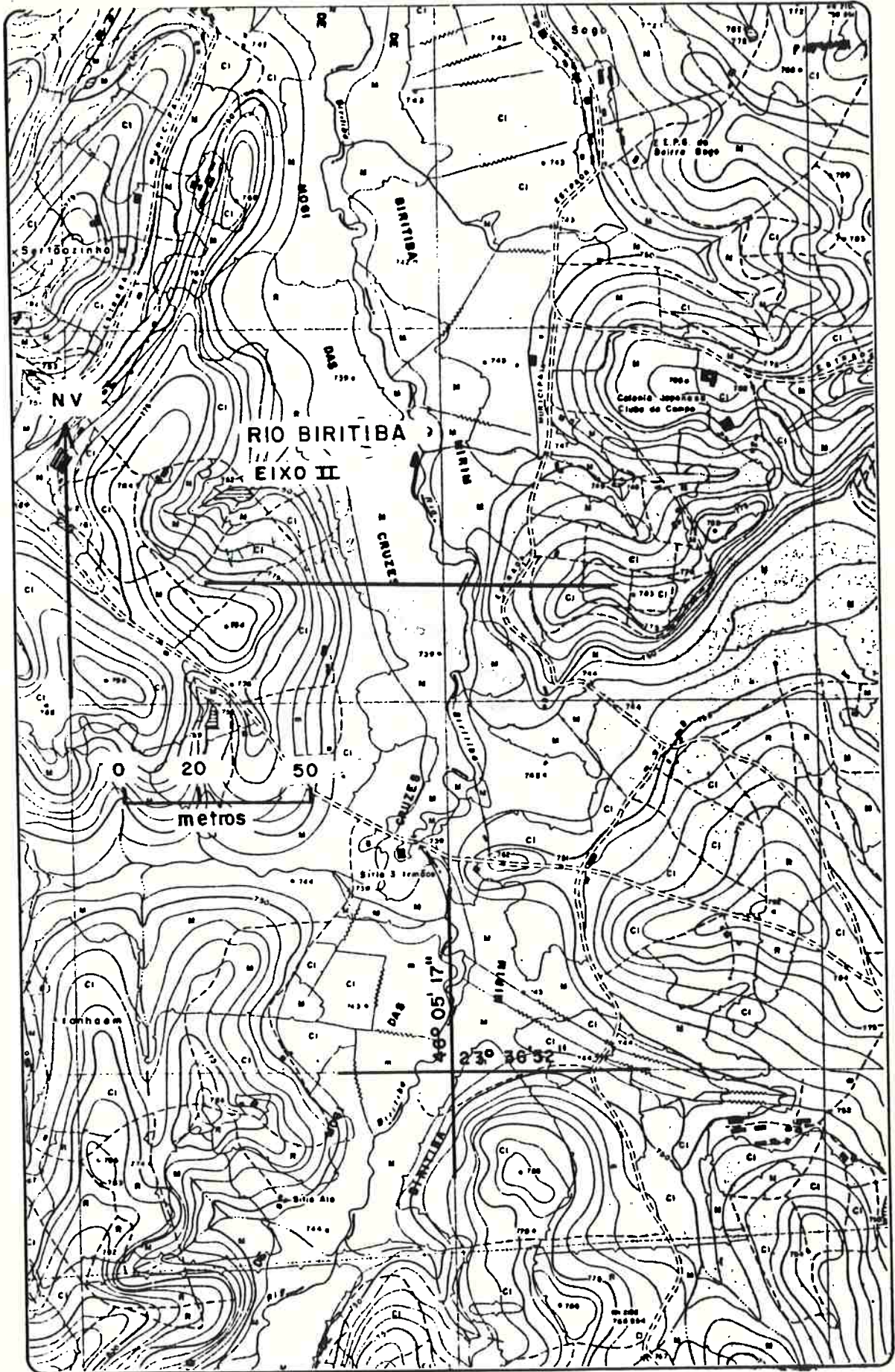


Figura 39 - Localização da Seção Rio Biritiba II

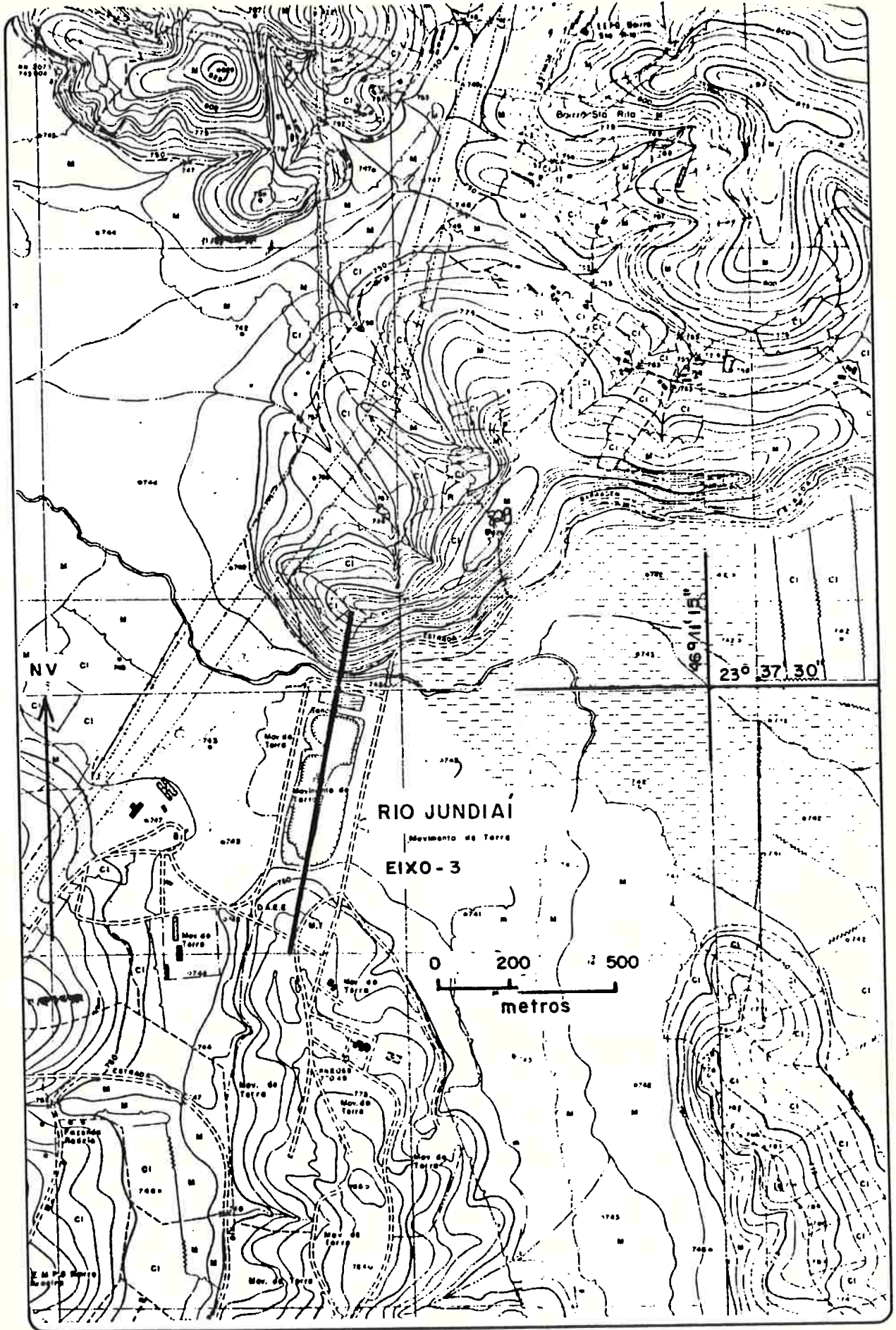


Figura 40 - Localização da Seção Rio Jundiá III

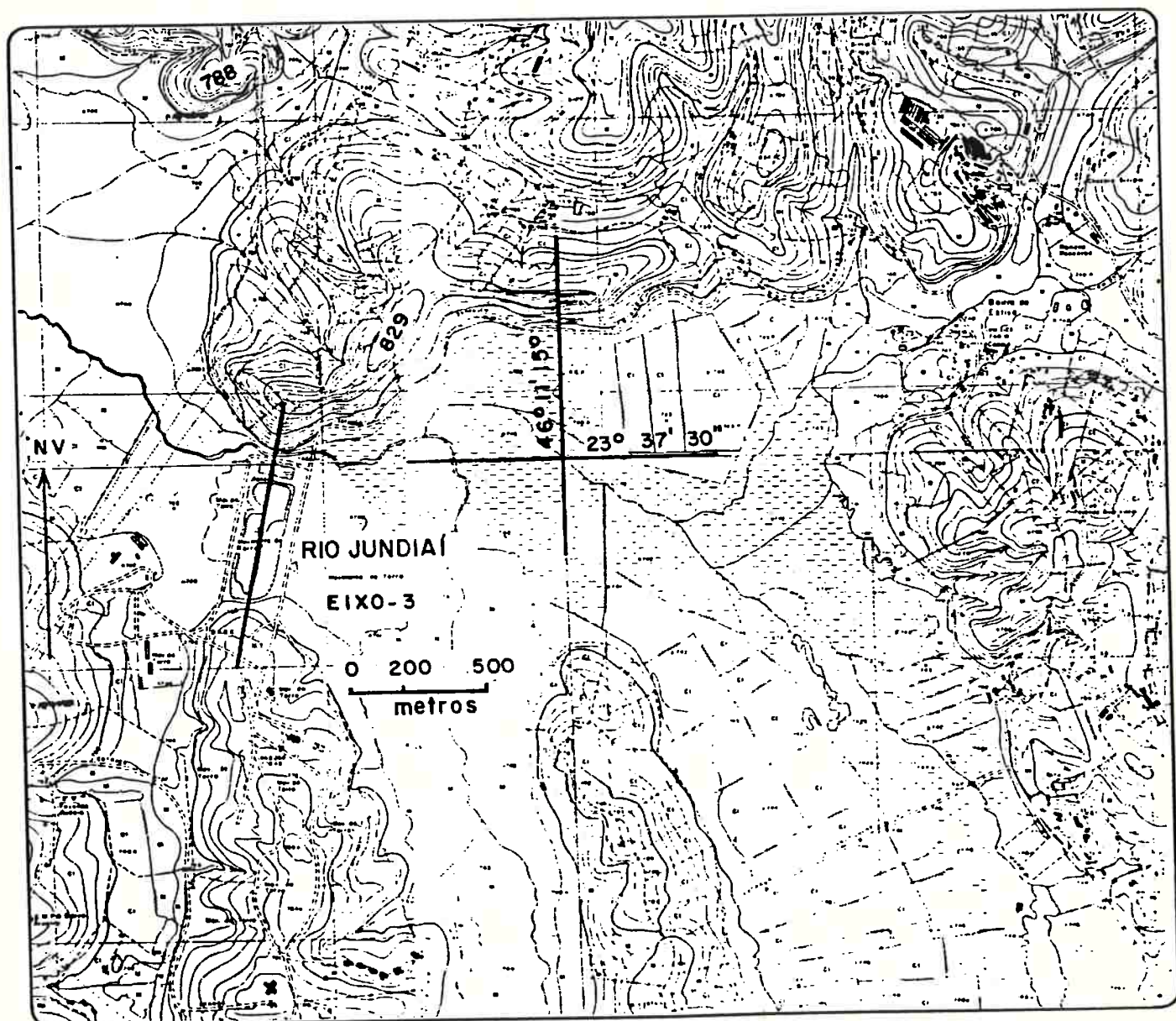


Figura 40-A - Localização da Seção Rio Jundiáí III

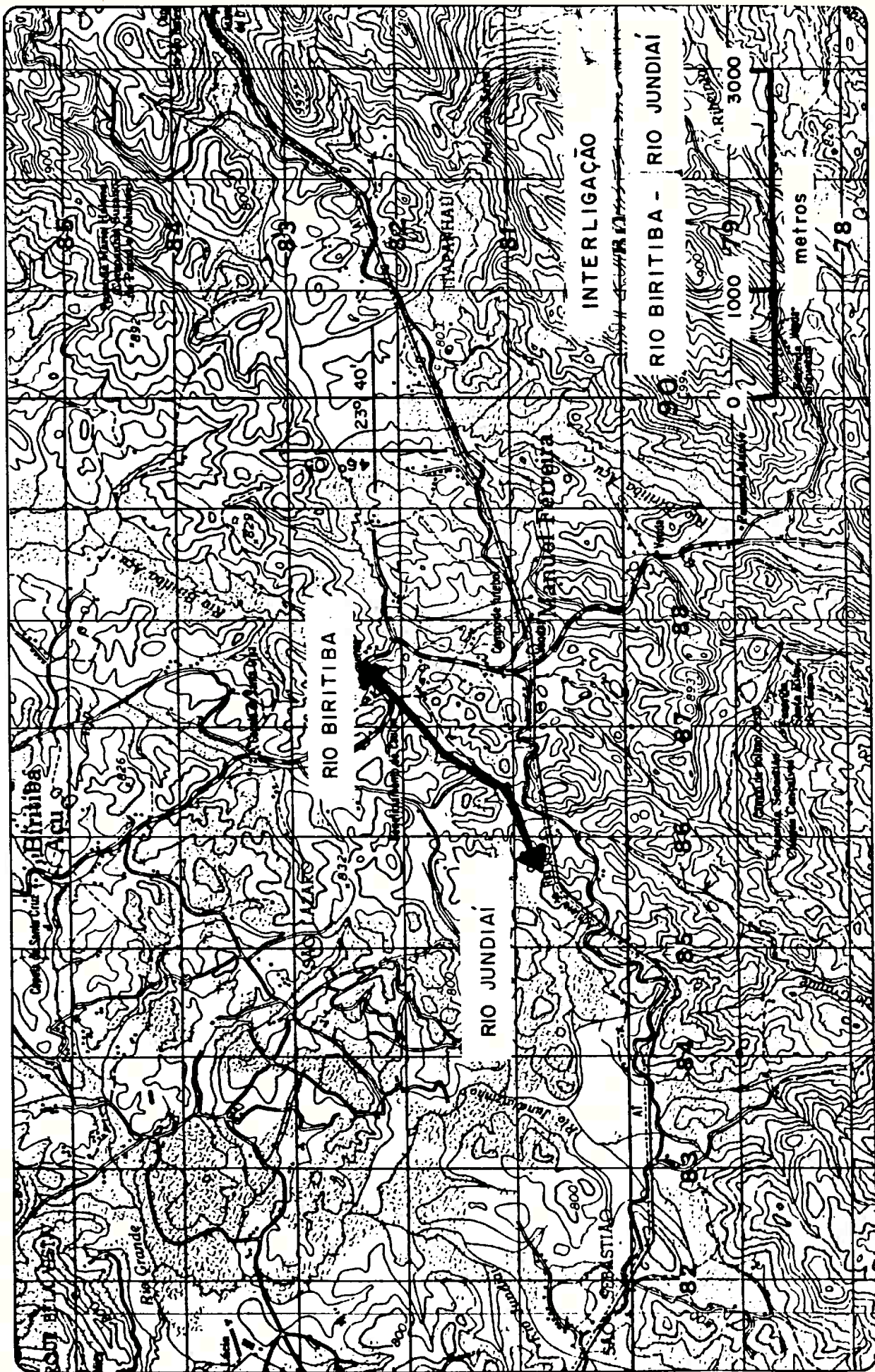


Figura 41 - Localização da Seção Interligação Rio Biritiba - Rio Jundiá

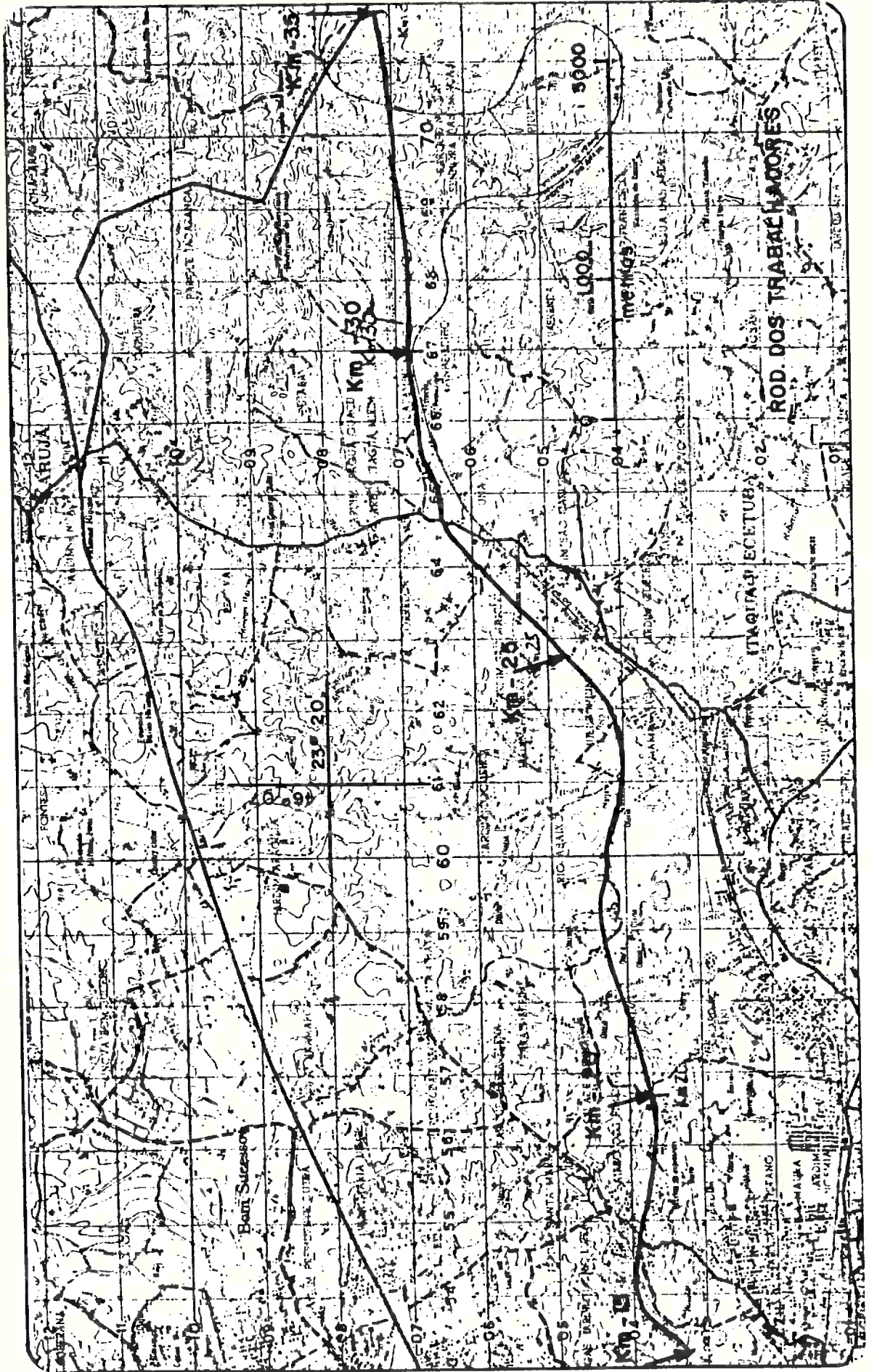
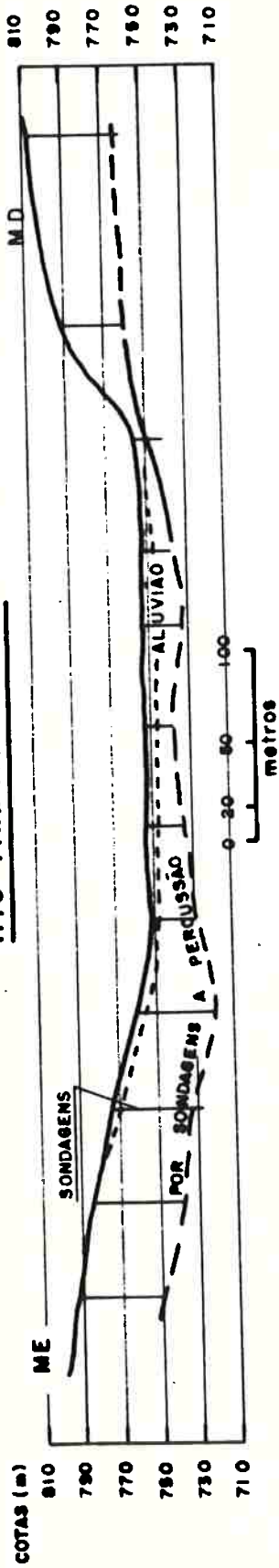
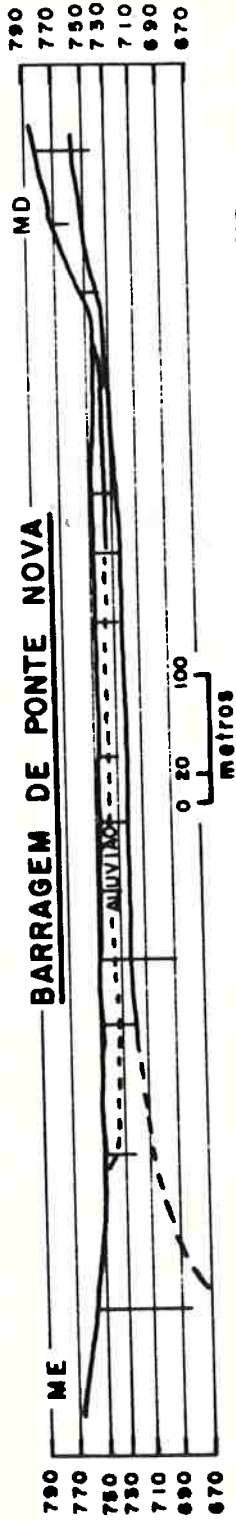


Figura 42 - Localização da Seção Rodovia dos Trabalhadores

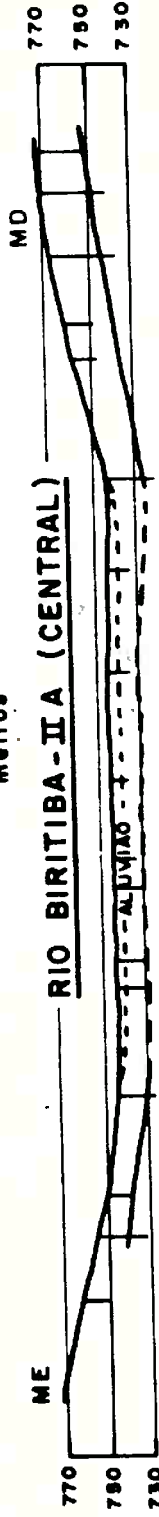
RIO PARAITINGA - III



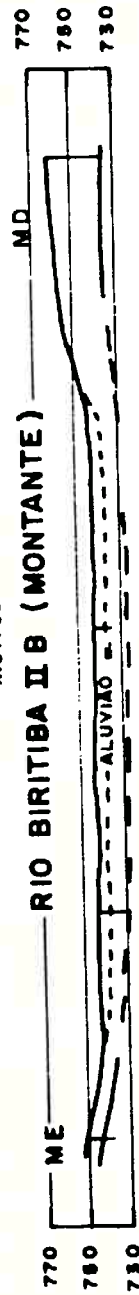
BARRAGEM DE PONTE NOVA



RIO BIRITIBA - II A (CENTRAL)



RIO BIRITIBA II B (MONTANTE)



RIO BIRITIBA II C (JUSANTE)

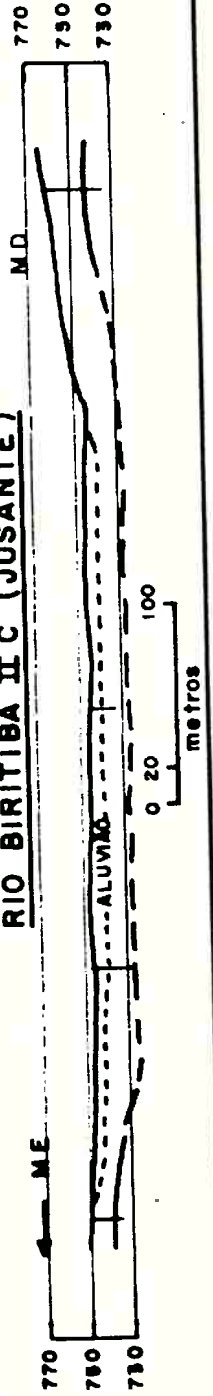


Figura 43 - Seções Paraitinga III, Barragem Ponte Nova e Biritiba II

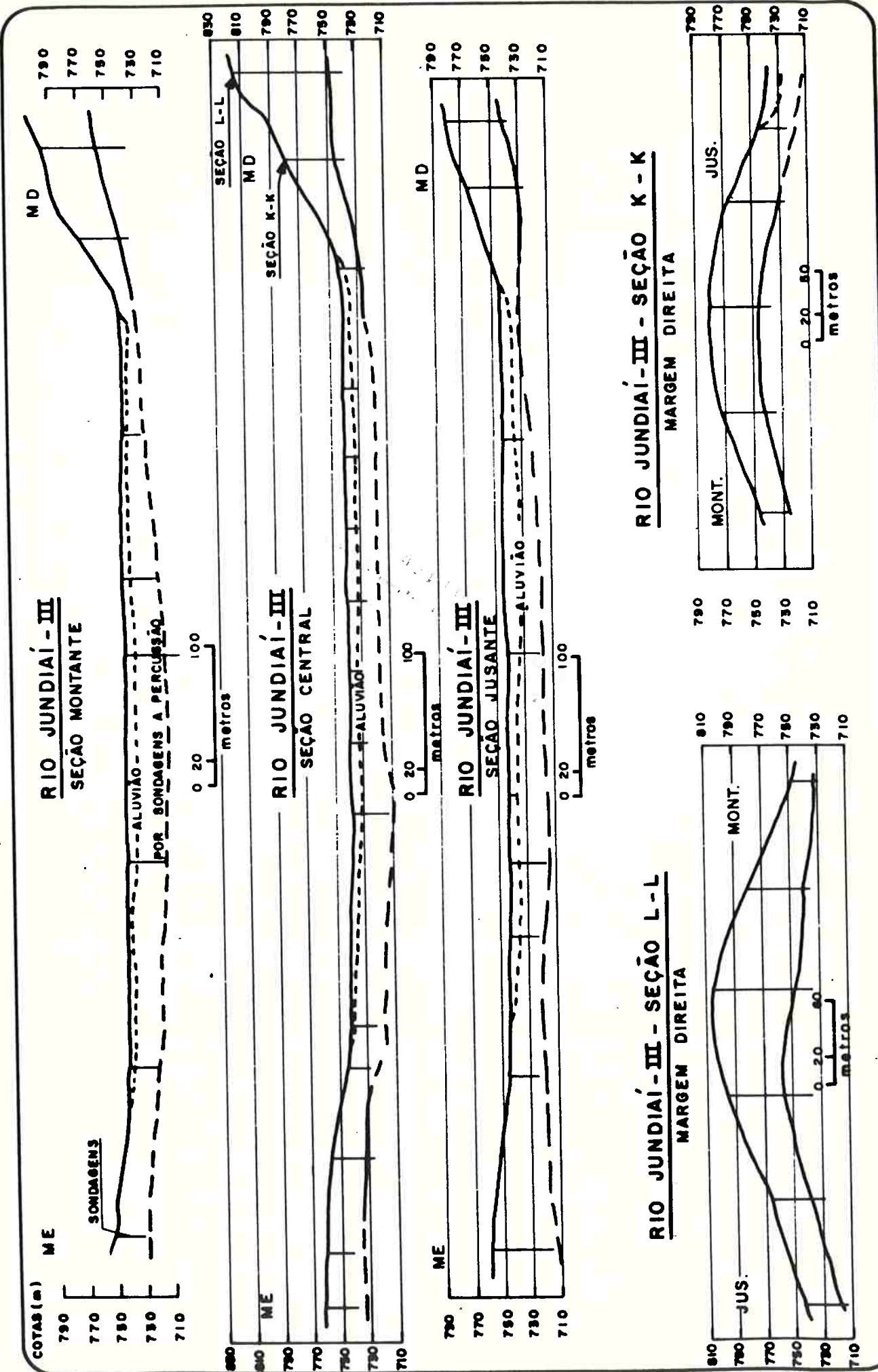
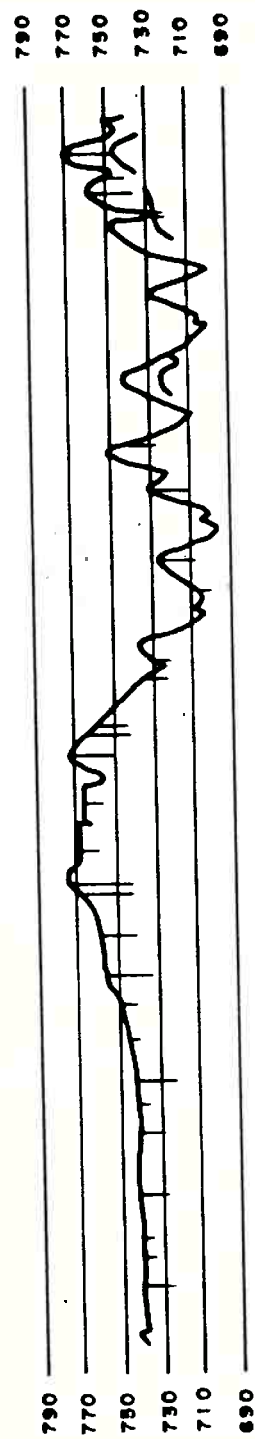
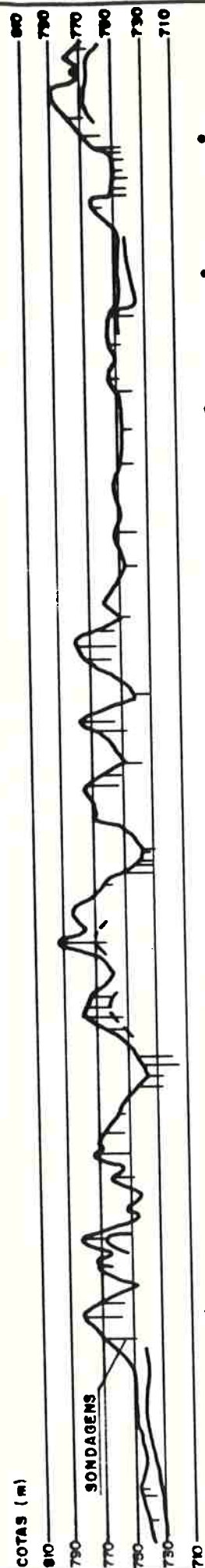


Figura 44 - Seções Rio Jundiáí III

RODOVIA DOS TRABALHADORES Km 15 A Km 35



INTERLIGAÇÃO RIOS BIRITIBA - JUNDIAÍ

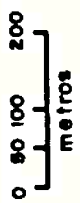
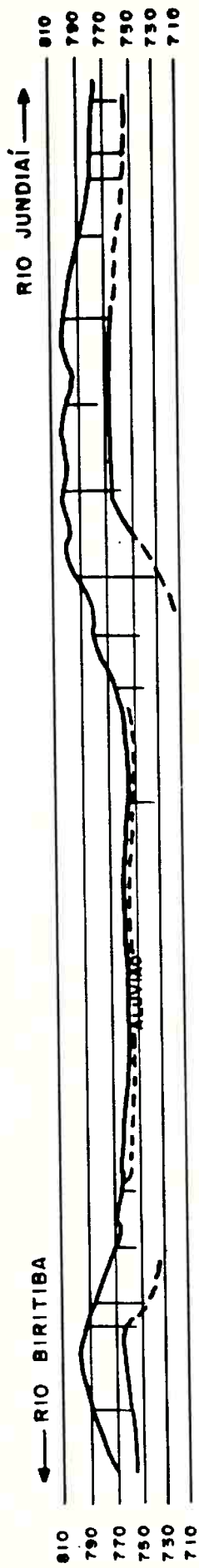


Figura 45 - Seções Rodovia dos Trabalhadores e Interligação Biritiba-Jundiá

4.2.1.1. Rio Paraitinga III

No local em questão, o Rio Paraitinga drena a Superfície do Alto Tietê, onde ela apresenta o alto de seus morros em torno da cota 830 e planície aluvionar na cota 755. Neste ponto, o entalhe erosivo da Superfície atinge aproximadamente 75m de profundidade.

Nesse trecho, o vale do rio Paraitinga está alinhado na direção este-nordeste e exibe uma destacada assimetria, cuja encosta de alta declividade, encontra-se na margem direita, ou bloco noroeste. A assimetria parece estar condicionada também por erosão diferencial, em razão da presença de cobertura terciária na margem esquerda (Figura 37).

A seção geológica mostra também uma certa correspondência na forma assimétrica do topo rochoso são, ou seja, ele está mais alto na margem direita (Figura 43).

É interessante notar que a rocha são tende a aflorar no pé da encosta da margem direita. Entretanto, tanto no interior dessa como na esquerda, as espessuras do manto intemperizado são aproximadamente iguais.

Outro fato a considerar relaciona-se com as cotas do topo da rocha são: nas partes mais altas, tende a situar-se entre as cotas 760-750, enquanto na mais baixa situa-se em torno da 730, para em algumas irregularidades atingir a cota 710m.

4.2.1.2. Barragem de Ponte Nova

No sítio da barragem, o rio Tietê drena uma das porções mais altas da Superfície do Alto Tietê, localizada praticamente no sopé da transição entre ela e a área de domínio do relevo remanescente da Superfície do Japi. Apresenta o alto de seus morros em torno da cota 860 e a planície aluvionar na cota 747, perfazendo um desnível de 113m, correspondente ao entalhe erosivo local (Figura 38).

Nesse local, o rio Tietê faz um cotovelo, onde a montante está alinhado na direção este-nordeste e a jusante na direção este-noroeste. Ao longo de ambas as direções, o rio exhibe uma destacada assimetria, onde a margem direita, ou bloco noroeste, apresenta-se com maior declividade. Essa assimetria deve estar condicionada também por erosão diferencial, em razão da presença de coberturas terciárias na margem esquerda.

A seção geológica mostra uma certa concordância na forma assimétrica do topo rochoso, estando mais alto na margem direita. Contudo, na margem esquerda apresenta-se com um acentuado aprofundamento, possivelmente correspondente à alteração mais pronunciada de uma zona mais perturbada e fraturada do maciço rochoso (Figura 43).

Da mesma forma como na margem direita do rio Paraitinga, o topo rochoso também tende a aflorar nesta margem em Ponte Nova.

Quanto a posição do topo da rocha sã, nas partes mais altas tende a situar-se entre as cotas 760-750 e nas mais baixas, em torno da cota 730, aprofundando-se na margem esquerda além da cota 690m.

4.2.1.3. Rio Biritiba Mirim II

No local do eixo estudado, o rio Biritiba Mirim drena a Superfície do Alto Tietê em uma porção onde ela apresenta o alto de seus morros em torno da cota 830 e a planície aluvionar em torno da cota 738m, perfazendo um desnível de 91m, correspondente ao entalhe erosivo local.

Nesse trecho, o rio Biritiba Mirim está alinhado na direção norte-sul e seu vale apresenta-se aproximadamente simétrico. A montante, um afluente do Biritiba parece estar encaixado em um vale assimétrico, na direção este-nordeste, com maior declividade no bloco noroeste (Figura 39).

As seções geológicas mostram uma certa assimetria do topo rochoso, estando mais alto na margem direita. Neste caso, o vale de Biritiba apresenta-se simétrico; contudo, a assimetria do vale do afluente da margem direita é que deve condicionar a elevação do topo nessa margem(Figura 43).

Nas margens mais altas, o topo da rocha sã parece não ultrapassar as cotas 760 - 750, enquanto na parte baixa, tende a situar-se em torno da cota 730m.

4.2.1.4. Rio Jundiaí III

No local onde foi estudada a alternativa de barramento, o rio Jundiaí encontra-se numa porção da Superfície do Alto Tietê, cujos altos de seus morros atingem a cota 830, enquanto sua planície aluvionar situa-se na cota 742, perfazendo um desnível de 88m, correspondente ao entalhe erosivo local.

Nesse trecho, o vale do rio Jundiaí está alinhado na direção sudeste-noroeste. O contorno da planície aluvionar na margem direita faz um cotovelo muito parecido com o de Ponte Nova, em razão do alinhamento oeste-nordeste de um afluente da margem direita. Pode-se dizer que, no local estudado, o rio Jundiaí apresenta um vale assimétrico, onde a encosta de alta declividade situa-se na margem direita ou bloco nordeste-noroeste. Essa assimetria parece estar condicionada também por erosão diferencial, em razão da presença de coberturas terciárias na margem esquerda(Figura 40).

As seções geológicas, tanto do eixo como as de montante e jusante, mostram também uma certa concordância na forma assimétrica do topo da rocha sã, ou seja, ele está mais alto na margem direita(Figura 44).

É interessante notar que a seção de jusante mostra uma feição

de aprofundamento da rocha sã na margem esquerda, de modo semelhante ao de Ponte Nova. Tal aprofundamento deve corresponder a um desenvolvimento mais pronunciado da alteração, em razão da existência de uma zona mais perturbada e fraturada do maciço rochoso, possivelmente associada aos alinhamentos estruturais que condicionaram a formação dos mencionados cotovelos.

O topo da rocha sã tende a situar-se entre as cotas 760-750 nas partes mais altas da encosta da margem direita. Nas partes mais baixas, o topo parece situar-se em torno da cota 750, tendendo a aprofundar-se na margem esquerda para a cota 720.

4.2.1.5. Interligação Biritiba-Jundiaí

O local estudado corresponde a um estreitamento do divisor de águas entre as bacias dos rios Biritiba e Jundiaí. Localiza-se numa porção da superfície do Alto Tietê, onde o alto de seus morros situam-se em torno da cota 830(Figura 41).

A seção geológica elaborada mostra dois aspectos interessantes. No alto do divisor, o topo do maciço rochoso são mantêm-se entre as cotas 760-750, enquanto que na parte baixa, parece situar-se em torno da cota 730, tendendo a 710m em certas porções que foram pouco investigadas(Figura 45).

4.2.1.6. Rodovia dos Trabalhadores, km 15 a km 25

O trecho em questão situa-se em três porções distintas da Superfície do Alto Tietê. Do km 15 ao km 25, a rodovia situa-se, aproximadamente, nas encostas que constituem a margem direita do rio Tietê. Do km 25 ao 30, situa-se igualmente na margem direita de um afluente do Tietê. A partir daí, ou seja, entre os km 30 e 35, a rodovia situa-se sobre a porção da Superfície que constitui parte do divisor de águas entre as bacias do Tietê e Paraíba do

Sul.

Do km 15 até perto do km 30, a rodovia assenta-se aproximadamente a meia encosta entre os altos locais da Superfície do Alto Tietê, em torno da cota 830 e a planície aluvionar na cota 735. Do km 30 ao 35, a Superfície encontra-se mais arrasada, com o alto dos seus morros situando-se em torno da cota 800m (Figura 42).

A seção geológica existente, infelizmente, contém poucas sondagens rotativas alcançaram o topo rochoso são. Entretanto, é possível observar que: (Figura 45):

- . no início do trecho, entre os km 15 e 17,5, a rocha parece situar-se, nas partes baixas, em torno da cota 730, enquanto que nas partes altas parece atingir a cota 760m;
- . entre os km 18 e 19, a rodovia assenta-se sobre os terrenos baixos associados à várzea do Tietê. Nesse local, as sondagens adentram em maciço alterado, mas não atingiram rocha sã até pouco abaixo da cota 720m;
- . entre os km 19 e 20, quando o relevo atinge a cota 790, as sondagens indicam que o topo da rocha deve estar próximo da cota 760m;
- . entre os km 22 e 25, onde a rodovia situa-se num relevo baixo, em torno da cota 740, o maciço rochoso foi encontrado outra vez na cota 730m;
- . entre os km 25 e 26, onde o relevo volta à cota 790, as sondagens detectaram o topo da rocha sã na cota 760m;
- . outra indicação da posição do topo rochoso só volta a ocorrer entre os km 33 e 34. Nesse local, o relevo atinge a cota 770 e o topo da rocha foi detectado na cota 740. Nesse trecho, a rodovia já está na porção da Superfície do Alto Tietê drenada para a bacia do Paraíba e, onde os seus pontos mais altos situam-se em torno da cota 800m.

4.2.2. Bacia do Rio Guarapiranga

A seqüência dos locais estudados, bem como a indicação das figuras nas quais foram apresentadas as respectivas locações e seções geológicas, são citadas a seguir:

<u>Locais estudados</u>	<u>Plantas de Locação</u>	<u>Seções Geológicas</u>
Rio Embu-Guaçu 3	Fig. 46	Fig. 50
Ribeirão Sta.Rita 5	Fig. 47	Fig. 50
Interligação Rib. Cachoeira 2 com Rio Embu-Guaçu 3	Fig. 48	Fig. 51
Interligação Ribeirão Sta. Rita 5 com Rio Embu-Guaçu 3	Fig. 49	Fig. 51

4.2.2.1. Rio Embu-Guaçu 3

No local estudado, o rio Embu-Guaçu drena a Superfície do Alto Tietê, onde ela apresenta o alto de seus morros em torno da cota 810 e sua planície aluvionar na cota 742, perfazendo um desnível de 68m, correspondente ao estágio atual do entalhe erosivo local (Figura 46).

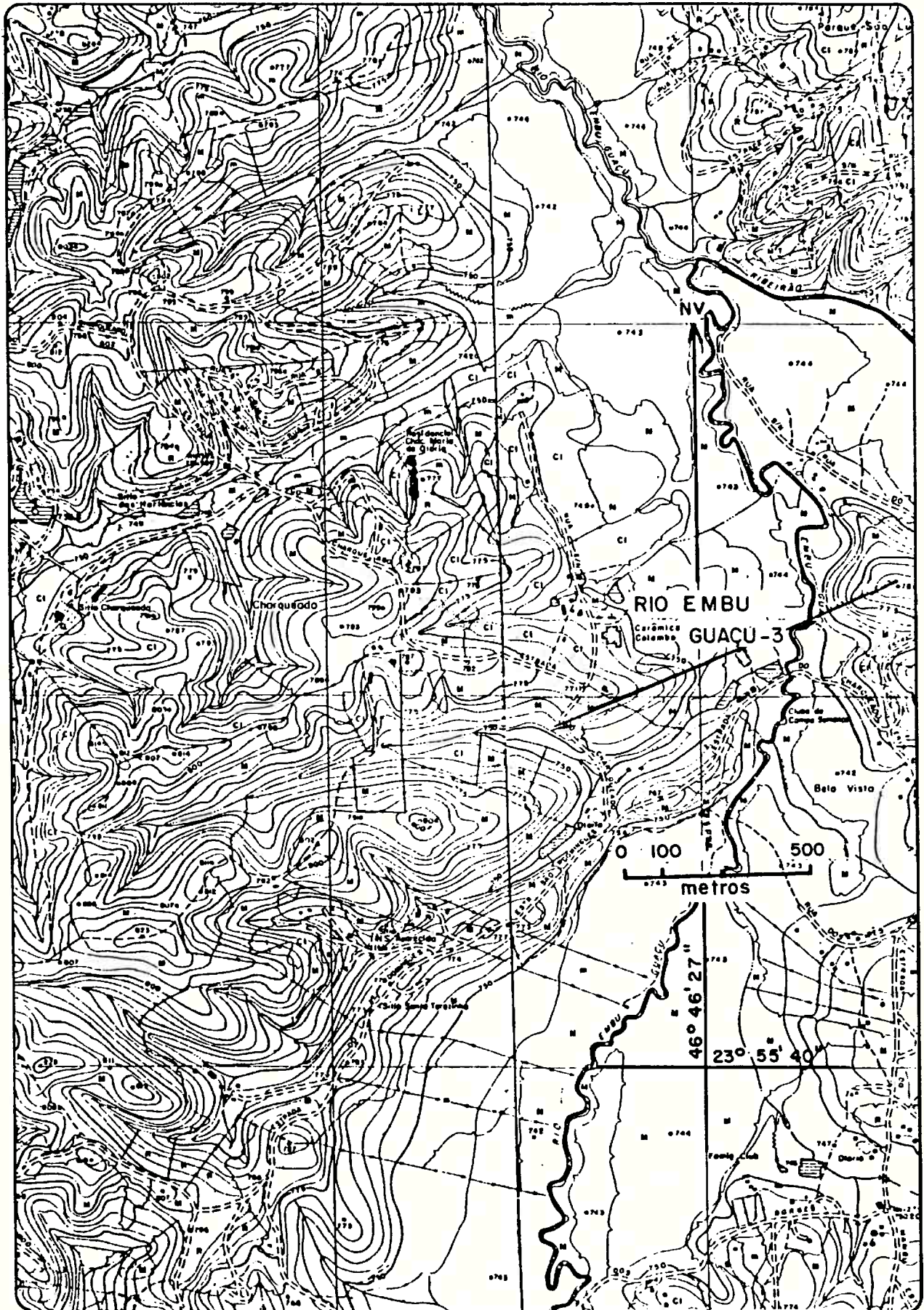


Figura 46 - Localização da Seção Rio Embu-Guaçu 3

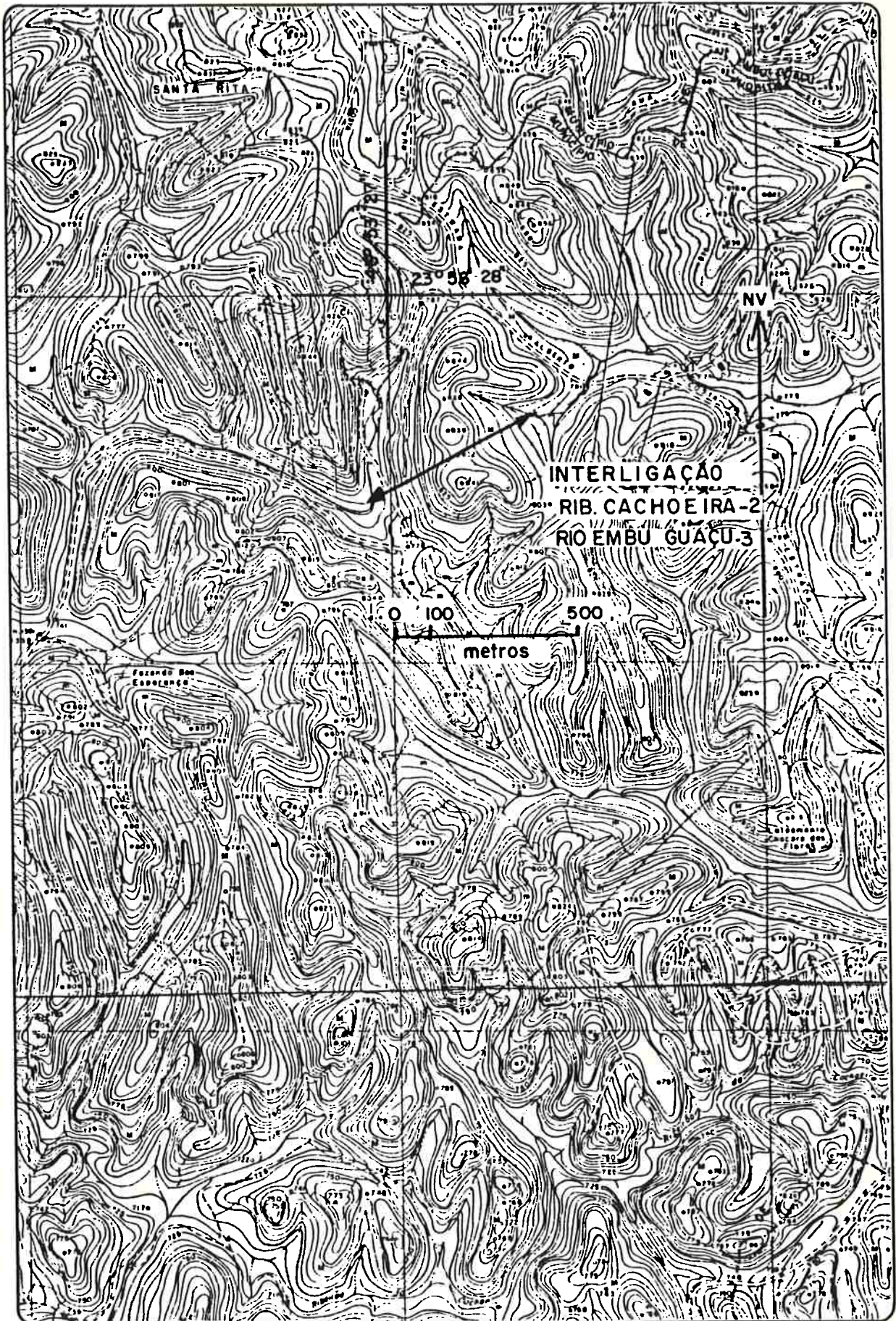


Figura 48 - Localização da Interligação Rib. Cachoeira 2 - Rio Embu-Guaçu 3

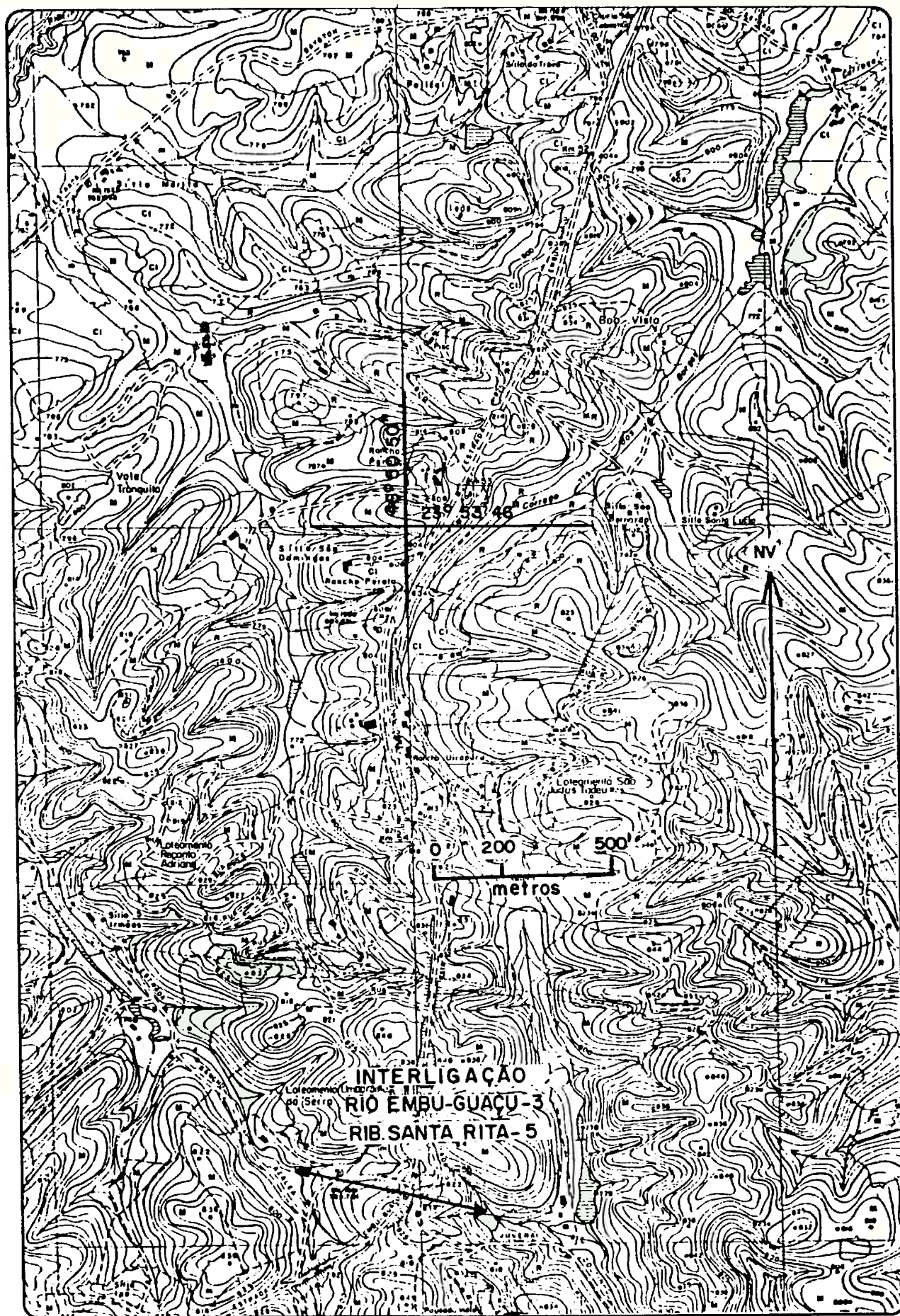
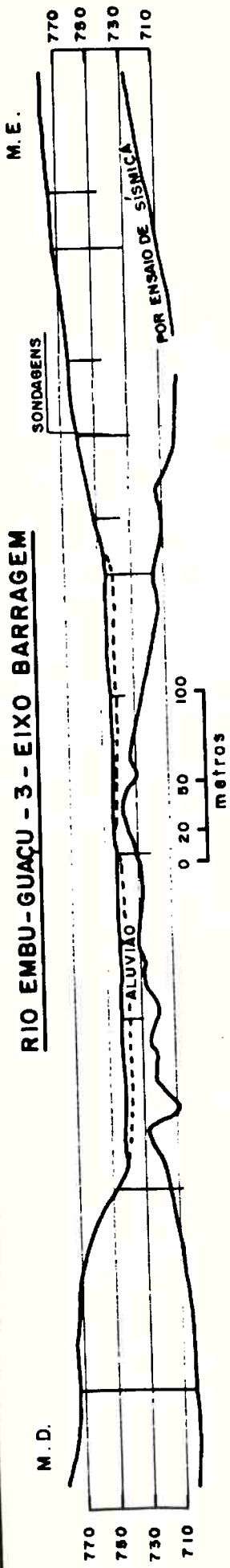
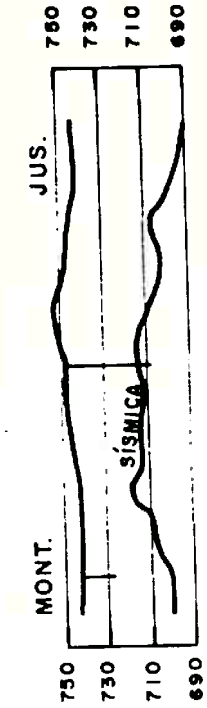


Figura 49 - Localização da Interligação Rib. Santa Rita 5 - Rio Embu-Guaçu 3

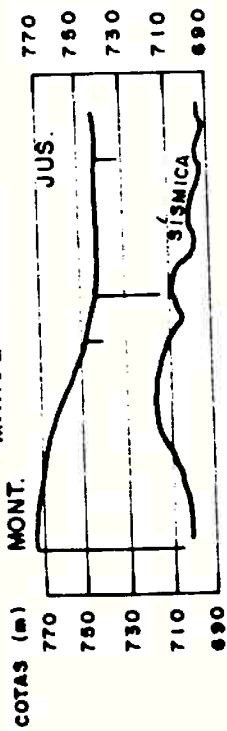
RIO EMBU-GUAÇU - 3 - EIXO BARRAGEM



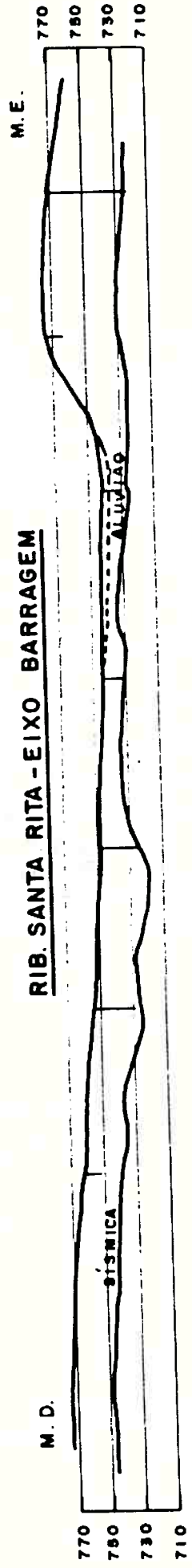
RIO EMBU-GUAÇU - GALERIA DESVIO MARGEM ESQUERDA



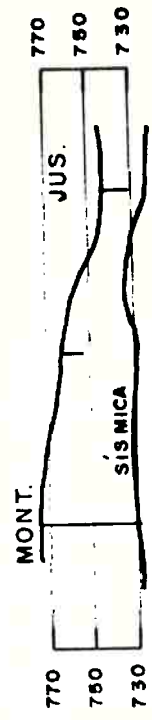
RIO EMBU-GUAÇU - VERTEDOURO MARGEM DIREITA



RIB. SANTA RITA - EIXO BARRAGEM



RIB. SANTA RITA - VERTEDOURO MARGEM ESQUERDA



RIB. SANTA RITA - GALERIA DESVIO MARGEM DIREITA

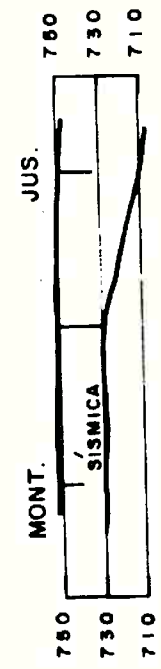
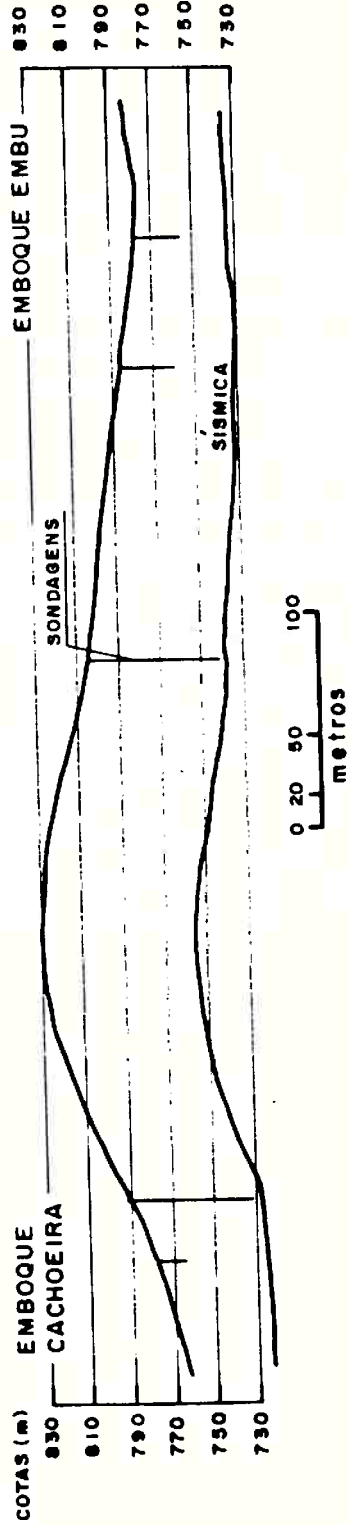


Figura 50 - Seções Rio embu-Guaçu e Ribeirão Santa Rita 5

INTERLIGAÇÃO CACHOEIRA 2 - EMBU - GUAÇU



INTERLIGAÇÃO SANTA RITA 5 - EMBU GUAÇU - 3

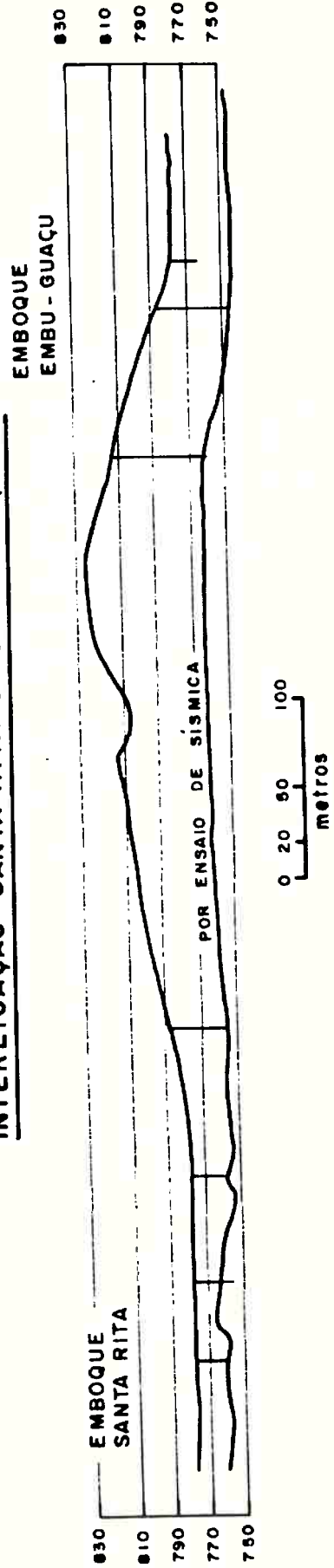


Figura 51 - Seções das Interligações Cachoeira 2 - Embu-Guaçu 3 e Santa Rita 5 - Embu-Guaçu 3

Nesse trecho, o vale do rio está alinhado na direção aproximadamente norte-sul e exibe uma certa assimetria, que, como observou ALMEIDA (1958), deve estar associada a fenômenos de erosão diferencial entre sedimentos terciários que ali ocorrem e solos de alteração de rochas pré-cambrianas. Esta assimetria caracteriza-se por apresentar alternâncias de encostas com maior declividade, ora na margem direita, ora na esquerda (Figura 50).

As seções geológicas locais mostram um aspecto interessante, parecido com a constatação de CABRERA (1981), ilustrada na Figura 33, ou seja, uma certa inversão da inclinação do topo rochoso em relação a inclinação das encostas do vale.

Poder-se-ia dizer que, neste local, o topo do maciço rochoso apresenta-se como um platô em torno da cota 720, porém, com várias zonas de aprofundamentos maiores, que atingem a cota 690. Esses aprofundamentos parecem corresponder a zonas de intemperização diferencial, propiciada por camadas biotíticas do migmatito, que no local apresenta o acamadamento com mergulho sub-vertical.

4.2.2.2 Ribeirão Santa Rita 5

No local estudado, o Ribeirão Santa Rita drena a Superfície do Alto Tietê, onde ela apresenta o alto de seus morros em torno da cota 810, enquanto que sua planície aluvionar situa-se na cota 744, perfazendo um desnível de 66m, correspondente ao entalhe erosivo atual (Figura 47).

O vale do Santa Rita está alinhado na direção norte-nordeste. Assim como para o rio Embu-Guaçu, o vale do Santa Rita exibe uma assimetria relacionada a erosão diferencial das encostas do vale, que apresenta, nas porções altas da margem direita, testemunhos de sedimentos terciários, enquanto que na margem esquerda ocorrem solos de alteração de rochas pré-cambrianas. Disso resulta que as

encostas de alta declividade predominam na margem esquerda.

As seções geológicas locais mostram também que o topo do maciço rochoso são parece constituir um platô em torno da cota 730, galgando a cota 740 no alto da margem direita.

4.2.2.3. Interligação Ribeirão Cachoeira 2 - Embu-Guaçu 3

O local estudado situa-se no divisor de águas das bacias dos rios Pinheiros e Juquiá. Encontra-se numa porção da Superfície do Alto Tietê, onde ela se acha no seu estado menos erodido. Os altos de seus morros apresentam-se em torno da cota 850 e os desníveis, devido ao entalhe erosivo, alcançam até 60m (Figura 48).

A seção geológica local mostra que o topo do maciço rochoso apresenta uma porção alta no interior do morro, entre as cotas 760-750, decaindo para a cota 720 nas porções mais baixas (Figura 51).

4.2.2.4 - Interligação Santa Rita 5 - Embu-Guaçu 3

O local estudado constitui-se no divisor de águas de ambas as drenagens. Encontra-se numa porção da Superfície do Alto Tietê, onde os altos de seus morros situam-se em torno da cota 850 e os desníveis, devido ao entalhe erosivo, alcançam até 60m (Figura 49).

A seção geológica local mostra que o topo do maciço rochoso são constitui um platô entre as cotas 770-750m (Figura 51).

4.2.3. Rio Grande (Billings)

A seqüência dos locais estudados, bem como a indicação das figuras onde foram apresentadas as respectivas locações e seções geológicas, são citadas a seguir:

<u>Locais estudados</u>	<u>Plantas de Locação</u>	<u>Seções Geológicas</u>
Rio Grande, Eixos I e II	-	Fig. 54
Rio Grande, margem direita - Travessia Anchieta	Fig. 52	Fig. 55
Rio Grande, margem direita Travessia Imigrantes	Fig. 53 e 53A	Fig. 55

Os quatro locais a que se referem os dados coletados estão localizados a margem direita do rio Grande. De uma forma geral, este rio está alinhado na direção leste-nordeste, em concordância com o alinhamento das estruturas pré-Cambrianas regionais. Praticamente todo o vale do rio exibe uma destacada assimetria, cuja encosta de alta declividade encontra-se na margem direita, ou bloco noroeste.

Assim como acontece no rio Embu-Guaçu e ribeirão Santa Rita, ambos da bacia do rio Guarapiranga, parece que a assimetria do vale do rio Grande pode estar relacionada à erosão diferencial de sedimentos terciários pré-existentes em sua margem esquerda.

O local dos eixos I e II não puderam ser bem identificados, porém, parece que deveriam estar localizados pouco a montante da Via Anchieta. Na região dos locais estudados, a Superfície do Alto Tietê apresenta o alto de seus morros em torno da cota 850 e a planície aluvionar em torno da cota 740, perfazendo um desnível em torno de 110m, correspondente ao entalhe erosivo local.

As seções geológicas referem-se quase que exclusivamente à margem direita do rio. O aspecto realçado pelas sondagens realizadas é que o topo da rocha parece constituir um platô ao longo de ambas as margens, em torno das cotas 710-700, ou pouco abaixo delas (Figuras 54 e 55).

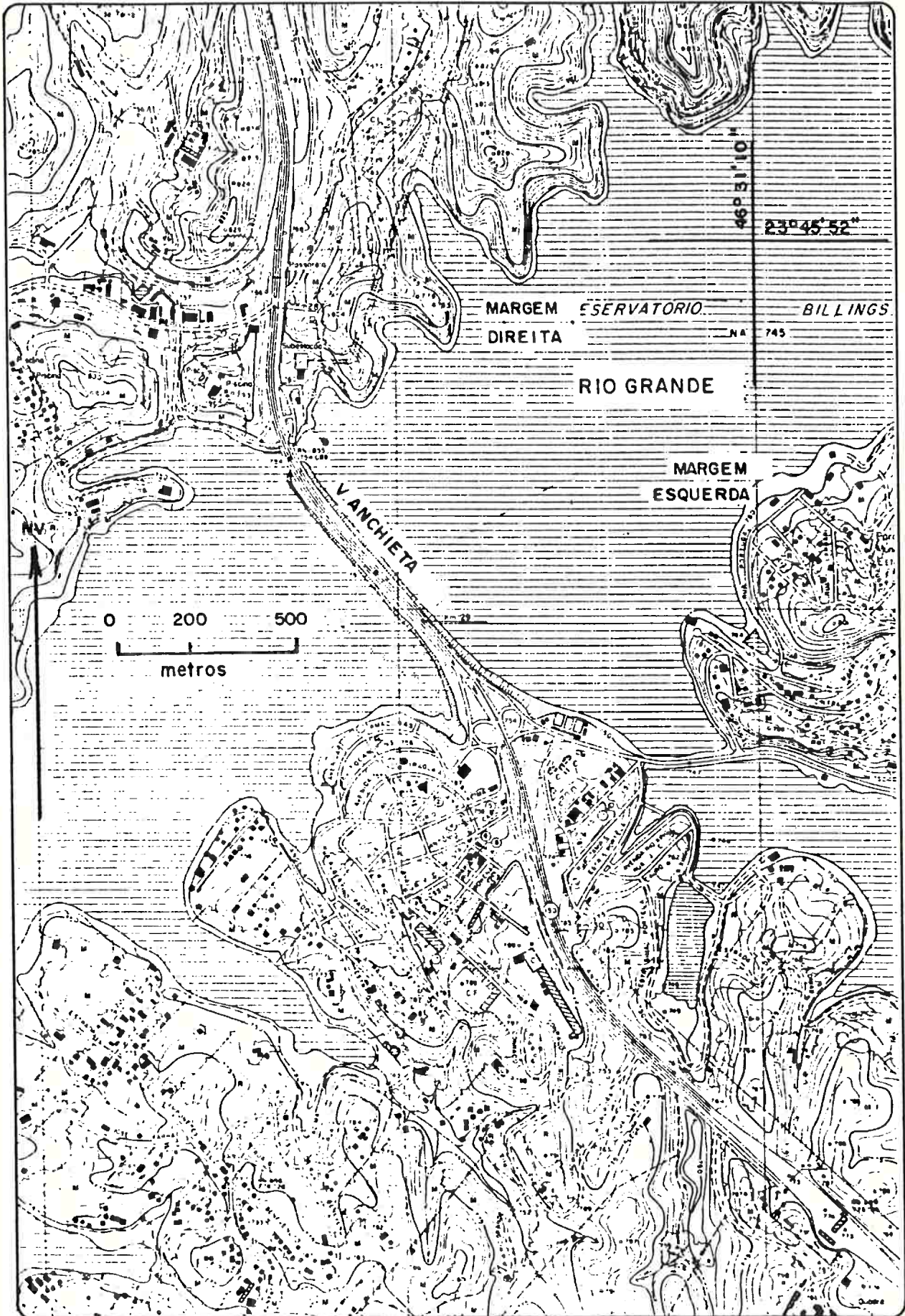


Figura 52 - Localização da Seção Rio Grande - Travessia Anchieta

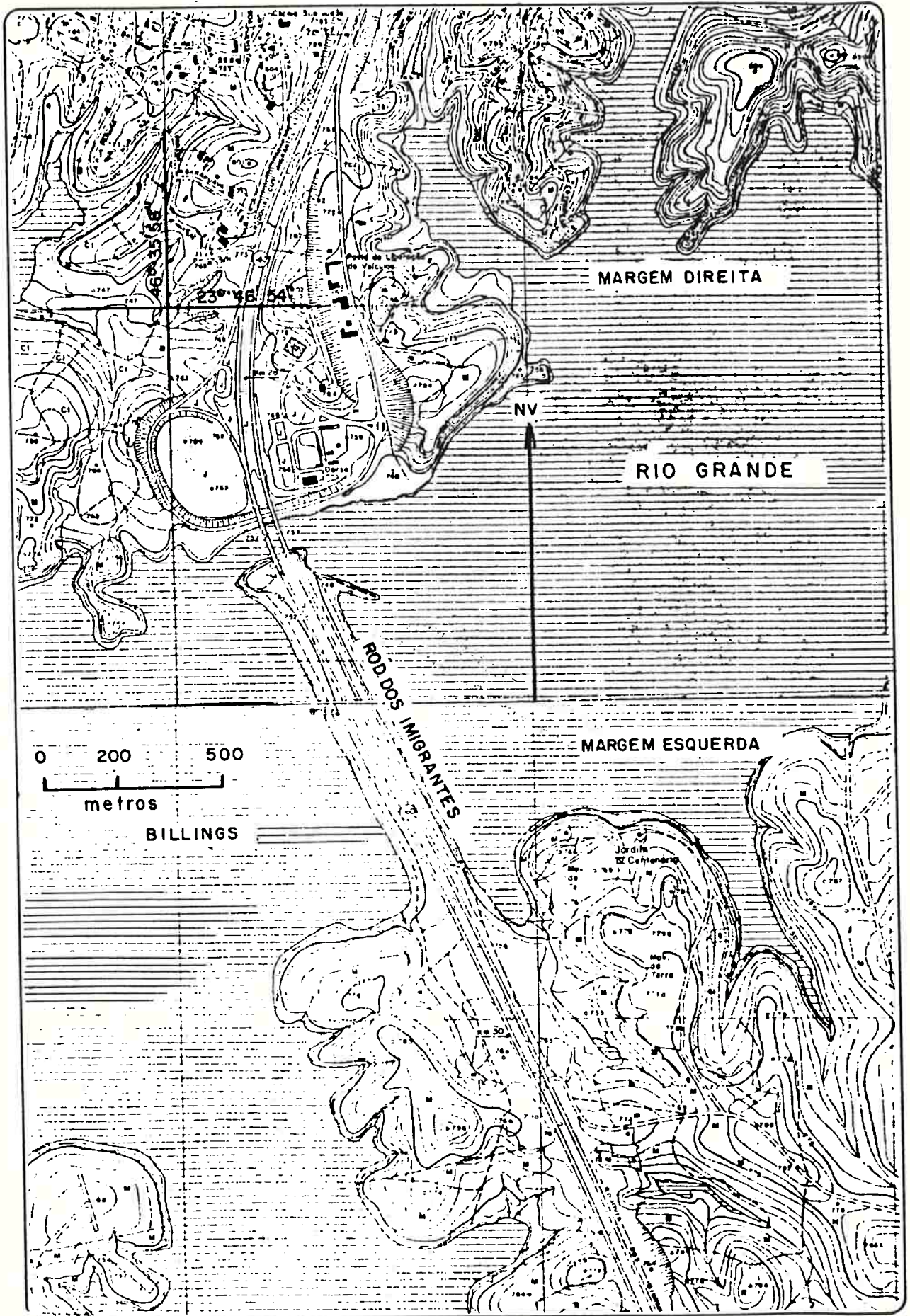


Figura 53 - Localização da Seção Rio Grande - Travessia Imigrantes

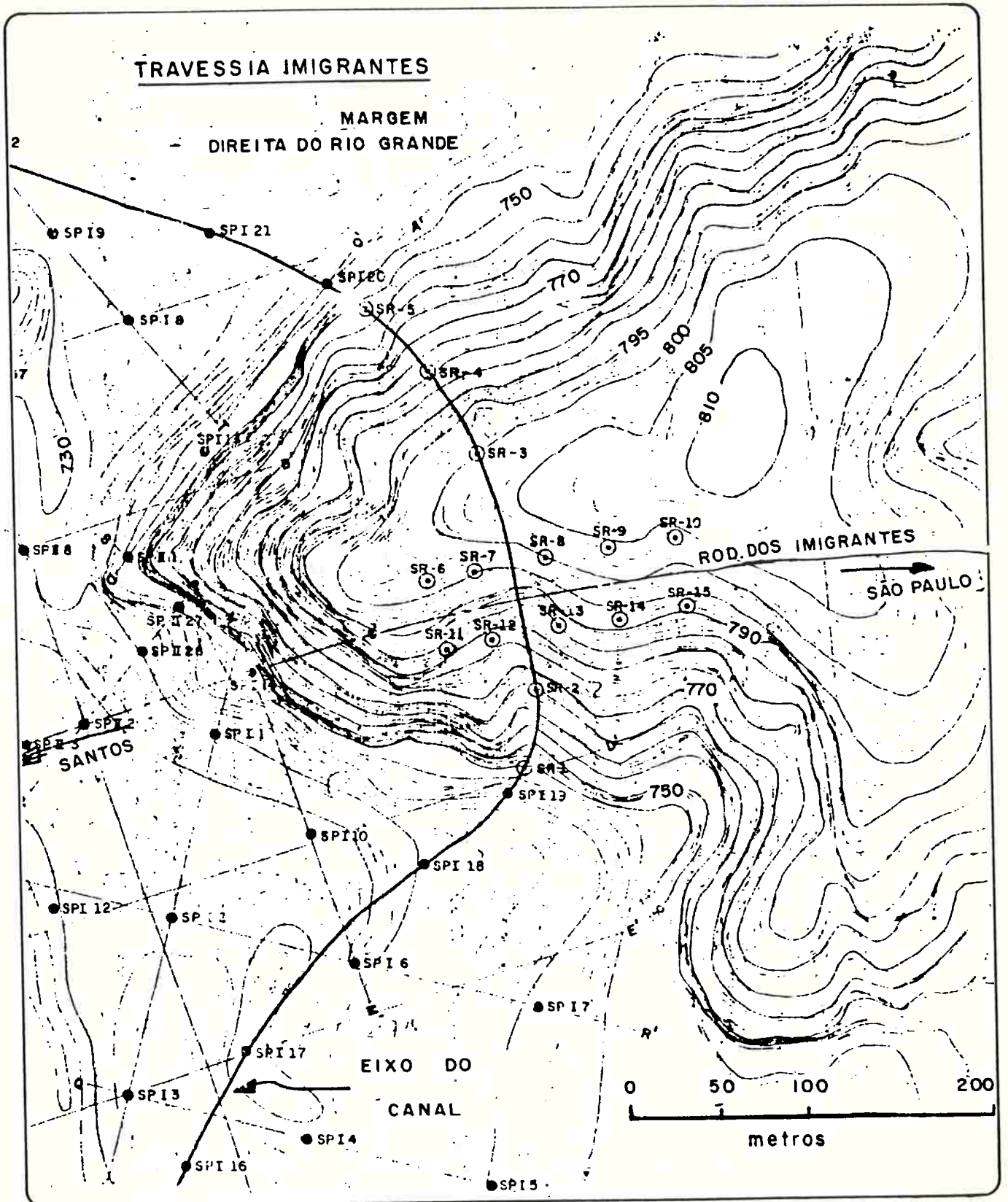
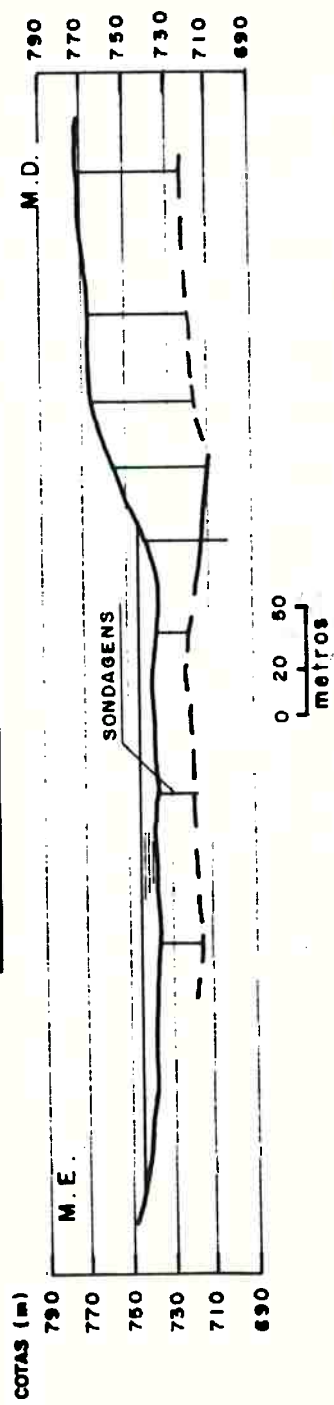


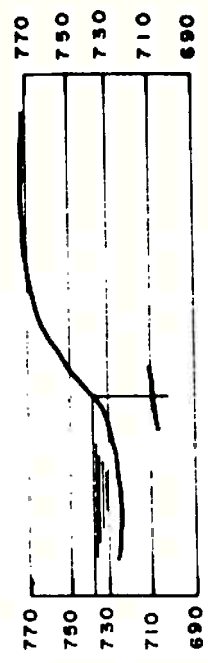
Figura 53-A - Localização da Seção Rio Grande - Travessia Imigrantes, Margem Direita

RIO GRANDE-I - EIXO BARRAGEM



RIO GRANDE-II - EIXO BARRAGEM

MARGEM DIREITA



RIO GRANDE II

MARGEM DIREITA

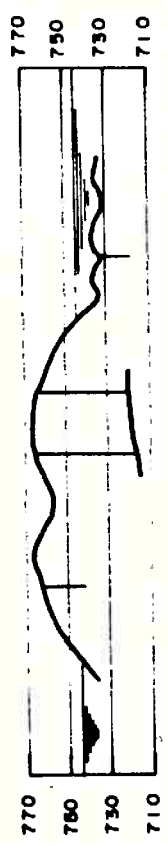
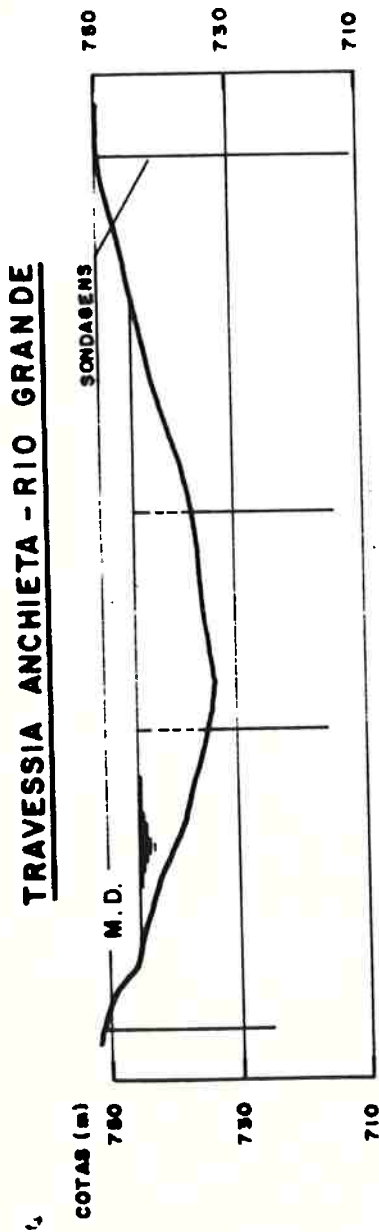


Figura 54 - Seções do Rio Grande, Eixos I e II



0 10
metros



Figura 55 - Seções do Rio Grande, Travessia Anchieta e Imigrantes

4.2.4 - Bacia do Rio Juquiá

A seqüência dos locais estudados, bem como a indicação das figuras onde foram apresentadas as respectivas locações e seções geológicas, são citadas a seguir:

<u>Locais estudados</u>	<u>Plantas de Locação</u>	<u>Seções Geológicas</u>
Ribeirão Cachoeira 2	Fig. 56	Fig. 62
Ribeirão Grande 2	Fig. 57	Fig. 63
Ribeirão Grande 4	Fig. 58	Fig. 63
Ribeirão Grande 3	Fig. 59	Fig. 63
Ribeirão Grande 6	Fig. 60	Fig. 64
Rio Juquiá 1	Fig. 61	Fig. 64

A porção da área de domínio da Superfície do Alto Tietê correspondente a bacia do rio Juquiá parece apresentar uma certa declividade de nordeste para sudoeste, ou seja, do já referido alinhamento estrutural Norte 60 graus Oeste, condicionante do grande entalhe erosivo do rio dos Macacos, para as bordas da Serra de Paranapiacaba.

Possivelmente, essa declividade e o retrabalhamento erosivo da antiga Superfície do Alto Tietê condicionaram as altitudes atuais dos morros ao longo da bacia do rio Juquiá. Em geral, situam-se entre as cotas 780-760, sendo que, em alguns setores da bacia, essas elevações situam-se pouco acima da cota 800, enquanto que em outros, situam-se entre as cotas 750-730, como no sítio do eixo Ribeirão Grande 4.

Outro aspecto a destacar é que os locais estudados na bacia do Juquiá encontram-se numa faixa marginal às bordas das serras do Mar e Paranapiacaba, onde os pontos mais próximos e mais distantes dessas bordas estão, respectivamente, a 4 e 8 quilômetros.

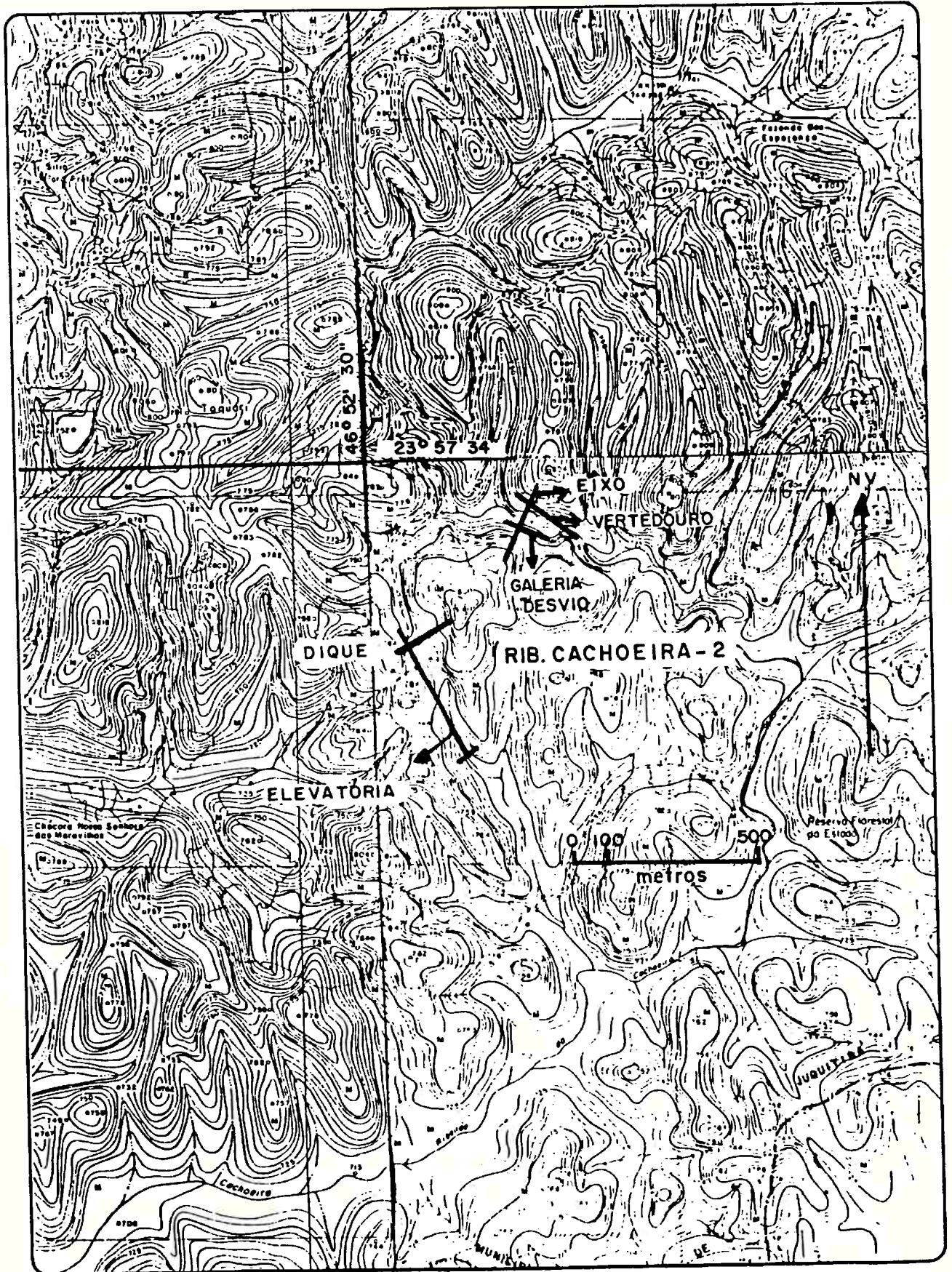


Figura 56 - Localização da Seção Ribeirão Cachoeira 2

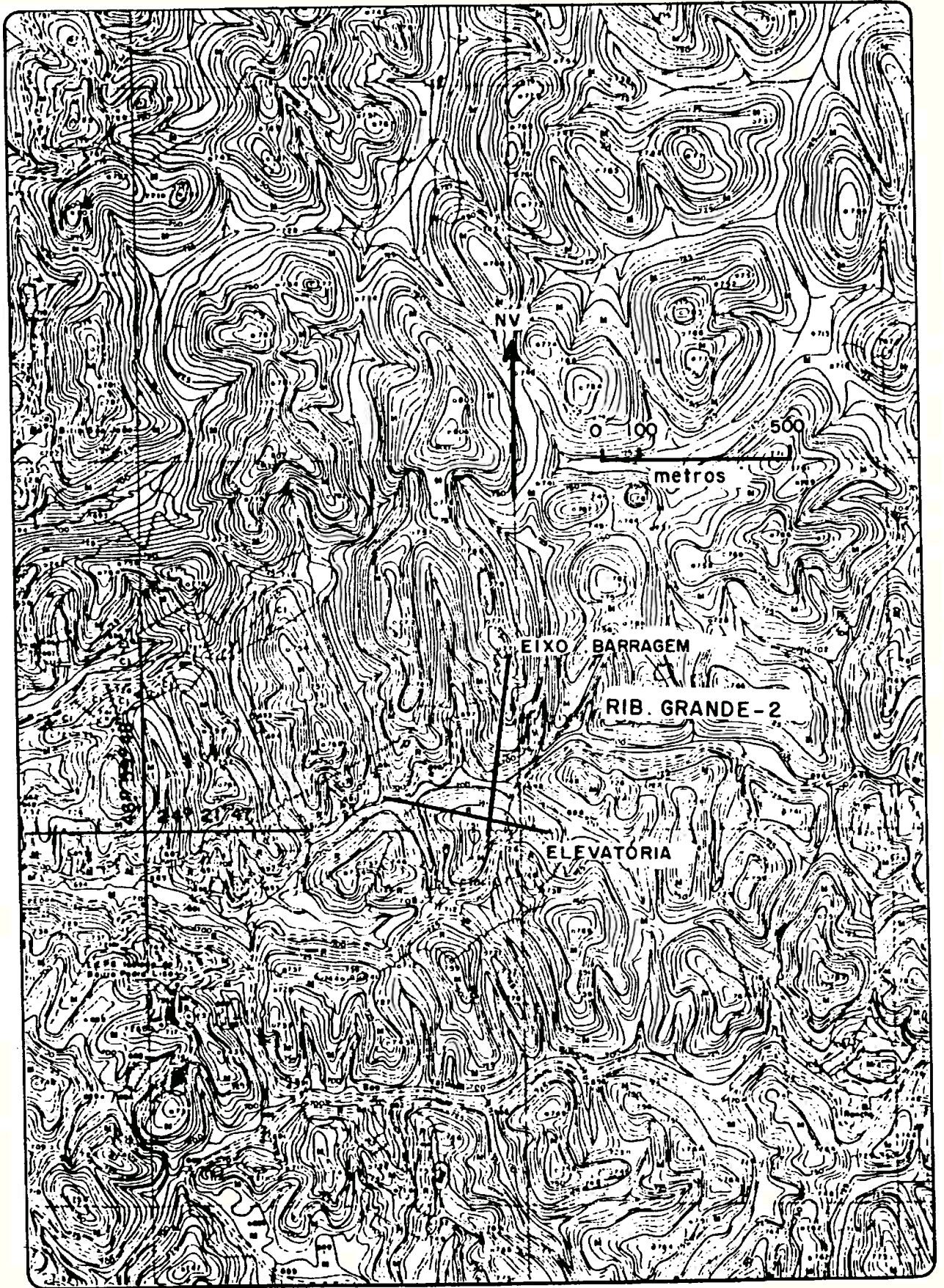


Figura 57 - Localização da Seção Ribeirão Grande 2

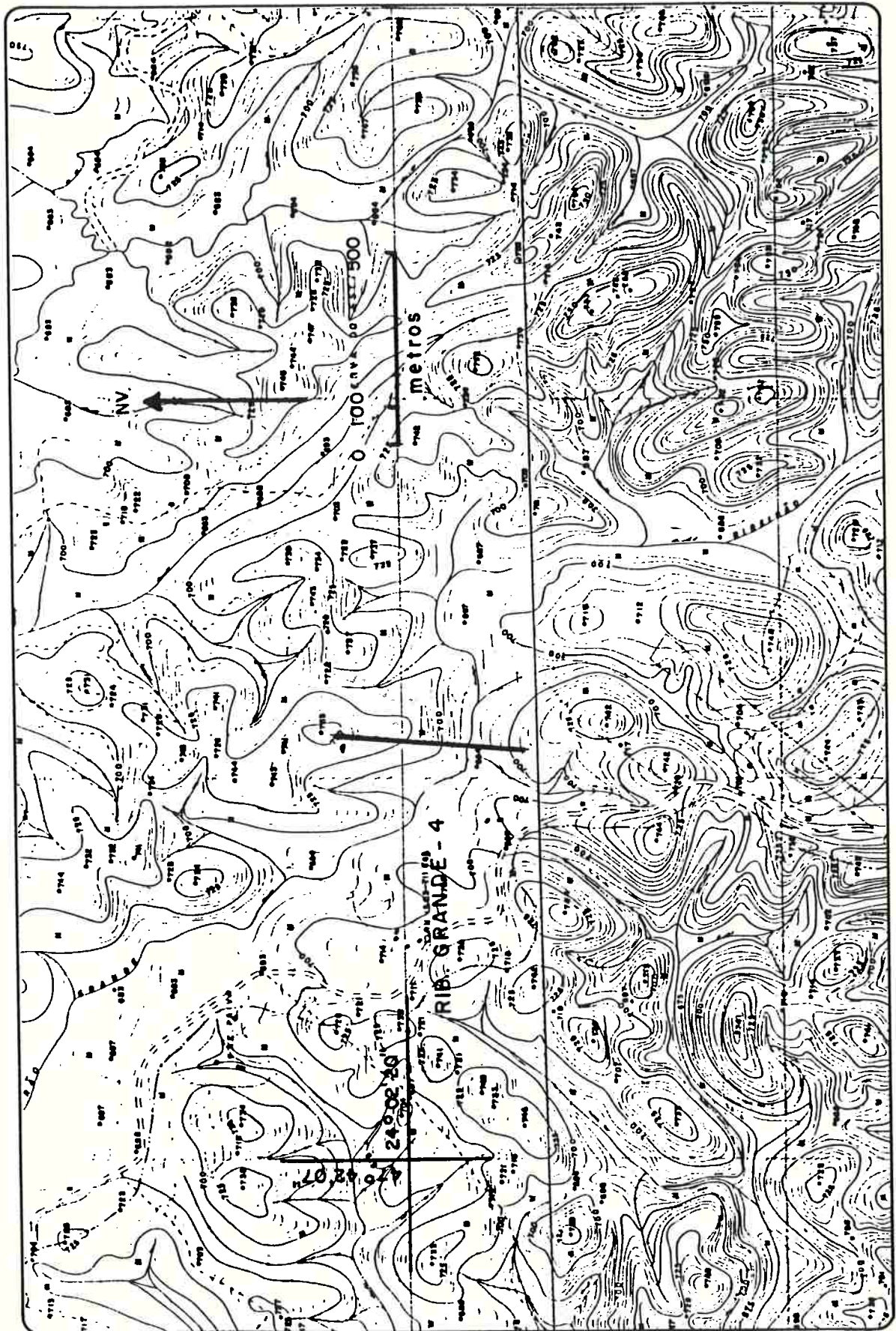


Figura 58 - Localização da Seção Ribeirão Grande 4

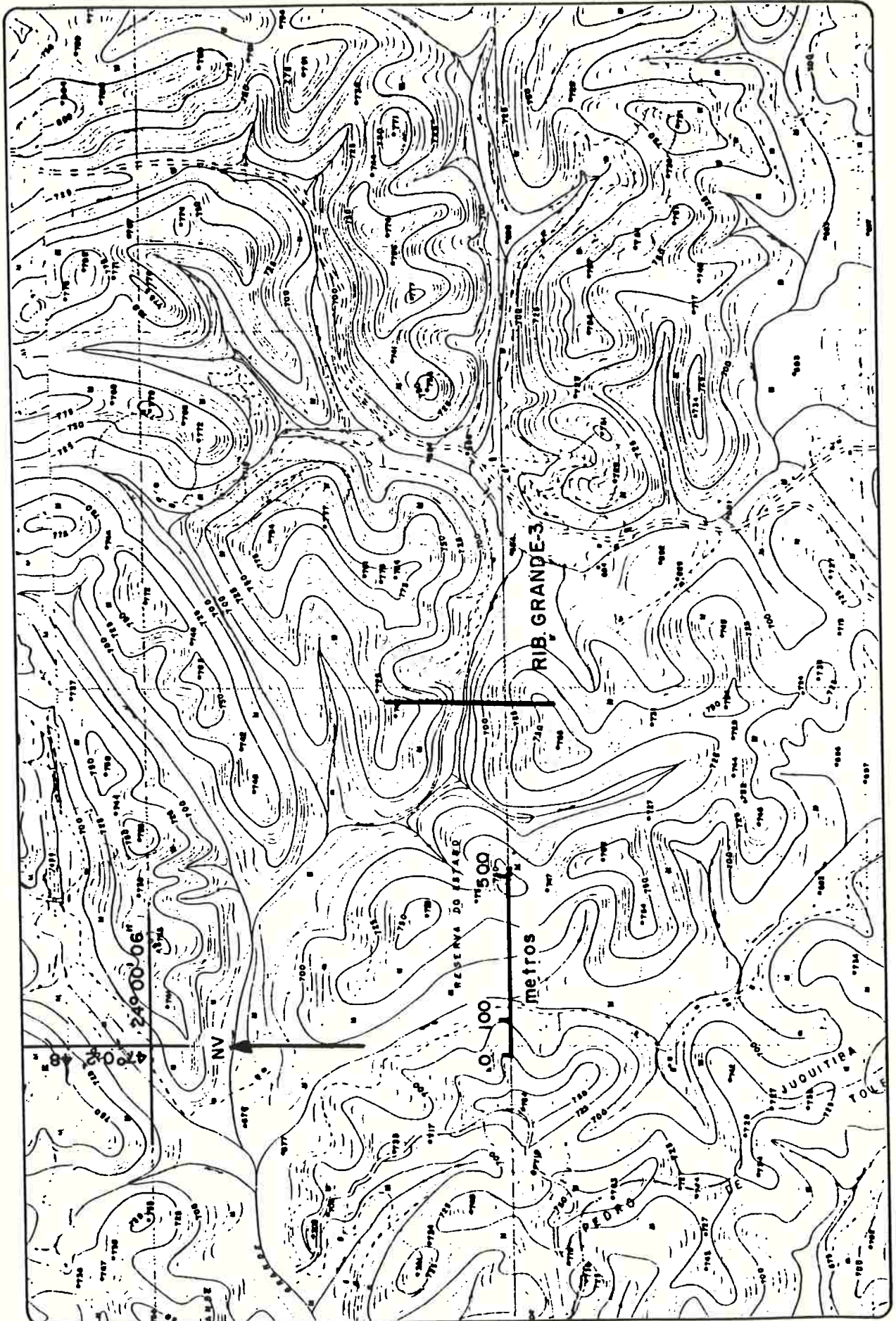


Figura 59 - Localização da Seção Ribeirão Grande 3



Figura 60 - Localização da Seção Ribeirão Grande 6

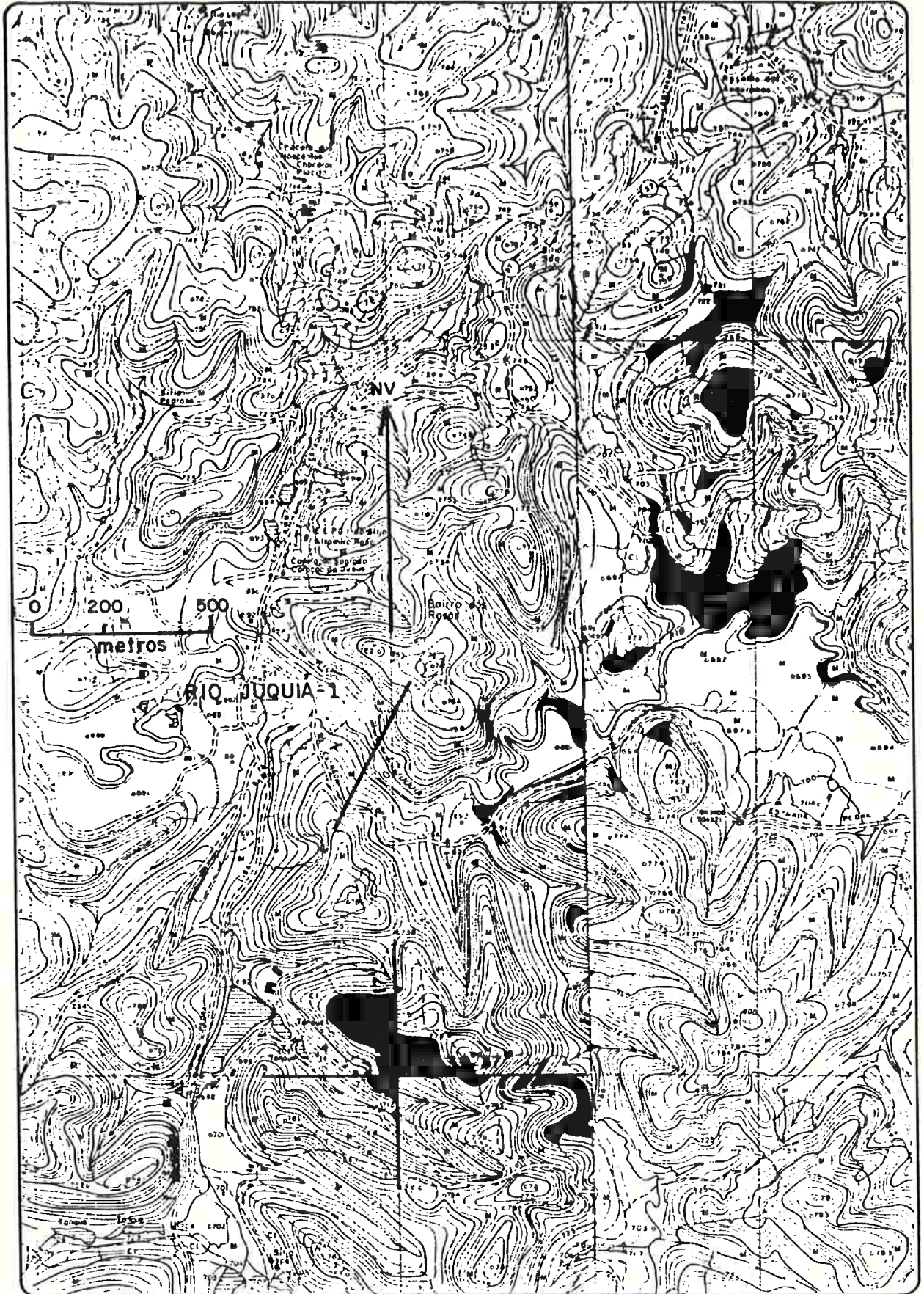


Figura 61 - Localização da Seção Rio Juquiá 1

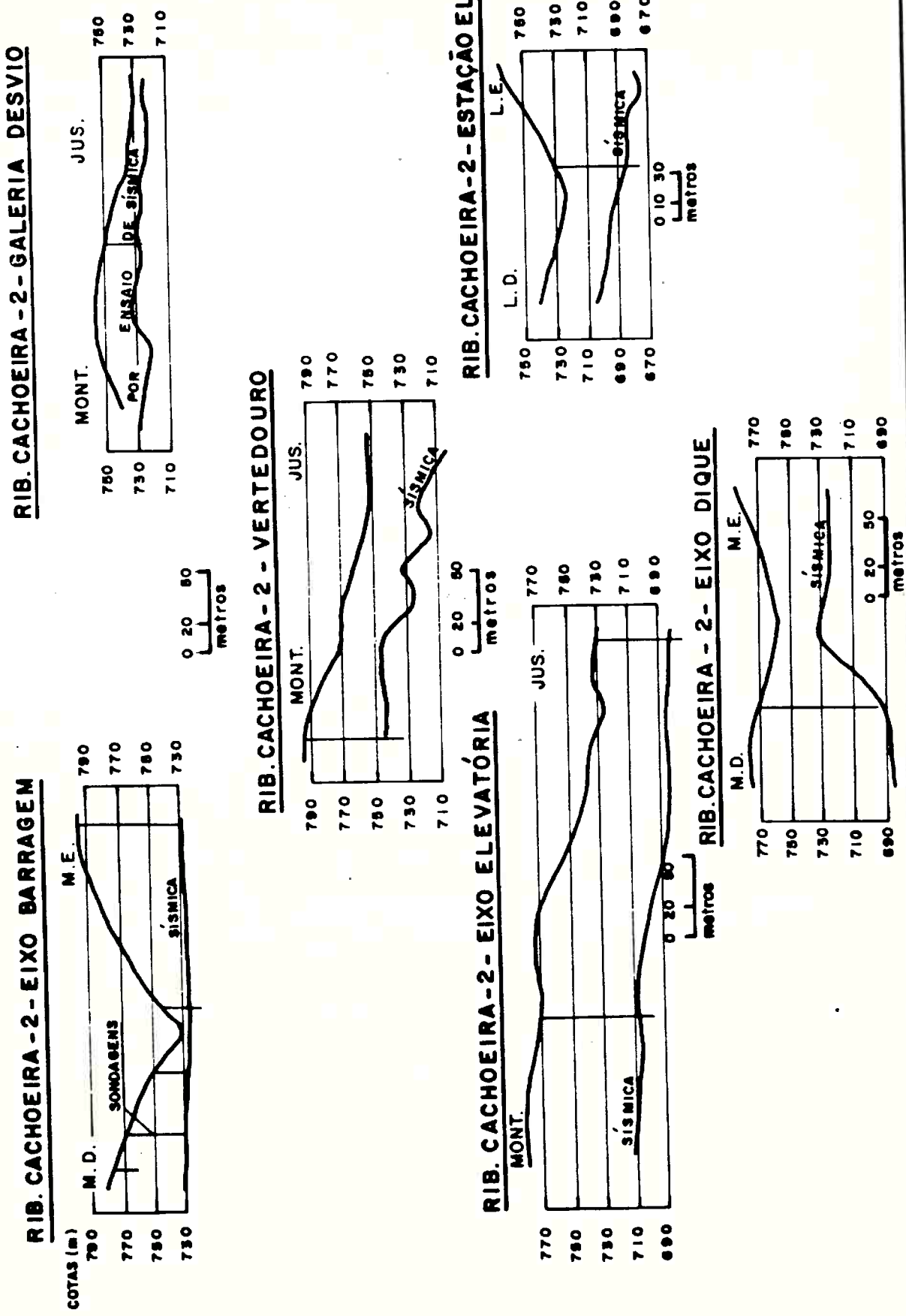


Figura 62 - Seções Ribeirão Cachoeira 2

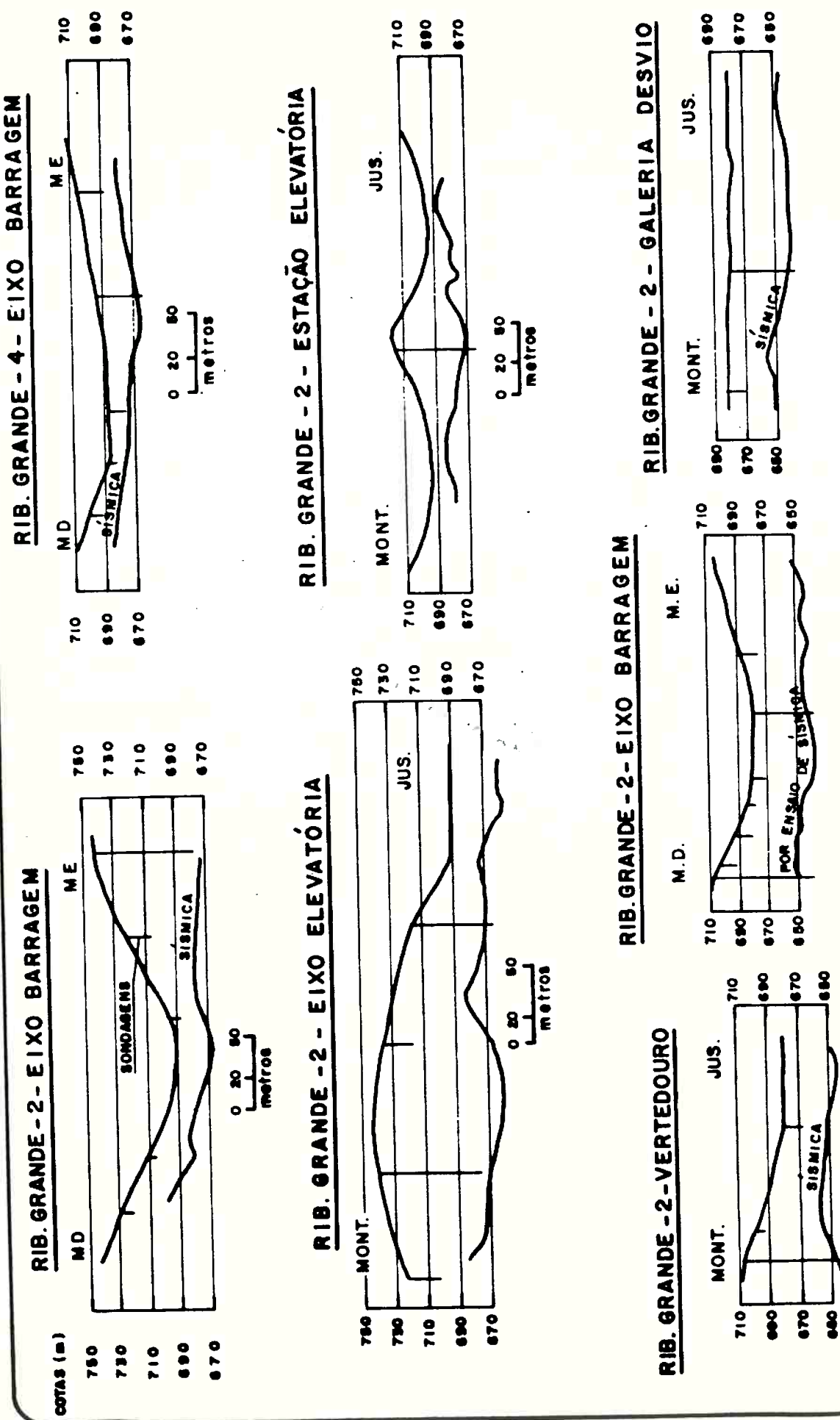
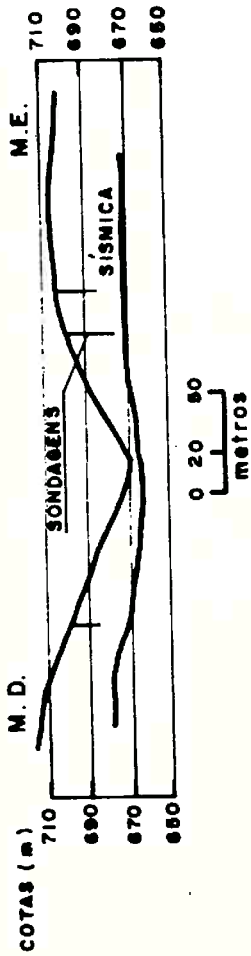
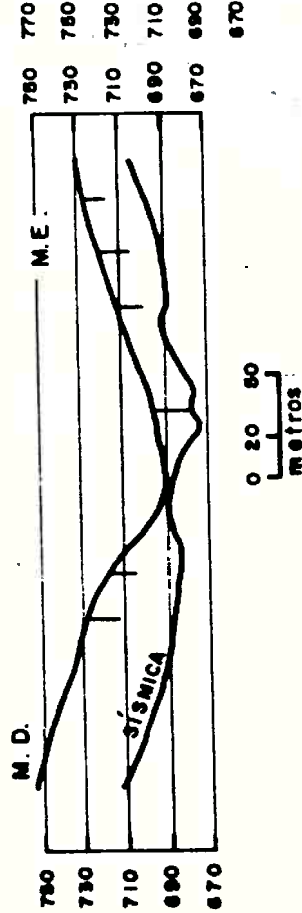


Figura 63 - Seções Ribeirão Grande 2 e Ribeirão Grande 4

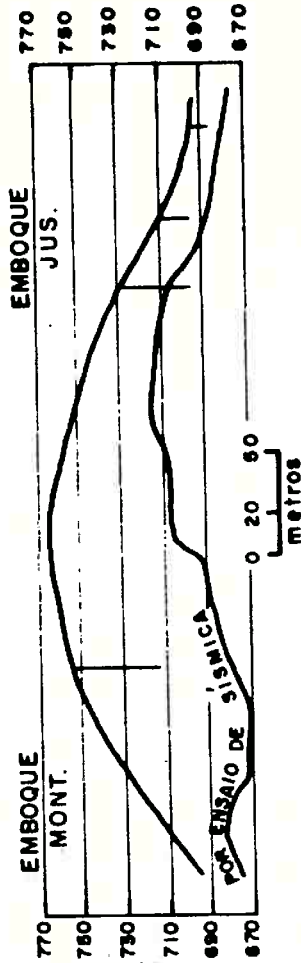
RIB. GRANDE - 6 - EIXO BARRAGEM



RIO JUQUIÁ - 1 - EIXO BARRAGEM



RIO JUQUIÁ - 1 - TÚNEL DESVIO MARGEM DIREITA



RIO JUQUIÁ - 1 - TÚNEL DESVIO 2ª ALTERNATIVA EMBOQUE JUSANTE

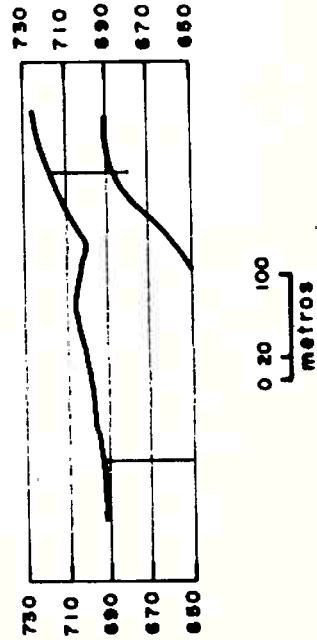


Figura 64 - Seções Ribeirão Grande 6 e Rio Juquiá 1

Este aspecto sugere que devem ocorrer acentuadas irregularidades na conformação do topo rochoso são, devido ao avanço do intemperismo ao longo das estruturas geológicas que drenam águas de subsolo para as escarpas das mencionadas Serras. Esse avanço deve ser muito mais evoluído ao longo das estruturas que drenam para as escarpas da Serra de Paranapiacaba, porque elas interceptam subperpendicularmente grande número das estruturas regionais pré-cambrianas de direção este-nordeste.

4.2.4.1. Ribeirão Cachoeira 2

No sítio estudado, o Ribeirão Cachoeira drena a Superfície do Alto Tietê na região do divisor de águas das bacias dos rios Juquiá e Pinheiros, onde os altos de seus morros situam-se em torno da cota 820 e o leito do ribeirão na cota 730, perfazendo um desnível de 90m, correspondente ao entalhe erosivo local (Fig.56).

De suas nascentes até 2 quilômetros a jusante do eixo, o ribeirão Cachoeira encontra-se em regime erosivo, ao longo de um vale fechado, bastante recortado, predominantemente simétrico, alinhado na direção Norte 45 graus Oeste.

As seções geológicas pelo eixo da barragem e galeria de desvio mostram o topo do maciço rochoso constituindo um platô em torno das cotas 730-720. A seção pelo eixo do vertedouro mostra um caimento do topo, do patamar das cotas 730-720 no eixo da barragem, para a cota 710 à jusante (Fig. 62).

A seção pelo eixo do dique mostra uma tendência à formação de patamar na margem esquerda, em torno da cota 730, para, na margem oposta, apresentar um expressivo degrau na cota 710. A jusante do dique, as seções mostram um caimento do topo para a cota 690 m.

Poder-se-ia, então, dizer que o relevo local com seus altos em torno da cota 820, apresenta o topo rochoso nivelado entre as

cotas 730-720 com irregularidades devido ao avanço do intemperismo por estruturas geológicas que se estendem até as cotas 710-690 m.

4.2.4.2. Ribeirão Grande 2

No local estudado, o ribeirão Grande drena a Superfície do Alto Tietê, onde os morros apresentam seus altos em torno da cota 780 m. Apresenta planície aluvionar em torno da cota 690, perfazendo um desnível de 90m, correspondente ao entalhe erosivo local (Fig.57).

Nesse trecho, o ribeirão está alinhado na direção este-nordeste, apresentando um vale fechado e simétrico.

As seções geológicas pelo eixo da barragem e sistema elevatório mostram, para o relevo com seus altos em torno da cota 780, o topo rochoso são nivelado em torno das cotas 680-670.m (Fig. 63).

4.2.4.3. Ribeirão Grande 4

Nesse local, o ribeirão atravessa uma porção da Superfície do Alto Tietê, onde os altos dos morros situam-se em torno da cota 750 m e a restrita planície aluvionar em torno da cota 690, perfazendo um desnível de 60m, correspondente ao entalhe erosivo local (Fig. 58).

Nesse trecho, o ribeirão está alinhado aproximadamente na direção noroeste, apresentando um vale semi-aberto e simétrico, apenas localmente assimétrico, onde a encosta de alta declividade situa-se na margem direita, ou bloco nordeste.

A seção geológica pelo eixo da barragem mostra também uma leve concordância na forma assimétrica do topo da rocha sã, ou seja, ele tende a mais alto na margem direita. Porém, o topo parece constituir um platô entre as cotas 680-670 m (Fig. 63).

4.2.4.4. Ribeirão Grande 3

Nesse local, o ribeirão atravessa uma porção de relevo semelhante ao do GD-4, ou seja, com o alto dos morros em torno da cota 760 e a restrita planície aluvionar na cota 680, perfazendo um desnível de 80m, correspondentes ao entalhe erosivo local.

O ribeirão nesse trecho está alinhado aproximadamente na direção este-nordeste, apresentando um vale fechado e simétrico.

As seções geológicas pelos eixos da barragem, vertedouro e galeria de drenagem, mostram, para o relevo com seus altos em torno da cota 760 o topo rochoso são nivelado entre as cotas 650-640.m.

4.3.4.5. Ribeirão Grande 6

No local estudado, o ribeirão Grande atravessa uma porção do relevo da Superfície do Alto Tietê, onde os altos dos morros situam-se em torno da cota 780 e o leito do rio, que neste trecho encontra o seu nível de base, situa-se em torno da cota 670, perfazendo um desnível de 110m, correspondente ao entalhe erosivo local.

Nesse trecho, o ribeirão está alinhado na direção norte-noroeste, apresentando um vale muito fechado, que pode ser considerado simétrico (Fig. 60).

A seção geológica pelo eixo da barragem mostra que o topo da rocha tende a constituir um patamar em torno das cotas 680-670.

4.2.4.6. Rio Juquiá 1

No local estudado, o rio Juquiá encontra o seu nível de base e, a partir daí, passa a descer o grande degrau representado pelas

encostas da Serra de Paranapiacaba. Os altos de morros locais situam-se em torno da cota 780 e o leito do rio na cota 690, perfazendo um desnível de 90m, correspondente ao entalhe erosivo local (Fig. 61)

Nesse trecho, o rio Juquiá está alinhado na direção noroeste, apresentando um vale muito fechado que pode ser considerado simétrico.

As seções geológicas pelo eixo da barragem, túnel na margem direita e pelo desemboque de uma outra alternativa do mesmo túnel, 300m a jusante do eixo da barragem, mostram grandes irregularidades na conformação do topo rochoso são, possivelmente devido a influência de percolação por estruturas condicionadoras de fluxo subterrâneo, típicas de zonas próximas de grandes desníveis ou de zonas de transição de relevo. Poder-se-ia dizer que, no local do eixo JR-1, o topo do maciço rochoso deve ter constituído um patamar entre as cotas 700-690, tendo depois sido intemperizado a profundidades maiores, que possivelmente atingem a cota 640 m (Fig. 64).

4.3. Perfis de Áreas Consideradas de Transição de Relevo

Para o estudo dos perfis representativos de áreas consideradas de transição entre compartimentos geomorfológicos, foram selecionados locais com duas situações típicas de relevo, quais sejam:

- . no alto das bordas da Serra do Mar, ainda em terrenos da área de domínio da antiga Superfície do Alto Tietê; e
- . no trecho do Rio Pardo, compreendido entre os Municípios de Caconde e São José do Rio Pardo, onde o rio desce pelo degrau constituído entre a Zona do Planalto do Alto Rio Grande e a Província da Depressão Periférica.

Nas áreas de relevos considerados de transição, é de se esperar, pelos mesmos motivos expostos para a bacia do rio Juquiá, que haja uma maior influência de estruturas geológicas condicionando a conformação do topo rochoso são.

Da mesma forma como acontece ao longo das zonas de relevo de transição, onde as estruturas e diferentes litologias dos maciços atuam como fatores condicionantes da evolução do traçado dos fluxos d'água de superfície, as estruturas podem atuar como fator preponderante no condicionamento da percolação d'água em subsuperfície, sem que o sentido de ambos os fluxos sejam concordantes.

O intemperismo que estes fluxos subterrâneos propiciaram e os já referidos desnivelamentos e basculamentos de pequenos blocos devem ter sido os maiores responsáveis por certas irregularidades observadas na conformação do topo rochoso são, tanto e mais acentuadamente nas zonas de transição, como no interior dos compartimentos geomorfológicos.

4.3.1. Rios da Vertente Atlântica na Área de Domínio da Superfície do Alto Tietê

A seqüência dos locais estudados, bem como a indicação das figuras onde foram apresentadas as respectivas locações e seções geológicas, são citadas a seguir:

<u>Locais estudados</u>	<u>Plantas de Locação</u>	<u>Seções Geológicas</u>
Rios Capivari e Monos	Fig. 65	Fig. 69
Rio Itatinga	Fig. 66	Fig. 70
Rio Itapanhau	Fig. 67	Fig. 70
Rio S. Lourencinho 3		
Usina Reversível 1	Fig. 68	Fig. 70 e 71

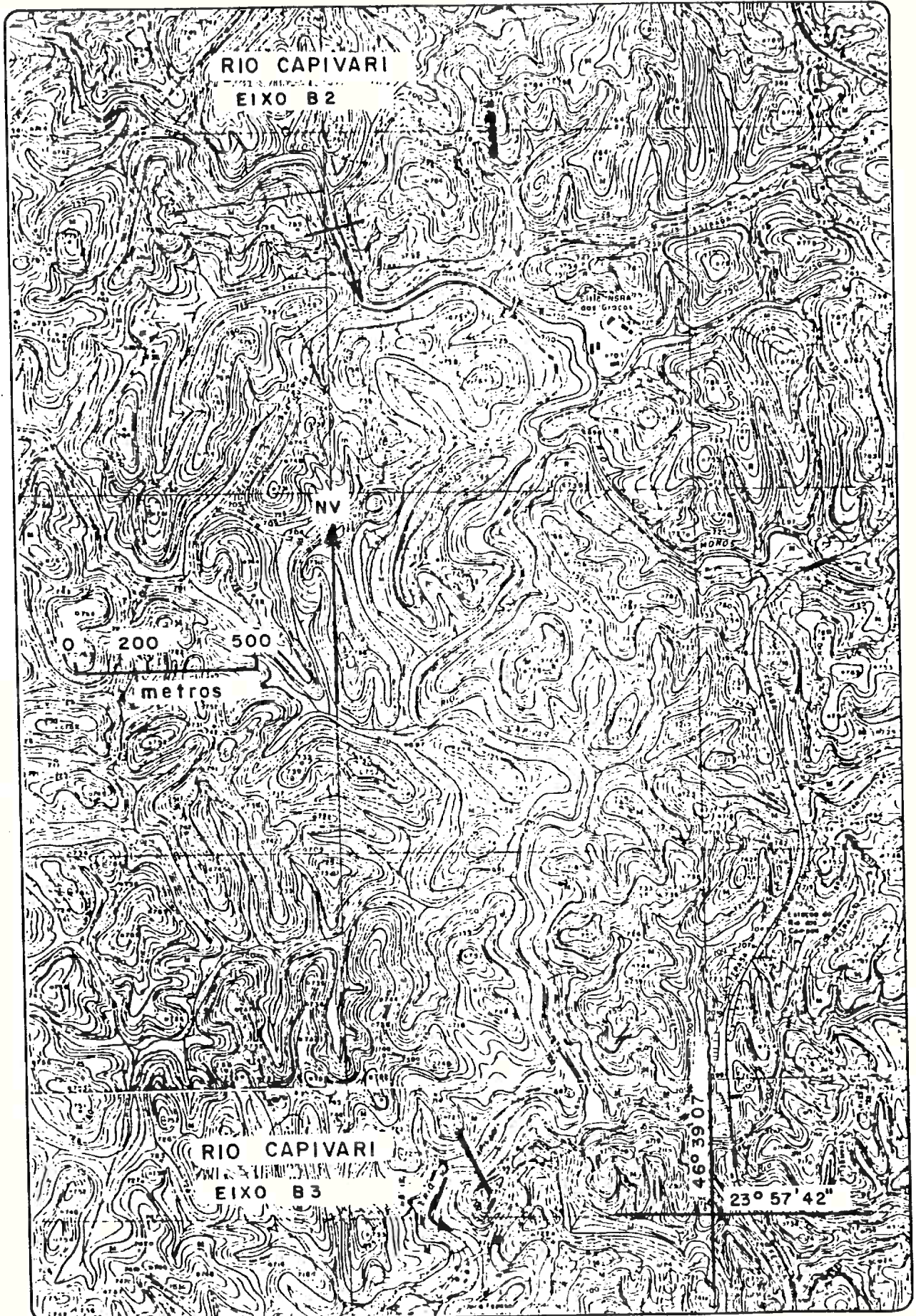


Figura 65 - Localização das Seções Rio Capivari, Eixos B-2 e B-3

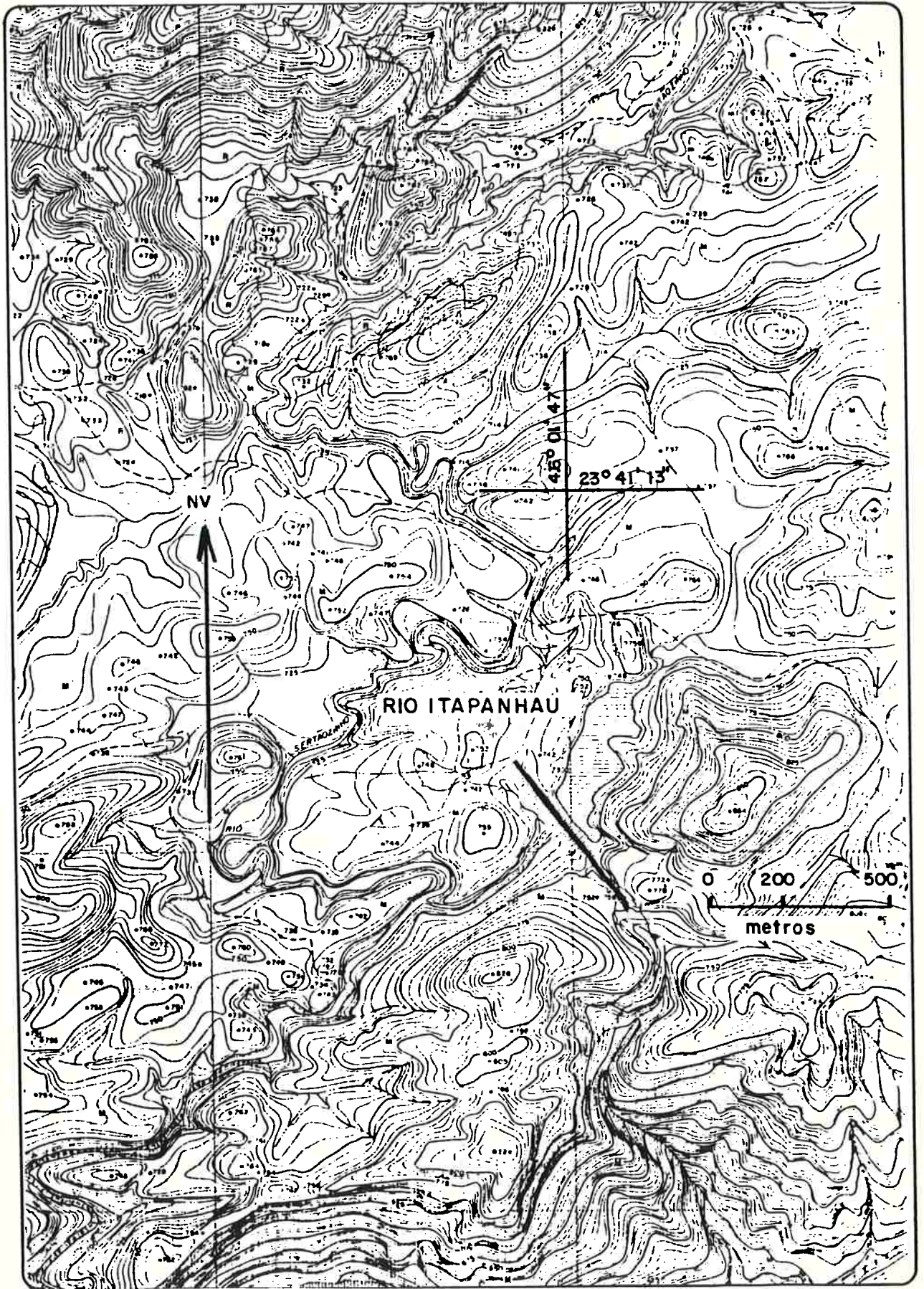


Figura 67 - Localização da Seção Rio Itapanhau

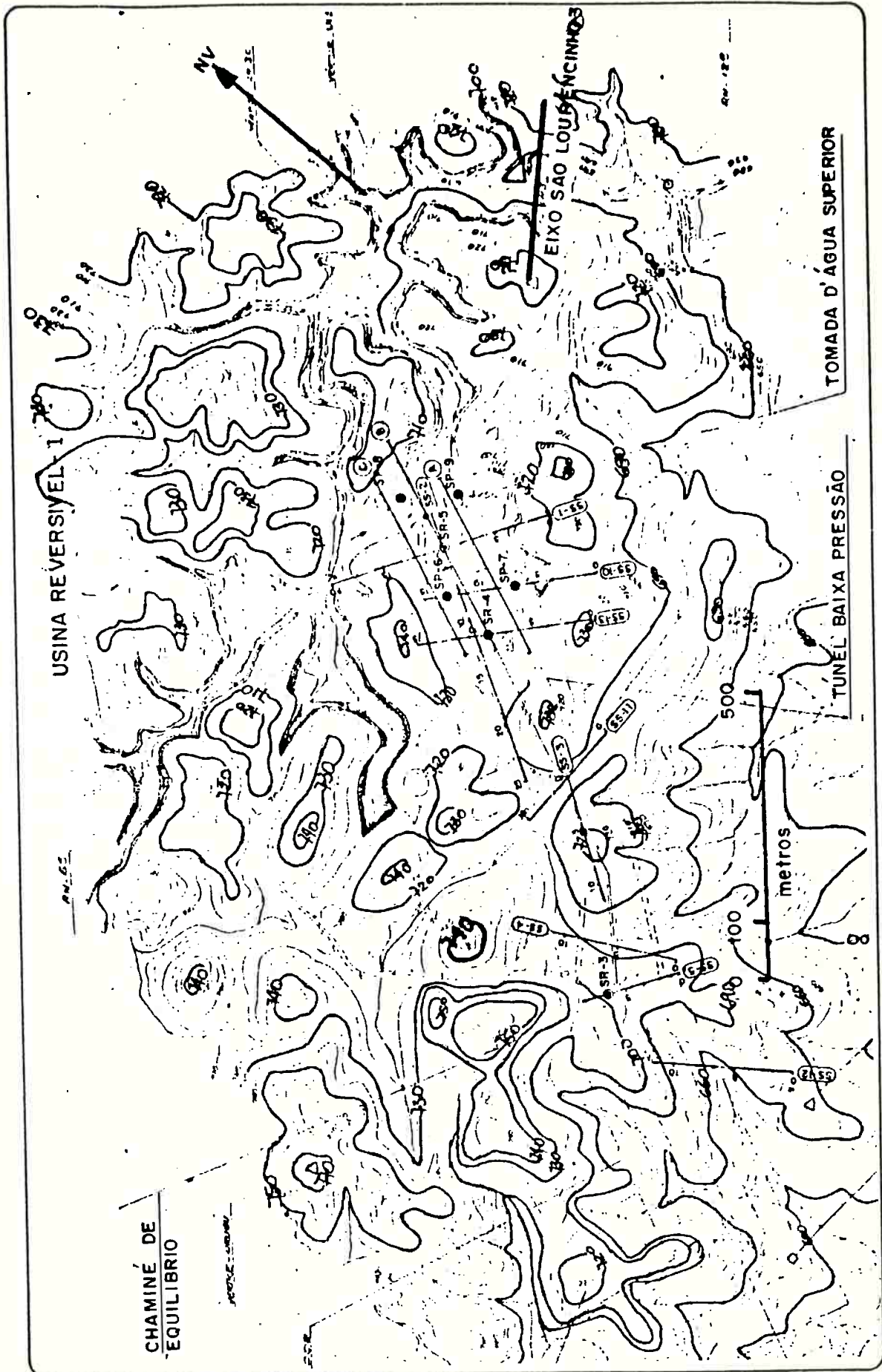
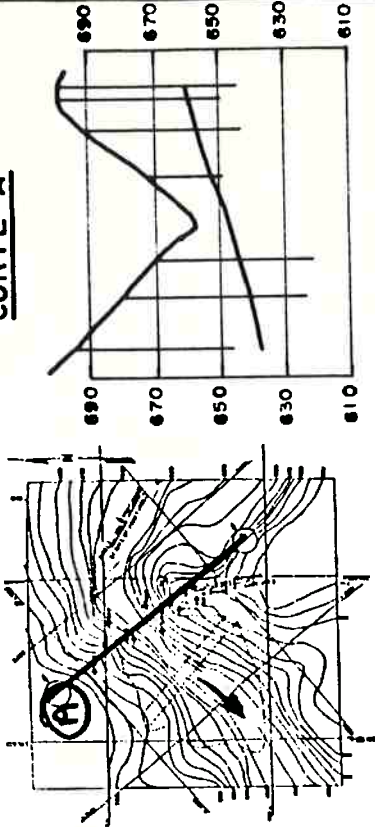


Figura 68 - Localização da Seção Rio São Lourenço e Usina Reversível 1

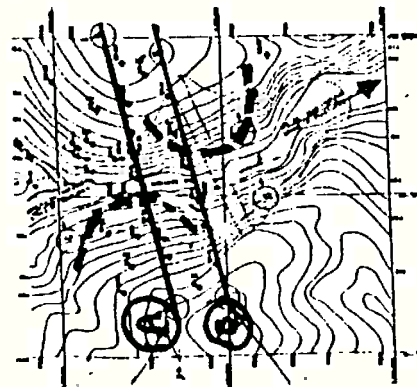
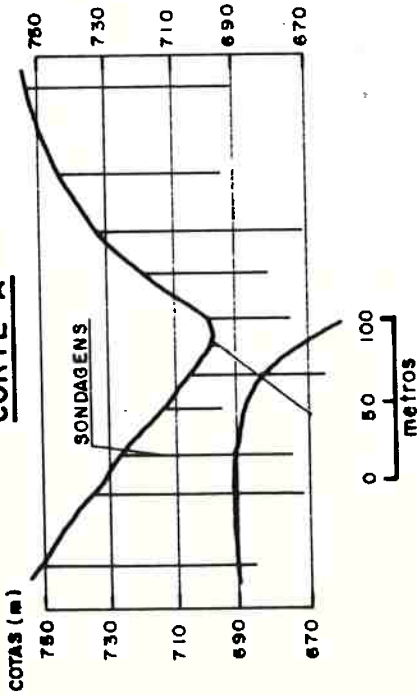
RIO CAPIVARI - EIXO B-3

CORTE A



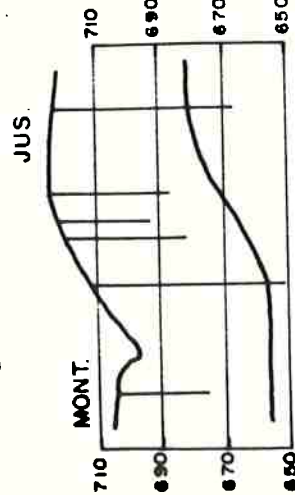
RIO CAPIVARI - EIXO B-2

CORTE A



RIO MONOS - EIXO BARRAGEM

MARGEM ESQUERDA



CORTE B

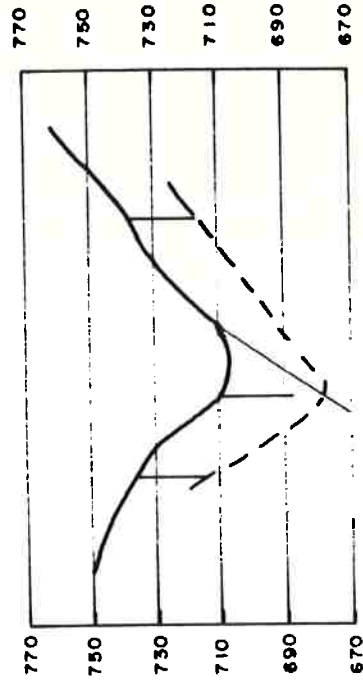
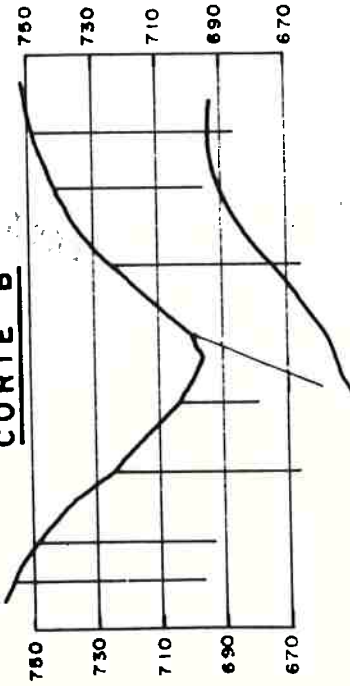
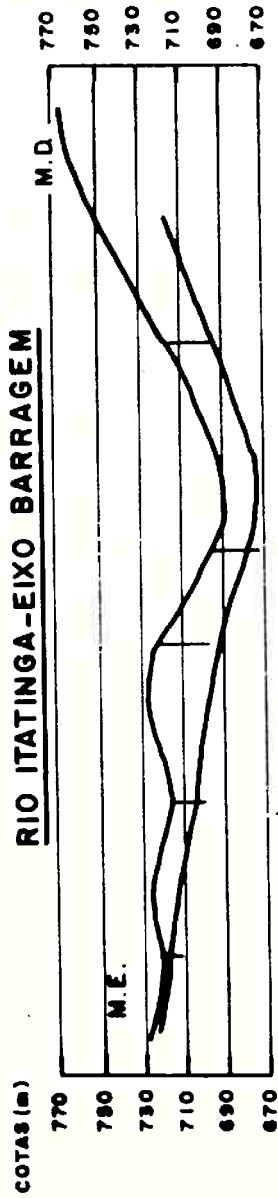
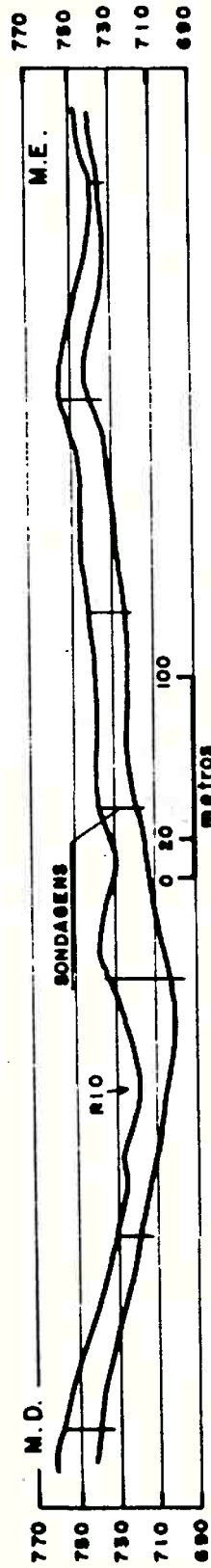


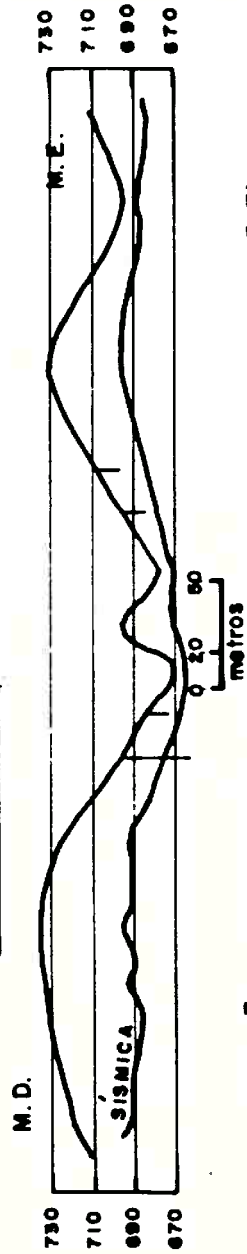
Figura 69 - Seções Rio Capivari, Eixos B-2 e B-3 e Rio Monos



RIO ITAPANHAU - EIXO BARRAGEM



RIO SÃO LOURECINHO - 3-EIXO BARRAGEM



RIO SÃO LOURECINHO - GALERIA DESVIO - MARGEM DIREITA

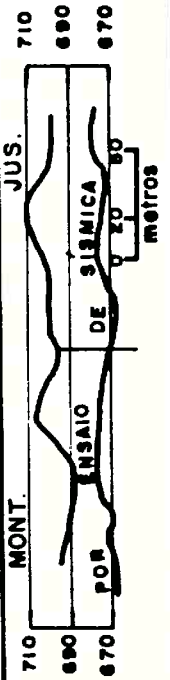


Figura 70 - Seções Rios Itatinga, Itapanhau e São Lourecinho 3

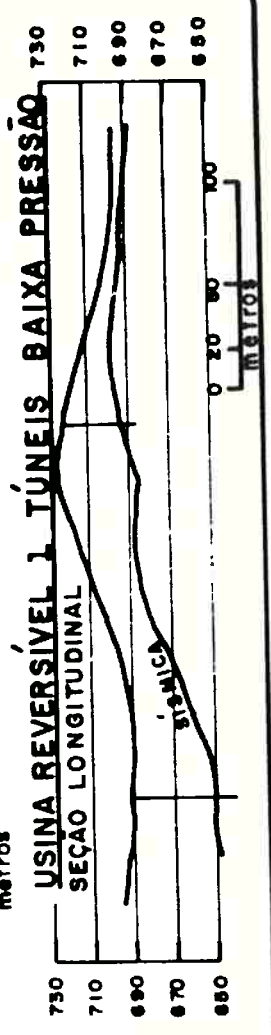
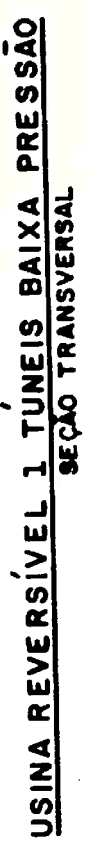
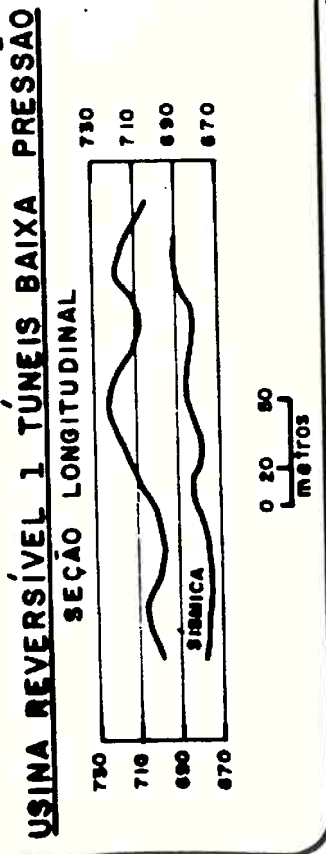
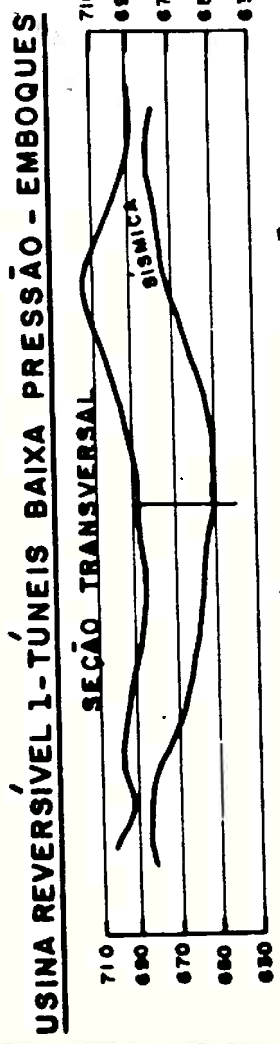
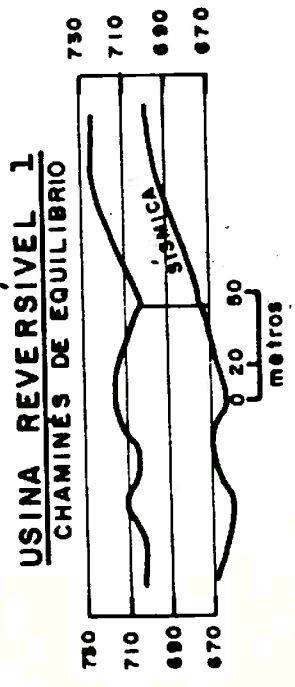
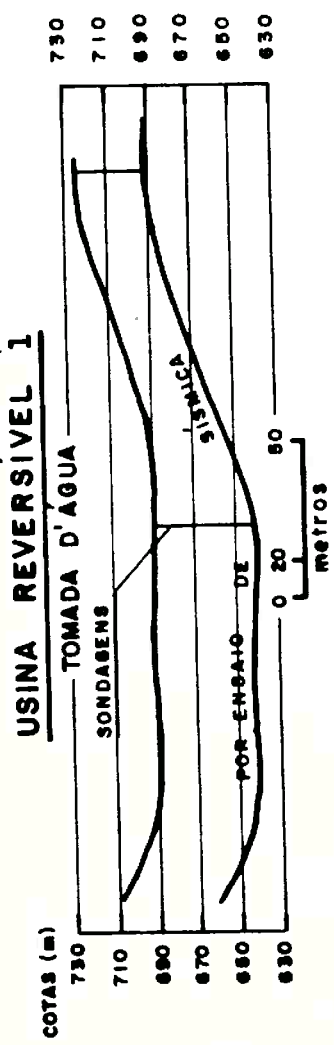


Figura 71 - Seções Usina Reversível 1

4.3.1.1. Rios Capivari e Monos

Nos locais estudados, os rios Capivari e Monos drenam para o oceano as águas de uma porção da área de domínio da Superfície do Alto Tietê, onde o alto de seus morros situa-se em torno da cota 760 m. Os leitos dos rios nos três pontos estudados situam-se nas cotas 705 m (rio Monos) e cotas 695 e 660 m (eixos B-2 e B-3 do rio Capivari). O entalhe erosivo local atinge aproximadamente 90m de profundidade. O local estudado no rio Monos não pode ser bem identificado porém, parece que deve estar situado logo a montante da ponte ferroviária existente perto de sua foz no rio Capivari.

De suas nascentes até verter pelas escarpas da Serra do Mar, os rios Capivari e Monos encontram-se em regime erosivo, ao longo de vales fechados, com trechos alinhados em várias direções.

Sobre a seção geológica do rio Monos, não foi possível certificar que a posição indicada do topo corresponda mesmo a rocha sã. Contudo, pôde-se verificar que suas características de contorno são sensivelmente diferentes das demais seções do rio Capivari, que, por sua vez, são sensivelmente diferentes entre si.

No local do eixo B-2, foram elaboradas duas seções, conforme mostram os cortes A e B. É interessante notar que ambas as seções, apesar de estarem distantes uma da outra de apenas 40 metros, apresentam perfís totalmente distintos. A seção A mostra o topo rochoso da margem direita (cota 690 m) mergulhando em direção a margem esquerda, para baixo da cota 650. A seção B, 40m a jusante, mostra exatamente o inverso, ou seja, o topo da margem esquerda, em torno da cota 690, mergulhando para baixo da cota 650 na margem direita. Outro aspecto interessante a notar é que estas contrastantes diferenças de subsuperfície não se refletem absolutamente nada no modelo das margens (Fig. 69).

No eixo B-3, a 3 km a jusante do eixo B-2, o topo da rocha

apresenta-se como um plano mergulhando da cota 660, na margem esquerda para a cota 640, na direita (Fig. 69).

4.3.1.2 - Rios Itatinga e Itapanhau

Nos locais estudados, ambos os rios drenam para o oceano as águas de duas porções da Superfície do Alto Tietê, onde o alto dos morros situa-se em torno da cota 820, enquanto nas proximidades existem vários altos acima da cota 900 m, correspondentes a testemunhos erosivos atribuídos à Superfície do Japi.

Os rios encontram-se em regime erosivo ao longo de vales fechados, levemente assimétricos. O rio Itatinga alinha-se na direção norte-noroeste, transversalmente à direção geral das estruturas pré-çambrianas, enquanto o Itapanhau alinha-se concordantemente (Figuras 66 e 67).

As seções geológicas pelos eixos mostram também uma ligeira concordância na forma assimétrica do topo da rocha sã, ou seja, mais inclinado nas encostas de maior declividade, sem manifestarem, ao contrário das seções dos rios Capivari e Monos, qualquer influência das estruturas do maciço (Fig. 70).

4.3.1.3. Rio São Lourencinho 3 e Usina Reversível 1

O local estudado para a implantação das obras denominadas barragem de São Lourencinho 3 e complexo superior da Usina Reversível UR-1, abrange uma porção da área de domínio da Superfície do Alto Tietê situada próxima da inflexão da Serra do Mar para a Serra de Paranapiacaba. Nesta área, os altos dos morros situam-se em torno da cota 740, enquanto que o leito do rio São Lourencinho atinge a cota 670, perfazendo um desnível de 70m, correspondente a profundidade máxima do entalhe erosivo local.

As várias seções geológicas traçadas mostram que o topo do maciço rochoso não deve ter constituído um patamar na cota 690, como ilustram as seções das porções mais altas do relevo local, tendo depois sido intemperizado a profundidades maiores, que atingem a cota 640 na baixada onde se projetou assentar as obras da tomada d'água (Figuras 68, 70 e 71).

4.3.2. Rio Pardo

A seqüência dos locais estudados, bem como a indicação das figuras onde foram apresentadas as respectivas locações e seções geológicas, são citadas a seguir:

<u>Locais estudados</u>	<u>Plantas de Locação</u>	<u>Seções Geológicas</u>
Eixo Carrapatos	Fig. 72	Fig. 75
Eixo Barreiro	Fig. 73	Fig. 75
Eixo São José	Fig. 74	Fig. 75

Com as seções geológicas ao longo desse trecho do rio Pardo, procurou-se mostrar feições muito comuns em relevos de transição entre compartimentos geomorfológicos, quais sejam, assimetrias do formato do topo rochoso são, concordantes com assimetrias de vales. Essas feições foram encontradas também em vários outros rios, que atravessam degraus semelhantes, como no Mogi-Guaçu, Paraibuna, Paraitinga e outros.

Ao longo desse trecho, o rio Pardo vence um discreto desnível de 50m, entre as cotas 730-680, do grande degrau entre as unidades geomorfológicas representadas pelos altos remanescentes da Japi, entre as cotas 1300-1000 e a Zona da Serrania de Lindóia, com seus altos entre as cotas 950-850 m.

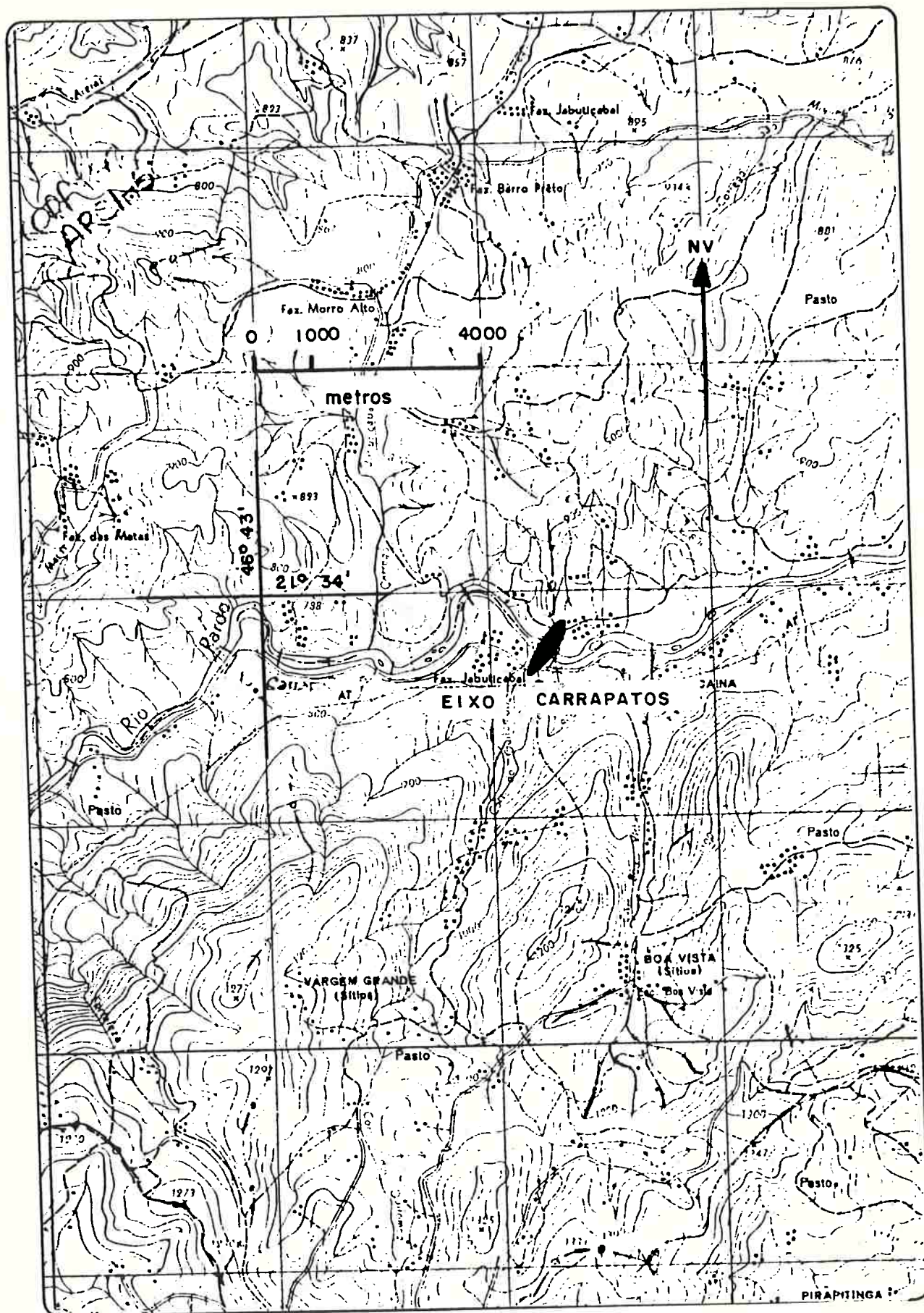
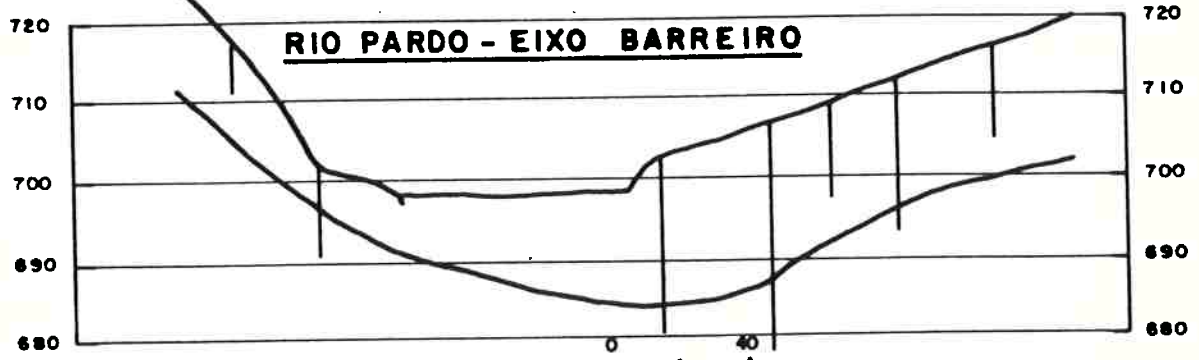


Figura 72 - Localização do Eixo Carrapatos, Rio Pardo

COTAS (m)

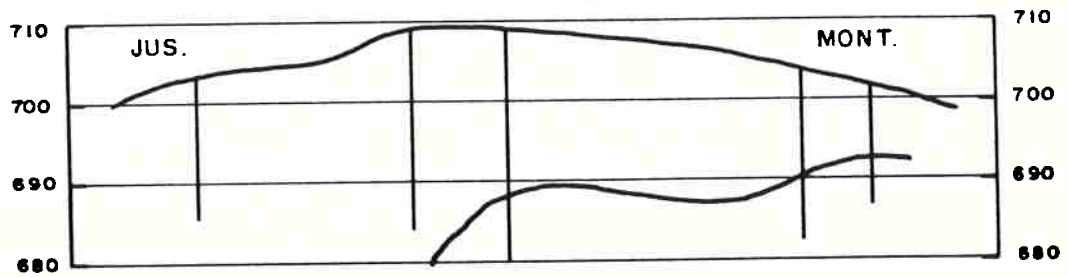


0 40
metros

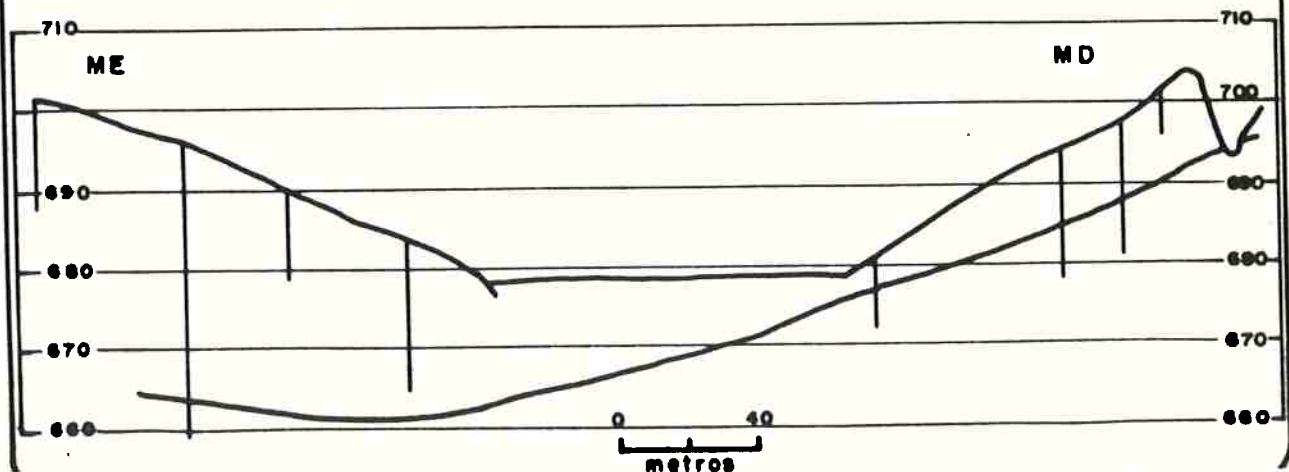


0 40
metros

**RIO PARDO-EIXO BARREIRO
MARGEM DIREITA VERTEDOURO**



RIO PARDO- EIXO SÃO JOSÉ



0 40
metros

Figura 75 - Seções Eixos Carrapatos, Barreiro e São José, Rio Pardo

4.3.2.1. Eixo Carrapatos

Nesse local, o relevo exibe uma das mais notáveis assimetrias de relevo, possivelmente atribuída ao tectonismo Cenozóico. O rio corre exatamente no limite entre os altos remanescentes da Japi e o relevo da Serrania de Lindóia. Na margem esquerda, as encostas exibem escarpas praticamente verticais em rocha granito-gnáissica, enquanto na direita, as encostas gradam suavemente da cota 730 para altitude máxima em torno da cota 1000 m (Fig. 72).

A seção topográfica restringiu-se apenas a poucos metros acima do nível do rio. Nessas condições, mostra uma forma simétrica de vale, não representando com fidelidade as características topográficas locais. O topo da rocha sã apresenta-se igualmente simétrico. Contudo, poder-se-ia dizer que neste local o rio teria erodido praticamente todo o horizonte constituído por solo e rocha alterada, estando hoje assentado sobre rocha sã (Fig. 75).

4.3.2.2. Eixo Barreiro

Nesse trecho, o rio Pardo corre em terrenos da área de domínio da Serrania de Lindóia, interceptando transversalmente a estruturação do maciço pré-Cambriano.

O vale do rio exibe uma destacada assimetria, onde a encosta de alta declividade situa-se na margem esquerda. A seção geológica mostra também uma destacada concordância na forma assimétrica do topo da rocha sã, ou seja, ela tende a estar bem mais alta na margem esquerda (Fig. 73).

A seção geológica situada pelo eixo do vertedouro, margem esquerda, mostra um destacado aprofundamento do topo da rocha sã, do eixo da barragem para jusante. Essa feição parece estar relacionada a interseção de estruturas do maciço, que teriam favorecido o avanço da intemperização naquele lugar (Fig. 75).

4.3.2.3. Eixo São José

Esse local está também inserido na área de domínio de relevo da Serrania de Lindóia, muito se assemelhando às características gerais do local do eixo Barreiro.

O vale do rio exhibe também uma destacada assimetria, onde a encosta de alta declividade está agora na margem direita. A seção geológica mostra uma notável concordância na forma assimétrica do topo da rocha sã, ou seja, ela tende a estar bem mais alta na margem direita (Figuras 74 e 75).

5. ANÁLISES CONCLUSIVAS

5.1. Contexto de Origem dos Perfis

Os estudos até aqui desenvolvidos sobre evolução cenozóica do pré-Cambriano paulista, indicam que a atual compartimentação geomorfológica do relevo pode ser considerada como muito antiga. Excetuando-se a Superfície do Japi, considerada do final do Paleozóico, as demais devem ter sido esculpidas ou retrabalhadas, como no caso das superfícies paleozóicas de Itapeva e Itaguá, no Paleógeno, entre 65 e 24 milhões de anos.

As superfícies então esculpidas podem ser consideradas como áreas que permaneceram na condição de relevo plano durante longo tempo. Nesta condição teriam propiciado a evolução profunda da intemperização que teria afetado, indistintamente, até uma certa profundidade, todos os tipos litológicos presentes. Assim, no início do Neógeno, há 24 milhões de anos, os terrenos das novas superfícies, assim como do relevo remanescente da Superfície do Japi e das respectivas zonas de transição, já se encontravam com uma certa espessura de manto intemperizado.

Desde aquela época até o presente, esses relevos vem se sujeitando a um ciclo erosivo de natureza poligênica, ou seja, com inúmeras alternâncias entre climas úmidos e semi-áridos (MELO & PONÇANO, 1983) e algumas pulsações tectônicas relativamente discretas, que deram origem a desnivelamentos e basculamentos de pequenos blocos, tanto no interior das superfícies como nas respectivas zonas de transição.

Assim sendo, é de esperar que essas pulsações tectônicas tenham também desnivelado e basculado o topo do maciço constituído de rocha sã.

Poder-se-ia esperar, também, que a essas assimetrias de relevo

originadas pelos pequenos movimentos tectônicos, estivessem associadas pequenas assimetrias do topo rochoso são, desde que as arestas rochosas são então formadas não tivessem ficado expostas ao intemperismo durante um tempo suficientemente longo para também serem alteradas.

No caso do Planalto Paulistano, as duas áreas de domínio geomorfológico, correspondentes a Superfície do Alto Tietê e das zonas consideradas de transição (Figura 28) podem também ser consideradas como áreas que propiciaram o desenvolvimento de espesso manto intemperizado e estiveram submetidas ao referido ciclo erosivo poligênico. Deste modo, os relevos mais acidentados, representados pelos remanescentes da Superfície do Japi e dos demais considerados de transição, foram submetidos a um entalhe erosivo mais intenso que a porção de relevo plano representado pela Superfície do Alto Tietê. Em consequência, nas vertentes dessas porções de relevos acidentados, inúmeras drenagens atingem e expõem o topo da rocha sã, enquanto que na Superfície do Alto Tietê praticamente não se conhece drenagem que atinja e exponha esse topo.

5.2. Características Gerais Identificadas

O estudo das seções geológicas anteriormente apresentadas, possibilitou a identificação das características básicas dos perfis de intemperismo, que podem ser consideradas típicas de duas áreas distintas do pré-Cambriano:

- a) perfis do interior dos compartimentos geomorfológicos, constituídos pelas antigas superfícies de aplainamento; e
- b) perfis de zonas de transição de relevo entre os compartimentos geomorfológicos.

5.2.1. Interior dos Antigos Aplainamentos

Para a verificação das características dos perfis típicos do interior de antigas superfícies de aplainamento foram estudadas várias seções geológicas existentes no interior da área de domínio da Superfície do Alto Tietê. A análise destas seções sugere a existência de três porções distintas do interior dessa Superfície:

- 1a. - Área correspondente às bacias dos rios Tietê-Pinheiros;
- 2a. - Área da bacia do rio Juquiá, tendo como divisor de águas o alinhamento estrutural Norte 60 graus Oeste, que condiciona o entalhe erosivo do rio dos Macacos; e
- 3a. - Área correspondente a uma faixa marginal aos altos das Serras do Mar e Paranapiacaba, com largura em torno de 3 km, sendo que essa faixa abriga os rios da Vertente Atlântica. Para a finalidade do presente estudo, o relevo dessa área foi considerado como de transição.

As características gerais observadas nas seções geológicas correspondentes às áreas das bacias dos rios Tietê-Pinheiros, Juquiá e Vertente Atlântica foram sumarizadas na Figura 76.

5.2.1.1 Bacias dos Rios Tietê-Pinheiros

A análise dos dados apresentados na Figura 76, sugere que as atuais formas do relevo e dos perfis de intemperismo nos locais estudados das referidas bacias obedeceram uma seqüência de eventos formadores, conforme ilustrado na Figura 77, quais sejam:

BACIA DOS RIOS TIETÊ - PINHEIROS

LOCAIS ESTUDADOS	FORMA DO VALE	ALTITUDES MÁXIMAS DO RELEVO LOCAL (cotas em m)	PLANÍCIE ALUVIONAR OU LEITO (cotas em m)	TOPO ROCHOSO SÃO (Cotas em m)		
				PARTE ALTA	PARTE BAIXA	IRREGULARIDADES
R. Paraitinga - III	assimétrico ⁽¹⁾	830	755	760 - 750	730	710
B. Ponte Nova	assimétrico ⁽¹⁾	860	747	760 - 750	730	690
R. Biritiba Mirim - II	simétrico ⁽²⁾	830	739	760 - 750	730	-
R. Jundiá - III	assimétrico ⁽¹⁾	830	742	760 - 750	720	710
Interlig. Biritiba-Jundiá	-	830	745	760 - 750	730	710
Rod. Trabalhadores	-	830	735	760 - 740	730 - 720	710
R. Embú-Guaçu - 3	simétrico ⁽³⁾	810	742	-	720	690
Rib. Santa Rita - 5	simétrico ⁽³⁾	810	744	-	730	710
Interligação CH2 - EG3	-	850	760	760 - 750	720	-
Interligação SR5 - EG3	-	850	770	770 - 750	-	-
R. Grande - I e II T. Imigrantes e Anchieta	simétrico ⁽³⁾	850	740	-	710 - 690	-

BACIA DO RIO JUQUIÁ

Rib. Cachoeira - 2	simétrico	820	730	-	730 - 720	710 - 690
Rib. Grande - 2	simétrico	780	690	-	680 - 670	-
Rib. Grande - 4	simétrico	750	690	-	680 - 670	-
Rib. Grande - 3	simétrico	760	680	-	650 - 640	-
Rib. Grande - 6	simétrico	780	670	-	680 - 670	-
R. Juquiá - 1	simétrico	780	690	-	700 - 690	640

RIOS DA VERTENTE ATLÂNTICA

LOCAIS ESTUDADOS	FORMA DO VALE	ALTITUDES MÁXIMAS DO RELEVO LOCAL (cotas em m)	PLANÍCIE ALUVIONAR OU LEITO (cotas em m)	TOPO ROCHOSO SÃO (cotas em m)		
				PARTE ALTA	PARTE BAIXA	IRREGULARIDADES
R. Capivari B - 2	Simétrico	760	695	-	690	650
R. Manos	Simétrico	760	705	-	-	-
R. Capivari B - 3	Simétrico	760	660	-	660	640
R. Itatinga	Assimétrico	820	690	720	700	-
R. Itapanhaú	Assimétrico	820	720	740	700	-
R. S. Lourencinho - 3 e V. Reversível - 1	Simétricos	740	670	-	690	640

- (1) Parte da assimetria é condicionada também por erosão diferencial em razão da presença de cobertura Terciária na margem esquerda.
- (2) O Vale do Biritiba em geral é simétrico, estando sua ombreira direita numa encosta de alta declividade em relação a um vale assimétrico de um afluente da margem direita, que deve ter condicionado a elevação do topo rochoso são nessa margem.
- (3) A assimetria local deve estar relacionada apenas a processos erosivos de cobertura Terciária presente ao longo dos vales dos rios, tendo então sido considerados simétricos.

Figura 76 - Características gerais dos locais estudados nas bacias dos rios Tietê-Pinheiros e Vertente Atlântica.

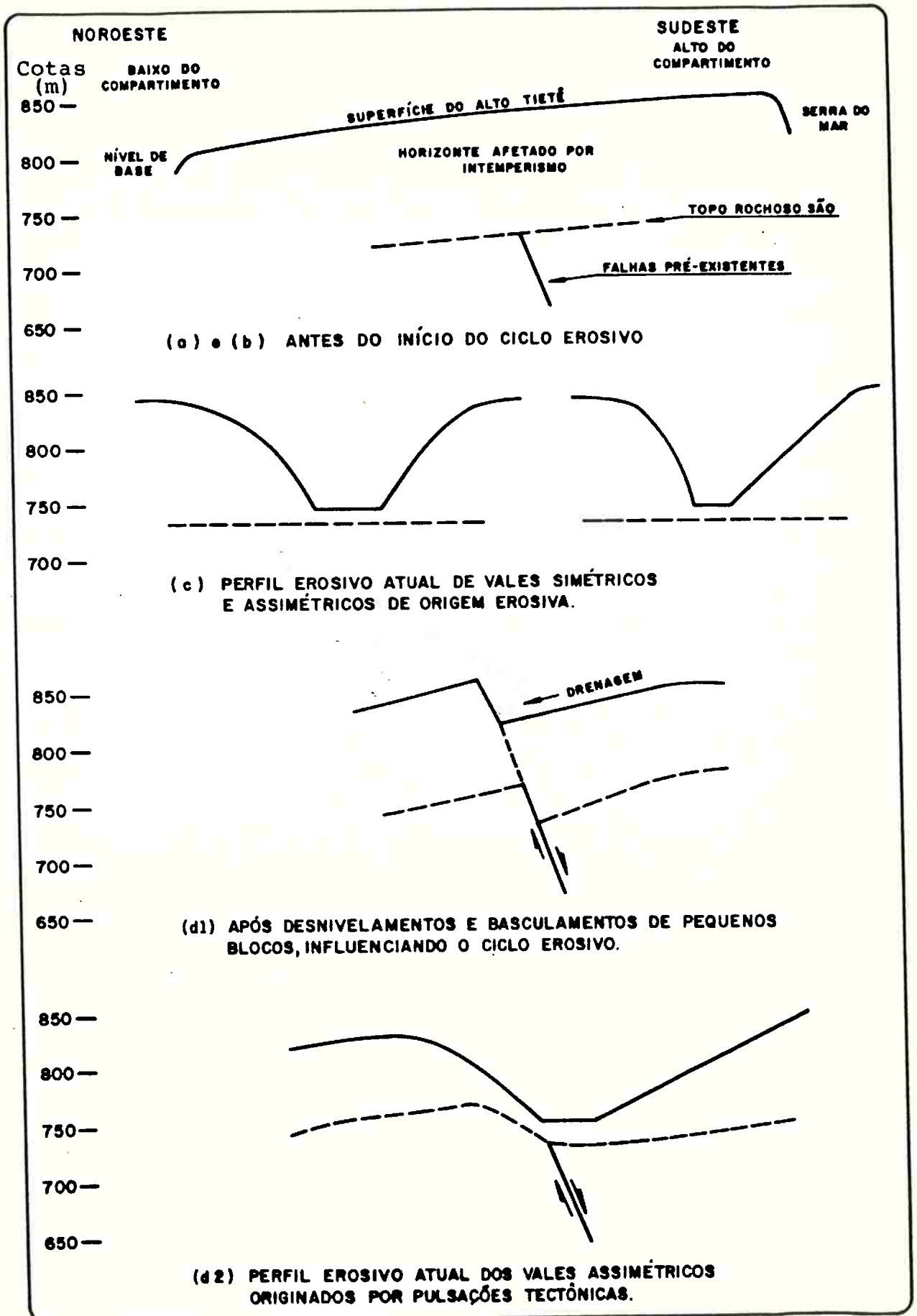


Figura 77 - Perfis esquemáticos representativos do interior da Superfície do Alto Tietê, na porção compreendida pelo alto das bacias dos rios Tietê-Pinheiros.

- a) antes de se iniciar o atual ciclo erosivo, presumivelmente no Mioceno Médio, a região da área de domínio da Superfície do Alto Tietê, compreendida pelas bacias dos rios Tietê-Pinheiros, encontrava-se nivelada entre as cotas 840-800, correspondendo, respectivamente, às porções alta e baixa desse compartimento;
- b) na condição aplainada, como deve ter permanecido desde o início do Eoceno até o Mioceno Médio, a Superfície do Alto Tietê possibilitou o desenvolvimento de um horizonte intemperizado, onde o topo rochoso não apresentava-se, aproximadamente, como um plano sub-horizontalizado, independentemente dos tipos litológicos presentes. Nas porções altas do antigo compartimento, de onde se conseguiu mais dados de subsuperfície, as informações sugerem que o plano constituído pelo topo rochoso deveria situar-se em torno da cota 730 m, perfazendo uma espessura de manto intemperizado em torno de uma centena de metros;
- c) nos vales simétricos, ou assimétricos de origem erosiva, onde se admite que não tenham havido desnivelamentos de pequenos blocos, o topo rochoso apresenta-se aproximadamente paralelo ao nivelamento da antiga Superfície do Alto Tietê, em torno da cota 730, como ilustram as seções pelos eixos Embu-Guaçu 3, Santa Rita 5 e Cachoeira 2;
- d) as últimas pulsações tectônicas do final do Terciário, a partir do Mioceno Médio, teriam desnivelado e basculado pequenos blocos no interior da antiga Superfície do Alto Tietê, afetando, conseqüentemente, a posição do topo

rochoso são. Essas pulsações também teriam sido as responsáveis pelas concordâncias hoje observadas entre formas assimétricas de vales e conformações igualmente assimétricas do topo rochoso são. Os desnivelamentos teriam, possivelmente, elevado o topo rochoso são das proximidades da cota 730, para as cotas 760-750, correspondendo a deslocamentos entre 20-30m. Essas feições, representativas da referidas assimetrias no interior da superfície, são ilustradas pelas seções geológicas denominadas Rio Paraitinga III, Barragem de Ponte Nova, Rio Biritiba II e Rio Jundiá III.

Nos locais estudados do rio Grande (Billings), de onde os dados disponíveis referem-se mais à margem direita, a rocha são é encontrada em torno das cotas 710-700, constituindo um platô, possivelmente afetado por irregularidades de conformação do topo rochoso.

Essas irregularidades parecem ser semelhantes às que ocorrem ao longo do eixo Embu-Guaçu 3. Possivelmente, estariam associadas às diferentes profundidades atingidas pelo intemperismo, devido a existência de zonas dos migmatitos mais suscetíveis à alteração, representadas por litologias predominantemente micáceas.

Outro fator condicionador dessas irregularidades de conformação do topo rochoso relaciona-se à presença de rocha fraturada nas bordas dos blocos rebaixados pelos desnivelamentos tectônicos, conforme ilustrado na Figura 78. O atrito na movimentação tende a abrir fissuras de tração no bloco rebaixado, que posteriormente, propiciaria o avanço da intemperização.

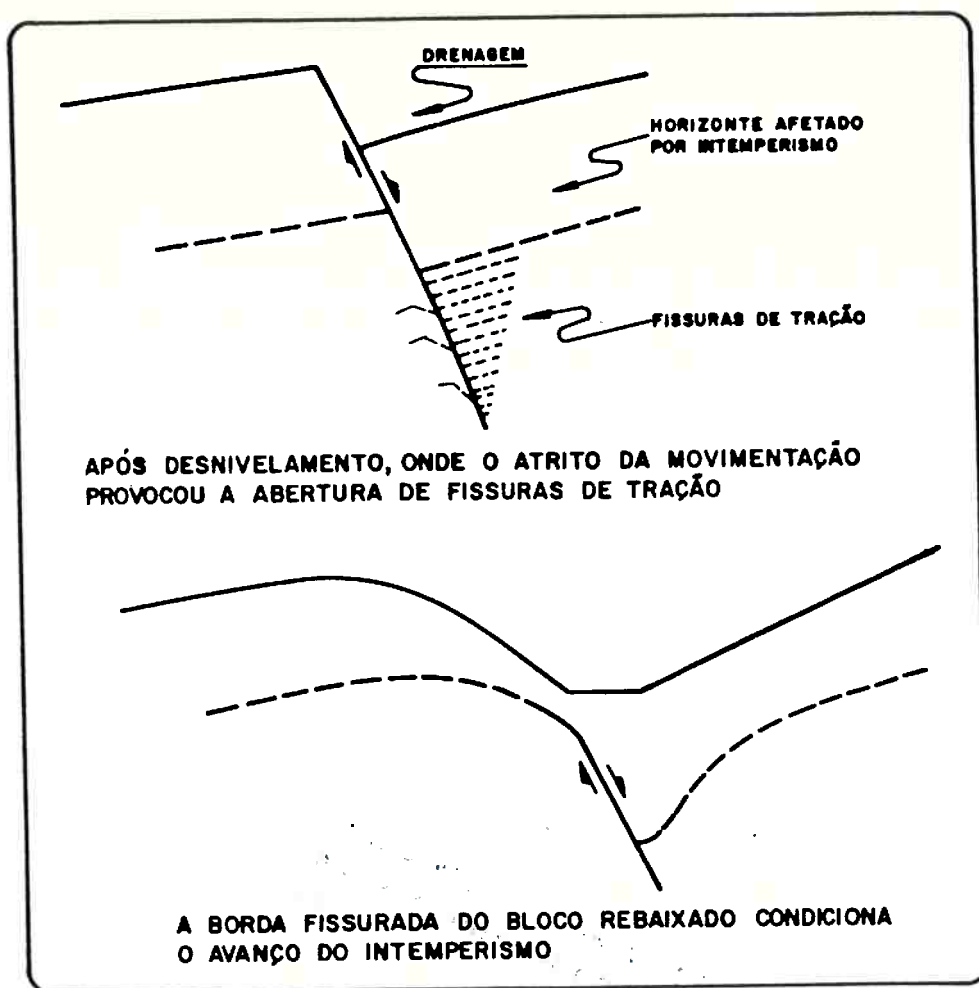


Figura 78 - Representação esquemática do fraturamento induzido por desnivelamentos tectônicos, condicionando o avanço diferenciado do intemperismo.

5.2.1.2. Bacia do Rio Juquiã

Os estudos sobre evolução geológico-geomorfológica da área de domínio da Superfície do Alto Tietê sugerem que a porção correspondente à área da bacia do rio Juquiã deve ter sofrido um leve basculamento para sudoeste, a partir do seu divisor de águas com a bacia do rio Pinheiros.

Os altos do relevo nesse divisor situam-se em torno da cota 850 e, nas proximidades da Serra de Paranapiacaba, as altitudes máximas situam-se em torno da cota 780, sendo muito comum, também, a ocorrência de várias áreas com altitudes máximas em torno das cotas 750-730. O desnível correspondente ao suposto basculamento

poderia situar-se entre 70 e pouco mais de 100 metros.

A análise dos dados obtidos indica que nessa porção da Superfície do Alto Tietê, tanto as atuais formas de relevo como a conformação dos perfis de intemperismo, devem ter obedecido à mesma seqüência de eventos formadores (Figuras 77 e 78), respeitando, porém, outras referências de cotas, conforme indicado na Figura 76.

Os pontos de máxima altitude do topo da rocha sugerem também haver uma certa declividade desse topo, de nordeste para sudoeste, concordante, pois, com o presumido sentido do basculamento dessa porção da Superfície. Nas proximidades do divisor, no local das seções do Ribeirão Cachoeira 2, o topo rochoso é encontrado entre as cotas 730-720 m para, nas proximidades da borda da Serra de Paranapiacaba, ser encontrado entre as cotas 680-670 nos eixos Ribeirão Grande 2, 4 e 6, ou em torno da cota 690 no sítio do eixo Rio São Lourencinho 3 - Usina Reversível 1.

São muito freqüentes também as ocorrências de irregularidades na conformação do topo rochoso, como as verificadas nos locais do Ribeirão Cachoeira 2 e Rio Juquiá 1, devido à proximidade destes locais em relação às escarpas das Serras do Mar e Paranapiacaba. Estas irregularidades estão associadas a percolação profunda, típica das proximidades de borda de serra ao longo de estruturas geológicas e zonas dos migmatitos constituídas por litologias mais suscetíveis à intemperização.

5.2.2. Zonas de Relevos Considerados de Transição

Para melhor se estudar as características gerais que ocorrem em subsuperfície nas zonas de relevos considerados de transição, foram selecionadas seções geológicas de duas porções típicas dessas zonas, quais sejam:

- . bordas do compartimento que constitui um grande degrau, representada pelas seções nos eixos dos rios da vertente atlântica; e
- . porção intermediária de um grande degrau, representada pelas seções em três eixos do rio Pardo.

5.2.2.1. Rios da Vertente Atlântica

A principal característica do topo rochoso nos locais estudados é, sem dúvida, a marcante influência do aprofundamento da intemperização, condicionada por estruturas geológicas e litológicas mais suscetíveis à alteração, bem como ilustram as seções pelo eixo B-2 no rio Capivari (Fig. 69).

Outro aspecto a destacar é que as porções altas do topo rochoso situam-se em cotas semelhantes às que ocorrem no interior da área de domínio da Superfície do Alto Tietê.

Nas proximidades dos locais estudados nos rios Itatinga e Itapanhaú, as altitudes máximas do relevo situam-se em torno da cota 820, enquanto os altos do topo rochoso tendem a situar-se acima das cotas 720 e 740. Tal fato parece assemelhar-se ao que ocorre nos locais estudados nas bacias dos rios Tietê-Pinheiros, com exceção dos locais estudados no rio Grande (Billings), onde o topo da rocha deve situar-se entre as cotas 710-690m.

Nas proximidades dos locais estudados nos rios Capivari e São Lourencinho - Usina Reversível 1, os altos do relevo situam-se entre as cotas 760-740, enquanto que os altos do topo rochoso situam-se em torno da cota 690, assemelhando-se com o que ocorre nos locais dos eixos Ribeirão Grande 2, 4 e 6 e Rio Juquiá 1.

5.2.2.2. Rio Pardo

As seções geológicas pelos eixos estudados no rio Pardo mostram uma característica marcante das zonas de relevo de transição, qual seja: nos trechos onde o rio apresenta um vale assimétrico, a conformação do topo rochoso apresenta-se igualmente assimétrica como ilustram as seções pelos eixos Barreiro e São José. A origem desses perfis poderia ser ilustrada pela representação esquemática da Figura 78.

Nos trechos onde o rio apresenta vale simétrico, o topo rochoso são tende a ser igualmente simétrico como ilustra a seção no eixo Carrapatos. Essa conformação também foi encontrada nos eixos das barragens de Euclides da Cunha e Armando de Salles Oliveira, no mesmo rio.

5.3. Perfis Típicos de Áreas do Pré-Cambriano Paulista

Para a indicação dos perfis típicos de áreas do pré-Cambriano paulista, é necessário distinguir duas unidades geomorfológicas básicas, conforme definido na Figura 79, compreendendo:

- . áreas de domínio das antigas superfícies de aplainamento ou compartimentos geomorfológicos; e
- . áreas de relevo de transição entre esses compartimentos.

5.3.1. Interior das Antigas Superfícies de Aplainamento

Os perfis típicos dessas áreas são ilustrados pelas Figuras 80-A e B. Apresentam como principal característica os altos do topo do maciço rochoso quase sempre em torno de uma mesma cota, sugerindo que deveriam ter constituído uma antiga superfície, aproximadamente paralela ao plano definido pelos altos dos morros locais.

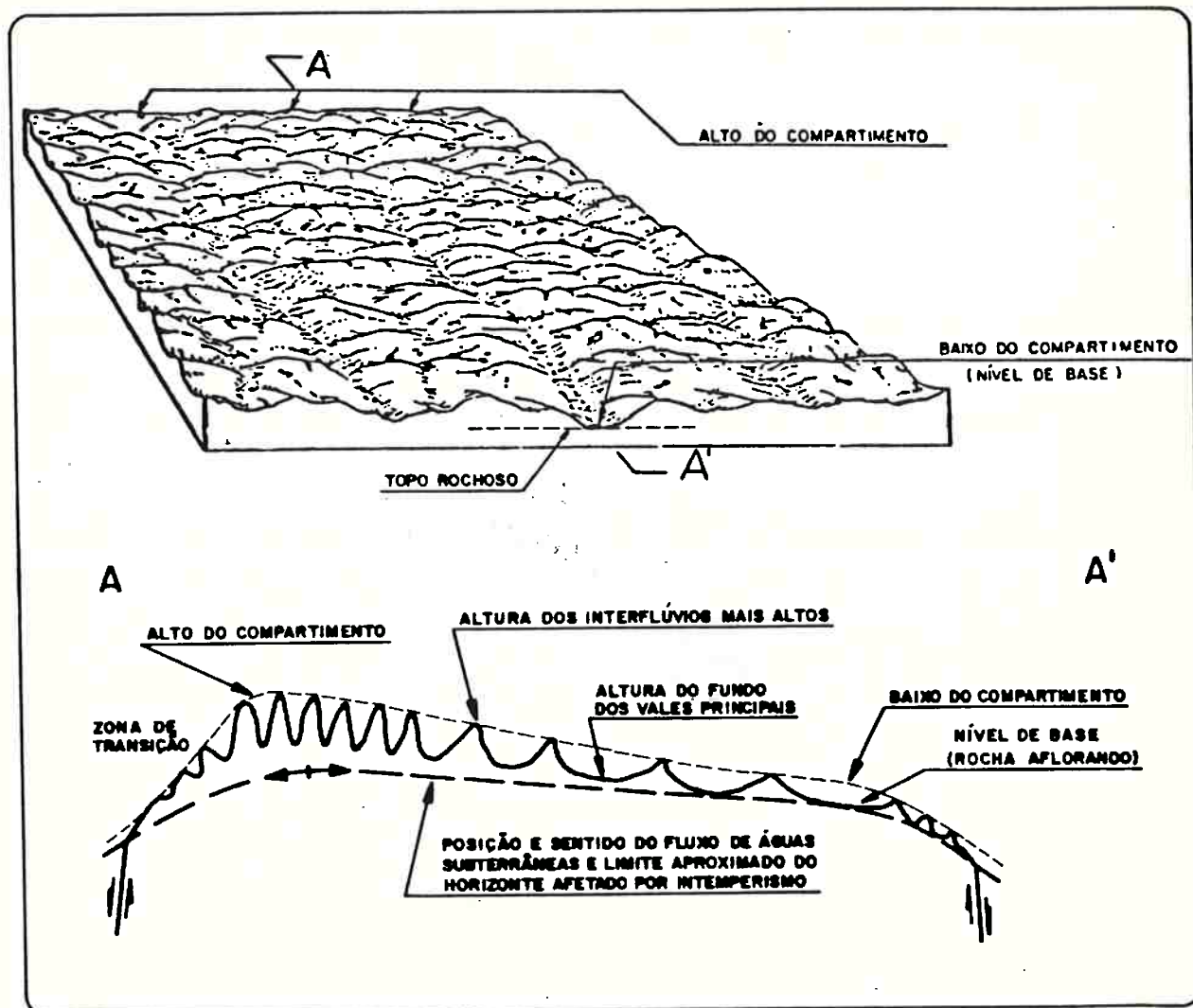


Figura 79 - Representação esquemática de um compartimento geomorfológico

No alto dos compartimentos, o entalhe das drenagens se aproxima do topo rochoso são, porém só vai tocá-lo nas proximidades do seu nível base.

Com isso, não se deve esperar encontrar esse topo nas margens dos vales e, nem tampouco, no interior dos morros. Apenas nas proximidades do nível de base é que o topo rochoso tende a situar-se pouco acima da cota do leito das drenagens.

As anomalias de conformação do topo devem ser esperadas nos locais de vales assimétricos, originadas por desnivelamentos e basculamentos de pequenos blocos, o que teria atingido igualmente o horizonte afetado por intemperismo e o topo rochoso são.

Outras irregularidades na atual superfície do topo devem também ser esperadas, em razão do aprofundamento diferenciado da intemperização ao longo de estruturas geológicas e de litologias mais suscetíveis à alteração.

5.3.2. Relevo das Áreas de Transição

Os perfis típicos do relevo das áreas de transição entre compartimentos geomorfológicos são apresentados na Figura 80-C.

Nesses perfis, a principal característica é que o contorno do topo rochoso tende a acompanhar a forma do relevo local, porém apresentando um manto afetado por intemperismo com espessuras e formas muito variáveis.

As anomalias mais marcantes de conformação do topo rochoso devem ocorrer associados às assimetrias de vales. Nas margens de alta declividade, deve-se esperar a rocha acima do leito das drenagens, podendo também aflorar no pé das encostas. Nas margens de baixa declividade, o topo da rocha deverá, em geral, situar-se significativamente abaixo do fundo dos vales.

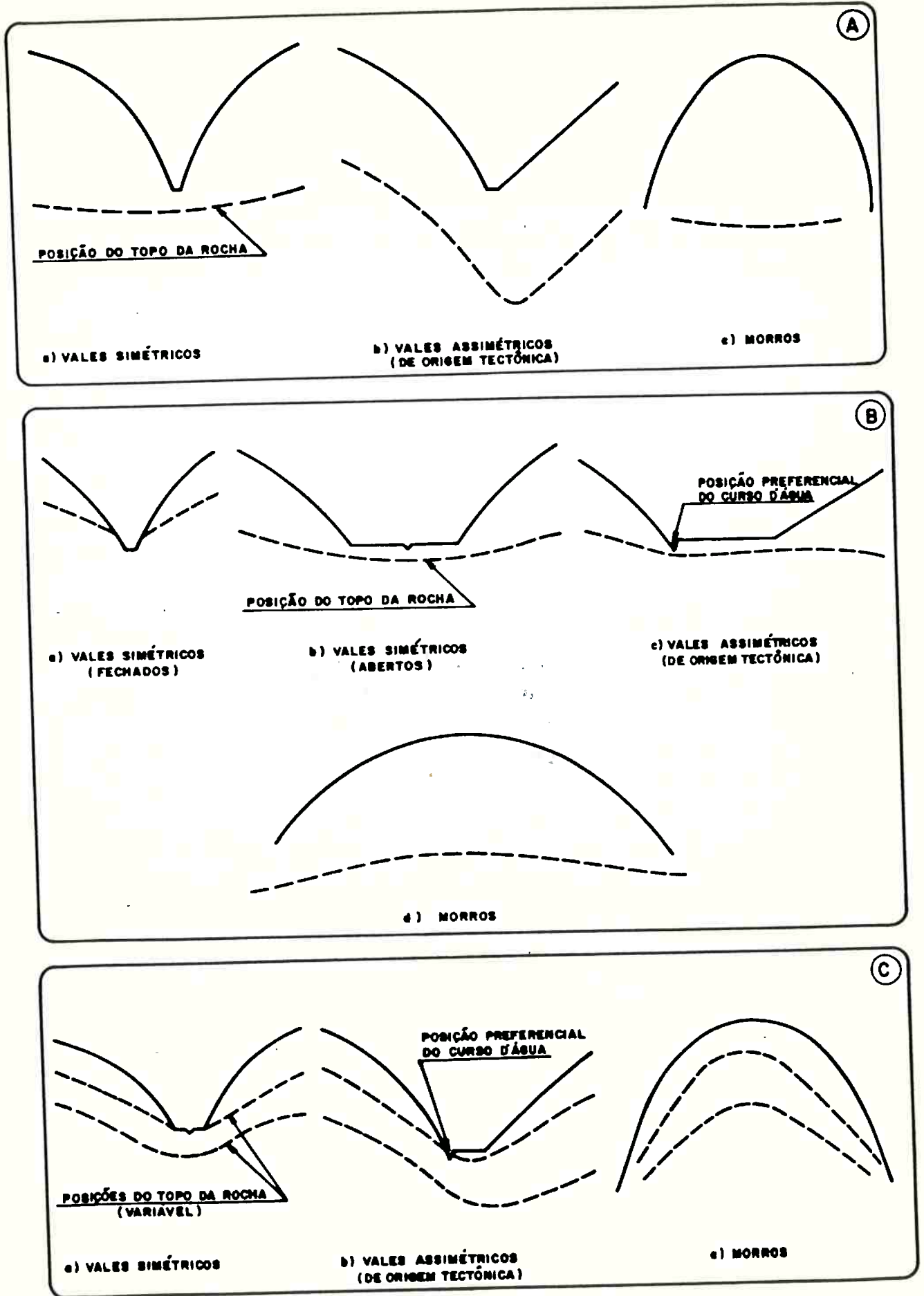


Figura 80 - Perfis típicos dos relevos de: A - região alta e B - região baixa dos compartimentos geomorfológicos; C - zonas de transição.

Deve-se esperar também a ocorrência de muitas irregularidades na conformação do topo rochoso. É nesses relevos que praticamente todos os fatores de natureza geológica interferem na evolução do intemperismo e, conseqüentemente, na modelagem da superfície desses topos.

5.4. Proposta de Roteiro para Identificação

O presente roteiro pode conduzir a identificação do perfil de intemperismo típico de um local desejado.

Consiste na realização de estudos de escritório e investigações de subsuperfície. Com os estudos de escritório deve-se chegar a idealização de um perfil válido para o local, enquanto que as investigações devem ser suficientes apenas para confirmarem a geometria do perfil então inferido.

5.4.1. Estudos de Escritório

5.4.1.1. Estudos Geológicos

Esses estudos devem conduzir a identificação das características geológicas locais, dando-se ênfase a definição do arcabouço lito-estrutural presente.

5.4.1.2. Análise de Cartas Topográficas e Fotografias Aéreas

A análise de plantas e fotos, preferencialmente daquelas nas escalas 1:250.000 a 1:10.000, constitui-se numa atividade básica para o estudo das relações existentes entre formas de relevo e perfis de intemperismo, do qual se pode obter:

- a) situação do local estudado, em relação a área de domínio de antigas superfícies de aplainamento, ou zonas de transição de relevo entre elas. Esta distinção pode ser feita a partir do estudo das cotas de ocorrência dos altos dos morros locais;
- b) formas de vales e profundidades dos entalhes erosivos, representado pela diferença de cotas entre o fundo dos vales e o alto dos morros locais. Quando no interior da área de antigas superfícies, esta profundidade fornece indícios da possível espessura atingida pelo manto intemperizado;
- c) alinhamentos topográficos referentes à direção de vales e espigões de morros, de onde se pode extrair valiosas informações sobre a origem desses alinhamentos. No interior das antigas superfícies podem estar relacionados os basculamentos da superfície como um todo, ou de pequenos blocos. Nas zonas de transição geralmente estão condicionados por resistências diferenciais das litologias e estruturas dos maciços; e
- d) Morfologia de encostas, que fornece indicações sobre: aspectos hidrogeológicos; processos erosivos atuantes como ravinamento, rastejo e escorregamentos; e formas de acumulação existentes, como planícies aluvionares, terraços e rampas de colúvio.

Entre outras observações, a interpretação das características exibidas pelo relevo permite identificar e localizar feições interessantes, tais como, diferentes litologias, estruturas

geológicas, afloramentos de rocha, locais de surgência d'água, declividade de encostas, processos erosivos atuantes e formas de acumulação existentes.

5.4.1.3. Integração Preliminar de Dados

Nessa fase de atividades de escritório, a integração preliminar das informações levantadas deve ser conduzida de modo que possibilite:

- a) Definir a localização do sítio de interesse em relação às áreas de domínio geomorfológico, como:
 - . no interior da antiga superfície, definir se o sítio está localizado no alto ou no baixo do compartimento;
 - . na zona de transição, definir se o local encontra-se nas bordas da superfície, ou em uma posição intermediária do degrau;
- b) identificar os alinhamentos topográficos referentes a vales e espigões;
- c) identificar as formas de vales;
- d) identificar a declividade geral da área de domínio da antiga superfície, indicando o alto do compartimento e o seu nível de base;
- e) Estimar, quando no interior da antiga superfície, a espessura do manto intemperizado, integrando-se informações referentes a profundidade do entalhe erosivo e dados de sondagens, ou de outras investigações eventualmente existentes;

- f) estimar, quando em zonas de relevo de transição, a espessura do manto nas encostas de vales simétricos e assimétricos, proximidade do topo da rocha no leito das drenagens e no pé das encostas de alta declividade;
- g) inferir outras características do topo rochoso, relacionadas a litologias, estruturas geológicas e declividade das encostas, conforme indicado na Figura 81.

5.4.2. Investigações de Subsuperfície

De uma forma geral, o melhor procedimento para a avaliação preliminar das características geológico-geotécnicas do relevo consiste na realização de ensaio geofísico (sísmica de refração) combinado com algumas sondagens mistas (percussão e rotativas). A proposição desse procedimento baseia-se no fato de que ele possibilita a confirmação da geometria do perfil inferido com os estudos de escritório e a obtenção preliminar de algumas características geológico-geotécnicas destes perfis, conforme indicado na Figura 82.

5.4.3. Considerações Finais

Sendo válidas as proposições apresentadas, a utilização desse conhecimento possibilitará a subdivisão da área pré-cambriana do Estado em áreas de domínios geomorfológicos distintos, compreendendo antigas superfícies de aplainamento e zonas de transição entre elas.

Possibilitará também, a definição dos perfis típicos com suas características gerais em cada uma dessas áreas, complementadas com informações geológico-geotécnicas existentes em nossos Órgãos

de Estado, Empresas Públicas e Privadas.

Assim, o desenvolvimento dessas atividades certamente conduzirá a uma adequada organização do acervo de informações geológico-geotécnicas hoje existentes.

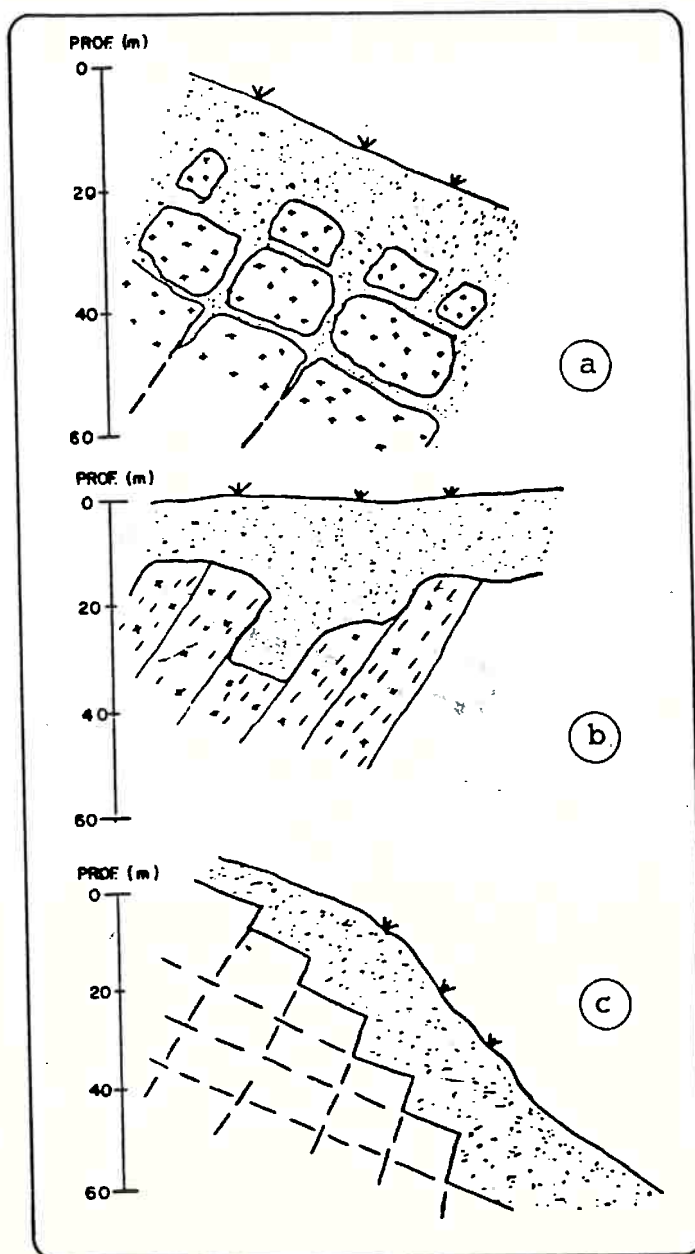


Figura 81 - Outras características do topo rochoso, relacionadas a litologias, estruturas geológicas e declividades de encostas. (a) matações, comuns em rochas graníticas; (b) bolsões, comuns em migmatitos bandados, onde os bolsões se formam ao longo das bandas de paleossoma (biotítico-anfibolíticos). Estes bolsões podem aparecer em outros tipos litológicos onde ocorram anomalias estruturais; (c) degraus comuns em encostas com altas declividades (de 15 a 30 graus) constituídas por rochas graníticas e gnáissicas.

COMPARTIMENTAÇÃO		PERFIL	DENOMINAÇÃO (D) E CARACTERÍSTICAS GEOL.-GEOT. DO MATERIAL MATRIZ (MM)	CONDICIONANTES GEOL.- GEOT. DE COMPORTAMENTOS	ÁREAS DE ESTUDO
UNIDADES	SUBDIVISÕES				
SOLOS	TRANSPORTADOS		D: a) COLUVIÕES; b) DEPÓSITOS DE TALUS; c) ALUVIÕES. MM: 1) COMPOSIÇÃO: ARGILAS, SILTES, AREIAS; 2) RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO: SPT < 30; 3) VELOCIDADES SÍSMICAS MÉDIAS (1): VS < 1 km/s.	1) PROPRIEDADES MECÂNICAS, PERMEABILIDADE E OUTRAS CARACTERÍSTICAS DOS SOLOS;	MECÂNICA DE SOLOS E GEOLOGIA DE ENGENHARIA
	FORMADOS "IN SITU"		D: a) SOLOS NEOCENOZÓICOS E TERCIÁRIOS; b) SOLOS SAPROLÍTICOS OU SOLOS DE ALTERAÇÃO DE ROCHA. MM: 1) COMPOSIÇÃO: ARGILAS, SILTES, AREIAS; 2) RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO: SPT < 30; 3) VELOCIDADES SÍSMICAS MÉDIAS (1): VS < 1 km/s.	2) REAÇÕES EM PRESENÇA DE ÁGUA (PERDA DE RESISTÊNCIA, CARREAMENTOS, ETC).	
ROCHAS	HORIZONTE SUPERIOR		D: SAPROLITO OU ROCHA ALTERADA MM: 1) COMPOSIÇÃO: PREDOMINANTEMENTE POR ROCHA MUITO ALTERADA (A3); 2) RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO: DESDE VALORES DE SPT VARIAM DO 30 < SPT < 50; ATÉ O 1M PENETRÁVEL AO ENSAIO DE LAVA VAGEM POR TEMPO; 3) VALORES DE RECUPERAÇÃO (2): < 75%; 4) VELOCIDADES SÍSMICAS MÉDIAS: 1 < VS < 2,5 km/s (3).	a) PROPRIEDADES MECÂNICAS, PERMEABILIDADE E OUTRAS CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL MATRIZ; b) REAÇÕES EM PRESENÇA DE ÁGUA; c) CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS NÚCLEOS MAIS RESISTENTES: FORMA, DIMENSÕES E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL; d) CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS DESCONTINUIDADES (FOLIAÇÃO, ESTRATIFICAÇÃO E FRATURAS), TAIS COMO: DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, MATERIAL DE PREENCHIMENTO.	MECÂNICA DE ROCHAS E GEOLOGIA DE ENGENHARIA
	HORIZONTE INTERMEDIÁRIO		D: ROCHA MEDIANAMENTE ALTERADA A SÁ, FRATURADA. MM: 1) COMPOSIÇÃO: COMPOSTO PREDOMINANTEMENTE POR ROCHA MEDIANAMENTE ALTERADA A SÁ, (A2, A1), ONDE O INTEMPERISMO FAZ RESSALTAR ALTOS GRAUS DE FRATURAMENTO COM PAREDES ALTERADAS E MATERIAL DE PREENCHIMENTO CONSTITUÍDO POR ARGILAS E/OU ROCHA MUITO ALTERADA (A3), COM ESPESURAS VARIÁVEIS, DE MILIMÉTRICAS A CENTÍMETRICAS; 2) VALORES DE RECUPERAÇÃO: (2): 75% < R < 90%; 3) VELOCIDADES SÍSMICAS MÉDIAS (3): 2,5 < VS < 4 km/s.	a) PROPRIEDADES MECÂNICAS, E PERMEABILIDADE DO MATERIAL MATRIZ; b) RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO E DEFORMABILIDADE DO MATERIAL DE PREENCHIMENTO DAS FRATURAS; c) CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS DESCONTINUIDADES COMO: FOLIAÇÃO, ESTRATIFICAÇÃO, FRATURAS, JUNTAS E FALHAS; d) REAÇÕES DO MATERIAL DE PREENCHIMENTO DE DESCONTINUIDADES EM PRESENÇA D'ÁGUA.	
	HORIZONTE INFERIOR		D: ROCHA SÁ POUCO FRATURADA MM: 1) COMPOSIÇÃO: COMPOSTO ESSENCIALMENTE POR ROCHA SÁ OU PRATICAMENTE SÁ, ONDE DESTACA-SE APENAS GRAUS DE FRATURAMENTO DECORRENTES DE ASPECTOS RELATIVOS AS ESTRUTURAS DO MACIÇO, TAIS COMO: FOLIAÇÃO, ESTRATIFICAÇÃO E FRATURAS; 2) VALORES DE RECUPERAÇÃO (2): > 90%; 3) VELOCIDADES SÍSMICAS MÉDIAS (1): VS > 4 km/s.	EM GERAL É DADO PELAS CARACTERÍSTICAS GERAIS DAS DESCONTINUIDADES: GRAUS DE FRATURAMENTO, DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL, NÚMERO DE FAMILIAS, TIPOS DE PREENCHIMENTO, RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO E PERMEABILIDADE.	

(1) VALORES DE VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS SÍSMICAS, MEDIDAS NOS ENSAIOS DE REFRAÇÃO.
(2) VALORES DE RECUPERAÇÃO DE TESTEMUNHOS DE SONDAgens ROTATIVAS, REALIZADOS COM BARRILETES DUPLOS LIVRES, COM DIÂMETRO 8.
(3) ESTES INTERVALOS SÓ PODEM SER CONSEGUÍDOS COMBINANDO-SE MÉTODOS DE SÍSMICA DE REFRAÇÃO DE SUPERFÍCIE (CONVENCIONAIS), COM DE SUPERFÍCIE (EM FUROS DE SONDAgens), TAIS COMO: "CROSS-HOLE, UP-HOLE E DOWN-HOLE.

Figura 82 - Critério de compartimentação geológico-geotécnica preliminar dos perfis de intemperismo (COPPEDE Jr. et alii, 1985).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A.N. 1969. Ritmo da epirogênese Pós-Cretácea e setores das superfícies Neogênicas em São Paulo. São Paulo, IGEOG/USP. 20p. (Geomorfologia 13).
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1958 - O Planalto Paulistano. In: A Cidade de São Paulo. São Paulo, AGB. p.113-167.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1964 - Fundamentos geológicos do relevo paulista. Bol.Inst.Geogr.Geol., São Paulo (41):p.169-263.
- ALMEIDA, F.F.M. de - 1976 - The system of continental rifts bordering of Santos Basin, Brazil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CONTINENTAL MARGINS OF ATLANTIC TYPE, São Paulo, 1975. An. Acad.Bras.Ci., São Paulo, 48 (supl): 15-26.
- ALMEIDA, F.F.M. de. RICCOMINI, C.; DENIRA, L.K.; CAMPANHA, A.C. da 1984. Tectônica da Formação Itaquaquecetuba na Grande São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA; 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais ... Rio de Janeiro, SBG, p.1794-1808.
- AMADOR, E.S. da, 1976. Terraços Pleistocênicos da Bacia de Resende - R.J. In: ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 2, 1986. Resumo das Comunicações, 1976, p.250-260.
- ASMUS, H.E. & FERRARI, A.L. 1978. Hipótese sobre a causa do tectonismo Cenozóico na região sudeste do Brasil. In: ASPECTOS ESTRUTURAIS DA MARGEM CONTINENTAL LESTE E SUDESTE DO BRASIL. p.75-88. (Série Projeto Remac, 4).
- ASMUS, H.E. 1984. Interferências, hipóteses e problemas relativos a origem e evolução da margem continental brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais... Rio de Janeiro, SBG, p.1655-1677.

- BISTRICHI, C.A. et alli. 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. 126 p.v.1 (IPT. Monografias, 6).
- BJORNBERG, A.J.S.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. 1971. Basculamentos tectônicos modernos do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. 25, São Paulo, 1971. Anais... São Paulo.
- BJORNBERG, A.J.S.; GANDOLFI, N.; PARAGUASSU, A.B. 1965. Novas observações sobre a tectônica moderna do leste do Estado de São Paulo. Eng. Min.Metal., Rio de Janeiro, 4 (244): 137-140.
- CABRERA, J.G. 1981. Geologia de Engenharia no Brasil durante os últimos 30 anos; sua evolução e experiências pessoais. São Paulo. (Boletim Informativo ABGE, nº 21, junho/81).
- CAMPANHA, G.A.C. da, 1985. Análise do padrão de fraturamento Mesozóico-Cenozóico de bacias tafrogênicas continentais do Sudeste do Brasil. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5, São Paulo, 1985 SBG/SP. Atas..., p. 337-349.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1974. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, Ed. da Universidade de São Paulo.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1981. Geomorfologia fluvial. São Paulo, Edgard Brücher, Ed. da Universidade de São Paulo, v.1.
- COMMITTEE ON TROPICAL SOILS OF THE ISSMFE - Progress Report 1982-1985. Peculiarities of geotechnical behavior of tropical lateritic and saprolitic soils, Brasília, ABMS, 1985.
- COPPEDE, A.J.; OJIMA, L.M.; CERRI, L.E.S., 1985. Estudos geológico-geotécnicos para a construção de túneis. Uma sistemática para a fase de viabilidade. In: SIMPÓSIO SOBRE ESCAVAÇÕES SUBTERRÂNEAS. Rio de Janeiro, 1985. Anais, Rio de Janeiro, 1985, ABGE, p.68-82.

- COUTINHO, J.M.V., 1980. Relações litológicas e estruturais da Bacia de São Paulo com o pré-cambriano circunvizinho. In: ASPECTOS GEOLÓGICO E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, São Paulo, 1980. Mesa Redonda - Publicação Especial, São Paulo, ABGE, p.15-23.
- COZZOLINO, V.M. & CHIOSSI, N.J. 1969. A bacia sedimentar de São Paulo. In: SEMANA PAULISTA DE GEOLOGIA APLICADA; 1, São Paulo, 1969. Anais... São Paulo, Associação Paulista de Geologia Aplicada, v.1.
- CRUZ, P.R. da, 1987. Solos residuais: algumas hipóteses de formulações teóricas de comportamento. 1987. In: SEMINÁRIO EM GEOTECNIA DE SOLOS TROPICAIS, Brasília, DF, 1987. Anais, ABMS, p. 79-111.
- DEERE, D.V. & PATTON, E.D., 1971. Slope stability in residual soils. State of the Art Paper, 4º Panam CSMFE.
- DE MELLO, V.F.B., 1979. Apreciação sobre a engenharia de solos aplicáveis a solos residuais. Trad. por E.F.Quadros e R.F. da Silva. ABGE nº 9.
- FÚLFARO, V.J. 1971. Relações de depósitos com eventos e processos Quaternários: oscilações climáticas e tectônicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, São Paulo, 1971. Resumo das Comunicações... São Paulo, SBG. p.200-201. (Boletim Especial,1).
- FÚLFARO, V.J.; PONÇANO, W.L., 1974. Recent tectonic features in the Serra do Mar region, state of São Paulo, Brazil, and its importance to engineering geology. In: Proc. of SECOND INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, São Paulo, ABGE, 1974, v.1, theme II, p. 71-77.

- FÚLFARO, V.J. & SUGUIO, K.I. 1974. O Cenozóico paulista, gênese e idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre, SBG.v.3, p. 91-102.
- GALLARDO, C.; SERRA, M; MUNIZ, M. - 1987 - O intemperismo dos gnaissees do sistema montanhoso do litoral sudeste: Um exemplo de atividade tectônica atual no Município de Nova Venécia, ES. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL RJ-ES, 1, Rio de Janeiro, 1987, SBG/RJ, Atas...p.210-226.
- GREGORY, K.J. & WALLING, D.E. 1973. Drainage basin form and process; a geomorphological approach. s.l. Edward Arnold Publishers.
- GUIDICINI, G. & IWASA, O.Y. 1976. Ensaio de correlação entre pluviosidade e escorregamentos em meio tropical úmido. São Paulo. 48 p. (IPT. Publicação 1080).
- HASUI, Y.; PONÇANO, W.L.; ALMEIDA, M.A. de; SANTOS, M.C.S.R. dos. 1977. Compartimentação geomorfológica do Planalto Atlântico do leste paulista. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA REGIONAL, 1, São Paulo, 1977. Atas... São Paulo, SBG. V.1, p.153-169.
- HASUI, Y. & ALMEIDA, A.A. 1978. Aspectos estruturais na geomorfologia da área cristalina de São Paulo e Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais... Recife, SBG. v.1, p.360-367.
- HASUI, Y.; GIMENEZ, A.F.; MELO, M.S. de. 1978b. Sobre as bacias tafrogênicas continentais do sudeste brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais... Recife, SBG. v.1, p.382-392.
- HASUI, Y. & PONÇANO, W.L. 1978. Organização estrutural e evolução

- da Bacia de Taubaté. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30, Recife, 1978. Anais...Recife, SBG. v.1, p.368-379.
- HASUI, Y. & CARNEIRO, C.R.D., 1980. Origem e evolução da Bacia Sedimentar de São Paulo. In: ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS DA BACIA SEDIMENTAR DE SÃO PAULO, São Paulo, 1980. Mesa Redonda - Publicação Especial, São Paulo, ABGE, P. 5-13.
- HASUI, Y. et alii. 1982. Geologia, tectônica, geomorfológica e sedimentologia regionais de interesse às usinas nucleares da Praia de Itaorna. São Paulo. 1970 p. (IPT. Monografias, 5).
- FAURE, H., 1976. Vertical evolution of continental margins. In: ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS, 48, 1976. Anais, p.81-87.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - Vários relatórios sobre investigações geológico-geotécnicas:
 Rel. nº 2041, 2540, 2570, 2666 (Rio Pardo - Euclides da Cunha), 2559, 4388, 4397, 4642 (Rio Cubatão), 2683 (Rio Paraibuna), 2807, 2837, 4316, 4547, 7643 (Rio Paraitinga), 3681 (Rio Tietê-Ponte Nova), 4405, 4466 (Rio Jundiaí), 4412, 4426 (Rio Grande), 4428, 4443, 4520 (Rio Biritiba), 4525 (Rio Itapanhaú), 4526 (Rio Taiapuê), 4563 (Rio Itatinga) 4887 (Rio Ribeira de Iguape), 7382 (Interligação entre os rios Biritiba-Jundiaí) 11.690 (Canal do Rio Tietê), 12.781 (Rio Atibaia) 12.785 (Rio Atibaia-Ribeirão Faz.Velha) e (Projeto de Reversão do Rio Jiquiã).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1978. Análise estrutural de parte da Bacia do rio Ribeira de Iguape. São Paulo, 16 p. (IPT Relatório, 11.089).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1979. Esboço tectônico do Estado de São Paulo e regiões vizinhas.

- São Paulo. 55 p. (IPT Relatório, 12 389).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. Interpretação das estruturas da região pré-cambriana paulista, através da utilização de imagens de satélites. São Paulo. 38 p. (IPT. Relatório, 15 565).
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1982. Inventário de usinas hidrelétricas reversíveis junto à Serra do Mar, no Estado de São Paulo, fase de pré-inventário São Paulo. 45 p. (IPT. Relatório, 15 384).
- KING, L.C. 1956. A geomorfologia do Brasil Oriental. R. Bras. Geogr., Rio de Janeiro, 18 (22): 147-265.
- LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. 1964. Fluvial Processes in geomorphology s.l. W.H. Freeman and Company.
- MARQUES FILHO, P.L. 1981. Sismos induzidos: os fenômenos observados na usina hidrelétrica subterrânea governador Parigot de Souza (Capivari-Cachoeira). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. e. Itapema, 1981. Anais ... Itapema, SBG. v.2, tema 3, p. 531-550.
- MELFI, A.J. 1967. Intemperismo de granitos e diabásios no município de Campinas e arredores, Estado de São Paulo. São Paulo. (Tese de Doutorado, apres. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP).
- MELFI, A.J. & CERRI, C.C. 1975. Contribuição ao estudo de alteração superficial de rochas graníticas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre, SBG. v.7, p. 39-48.
- MELO, M.S. de., RICCOMINI, C.; HASUI, Y.; ALMEIDA, F.F.M.de; COIMBRA; A.M.; 1985. a Geologia e Evolução do sistema de bacias ta

- frogênicas continentais do sudeste do Brasil. In: REVISTA BRASILEIRA DE GEOCIÊNCIAS, 15, 1985, p. 193-201.
- MELO, M.S. de, 1985b. Estruturas da área da Bacia de Rezende-RJ e os modelos tectônicos regionais. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 5, São Paulo, 1985, SBG/SP. Atas..., p.323-336.
- MEYER, V.L. de O.; LESSA, G.; RAMOS, R.G.N, 1976. Geofísica aplicada à engenharia civil, algumas considerações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1, Rio de Janeiro, 1976. Anais...Rio de Janeiro, 1976. v.1, p. 199-210.
- MIOTO, J.A., 1984. Mapa de risco sísmico do sudeste brasileiro, São Paulo, 48 p. (IPT. Monografias, 10).
- NOGAMI, J.S. 1971. Os solos do Estado de São Paulo; ocorrências e características gerais. São Paulo, Escola Politécnica/USP. 38 p.il.
- PENTEADO, M.M. 1974. Fundamentos de geomorfologia. Rio de Janeiro, IBGE:
- PONÇANO, W.L. & MELO, M.S. 1983. Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos Cenozóicos no Estado de São Paulo. (IPT. Relatório nº 16 869).
- PONÇANO, W.L. et alii. 1979. O conceito de sistemas de relevo aplicado ao mapeamento geomorfológico do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2, Rio claro, 1979, Atas... Rio Claro, SBG. v.2, p. 253-258.
- PONÇANO, W.L. et alii. 1981. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. 94 p. v.1 (IPT. Monografias, 5).
- RUIZ, M.D. - 1983 - Relato sobre fundações e escavações em rocha. In: SIMPÓSIO SOBRE A GEOTECNIA DA BACIA DO ALTO PARANÁ, III, São Paulo, 1983, Anais..., ABGE/ABMS/CBGB, V.III, p. 111-121.

- SCHEIDEGGER, A.E. 1970. Theoretical geomorfology. New York, Springer Verlag.
- THOMAS, M.F. 1974. Tropical geomorphology: a study of weathering and landform development in warm climates. Canadá, Halsted Press.
- TRICART, J. 1972. The landforms of the humid tropics, forest and savanas. s.l. Longman Group Limited.
- TRICART, J. & CAILLEUX, A. 1972. Introduction to climatic geomorphologic. s.l. Longman Group Limited.
- VARGAS, M. 1987. Identificação e classificação de solos tropicais. In: SEMINÁRIO EM GEOTECNIA DE SOLOS TROPICAIS, Brasília, 1987. Anais...Brasília, p. 21-53.
- WOLLE, C.M. & PEDROSA, J.A.B.A. 1981. Horizontes de Transição, condicionam mecanismos de instabilização de encostas na Serra do Mar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 3, Itapema, 1981. Anais ... Itapema, SBG. v.2, p.121-135.