UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA SERRA DE CUBATÃO, EM SÃO PAULO

Rogério Rodrigues Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Kenitiro Suguio

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

SÃO PAULO 2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA SERRA DE CUBATÃO, EM **SÃO PAULO**

ROGÉRIO RODRIGUES RIBEIRO

Orientador: Prof. Dr. Kenitiro Suguio

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

COMISSÃO JULGADORA

Nome

Presidente:

Prof. Dr. Kenitiro Suguio

Examinadores:

Dra. Amélia João Fernandes

Prof^a. Dr^a. Lylian Zulma Doris Coltrinari

Assinatura

SÃO PAULO 2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

ESTUDO DA EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA SERRA DE CUBATÃO, EM SÃO PAULO

Rogério Rodrigues Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Kenitiro Suguio



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Geologia Sedimentar

DEDALUS - Acervo - IGC

30900014093

São Paulo 2003 Ao meu avô, João Pedro Ribeiro, falecido neste ínterim, pela companhia nas primeiras aventuras a bicicleta pela Mata Atlântica, em Cipó, São Paulo. Saudades

ii

"Vai barracão, pendurado no morro
E pedindo socorro, à cidade, à teus pés
Vai barracão, tua voz eu escuto
Não te esqueço um minuto
Porque sei, quem tu és
Barracão de zinco, tradição do meu país
Barracão de zinco, pobretão e infeliz"

Barração

(Luiz Antônio - Oldemar Magalhãe)

voz: ELIZETH CARDOSO - bandolim: JACOB DO BANDOLIM

AGRADECIMENTOS

Ao prof. Dr. Kenitiro Suguio, pela orientação, profissionalismo, amizade e pela atenção sempre ofertada

Á PqC. V – Dra. Célia Regina Gouveia de Souza, Coordenadora Geral do Projeto SIIGAL (IG/SMA), pela oportunidade de participação no projeto, pela orientação e apoio logístico em vários momentos desta Dissertação.

À minha família, pela paciência, apoio eterno e irrestrito e compreensão quando das minhas ausências.

Á Lú, minha noiva e companheira, nos momentos mais difíceis.

Ao casal Agenor e Célia, pelo carinho, amizade, respeito e apoio.

Á outro casal: Marcos e Viviane, pela amizade, paciência, compreensão e imprescindível ajuda na confecção das cartas em Arcview.

Ao Instituto de Geociências, em especial ao pessoal da biblioteca e da secretaria da pós-graduação (Ana e Magali).

Ao Instituto Geológico (SMA), pelo apoio de seus pesquisadores, do pessoal do laboratório de sedimentologia, biblioteca, arquivo de fotos aéreas e xerox.

Ao Instituto Florestal (SMA), em especial à equipe do Parque Estadual da Serra do Mar-Núcleo Cubatão, representado pelos Srs. Eduardo e Pedro, pelo apoio em campo.

Á equipe do DECONT 32 (SVMA), representados pelos Srs. Margarida e Toninho, pela compreensão e apoio.

Á ECOVIAS dos Imigrantes S/A, pelo acesso às sondagens da nova pista dos Imigrantes.

Á Empresa MRS S/A, através do Sr. Rogério, pela atenção permissão para realização de atividades de campo.

Ao Prof. Dr. Giannini (IGc-USP), pelo apoio na interpretação dos resultados das análises granulométricas e de quem muito aprendi sobre didática em sala de aula.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto do Departamento de Geografia (FFLCH-USP), representado pelo Sr. Benê, pela disponibilização das fotos aéreas.

Aos colegas da pós: Xoquito, Afonso, Ivo, Alethéia, Carlos e Viviane.

Aos meus amigos incondicionais: Denise, Graziela, Ana Alice, Auristela, Nonaka (CCE-USP), Miriam, Franco, Yoshi, Fefê, Patê, Pira, Nenê, João, Zé, Fábio, Miriam (Ministério Público), Julita e Claudinha (MP), André (SVMA) e Itamar (Professora).

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - ÁREA DE ESTUDO	3
2.1 – Aspectos Geológicos do Embasamento Pré-Cambriano	3
2.2 – Aspectos Geológicos dos Sedimentos Cenozóicos	7
2.3 - Evolução Tectônica	8
2.4 - Evolução Geomorfológica	11
2.4.1 - Caracterização Geomorfológica	15
2.5 - Vegetação	16
2.6 - Clima	20
2.7 - Breve Histórico da Ocupação da Área (SMA, 1995)	22
2.8 – Síntese de Trabalhos Prévios sobre a Evolução de Relevo na Área de	27
Estudo	
3 - TRABALHOS REALIZADOS E MATERIAIS UTILIZADOS	29
3.1 Trabalhos de Gabinete	29
3.2 - Trabalhos de Campo	30
3.3 - Trabalhos de Laboratório	30
4 - RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES	31
4.1 - Carta Morfológica	31
4.2 - Carta de Facetas	32
4.2.1 - Resultados	34
4.2.2 – Delimitação de Unidades Morfológicas	47
4.3 Cartas de Processos Erosivos e de Depósitos Quaternários	61
4.3.1 - Carta de Processos Erosivos	61
4.3.1.1 – Sulcos, Ravinas e Escorregamentos	62
4.3.1.2 – Erosão Lateral	69
4.3.2 - Carta de Depósitos Quartenários	78
4.3.2.1 - Terraço Fluvial	81
4.3.2.2 - Leque Aluvial	88
4.3.2.3 – Barra Fluvial	91
4.3.2.4 - Depósito de Tálus	91
4.3.2.5 – Ambientes Deposicionais	93
4.3.2.6 – Colúvios	94
4.3.2.7 – Relação entre Evidências de Processos Erosivos e	98
Colúvios	
4.4 – Formas de Relevo e as Distribuições Geográficas e Estratigráficas	102
dos Depósitos Quaternários	
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	104
6 - BIBLIOGRAFIA	106

RESUMO

Este estudo objetiva contribuir para o conhecimento da evolução geológicageomorfológica da Serra do Mar no Estado de São Paulo, através de parâmetros como formas, processos, materiais e antrópico, através do Quaternário até hoje. São abordados aspectos geológicos, geomorfológicos, neotectônicos, pedológicos, deposicionais, erosivos, vegetacionais, hidrográficos, de circulação e poluição atmosféricas, bem como sócioeconômico e histórico.

Pela interpretação de imagens de fotos aéreas obtidas em escala de 1:25.000, em duas diferentes épocas (1962 e 1994), foram mapeadas feições neotectônicas (facetas triangulares e trapezoidais), evidências de processos erosivos (sulcos, ravinas e escorregamentos) e deposicionais (barras e terraços fluviais, depósitos de tálus, colúvios, leques aluviais).

As feições neotectônicas levaram ao reconhecimento de Unidades Morfológicas resultantes da atuação conjunta desses fenômenos morfodinâmicos, que permitiu reconhecer áreas com provável risco geológico e outras para relativa estabilidade.

O tipo e a intensidade dos processos erosivos são afetados, entre outros fatores, pela litologia do embasamento cristalino précambriano, pela orientação das facetas neotectônicas, pela pluviosidade e também pela magnitude, freqüência e duração da intervenção antrópica na morfodinâmica da área de estudo.

Finalmente, o estudo dos depósitos sedimentares conduziu ao reconhecimento da interação de dois principais processos morfogenéticos: a erosão diferencial e neotectônica que levaram à formação de um graben.

ABSTRACT

This study aims to contribute for the knowledge of "Serra do Mar" coastal range geological – geomorphological evolution in the São Paulo State, through parameters such as landforms, processes and products, during the Quaternary until today. Geologica, geomorphological, notectonic, pedologic, depositional, erosional, climatic, vegetational, hydrographic, atmospheric circulationa and pollution, as well as socio-economical and historical aspects have been broached.

By aerial photographies interpretation, obtained in scale 1:25.000 in two different periods (1962 and 1994), neotectonic features (triangular and trapezoidal facets), evidences of erosional furrow or gullies and landslides) and depositional (fluvial bars and terraces, talus, colluvial and alluvial fans) processes were mapped.

The neotectonic features allowed the reconnaissance of morphologic units derived from the joint action of these morphodynamic phenomena, distinguishing between probable geologic hazard and other relatively stable areas.

The erosional processes and intensities are influenced, among other factors, by Precambrian crystalline basemente lithologies, by neotectonic facets orientations, by pluviosity and also by magnitude, frequence and duration of anthropogenic intervention upon study area morphodynamics.

Finally, the study of the sedimentary deposity have conducted to the reconnaissance of action of two principal morphogenetic process: differential erosion combined with neoctectonics, which likely led a graben.

1 - INTRODUÇÃO

A apropriação do meio natural pelo homem, transformando-o em espaço produzido, exige necessariamente um planejamento apropriado. Deste modo, a ocupação freqüentemente inadequada, por falta de planejamento, tem causado inúmeros danos ambientais, irreversíveis em escala temporal de vida humana, tanto em áreas rurais como urbanas.

As vertentes da Serra do Mar são naturalmente muito suscetíveis a processos geomorfológicos (geomórficos e morfogenéticos) de movimentos de massa (desplacamentos, escorregamentos, rolamentos de blocos, rastejamento, fluxos de detritos e de lama), devidos, entre outros fatores, às altas declividades e pluviosidade.

Desde a década de 1950, algumas áreas de vertentes nos municípios de Cubatão, santos e Guarujá têm sido palco de ocupação antrópica desordenada. Os resultados têm sido muitas vezes catastróficos, com perdas de vidas humanas e de propriedades. Com esse quadro, as medidas adotadas têm sido de remediação ou mitigação e raramente de prevenção.

Os movimentos de massa resultam em produtos mais ou menos preservados nos sopés e mais raramente nas encostas das escarpas. O reconhecimento e a caracterização desses registros, do passado geológico pouco remoto (período Quaternário), poderiam subsidiar um programa de orientação adequada de ocupação e uso dos terrenos, relacionado à implementação de políticas públicas na região, a exemplo do Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC) para os escorregamentos na Serra do Mar.

O Município de Cubatão (São Paulo, Brasil) desenvolveu-se entre o sopé das vertentes íngremes da Serra do Mar, localmente Serra de Paranapiacaba-Cubatão, e a planície costeira (Figura 1.1). Cerca de 60% da área do município está inserida no Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Cubatão), onde se estabeleceram alguns núcleos habitacionais de baixa renda, conhecidos por bairros Cotas. Outros núcleos semelhantes também ocupam parte dos manguezais. O município abriga ainda um importante Pólo Industrial e Petroquímico. É também cortado por duas grandes rodovias, duas ferrovias, aquedutos e oleodutos, além de várias bacias de captação de água superficial e duas estações de tratamento de água para abastecimento público dos municípios de Cubatão, Guarujá, Santos e São Vicente. Essas características conferem ao município alta

suscetibilidade natural e vulnerabilidade à ocorrência de perigos geológicos, ocorrendo inúmeras áreas de risco, tanto nas escarpas quanto na planície costeira.



Figura 1.1 Localização da área de estudo (escala original da imagem de satélite: 1:50.000; fonte: Projeto SIIGAL)

Os resultados desta pesquisa deverão subsidiar ao Projeto SIIGAL* - "Sistema Integrador de Informações Geoambientais para o Litoral do Estado de São Paulo, Aplicado ao Gerenciamento Costeiro" (Souza, 2000) e diversos outros instrumentos de políticas públicas existentes para a área, tais como: Plano Preventivo de Defesa Civil para Escorregamentos na Serra do Mar, Projeto de Proteção da Mata Atlântica (Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cubatão), Plano Emergencial de Cubatão (para a ocorrência de emergências no Pólo Industrial e área retroportuária do Porto de Santos-CODESP), e conservação de recursos hídricos (Comitê da Bacia Hidrográfica da Baixada Santista e Companhia de Saneamento Básico de São Paulo-SABESP).

^{*}Suporte financeiro: FAPESP — Políticas Públicas (Proc. 1998/14277-2), coordenado pelo Instituto Geológico/SMA, com parceria do Instituto de Geociências-USP, Instituto de Geociências-UNESP, CETESB, Coordenadora de Planejamento e Educação Ambiental-SMA e UNESP (Rio Claro, Presidente Prudente e Guaratinguetá).

2 - ÁREA DE ESTUDO

Compreende as vertentes da Serra do Mar associadas às sub-bacias dos rios Cubatão, Mogi, e Perequê, situadas nos municípios de Cubatão, Santos e Guarujá (Figura 1).

2.1 – Aspectos Geológicos do Embasamento Pré-Cambriano

A origem e a evolução da Serra do Mar localizada na região SE do Brasil, compreende uma história bastante complexa, a ser ainda melhor desvendada. Contudo, os trabalhos já realizados permitem um entendimento razoável das feições geológicas e geomorfológicas que ali ocorrem.

As idades mais antigas do embasamento ígneo metamórfico da Serra do Mar são atribuídas ao Arqueano (3,8 Ba) e ao Proterozóico (700 Ma anos).

Hasui *et al.* (1989, 1993a) sistematizaram os litotipos em termos de conjuntos litológicos vinculados a entidades geotectônicas (blocos crustais).

Correspondendo à Fase 1 da evolução geológica, dois tipos de conjuntos litológicos podem ser distinguidos: a) gnaisses e metassedimentos de alto grau metamórfico (fácies granulito), representando níveis crustais mais profundos alçados por processos tectônicos; associam-se-lhes metassedimentos de graus metamórficos inferiores; b) gnaisses de médio grau (fácies anfibolito) e metassedimentos de grau médio a baixo (fácies anfibolito a xistoverde), representando níveis crustais menos profundos.

Dados gravimétricos têm sido empregados para definir a compartimentação regional (Hasui, 1982; Hasui *et al.*, 1989). As anomalias Bouguer marcam grandes descontinuidades ou suturas separando blocos crustais distintos, designados Brasília, Vitória e São Paulo (Figura 2).

A Fase 2 da evolução geológica corresponderia à justaposição destes blocos crustais (unidades geotectônicas) por mecanismos de convergência chegando à colisão de continentes. Em termos relativos, o Bloco Vitória teria se deslocado para oeste, sobrepondo-se aos blocos Brasília e São Paulo e, este último, teria sido empurrado por baixo daquele. Na faixa de contato, as rochas de um e outro lado da sutura foram fortemente deformadas durante a colisão, e o Bloco Vitória expôs profundas da crosta

representadas por rochas de alto grau que constituem o Cinturão Granulítico Atlântico (Hasui, 1982, 1986; Hasui & Quade, 1988; Hasui et al. 1989, 1993a, b; Ebert et al., 1993).

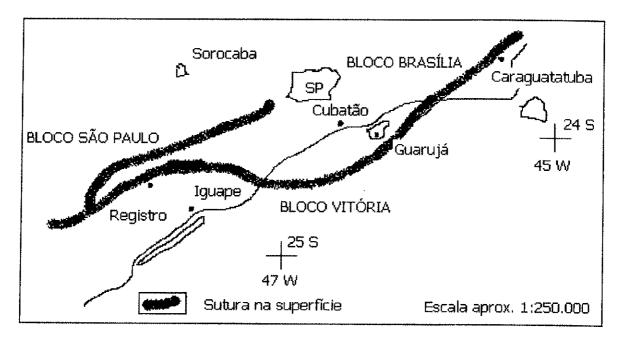


Figura 2.1: Blocos crustais distintos, designados Brasília, Vitória e São Paulo (adaptado de Hasui et al, 1994).

Na área de estudo, o Bloco Brasília reúne conjuntos litológicos arqueanos a proterozóicos do Complexo Piaçaguera (Hasui & Sadowski, 1976; Hasui *et al.* 1993^a), representados por gnaisses, milonitos, xistos, quartizitos, mármores, filonitos; e fanerozóicos, representados por granitóides intrusivos (Hasui & Sadowski, 1976; Hasui *et al.* 1993a.

Baseado em Sadowski (1974), a Serra do Mar na área de estudo apresenta os seguintes litotipos (Anexo 1):

- <u>Cambriano-Pré-Cambriano Superior</u>: Granito da Serra do Morrão; Granito Taiaçupeba.
- Pré-Cambriano:
 - a) Bloco Juquitiba --
 - Milonito-gnaisses, bandados, com intercalações quartzíticas e calco-silicatadas;
 - Granito-gnaisses granatíferos;
 - Granada-silimanita-micaxistos, clorotizados e migmatizados:
 - Calco-silicatadas;

- b) Associados à Falha de Cubatão
- Granada-clorita-biotita-xistos-filitos, mármores e filonitos cataclasados, faixas miloníticas nos contatos;
- Quartzitos sacaróides;
- c) Complexo Costeiro
- Granito-gnaisses com porfiróides de microclina;
- Gnaisses bandados, com hornblenda, biotita, plagioclásio e quartzo.

A área de estudo é cortada por dois grandes lineamentos, a saber: a Zona de Falhamento de Cubatão e a Faixa Cataclástica Jurubatuba (Sadowski, 1974 - Anexo 1). De acordo com este autor, a Zona de Falhamentos de Cubatão se estende na encosta sudeste dos vales dos Rios Mogi, Cubatão e Branco, constituindo o limite sul de uma faixa de rochas ectiníticas que se encontra no vale desses rios e na realidade é um complexo sistema de falhamentos com características ora de empurrão, ora de transcorrência como também normal.

O lineamento de Cubatão separa dois blocos nitidamente distintos litologica e estruturalmente. Na porção norte ocorre um bloco constituído por ectinitos e migmatitos essencialmente estromatíticos, com freqüentes sinais de retrometamorfismo e paleossomas xistosos. Este bloco corresponde ao Bloco Juquitiba de Hasui (1973). O bloco Sul, correspondente ao Bloco Litorâneo ou Costeiro de Coutinho (1972) é composto por migmatitos essencialmente oftalmíticos e de paleossoma de composição gnáissica. Os eixos de dobramento no bloco norte mergulham dominantemente para SW e os do Bloco Sul para NE. Ao longo do lineamento do Cubatão ocorre uma seqüência de granitos póstectônicos situados principalmente no bloco sul.

Segundo Hasui *et al.*(1994) haveria o controle da natureza e estrutura das rochas cristalinas da área sobre a escultura do relevo e orientação dos cursos de água, com forte imposição das direções NE-SW e NW-SE no entalhamento das formas. A direção NE-SW é privilegiada nos termos da alteração diferencial, distribuição de tipos de solos, erosão, percolação de água, entalhamento da rede de drenagem e escultura de formas alongadas do relevo.

Segundo Hasui *et al.* (1994), muitos tipos de estruturas estão presentes nas rochas pré-cambrianas da área de estudo, tais como:

(a) O da estruturação regional, de primeira ordem; (b) O da estruturação interna de maciços, de ordens maiores e de expressão local, importando analisar seus tipos e padrões de disposição espacial traduzidos em termos de geometria e sequênciação; e (c) feições que indicam direções e sentidos de movimentação de massas rochosas na geração das estruturas, procurando resgatar a cinemática e a dinâmica dos deslocamentos tectônicos.

A estruturação de primeira ordem (os lineamentos Cubatão e Jurubatuba) corresponderia àquela formada por blocos crustais justapostos. As ordens maiores e de expressão local são representadas por estruturas dúcteis como: xistosidade, bandamento composicional e foliação milonítica. A foliação na área tem direção geral em torno de NE-SW, aproximadamente paralela à linha de costa paulista. Os mergulhos maiores relacionam-se com rotações ligadas a zonas de cisalhamento subverticais.

Na área, segundo Hasui *et al.* (1994), zonas de cisalhamento dúctil aparecem com grande frequência e são de dois tipos: a) um, representado por faixas paralelas à foliação, tendo mergulhos muito variados e correspondendo a **zonas de cavalgamento**; b) outro, com atitudes verticais e subverticais, que deformam a foliação anterior, correspondendo a **zonas transcorrentes**, que chegam a ter espessuras quilométricas e extensões de até centenas de quilômetros.

As estruturas rúpteis são feições onipresentes na área e classificadas como: juntas, falhas e zonas de cisalhamento rúptil.

Os sistemas de juntas têm as seguintes famílias: a) altos mergulhos: em geral quatro, com disposições longitudinal (direção em torno de NE-SW), transversal (em torno de NW-SE) e duas oblíquas (uma em torno de N-S e outra e torno de E-W) em relação à direção da foliação; b) inclinadas: em geral duas, com direções preferenciais em torno de NE-SW e mergulhos médios e opostos, aparentemente geradas durante processos mesozóicos; c) baixa inclinação: mais ou menos paralela à superfície do terreno, geradas por alívios da carga rochosa pela erosão (Hasui, et al., 1994).

Na área de estudo, as falhas presentes são de tipos diversos: transcorrentes, inversas e normais, faltando ainda, segundo Hasui *et al.* (op cit.), estudos que as caracterizem no âmbito regional em termos de conjuntos correspondentes a eventos tectônicos distintos ou como produtos de uma única movimentação.

2.2 - Aspectos Geológicos dos Sedimentos Cenozóicos

Sedimentos Marinhos: Suguio e Martin (1976) estudaram as planícies sedimentares do litoral paulista concluindo que estas foram formadas pelas duas últimas grandes transgressões glácio-eustáticas. Na penúltima grande transgressão (Transgressão Cananéia), o mar entrou em contato com o Embasamento Cristalino em todo o litoral paulista, que apresentava uma morfologia em baías. Areias marinhas litorâneas foram depositadas nas grandes paleobaías, que formavam os sítios das atuais planícies sedimentares de Cananéia-Iguape, Itanhaém, Santos, Bertioga e Caraguatatuba. Estes depósitos marinhos foram parcialmente destruídos pela drenagem que se estabeleceu nas suas zonas baixas, durante a última grande regressão marinha. No último episódio transgressivo (Transgressão Santos), o mar penetrou nas zonas baixas estabelecendo um sistema lagunar, com formação de depósitos arenosos que, freqüentemente era iniciada pela construção de ilhas-barreira, logo após o nível máximo da transgressão. Estas ilhas barreira isolaram zonas lagunares, onde se depositaram sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica. Durante as fases regressivas houve acréscimo de cordões adicionais às primitivas dando origem às extensas planícies de cordões litorâneos.

Depósitos Coluviais: são depósitos de encostas, em que os detritos são transportados por fluxo de massas densas, formado de cascalhos com fragmentos arredondados ou angulosos em matriz areno-silto-argilosa e lamitos. Os fragmentos provêm das rochas que sustentam as encostas. São de dois tipos: o primeiro aparece com espessuras variáveis, chegando a métricas, tendo uma linha de seixos basal (seixos de quartzo, quartzito, às vezes canga limonítica e outros materiais) e sotoposto a uma massa areno-argilosa; o segundo tipo, aparentemente menos evoluído, é mais heterogêneo, incluindo grânulos, seixos e matacões em matriz areno —argilosa e, por vezes, restos vegetais (Hasui et al., 1994).

Depósitos de tálus: representam acumulações de fragmentos de rochas, de dimensões até métricas, em sopés de elevações mais íngremes, como resultado de processos gravitacionais (Hasui, op cit.).

Depósito Aluvial: Suguio (1998) define-o como depósito detrítico resultante da sedimentação através de rios atuais incluindo o depósito de canal fluvial, planície de inundação, leque aluvial e lago.

2.3 - Evolução Tectônica

Hasui et. al. (1994) reconstituíram a movimentação tectônica para geologia do précambriano da região do Planalto Atlântico Paulista e Baixada Santista, a partir dos dados geométricos, de sequênciação e cinemáticos, que muito contribuem para o bom reconhecimento da evolução geomorfológica nesta região. A evolução tectônica deu-se em episódios e etapas de tectonismo.

- 1. O primeiro episódio tectônico teria ocorrido em tempos pré-cambrianos antigos e ainda não bem determinados, envolvendo quatro etapas: a) A primeira foi de cavalgamento. Os dados da área não permitem deduzir o sentido desse movimento, mas admite-se, com base no quadro macrorregional, que tenha ocorrido de leste para oeste. A ele se deve o desmembramento de litotipos, deslocamentos e empilhamentos de lascas, resultando num sistema imbricado de um cinturão compressivo. b) A segunda etapa foi consequente da anterior: o bloqueio do empilhamento de lascas fez com que o alívio das tensões passasse a se dar por transcorrências de direção NE-SW e de tipo dextral, compondo um cinturão transcorrente. c) Ondulações e formação de juntas com altos mergulhos marcam as duas etapas seguintes, que refletem alívios finais de tensões.
- 2. <u>O segundo episódio tectônico</u> é atribuído ao início do Paleozóico (570 Ma), quando ocorrer geração de intrusões granitóides.
- 3. O terceiro episódio tectônico corresponde à chamada Reativação Sul-Atlantiana (Schobbenhaus & Campos, 1984), Wealdeniana (Almeida 1969) ou epirogênese póscretácea (Ab'Saber, 1969), que diz respeito aos processos ocorridos no interior do continente por ocasião da abertura do Oceano Atlântico, no intervalo Triássico-Mioceno (220-23 Ma). Esses processos consistiram de movimentos de blocos sob regime tectônico extensional, gerando grandes soerguimentos, alçamentos e abatimentos de blocos por falhas com formação de altos e baixos estruturais, e possibilitando intrusões magmáticas, derrames vulcânicos, sedimentação e delineação dos grandes traços do relevo. A área de estudo situa-se entre uma zona abatida, a Bacia de Santos, e outra elevada e rifteada, hoje representada pelas Serras do Mar, da Mantiqueira e de Paranapiacaba (Fúlfaro & Ponçano, 1974; Almeida, 1976; Hasui et al., 1982). O terceiro episódio gerou: a) rochas intrusivas triássico (?) eocretácicas (diques e sills de diabásio e outras rochas afiliadas); b) as intrusivas alcalinas neocretácias; c) os traços gerais do relevo e d) falhas normais ainda não bem estudadas. O regime de tensão envolveu eixo de tensão mínima com orientação em torno de NW-

- SE/horizontal, eixo de tensão máxima em torno da vertical e eixo intermediário em torno de NE-SW/horizontal. Isso significa que o regime tectônico foi de tipo distensivo (Hasui *et al.*, 1994).
- 4. O quarto episódio tectônico só recentemente começou a ser investigado e corresponde à neotectônica (Mioceno-Recente). Estudos estruturais têm conduzido à conclusão de que o regime de tensão neotectônico regional envolve eixo de tensão máxima em torno de NW-SE/horizontal, eixo de tensão mínima em torno de NE-SW/horizontal e eixo de tensão intermediário em torno da vertical (Saadi *et al.*, 1991; Hasui *et al.*, 1992a,b). Isso significa que o regime tectônico vigente é de tipo transcorrente. As falhas neoformadas são basicamente de tipo transcorrente e as descontinuidades preexistentes podem ser reativadas com caráter transcorrente, normal ou inverso dependendo de sua orientação em relação ao tensor (Hasui *et al.*, 1994).

Ainda como manifestação neotectônica cabe lembrar a sismicidade. Segundo Hasui et al.(1994) o regime de tensão neotectônico atua em toda a região em níveis acima do normal, como atestam a sismicidade e outras manifestações. Os abalos sísmicos na região Sudeste representam alívios de tensões regionais, de origem natura ou associados a grandes barragens de água. O regime de tensão neotectônico atua em toda a região em níveis acima do normal, como atestam a sismicidade e outras manifestações que ocorrem ao longo da região que vai do oeste mineiro à costa entre o Espírito Santo e Santa Catarina e avança para a Plataforma Continental. No trecho onde se localizam as bacias de Campos e Santos (Veloso & Mendigarem, 1983; Hasui et al., 1982; Hasui, 1990), essa região foi considerada como ativa e designada Região Sismotectônica do Sudeste.

Segundo ainda Berrocal *et al.* (1984), a atividade sísmica não ocorre com distribuição geográfica uniforme, mas concentra-se em algumas áreas. Tais áreas são qualificadas como **zonas sismogênicas**, como as de Cananéia, Cunha e Santos (Hasui *et al.*, 1982; Mioto, 1983, 1993; Mioto & Hasui, 1993). Foram registrados nessa três zonas alguns dos sismos mais importantes: Cananéia (18/07/1946, magnitude 4,6 mb), Cunha (22/03/1967, magnitude 4,1 mb) e de Campos (24/10/1972, magnitude 4,8). Podemos destacar ainda outros eventos cadastrados pelo Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG/USP), no litoral de São Paulo, conforme Tabela 2.1.

Os eventos têm sido essencialmente de baixas magnitudes, fracas intensidades e discretas freqüências, mas não podem ser desprezados em estudos de estabilidade

Ano	Latitude	Longitude	Magnitude	Local
1915	-24.18	-46.79	3.2	Itanhaém
1918	-23.53	-46.62	3.0	São Paulo
1967	-23.30	-45.00	4.1	Cunha
1975	-24.94	-44.16	3.4	Plataforma Contin.
1982	-25.84	-45.42	3.8	Plataforma Contin.
1987	-24.70	-43.60	3.0	Plataforma Contin.
1987	-26.70	-44.20	3.2	Plataforma Contin.
1987	-25.00	-44.10	3.6	Plataforma Contin.
1990	-25.73	-44.72	3.1	Margem Continental
1991	-23.94	-46.41	2.7	São Vicente
1992	-26.91	-44.42	3.7	Margem Continental
1992	-23.90	-45.37	2.3	Ilhabela
1992	-24.89	-46.33	3.4	Margem Continental
1993	-23.91	-43.00	3.6	Margem Continental
1995	-25.68	-48.31	3.1	Margem Continental
1995	-25.15	-44.60	3.0	Margem Continental
1996	-23.49	-45.28	1.6	Ubatuba
1998	-24.66	-44.27	3.4	Margem Continental
1998	-24.02	-44.46	3.2	Margem Continental
1998	-24.96	-45.27	3.2	Margem Continental
1998	-25.02	-45.47	3.1	Margem Continental
1999	-23.68	-46.64	2.0	Santo Amaro
2000	-24.12	-44.80	3.2	Margem Continental

Tabela 2.1: alguns eventos sísmicos ocorridos no litoral de São Paulo. Fonte: IAG/USP

geológica. A sismicidade reflete segundo Hasui *et al.* (1994) um estado de tensão regional, ao qual se pode relacionar, entre outros fenômenos, a subsidência ainda em progressão nas bacias de Santos e Campos e a variação dos tipos de costa, com trechos alternados de costa em submersão (Rio de Janeiro-Santos, Paraná-Santa. Catarina) e em emersão (Santos-Cananéia, Rio Grande do Sul).

2. 4 - Evolução Geomorfológica

Tão complexa quanto a evolução geológica da Serra do Mar é sua história geomorfológica. O atual Planalto Atlântico foi originado provavelmente durante as fases 1 e 2 da evolução geológica proposta por Hasui *et al.* (1994), estudada acima, a partir do Arqueano, sendo um grande e unido maciço geológico até o Mesozóico (Triássico – 220.Ma). A partir daí, sofreu diversos processos geológicos, sendo o principal deles a Reativação Sul-Atlantiana ou Wealdeniana, que culminou com a abertura do Oceano Atlântico, subdividindo o supercontintente Gondwana nos continentes da América e da África. Nesse momento, durante a separação mesozóica, inúmeras descontinuidades mais antigas foram reativadas em pulsos descontínuos desde o Cretáceo (145 Ma) até o Terciário (Almeida & Carneiro, 1998), correspondendo a 3ª *Fase* da evolução geológica proposta por Hasui *et al.* (1994).

As superfícies de erosão pós-paleozóicas da região sudeste do Planalto Atlântico fornecem indícios sobre a origem e evolução da Serra do Mar a partir de um sítio que não é o que ela ocupa hoje. As mais antigas delas são a "Superfície das Cristas Média" identificada por De Martonne (1943), ou Japi, por Almeida (1958). Muitos trabalhos apontam para um razoável conhecimento da idade da superfície de aplainamento Japi, que nivela as intrusões alcalinas senonianas (90 Ma) do oeste de Minas e sudeste de Goiás., datadas (K/AR) por Hasui & Cordani (1968): Araxá (87-95 Ma); São Gotardo (80 Ma); Poços de Caldas (63-80 Ma, Amaral *et al*.1967); Serra da Mantiqueira, os maciços de Itatiaia (73 Ma) e Passa Quatro (66, 7 Ma, Lauar 1988), entre outros.

Nessa mesma época em que se processava o nivelamento das superfícies de aplainamento do Japi e do Alto Tietê, a borda do Planalto Atlântico se estendia bem mais para leste da área hoje ocupada pela Plataforma continental interna (Almeida & Carneiro, 1998). Após uma grande transgressão marinha havida na Bacia de Santos no Cretáceo há cerca de 88-89 Ma (Pereira, 1992), ocorreu um importante evento tectônico que resultou em soerguimento pulsativo da área a oeste da bacia, estendendo-se até o interior do continente (Pereira *et al.*, 1986), e a subsidência da Bacia de Santos.

A parte em soerguimento constitui a área fonte da Formação Santos, composta de conglomerados, arenitos líticos vermelhos com intercalações de folhelhos cinzentos e argilas vermelhas (Ojeda e Césero, 1973), indicativos de sedimentação em ambiente continental a transicional na forma de leques aluviais, rios entrelaçados e deltas (Pereira *et al.*, 1986). Assim, a Serra do Mar, se estivesse ocupando sua posição geográfica atual, não

poderia fornecer sedimentos grossos como os conglomerados à Bacia de Santos, pois os mesmos necessitariam percorrer centenas de quilômetros até o sítio deposicional (Almeida & Carneiro, 1998).

Este soerguimento, progressivo e pulsativo, foi atribuído por Asmus e Guazelli (1981), Bacoccoli e Aranha (1984, *apud* Macedo 1991) e Macedo (1991) a efeito de compensação isostática entre a bacia em afundamento e a área continental em elevação e erosão e, portanto, passando a sofrer alívio de carga. Almeida & Carneiro (1998) sugerem que a pulsos desse evento tectônico associa-se à retomada de fenômenos magmáticos, que resultaram nas intrusões basálticas na área centro-norte da bacia e alcalinas na região costeira e Plataforma rasa atual.

Segundo Almeida & Carneiro (op cit.) o soerguimento progressivo da área continental (e, por consequência, da plataforma continental vizinha) foi também verificado por Gallagher et al. (1994) ao comentarem a denudação e evolução topográfica na área do embasamento do sul-sudeste do Brasil, com base na análise de traços de fissão em apatita. Ela indicou que nos 50 km a partir da linha-de-costa para o interior, as idades são todas inferiores a 100 Ma e tão baixas quanto 50-60 Ma; o aumento das idades dos traços de fissão processa-se muito rapidamente para o interior. Esses processos erosivos atuantes no final do Cretáceo Superior (70 ma) podem ter exumado o embasamento cristalino, aflorando seus diques de diabásio e intrusões alcalinas, na área costeira adjacente à Bacia de Santos. O divisor de águas entre as bacias de Santos e do Paraná devia então se situar próximo àquela, possivelmente no sítio da atual plataforma continental média, a julgar pela natureza litológica da Formação (Santos Almeida & Carneiro, 1998). A erosão seria muito mais intensa na vertente oceânica, de acentuado declive, que na continental. Esta drenava para o interior do continente, contribuindo para a sedimentação senoniana do Grupo Bauru (Campos, 1905). Ao término do ciclo erosivo, na passagem do Cretáceo para o Terciário esculpiu-se a superficie de aplainamento do Japi, que nivelou o Planalto Atlântico até esse divisor. A vertente marinha desse relevo recuou subparalelamente à borda da bacia, obedecendo aproximadamente, como hoje, às direções estruturais do embasamento précambriano. Ao fazê-lo, entalhou as superfícies Japi e neogênicas (23 Ma).

Almeida & Carneiro (op cit.) ainda concluem que a atual Serra do Mar teria surgido na Falha de Santos, como resultado de abatimentos do planalto durante o magno evento tectônico iniciado no Paleoceno (70 Ma). O arquipélago de Alcatrazes e as intrusões das rochas alcalinas das ilhas de São Sebastião, Búzios e Vitória, alinhadas ao largo da costa de São Paulo, se situariam próximo a essa Serra do Mar ancestral. A erosão da serra por

ação de rios, mar e movimentos em massa de suas vertentes tê-la-ia feito recuar durante o Cenozóico (~70 Ma), até três a quatro dezenas de quilômetros, abandonando numerosas ilhas e baixios próximos à costa atual (Almeida & Carneiro, 1998). Contudo, a hipótese do recuo erosivo das vertentes da Serra do Mar só poderá ser confirmada quando se dispuser de melhores conhecimentos sobre a Falha de Santos e, de modo geral, sobre a tectônica e sedimentação cenozóica da Plataforma Continental média e interna, diante da Serra do Mar.

Entretanto, outros trabalhos suscitam questionamentos a respeito da gênese e evolução da Serra do Mar, especificamente da determinação da intensidade, magnitude e frequência de processos como tectônica e erosão diferencial atuantes.

Ao estudar o relevo da Serra do Mar no Estado de São Paulo, De Martonne (1933) comparou-o à Serra *Espinausse* francesa, interpretando-a como resultado de um fraturamento em estreitos blocos de falha, que teriam sofrido abatimento em direção à Baixada do Cubatão, com a consequente abertura de vales nos ângulos das falhas. Essa teoria foi rebatida por Almeida & Carneiro (1998), que alegaram que a grande falha transcorrente pré-cambriana do Cubatão, que atravessa todo o Planalto Atlântico no Estado de São Paulo, com o recuo erosivo do fronte serrano, foi alcançada pela erosão remontante do Rio Cubatão. Em seu recuo erosivo a escarpa alcançou a falha e por ela se estendeu para oeste, separando a Serra do Pai Matias da escarpa principal. Um seu afluente, o Rio Moji, teve idêntico desenvolvimento, acompanhando a falha para leste e separando a Serra do Morrão da escarpa do Cubatão. A falha, nesta região, põe em contato rochas de diferentes resistências à erosão, como metassedimentos que incluem filitos, metacalcários, xistos e quartzitos no bloco norte, e um complexo gnáissico-migmatítico-granítico a sul.

Ainda quanto a possível atuação de eventos tectônicos atuantes nesta porção da Serra do Mar, Sadowski (1974), em seu estudo sobre a Serra de Cubatão, não encontrou evidências de que as grandes escarpas tenham resultado de movimentos recentes na Falha de Cubatão ou de outras da região. Almeida & Carneiro (1998) ratificam salientando que a Serra do Quilombo, a sul da Falha de Cubatão, sustentada por granitos isótropos cambro-ordovicianos que penetraram migmatitos do Complexo Costeiro, eleva-se à mesma altitude dos testemunhos da superfície do Japi no planalto, bem como o não-desnivelamento do relevo do interior do planalto na falha situada a nordeste da estação ferroviária de Paranapiacaba. Estas seriam indicações de que a falha não registra deslocamentos verticais entre os blocos que separa, não sendo assim responsável pela origem da escarpa da Serra do Mar na região. A Serra do Mar não denota evidências de ter resultado de importantes

falhamentos neotectônicos ocorridos em seu sítio atual e a análise das estruturas e relevo evidencia que a serra resultou de erosão diferencial regressiva, adaptando-se nesse processo à extrema diversidade de estruturas geológicas e de resistência diferencial das rochas à erosão, bem como à morfotectônica que se manifestou no Planalto Atlântico durante o Paleógeno e o Mioceno.

Outra importante conclusão de Almeida & Carneiro (1998) é que o evento tectônico iniciado no Paleoceno, que causou a deformação por flexuras e falhamentos da Superfície Japi, dando origem às bacias tafrogênicas do sudeste do Brasil e a Serra da Mantiqueira, também tenha feito surgir a Serra do Mar na área da atual plataforma continental, por soerguimento do bloco ocidental da Falha de Santos e abatimento do oriental, que se cobriu com sedimentos marinhos cenozóicos. Sugerem que no decorrer de três a quatro dezenas de milhões de anos a erosão tenha feito recuar as encostas da serra até sua posição atual.

Ab'Saber (1962) também estudou a geomorfologia regional da Serra do Mar e do litoral de Santos, estabelecendo duas principais fases de deformações tectônicas na gênese da grande escarpa e dos maciços costeiros, conforme descrito a seguir.

<u>Fase 1</u>. É caracterizada pela tectônica rúptil que afetou profundamente a região de Santos. Corresponde a uma fase mais antiga do Terciário (Paleoceno/Eoceno), que se manifestou através de um falhamento em linha quebrada, grosso modo paralela ao eixo do atual Canal da Bertioga (NE/SW), infletindo depois em linha quebrada, para NW, à frente dos atuais esporões truncados da Serra do Morrão, para depois retornar à direção NE, à frente da Serra do Cubatão. Assim formou, para oeste, o maciço do Planalto Atlântico e para leste houve um rebaixamento irregular em blocos de estruturas antigas.

Fase 2. Corresponde a um período de reativação epirogênica do bloco continental meridional o que provocou uma forte flexura continental acompanhada de reativações da tectônica rúptil. Estes fatos foram fundamentais para a evolução da faixa atlântica paulista, a leste das escarpas da Serra do Mar, estabelecendo um mergulho irregular das áreas aplainadas neogênicas, no sentido da margem continental em expansão. Nestes planos inclinados da superfície neogênica flexurada estabeleceu-se uma drenagem que a entalhou profundamente. Em outros setores, os cursos de água se adaptaram às linhas de falhas, diáclases e feixes de diáclases tectônicas, dispostas longitudinal ou transversalmente às estruturas antigas do Escudo. Assim, para a área pré-Serra do Mar, formou-se uma rede de drenagem retangular complexa, misto de rede apalachiana e tectônica, a qual posteriormente for afetada pelas ingressões marinhas quaternárias.

2.4.1 - Caracterização Geomorfológica

Esta caracterização geomorfológica foi baseada nos trabalhos de Ponçano *et al.* (1981), no Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, na escala 1:1.000.000, que utilizou a divisão geomorfológica de Almeida (1964) e sintetizados em SMA (1998). Fundamentado nestes estudos, o relevo da região onde se encontra a área de estudo pode ser agrupado em três grandes compartimentos:

Planalto. O setor de Planalto faz parte da Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, definida por Almeida (1964) que, devido a sua heterogeneidade estrutural e grande diversidade de formas de relevo, estabeleceu-se uma divisão em onze zonas. A área do planalto abrangida pela área de estudo e conseqüentemente pelo Parque Estadual da Serra do Mar/Núcleo Cubatão (PESM/NCb) está inserida na Zona do Planalto Paulistano.

O Planalto Paulistano caracteriza-se por um relevo suavizado formado por morros e espigões com altitudes, em geral, entre 715 e 900 m, drenados pelo rio Tietê. No setor centro-norte deste planalto encontra-se a bacia sedimentar de São Paulo, de origem tectônica e de idade terciária. O limite sul do Planalto Paulistano coincide com as cumiadas das serras do Mar e Paranapiacaba, que se apresenta orientado na direção geral E-NE das antigas estruturas do Planalto Atlântico.

Serrania Costeira. A Serrania Costeira, e a Baixada Litorânea compõem, segundo Almeida (1964), a *Província Costeira* que compreende a área do Estado drenada diretamente para o mar constituindo o rebordo do Planalto Atlântico. A Serrania Costeira corresponde a uma região serrana de escarpas abruptas e festonadas, denominada Serra do Mar e que ocorre ao longo de todo o Planalto Atlântico. Este relevo desenvolve anfiteatros separados por espigões, com desnível em torno de 800 a 1200 m entre a borda do planalto e a baixada litorânea. Segundo o mesmo autor, na região santista, por influência também das condições litológicas, o recuo das escarpas foi mais acentuado. A frente escarpada desfez-se em cristas paralelas à linha de costa, uma das quais chega ao mar em Mongaguá. As proeminências da frente serrana, próximas do Canal da Bertioga, são sustentadas por rochas graníticas mais resistentes, assim como relevos mais ou menos isolados na planície, como os morros de São Vicente e da Ilha de Santo Amaro.

<u>Baixadas Litorâneas</u>. Fulfaro *et al.* (1974), com base no controle estrutural e nos processos de sedimentação quaternários, dividiram o litoral paulista em três

compartimentos: Iguape-Cananéia, Santos-Itanhaém-Peruíbe e Caraguatatuba. Suguio & Martin (1976) também admitem diferenças na dinâmica de sedimentação entre o Litoral Sul e o Litoral Norte, como reflexos da tectônica paralelos à linha de costa, e identificam quatro setores: Cananéia-Iguape, Itanhaém-Santos, Bertioga-Ilha de São Sebastião e Ilha de São Sebastião-Serra do Parati.

2.5 - Vegetação

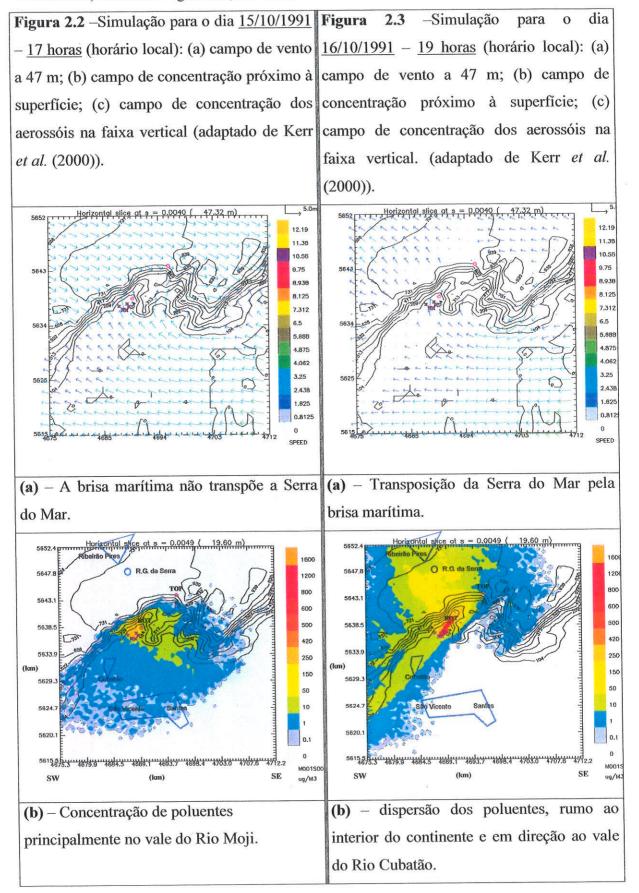
A Mata Atlântica e os ecossistemas associados são ricos em biodiversidade, sendo considerados "Reserva da Biosfera da Mata Atlântica", pela UNESCO. No Brasil, sua ocorrência geográfica é distribuída ao longo de toda a Costa Atlântica, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul, que pouco resta preservado. A área melhor preservada ocorre na região sudeste do Brasil, em especial nos estados de São Paulo e Paraná, graças ao declivoso relevo das escarpas da Serra do Mar, que dificulta em muito as ações de agricultura. Em São Paulo, há apenas menos de 7% da cobertura original, sendo que 3% encontram-se protegidos por lei em Unidades de Conservação, como o Parque Estadual da Serra do Mar, que engloba os núcleos: de *Cubatão, Picinguaba, Caraguatatuba e Cunha* (SMA, 1998).

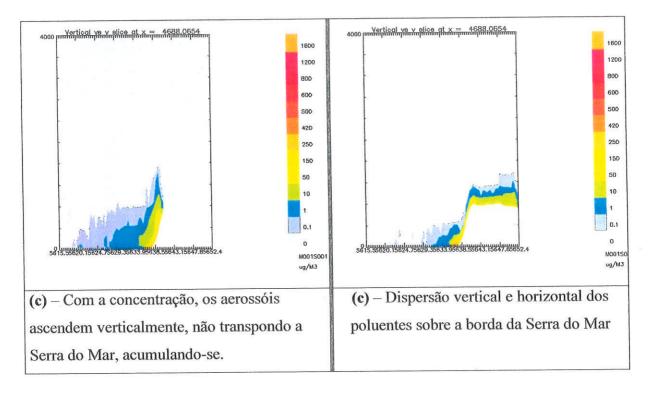
Particularmente para o Estado de São Paulo, a Mata Atlântica (floresta pluvial tropical atlântica) está representada por três diferentes formações (Joly et al., 1991): a floresta da planície costeira, as florestas de encostas e as florestas de altitude. Na área de estudo predomina a floresta pluvial tropical de encosta. Toda ela está inserida no Parque Estadual da Serra do Mar, no Núcleo Cubatão. A situação ecológica em que se encontra a Mata Atlântica por toda a área do núcleo é grave, principalmente nas regiões dos vales dos rios Cubatão e Mogi. A partir de 1954, a intervenção antrópica tornou-se mais atuante com a instalação de refinarias de petróleo, pólo petroquímico, fábricas de fertilizantes etc., gerando intensa poluição ambiental (ar, solo e águas).

Atualmente, o município de Cubatão possui aproximadamente 23 grandes empreendimentos industriais (químico, petroquímico, celulose, fertilizante) e 80 pequenas e médias empresas localizadas no sopé da Serra do Mar e na entrada do vale do Rio Moji.

Como forma de ilustrar a atuação da poluição na área de estudo, com especial atenção ao vale do Rio Moji, vale ressaltar o trabalho desenvolvido por Kerr *et al.* (2000) que investigou a dispersão de aerossóis inaláveis principalmente emitidas por indústrias de

fertilizantes em Cubatão, associando a dispersão de poluentes com as brisas marinha e continental, conforme Figura 2.2, 2.3 e 2.4.





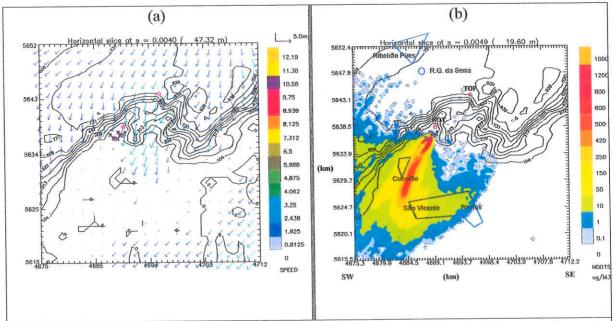


Figura 2.4 –Simulação para o dia 17/10/1991 – 4:00 h (horário local): (a) campo de vento a 47 m; (b) campo de concentração próximo à superfície. Os poluentes dispersam-se à noite em direção ao mar, atingindo principalmente as cidades de Cubatão, São Vicente e Santos. Adaptado de Kerr *et al.* (2000).

Os ventos constantes que sopram do mar carregam os poluentes de encontro a Serra do Mar, em uma área restrita, onde existe concentração de poluentes muito elevada. Esta poluição tem permanente manifestado os seus efeitos tóxicos na vegetação, resultando na

morte da floresta em várias áreas. Os morros e vertentes sem cobertura vegetal, em uma região de elevada precipitação pluviométrica, ficam vulneráveis aos processos de movimento de massa, que já determinaram vários deslizamentos (Leitão Filho, 1993).

As florestas de encosta no município de Cubatão exibem duas fisionomias muito distintas (Leitão Filho et al., 1989) em função da poluição atmosférica: áreas fortemente impactadas (Marino et al., 1990) particularmente ao longo dos vales dos Rios Cubatão e Moji, e áreas menos impactadas, principalmente ao longo dos vales dos Rios Pilões e Quilombo. A razão básica destas acentuadas diferenças reside no fato de que os ventos que sopram do litoral carregam os poluentes diretamente de encontro à encosta da Serra do Mar, maximizando os impactos em regiões restritas e minimizando estes impactos em regiões próximas. A conseqüência deste fenômeno é uma discrepância florística e fitofisionômica muito grande em áreas próximas que foram, no passado, florestas uniformes e contínuas.

Conforme Ab'Saber (1987), a perda da cobertura florestal natural da encosta da Serra do Mar acelerou e deu maiores dimensões aos problemas ecológicos da região, em especial aos catastróficos deslizamentos ocorridos em várias ocasiões.

Leitão Filho et al. (1993) realizaram estudo do impacto da poluição no período de janeiro de 1987 a junho de 1990, em duas áreas distintas do município de Cubatão, sendo uma no vale do Rio Pilões, e outra no vale do Rio Moji. Na região de Pilões, a floresta de encosta é bem desenvolvida e preservada, com árvores de até 25 m de altura, com sobreposição de copas e estrato arbóreo intermediário bem evidente. Nas três áreas amostrais ocorrem 42 famílias, 98 gêneros e 75 espécies, entre 407 indivíduos amostrados. No Rio Moji a vegetação é fortemente alterada, com as árvores de altura média de 4,39 m, com um mínimo de 2m e máximo de 7m. Na área amostral ocorrem apenas 19 famílias, 27 gêneros e 30 espécies, entre 203 indivíduos amostrados. Nesta área, as pioneiras e as secundárias iniciais somam 90 % das espécies e 98 % dos indivíduos. Esses números são reflexos das condições ambientais do local, submetidos a uma constante e intensa poluição atmosférica, com deposição de poluentes particulados no solo (Leitão Filho, 1993). Na área do Rio Pilões, por outro lado, a soma das pioneiras e secundárias iniciais perfaz 74,6% das espécies e 87,1 % dos indivíduos. Desta maneira, esta área tem um caráter sucessional pouco mais maduro que a área do vale do Rio Moji, evidenciando menor afetação pela intervenção antrópica. A área do vale do Rio Moji, por outro lado, mostra um quadro de disclímax, onde o processo sucessional está paralisado pela permanente e crescente poluição atmosférica, indicando que sua recuperação só será possível mediante controle da poluição a um nível que possibilite a recuperação do solo e das características ambientais que permitam o restabelecimento do processo normal de sucessão (Leitão Filho, 1993).

2.6 - Clima

Monteiro (1973, apud SMA 1988) considerou as características da circulação atmosférica regional, fundamental para o entendimento climático, especialmente no que tange ao equilíbrio geomorfológico e à variabilidade pluviométrica nos diferentes setores da Serra do Mar.

O sudeste do Estado de São Paulo consiste numa região climática muito bem individualizada em relação às demais regiões climáticas do Estado. Essa individualização é assegurada, principalmente, pela influência do fator relevo na circulação atmosférica típica do SE do Brasil. A acentuada e abrupta variação dos níveis altimétricos (entre 0 e aproximadamente 1000 m) e a orientação geral da Serra do Mar na direção WSW-ENE, interfere na dinâmica das chamadas "Correntes perturbadas do Sul" (fenômenos atmosféricos relacionados diretamente ao mecanismo de avanços e recuos da Frente Polar Atlântica).

Devido às próprias características termodinâmicas dessas correntes e ao elevado teor de umidade do ar a elas subordinado, esta circulação tende a dar origem a tipos de tempo altamente instáveis. Esse fato é agravado junto ao litoral paulista e à Serra do Mar, principalmente efeito orográfico. As consequências desse efeito são os elevados índices pluviométricos, quando comparados às outras regiões do Estado. Trata-se de uma das áreas mais chuvosas do Brasil, com pluviosidade comparável à da Amazônia, porém, agravante de que essa é concentrada em certos períodos do ano e o relevo é íngreme.

Essa elevada pluviosidade e as características geomorfológicas da vertente atlântica somadas à degradação da Floresta Tropical Atlântica, causam intensos movimentos de massa, principalmente no verão. Em geral, esses episódios são deflagrados por chuvas associados à atuação de frentes semi-estacionárias, que se estendem por período mais prolongado (2 a 4 dias). Esses movimentos de massa chegam a assumir caráter catastrófico em locais com densa e inadequada ocupação humana.

Portanto, embora as maiores precipitações ocorram desde o fim da primavera até o início do outono, isto não significa que chuvas do fim de outono até início de primavera não representem riscos à região, notadamente em anos ditos chuvosos.

É preciso ressaltar que na área ocorrem três tipos de chuvas:

- a) Chuvas frontais: originadas pelo choque de sistemas atmosféricos diferentes, no caso extratropical com destaque para a Massa Polar Atlântica Pa e outra tropical com destaque para a Massa Tropical Atlântica TA. Cada uma dessas massas apresenta diferenças de temperatura, umidade e pressão e, além disso, a Pa possui bastante mobilidade, desloca-se de sua região de origem, o Pólo Sul, até latitudes mais baixas, adquirindo na sua trajetória características das áreas por onde passa. Já a Ta origina-se do anticiclone semifixo tropical atlântico e exibe menor mobilidade. Em períodos de maior pluviosidade, há predomínio de massas de ar quentes e úmidas originárias do Equador. Sistemas frontais e locais interagem com essas massas intensificando as chuvas. Nessa época do ano, os sistemas frontais não apresentam contrastes térmicos bem definidos. As chuvas mais fortes ocorrem durante a passagem de sistemas mais intensos, quando se tornam semiestacionários por 2 a 4 dias.
- b) Chuvas orográficas: Os ventos úmidos provenientes do oceano, ao se depararem com a Serra do Mar (barreira orográfica), são forçados a ascender para transpô-la, com perda da temperatura, que causa condensação do vapor d'água e conseqüente chuva.
- c) <u>Chuvas convectivas</u>: A alta umidade do ar, associada às altas temperaturas e às características fisiográficas locais, cria condições para intensa evaporação e precipitação, que são mais restritas em termos espaciais e temporais.

A ocorrência e a intensidade de chuvas numa área são fortemente controladas pelas características locais como diferenças de relevo (forma e hipsometria), de vertentes e ocupações humanas, que se conjugam a fatores regionais, criando localmente condições que se refletem na pluviosidade. Nas proximidades da área de estudo, a orientação da Serra do Mar contrapõe-se aos ventos do quadrante sul, dominantes na área, forçando sua elevação. Além disso, nesse trecho a serra aproxima-se do oceano e exibe variação altimétrica muito brusca (0 a 800), realçando o efeito orográfico. Vales encaixados e condições locais intensificam também as chuvas convectivas em alguns trechos.

A análise das médias mensais durante 30 anos mostra variações de pluviosidade na Serra do Mar na região de Cubatão, exibida na Tabela 2.2.

COMPARTIMENTO	CUBATÃO		
Posto Pluviométrico	Barragem das Pedras	Saboó	
Meses Críticos	dez-jan-fev-mar (460mm)	dez-jan-fev-mar (300mm)	
Meses Intermediários	set-out-nov-abr (360mm)	set-out-nov-abr-mai (200mm)	
Meses Menos Chuvosos	mai-jun-jul-ago (200mm)	jun-jul-ago (100mm)	
Mês Mais Chuvoso	dezembro (M.M 520mm)	Janeiro (340mm)	

Tabela 2.2 - Variações dos valores de média mensais de chuva em dois postos pluviométricos de Cubatão, em diferentes épocas. Fonte: Secretaria Estadual de Meio Ambiente - SMA (1988)

Na tentativa de prevenir impactos danosos das chuvas nos meses mais críticos na deflagração de movimentos de massa e suas consequências sobre as populações estabelecidas em áreas de risco (como os Bairros Cotas), foi implantado em 1988 o Plano Preventivo de Defesa Civil (PPDC), pelo Instituto Geológico (Secretaria Estadual de Meio Ambiente) e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia), coordenado pela Defesa Civil Estadual, nos municípios da Baixada Santista e do Litoral Norte. O monitoramento de chuvas acumuladas durante 72 horas permite a Defesa Civil indicar estados de atenção, alerta e emergência. No último caso populações em situações de risco são removidas dos locais e levadas para abrigos da prefeitura.

2.7 - Breve Histórico da Ocupação da Área (SMA, 1995)

Cubatão, segundo a língua indígena (provavelmente Tupi), significa "Rio que desce em degrau".

Cubatão corresponderia a uma sesmaria doada por Martin Afonso de Souza a Rui Pinto, no século XVI. Posteriormente, o Município de Cubatão foi oficialmente criado em 1883. Segundo Damiani (1983) as principais atividades econômicas da época eram a pesca e o extrativismo vegetal, (carvoejamento). Essas atividades constituíram as primeiras intervenções antrópicas que levaram ao desenvolvimento de mata secundária em setores desmatados das encostas, tornando-os mais suscetíves aos escorregamentos.

A partir de 1900 iniciou-se a instalação das primeiras indústrias em Cubatão. Logo começaram a construção de vilas de operários ao longo do vale do Rio Cubatão, que passou a ser ocupado em caráter definitivo.

Em 1938, com o início da construção da Via Anchieta, interligando São Paulo a Santos e através do atual Parque Estadual da Serra do Mar, foram estabelecidos acampamentos para funcionários dessas obras, que posteriormente abrigaram operários encarregados de manutenção da rodovia (Machado Filho & Rodrigues, 1984).

Com a inauguração da Via Anchieta, em 1947, invadiu áreas adjacentes aos acampamentos, cuja ocupação foi intensificada em meados da década de 1950, com o desenvolvimento e implantação do Pólo Industrial de Cubatão (César et al., 1984).

Esta expansão industrial não contou com qualquer planejamento urbano e a deficiência de infra-estrutura habitacional aliada a outros fatores como o crescimento vegetativo da população, facilidade de acesso e grande afluência de parentes dos antigos residentes dos acampamentos, resultou em ocupação muito caótica e inadequada.

Áreas impróprias como o vale inundável do Rio Cubatão hoje correspondente ao núcleo habitacional Água Fria ou Calha do Rio Cubatão, manguezais e encostas da Serra do Mar foram indistintamente invadidas, dada a crescente carência de áreas mais adequadas a habitações no município. Algumas indústrias, como a Companhia Santista de Papel, conseguiram manter forte vigilância em terrenos sob seus cuidados evitando, assim, invasões (IPT, 1984).

As encostas da Serra do Mar, devido à proximidade do Pólo Industrial e à abundância de água, passaram a atrair populações de baixa renda, constituindo novos núcleos e adensando os anteriores, sobretudo nos locais conhecidos como Cota 500 (km 44,5 da pista descendente da Via Anchieta), Cota 400 (km 47,0), Cota 200 (km 49,0), Cotas 95/100 (km 52) incluindo bairros adjacentes com o Grotão do Miranda.

O processo de ocupação dos chamados Bairros Cotas manteve-se durante algum tempo estável, mas, com a implantação de serviços básicos de apoio aos moradores (eletricidade, ônibus, escolas e assistência médica), houve incremento populacional, e até organização de uma associação de moradores (César *et al.*, 1984). Migrações oriundas sobretudo da região nordeste do país, predominaram a partir da década de 1970 principalmente em função da à demanda no setor de construção civil na Baixada Santista

Órgãos estatais como DERSA, em 1969, e o Instituto Florestal/SMA, em 1973, passaram a tomar atitudes isoladas para reverter esse quadro através, por exemplo, do como financiamento de construção para casas populares em locais mais seguros. Porém, tentativas de remoção dos núcleos já estabelecidos foram infrutíferas (César *et al.*, 1984).

Com o agravamento das crises econômica e social brasileira, sobretudo no início da década de 1980, muitas famílias abandonaram a zona central de Cubatão, fugindo da

especulação imobiliária e aumentando ainda mais o número de edificações precárias em bairros periféricos como Cotas e Água Fria. Um exemplo alarmante deste crescimento populacional adicional é alertado por Machado Filho & Rodrigues (1984), que notaram na Cota 95/100 incremento populacional de 242% no período de 1979-80. Estudos efetuados pelo IPT (1984) apontaram uma densidade demográfica média de 4,4 habitantes/casa nos Bairros Cotas.

Outra tentativa de remoção foi efetuada pelo governo do Estado no período 1989-90, porém também sem êxito. A diminuição da densidade demográfica observada neste período (3,8 habitantes/casa) não representou menor ocupação das áreas habitadas. Ao contrário, essas populações, na pressa de ocuparem espaços livres, destruíram a vegetação natural e os dispositivos de drenagem previamente instalados (canaletas superficiais e drenos profundos), além de danificar instrumentos geotécnicos de controle de estabilidade dos maciços.

Todas estas localidades constituem núcleos habitacionais consolidados, geralmente limitados pela Via Anchieta e ainda, no caso do Grotão do Miranda e da Água Fria, estes limites são restringidos, pela Companhia Santista de Papel e pelo Terminal da Petrobrás, respectivamente. A ocupação atual destas áreas é, em geral, executada por barracos precários construídos em meia encosta ou em porções inundáveis com materiais diversos repetidamente reciclados. Cada núcleo apresenta problemas distintos de saneamento básico e infra-estrutura, que se tornam cada vez mais graves à medida que sua população aumenta. Uma rápida intervenção mais efetiva que as anteriores das autoridades competentes torna-se, então, imprescindível para solução desta situação.

A tabela 2.3 mostra um resumo sobre o histórico de ocupação da área de estudo.

Segundo SMA (1988), são também importantes outras ações antrópicas na área de estudo, como descrito a seguir.

Mineração - As atividades de mineração são observadas na região de entorno do Parque Estadual da Serra do Mar, que trazem sérias conseqüências ao meio ambiente, tanto aos meio físico e biológico como pela introdução de outras formas de uso e ocupação do solo em unidades de conservação com áreas urbanizadas e estabelecendo relações de conflito. Essas atividades, em algumas etapas, representam uma interferência direta e significativa nos processos de escorregamento, como tem acontecido em pedreiras de brita na Baixada Santista (SMA, 1988). É possível observar também extração clandestina de areia para construção civil nos cursos inferiores dos canais dos rios Mogi e Cubatão, através de barcas móveis. Outro tipo de mineração é a extração de material de empréstimo. Essa

exploração, que geralmente é feita de forma inadequada, propicia a erosão e conseqüentemente, o assoreamento de sistemas de drenagem, causando enchentes.

Intervenção	Ano
Sesmaria doada a Rui Pinto	Século XVI
Construção da Calçada do Lorena	1790
Construção da Ferrovia Santos-Jundiaí (Railway Co.)	1860
Fundação do Município de Cubatão	1883
Primeiras Indústrias	1900
Construção do "Caminho do Mar"	1913-25
Usina da Companhia Paulista de Papel	1922
Construção da Usina Henry Borden	1926-33
Construção da Ferrovia Santos-Mairinque (Vale do Rio Cubatão)	1937
Início de construção da Rodovia Anchieta	1938
Término de construção da Rodovia Anchieta	1947
Pólo Industrial de Cubatão	1950
Construção de oleoduto Santos-São Paulo	1950
Refinaria Presidente Bernardes - Petrobrás	1955
Copebrás S/A	1958
Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA	1963
Rhodia Indústrias Químicas S/A	1966
Cimento Santa Rita S/A	1968
Início de Construção da Rodovia dos Imigrantes	1970
Liquid Química S/A	1970
Aumento da Imigração de Trabalhadores	1970
Ultrafértil S/A.	1970
Desenvolvimento de Bairros Cotas	1970
Término de construção da Rodovia Imigrantes	1974
Implantação do Sistema de Cremalheira Elétrica na Ferrovia Santos-Jundiaí	1974
Petrocoque S/A. Indústria e Comércio	1975
Manah S/A. Comércio e Indústria	1977
Acirramento da crise economia brasileira	1980
Grande crise de poluição e degradação ambiental da área de estudo	década de 80
Implantação do Parque Estadual da Serra do Mar	1985
Início de construção da pista descendente da rodovia dos imigrantes	1998
Grande escorregamento na Rodovia Anchieta, paralisando suas atividades	1999
Término da construção da pista descendente da Rodovia dos Imigrantes	2002

Tabela 2.3 – Resumo do histórico das intervenções antrópica na área de estudo (adaptado de Damiani, 1983).

Obras lineares – (a) SP-55 – Estrada Piaçagüera-Guarujá (interligando o complexo Anchieta-Imigrantes até o município de Guarujá). (b) SP-148 (Estrada Velha de Santos) Esta estrada é também chamada de "Caminho do Mar" foi construída em 1913 e 1925 seguindo o antigo leito da antiga "Estrada da Maioridade", de 1846. Foi tombada pelo CONDEPHAAT, e não apresenta tráfego regular, pois é muito atingida por processos de

movimentos de massa que interrupções da pista). (c) SP-150 (Via Anchieta), que também é extremamente problemática, principalmente nos trechos da "Curva da Onça" e no "Morro do Piche". Na "Curva da Onça" verifica-se rastejo de grande corpo de tálus, comprometendo seriamente um viaduto ali existente. Foi substituído por aterro instrumentado, em 1978, construído lateralmente ao viaduto, onde se faz acompanhamento periódico de seu comportamento sobre o corpo de tálus até hoje. (d) SP-160 (1ª e 2ª pistas da Rodovia dos Imigrantes), onde não só a rodovia, mas principalmente suas estradas de serviço são monitoradas, pois podem afetar a estabilidade das vertentes, que podem fornecer material para assoreamento das drenagens a jusante. Em 17 de dezembro de 2002 foi inaugurada a pista descendente da Rodovia dos Imigrantes,no seu trecho de serra. Esta é uma estrada sofisticada que possui três túneis, um dos quais com 3.146 m de comprimento e representa túnel rodoviário mais extenso do Brasil. A construção foi iniciada em setembro 1998 e está dividia em três trechos, totalizando 21 km de extensão, sendo 4,99 km no trecho do planalto, 11,48 km no trecho serrano e 3,76 km restantes na planície (Medeiros, 2002). Contudo, não foram realizados trabalhos mais detalhados para avaliação do impacto deste empreendimento na área de estudo.

Ferrovias - A empresa ferroviária de nome MRS (que substituiu a Rede Ferroviária Federal - RFFSA) tem implantada duas linhas ferroviárias no trecho da Serra do Mar, ligando a Baixada Santista ao Planalto Paulistano, com extensão de aproximadamente 10 km, através dos sistemas funicular (desativado) e cremalheira (ativado). Foram implantadas ao longo das vertentes da Serra do Morrão, passando pela histórica vila de Paranapiacaba. A alta declividade no local condicionou a retenção de espessuras mínimas de solo, e o fraturamento das rochas determinou alteração diferencial isolando matacões no meio de solo. Porisso, o material mobilizado é predominantemente composto de blocos e matacões, que são dirigidos para vales fechados e transportados por drenagens de alta energia.

A empresa ferroviária FERROBAN (sucessora da FEPASA) tem implantada uma ferrovia de aproximadamente 30 km na margem direita do vale do Rio Cubatão. É uma importante via de escoamento de carga de São Paulo até o Porto de Santos e ouras partes da planície costeira até o vale do Rio Ribeira de Iguape, ao sul.

<u>Tubos adutores</u> - As principais dutovias presentes na área são os oleodutos da PETROBRÁS, os aquedutos da ELETROPAULO e da SABESP. Na região de Cubatão, duas faixas de tubos adutores transpõem as escarpas da Serra do Mar: os oleodutos da Refinaria Presidente Bernardes da PETROBRÁS e os aquedutos d a Usina Hidrelétrica Henry Borden. Na região existe também complexo sistema de tubos adutores que

interligam todo o parque industrial, que é inteiramente situado sobre a planície costeira e normalmente instalados sobre aterros suscetíveis a escorregamentos das encostas e enchentes. Uma área de problemática é representada pelo setor 8 da zona industrial de Cubatão, próxima à Refinaria Presidente Bernardes. Este local situa-se no km 60,7 da Rodovia Piaçagüera-Guarujá que é considerada em situação de risco altamente crítica. A rede de tubos adutores está instalada em substratos constituídos de cortes, aterros em terrenos naturais. A montante da faixa de tubos adutores existe um talude de corte, com aproximadamente 100 m de extensão por 25 m de altura, que se encontra confinado lateralmente por dois depósitos de sopé de encosta. Este trecho dos tubos adutores vem sofrendo movimentação desde o período chuvoso de 1985, quando chegou a romper e desde então, vem sendo constantemente monitorado.

<u>Linhas de Transmissão</u> - As linhas de transmissão elétrica também podem ser afetadas por movimentos de massa em áreas próximas, mesmo que não diretamente ligados a estas obras. É possível encontras também problemas nas estradas de acesso para acompanhamento das Linhas de Transmissão (LTs), comprometendo trabalhos de manutenção.

2.8 - Síntese de Trabalhos Prévios Sobre a Evolução de Relevo na Área de Estudo

Alguns trabalhos sobre evolução de relevo foram realizados na área de estudo. Entretanto, nenhum deles tratou de forma integrada parâmetros geomorfológicos, estratigráficos e morfotectônicos.

Na área de estudo, Suguio & Kutner (1969) estudaram os sedimentos carreados do Rio Cubatão, tanto em suspensão como por tração, sendo caracterizados alguns aspectos geológicos e geomorfológicos envolvidos na sedimentação do Rio Cubatão.

Baccaro (1982) estudou a evolução das vertentes da Serra do Mar em Cubatão por meio do controle sistemático dos processos erosivos gravitacionais (movimentos de massa), durante três anos, comparando duas sub-bacias hidrográficas, afluentes dos rios Mogi e Cubatão, uma com maior e outra com menor interferência antrópica. A autora utilizou-se da teoria sistêmica, como método para o estudo da evolução das vertentes, tendo como principais variáveis à morfologia, a precipitação, o substrato rochoso, a vegetação, o escoamento superficial de água, a declividade, a gravidade, a ação antrópica e o tipo de depósito de cobertura. Foi gerada uma carta morfológica em escala de 1:100.000.

Domingues (1983) estudou a evolução das vertentes da Serra do Mar em de Cubatão, a partir do entendimento da capacidade de transporte dos processos fluviais, que desencadeiam os processos morfogenéticos e morfodinâmicos pela retirada de materiais das escarpas do Planalto Atlântico, relacionando-os com dados da pluviometria, morfologia, declividade e formações superficiais. Foram identificados depósitos de tálus, coluviões e aluviões e realizados estudos granulométricos básicos, porém sem datações e correlações estratigráficas ou estudos neotectônicos desses depósitos.

Furian (1987) aprofundou estudos em importantes pesquisas de processos morfogenéticos de vertente, na Serra do Mar em Cunha (SP), através de trabalhos experimentais, para o entendimento da dinâmica superficial da água no escoamento das águas pluviais.

Nalon (2000) elaborou um mapa de risco de escorregamento, na escala de 1:100.000, a partir da estimativa da contribuição relativa dos fatores naturais: cobertura vertente processos hipsometria, exposição da solos, clinografia, vegetal, geomorfológicos, litologia, morfologia e a precipitação pluviométrica, na geração de escorregamentos. O trabalho baseou-se em um método indireto estatístico multivariado, a análise discriminante, utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG) como ferramenta para a construção de um modelo de risco de escorregamento. O estudo desenvolveu-se na área do Parque Estadual da Serra do Mar, (região de Cubatão), compreendendo os vales dos rios Mogi, Perequê, e parte dos vales dos Rios Pilões e Cubatão,

3 - TRABALHOS REALIZADOS E MATERIAIS UTILIZADOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram fundamentais três etapas: a) Trabalhos de Gabinete; b) Trabalhos de Campo e c) Trabalhos de Laboratório.

3.1. - Trabalhos de Gabinete

Para a compreensão da evolução das vertentes do relevo da Serra do Mar durante o Quaternário, foi adotada uma abordagem metodológica baseada na avaliação de formas, processos e materiais (Hart, 1986), incluindo também a ação antrópica.

Para início e aprofundamento do estudo desses parâmetros na área, foi necessária a elaboração de uma Carta Morfológica. Esse tipo de carta permite extrair informações morfológicas e morfométricas, tais como formas, evidências morfológicas de processos erosivos e deposicionais, unidades morfológicas de vertente, hidrografia, curvas de nível etc.. Não se pode denominá-la, portanto, de geomorfológica, pois não agrega informações de morfodinâmica, morfogênese e morfocronologia (Tricart & Demek, 1972).

A Carta Morfológica da área de estudo foi elaborada a partir da interpretação de fotografias aéreas de 1962 (vôo USAF) e 1994 (vôo BASE S.A.), ambos os vôos na escala de 1:25.000. Foram tratadas as seguintes feições geomórficas: rede hidrográfica; vales em "V"; evidências de processos erosivos atuais e pretéritos, como escoamento superficial concentrado (sulcos e ravinas), erosão lateral (leito e margens de drenagens), movimentos de massa ou gravitacionais (escorregamentos, corridas de detritos); evidências de processos deposicionais (depósitos de colúvios, tálus, leques aluviais e fluviais) e feições morfotectônicas (facetas trapezoidais e triangulares).

Para facilitar o estudo dessas feições foram elaboradas, a partir da Carta Morfológica:

- (a) Carta de Facetas (Anexo 2), na qual foram destacadas várias famílias e gerações de facetas;
- (b) Carta de Processos Erosivos (Anexo 3), que apresenta as evidências de processos erosivos identificados para os anos de 1962 e 1994;
- (c) Carta de Depósitos Quaternários (Anexo 4), com o mapeamento de evidências desses processos.

Os Anexos 2, 3 e 4 foram gerados originalmente na escala de 1:25.000. Entretanto, para melhor forma de apresentação, encontram-se representados na escala de 1:50.000.

A partir do trabalho de gabinete foi possível o planejamento das atividades de campo. Foram priorizadas as incursões nos vales dos Rios Moji e Cubatão, pois apresentam melhores condições de acesso.

3.2 - Trabalhos de Campo

Os trabalhos de campo foram realizados ao longo dos vales dos Rios Cubatão e Moji. No Rio Cubatão, percorreu-se a trilha situada dentro do Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Cubatão), a partir do médio curso do Cubatão em direção à cabeceira do mesmo. Foram identificados alguns dos leques aluviais e depósitos fluviais registrados na Carta Morfológica, e coletadas amostras para estudos granulométricos.

No vale do Rio Moji foi possível percorrer longitudinalmente as vertentes situadas à margem esquerda, pela linha de ferrovia da empresa MRS Logística S.A., desde a cidade de Paranapiacaba (cabeceira do Rio Moji) até a planície costeira. Também foram reconhecidos, em campo, várias das feições identificadas na Carta Morfológica, com destaque para facetas triangulares, depósitos de colúvios e tálus e vários processos erosivos, além do reconhecimento de alguns tipos litológicos.

Vale destacar aqui, a importância da Carta Morfológica como instrumento orientador no planejamento dos trabalhos de campo e na rápida identificação de algumas feições geomórficas em campo.

3.3 - Trabalhos de Laboratório

As amostras de sedimentos coletadas em campo foram analisadas granulometricamente no Laboratório de Sedimentologia do Instituto Geológico/SMA, através do Projeto SIIGAL.

4 - RESULTADOS OBTIDOS E DISCUSSÕES

4.1 - Carta Morfológica

A utilização de fotos aéreas em geomorfologia permite obter uma visão tridimensional detalhado do relevo, constituindo uma fase essencial que precede os trabalhos de campo.

A fotointerpretação se deu pelas etapas discutidas a seguir.

- 1) Utilização de jogos de fotos aéreas obtidas com base em dois sobrevôos, ambos em escala 1:25.000, realizados pela USAF (1962) e BASE (1994). Foi possível abranger aproximadamente 90% da área total da área de estudo. Os outros 10% não foram fotointerpretados por falta de estereoscopia, devido ao desvio de faixas de vôo complementares.
- 2) Confecção do esboço das principais feições utilizando-se estereoscópio e plástico transparente (ultraphan).
- 3) Elaboração da carta base através da junção de todos as informações obtidas nos esboços (overlays).
- 4) Análise dos Resultados Preliminares.

A Carta Morfológica da área de estudo permitiu reconhecer as seguintes feições do relevo: rede hidrográfica; vales em "V"; evidências de processos erosivos atuais e pretéritos, escoamento superficial concentrado (sulcos ou ravinas), erosão lateral (leito de drenagens), processos gravitacionais (movimentos de massa e corridas de detritos); evidências de processos deposicionais (colúvios, tálus, leques aluviais e depósitos fluviais) e feições morfotectônicas (facetas trapezoidais e triangulares).

No estudo preliminar da Carta Morfológica constatou-se, de imediato, a existência de dificuldades relacionadas à identificação simultânea de várias feições. Para atenuar essas dificuldades procedeu-se a elaboração de três cartas temáticas seguintes: *Carta de Facetas* (Anexo 2), *Carta de Processos Erosivos* (Anexo 3) e *Carta de Evidências de Processos Deposicionais* (Anexo 4).

4.2 - Carta de Facetas

A presença marcante de facetas marcante de facetas através de toda a área de estudo, em sua maioria triangulares e de diferentes tamanhos, indicou a necessidade de estudo mais aprofundado sobre a possível gênese e evolução dessas feições, bem como suas relações com outras evidências de processos erosivos.

Segundo Ollier (1981), Selby (1985) e Bloom (1991), as facetas trapezoidais e triangulares são feições indicativas de atividade neotectônica relacionada a forte controle estrutural. São formadas por intensa erosão dos canais de drenagem sobre as vertentes de uma escarpa de falha, gerando desfiladeiros e vales em forma de "V". Os vales resultantes são freqüentemente estreitos e as vertentes na escarpa de falha, entre vales vizinhos, transformam-se em facetas.

Observando a Figura 4.1, acham-se esquematizadas três prováveis fases evolutivas destas feições tectônicas.

Segundo Thornbury (1969, *apud* Demeck, 1972), alguns critérios para identificação de escarpas de falha são: facetas trapezoidais e triangulares, vales profundos, fraca correlação entre resistência litológica e forma topográfica e presença de feições de rifty/gráben ao longo da escarpa.

O exame pormenorizado da continuidade geográfica das facetas triangulares e trapezóides na Carta de Facetas (Anexo 2), permitiu organizá-las de acordo com algumas características semelhantes. Observando cuidadosamente a disposição dessas feições, é possível traçar duas linhas contínuas entre elas, sendo uma *inferior* (traçada e balizada pela direção preferencial das linhas da base das facetas) e uma *superior* (linha traçada e balizada unindo os topos das facetas). As linhas, inferior e superior, ao serem traçadas, não podem cruzar ou cortar facetas. Usando essa metodologia, foi possível unir lateralmente as facetas que apresentam praticamente a mesma orientação e direção, permitindo, assim, a formação de uma FAMÍLIA DE FACETAS (Figura. 4.2).

A união, não mais de facetas, mas agora de um grupo de famílias, praticamente com a mesma orientação e direção, dispostas paralelamente uma em relação à outra (em degraus), permite a formação de uma GERAÇÃO DE FAMÍLIAS DE FACETAS, conforme Figura 4.2.

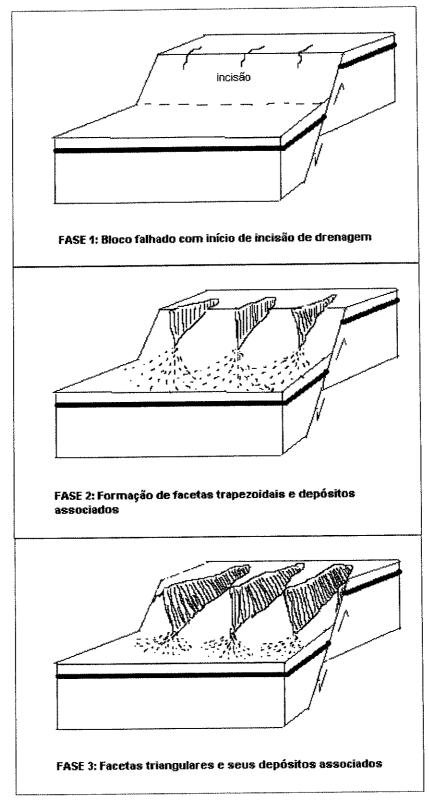


Figura 4.1 - Prováveis fases evolutivas das facetas trapezoidais e triangulares que são formadas pela incisão de escarpa de falha pela drenagem (adaptado de Loczy e Ladeira, 1976).

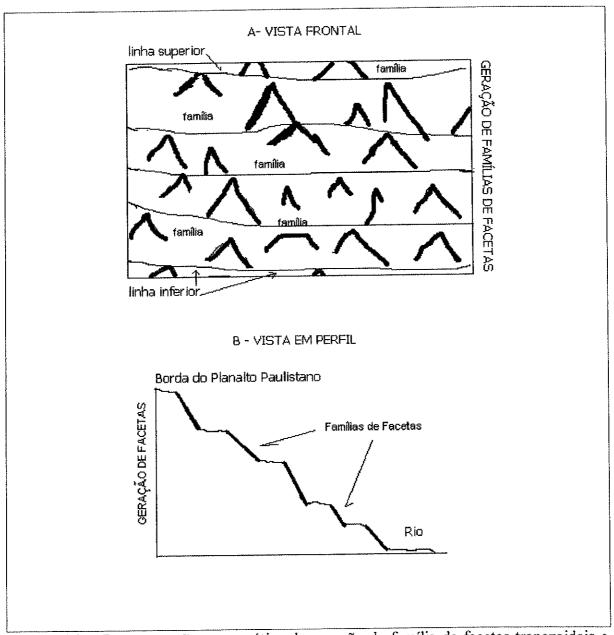


Figura 4.2 – Representação esquemática da geração de família de facetas trapezoidais e triangulares em vistas frontal (A) e em perfil (B), segundo Ribeiro (2003).

4.2.1 - Resultados

Foram identificadas na área de estudo seis gerações de famílias de facetas dispostas em degraus (às vezes em sobreposição) e em diferentes direções, a saber: 1^a - NE, 2^a - NW, 3^a - EW, 4^a - NS, 5^a - NE e 6^a - NW. As Gerações de Famílias de Facetas mais antigas situam-se em níveis topográficos inferiores, enquanto as gerações mais recentes e de menores dimensões, são encontradas preferencialmente em cotas superiores das vertentes.

Dentro de cada geração existem famílias de facetas paralelas e também dispostas em degraus escalonados (*en echelon*) ao longo do perfil das vertentes (Figura 3.2).

A 1ª Geração de Famílias de Facetas (NE) é encontrada apenas ao longo dos vales dos rios Cubatão e Moji (rios de 5ª e 4ª ordens, respectivamente, segundo ordens hierárquicas de Strahler, 1952), distribuídas em ambas as vertentes desses vales. Entretanto, nas vertentes das margens direita do Rio Moji e esquerda do Rio Cubatão, as famílias de facetas são cortadas ou totalmente superpostas pelas gerações subseqüentes, que mascaram as primeiras. As demais gerações estão confinadas somente às vertentes das margens direita do Rio Moji e esquerda do Rio Cubatão. Esta geração mais antiga pode ser encontrada entre cotas que vão de 0 a 700 m.

Nas Figuras 4.3 e 4.4 é possível ver um fragmento de famílias da 1ª Geração.

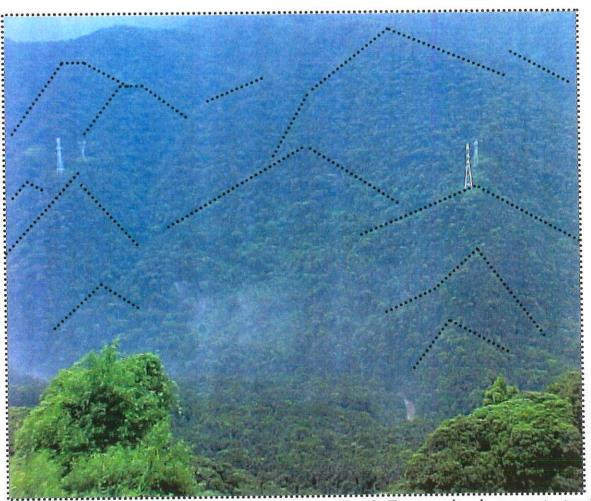


Figura 4.3 - Visão parcial da 1ª Geração de Famílias de Facetas, situada nas vertentes da margem direita do vale do Rio Moji, curso superior.

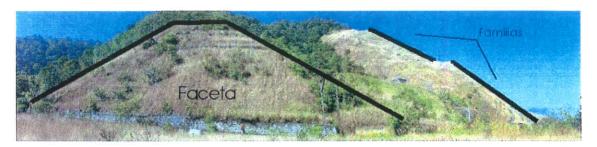


Figura 4.4 - No primeiro plano tem-se visão frontal de uma faceta e à direita, visão lateral de famílias de Facetas da 1ª Geração de Famílias de Facetas, situadas nas vertentes da margem esquerda do vale do Rio Moji, curso superior, ao lado da Estrada de Ferro Santos Jundiaí.

A 2ª Geração de Famílias de Facetas (NW) pode ser encontrada nos seguintes locais: a) na segunda sub-bacia na margem direita do vale do Rio Moji, situando-se aproximadamente nas cotas de 10 a 70 m, cortando a 1ª geração de facetas (NE); b) No curso médio do vale do Rio Perequê, resquícios dessa geração podem se encontrados aproximadamente entre as cotas 0 e 550 m, não sendo possível observar cortando a 1ª geração. Neste lugar a 2ª geração é superposta pelas gerações 3, 4, 5 e 6; c) No vale do Rio Pilões, resquícios da 2ª geração encontram-se no curso inferior do Rio Pilões, aproximadamente nas cotas 25 e 150 m, cortando a geração 1 e sendo superposta pela geração 4, d) Na porção central da área de estudo observam-se duas importantes drenagens (do Planalto Paulistano em direção à planície lagunar-estuarina) com geração 2: uma das drenagens tem a Refinaria Presidente Bernardes adjacente a sua foz, com a geração 2 situada aproximadamente entre as cotas 20 e 750 m. A outra drenagem, situada à direita desta última drenagem, também apresenta a 2ª geração nas cotas que vão de 20 a 750 m, aproximadamente.

A 3ª Geração de Famílias de Facetas (E-W a NWW) é de difícil observação e de ocorrência restrita, podendo representar um evento posterior ao que desenvolveu a geração 4. É possível encontra-la: a) O afluente da margem direita direito do Rio Perequê, cujos resquícios desta geração ocorrem isolados aproximadamente entre as cotas 100 e 500 m cortando a geração 2 e é superposta pela geração 4; b) pequena ocorrência dessa família ocorre cortando a geração 1, na margem esquerda do rio Cubatão, isolada aproximadamente entre as cotas 200 e 400 m; c) No Rio Cubatão de Cima (margem esquerda do Rio Cubatão) observa-se ocorrência pouco conspícua da 3ª geração, cortando a geração 4, entre as cotas 400 e 600 m, aproximadamente.

A 4ª Geração de Famílias de Facetas (N-S) apresenta-se bem representada: a) na margem direita do Rio Moji, entre o primeiro grande afluente e o Rio Perequê, entre as cotas 300 e 700 m, cortando somente a geração 1; b) No vale do Rio Perequê tem-se duas ocorrências desta geração em cotas diferentes. Estas podem ser coetâneas ou não, sendo que a primeira (situada nas cotas 20 e 200 m) corta as gerações 1 e 2. A ocorrência da geração 4 (situada entre as cotas mais altas de 100 e 400 m), parece estar cortando a geração 3.; c) No vale do Rio Pilões, tem-se ocorrência desta geração entre as cotas 20 e 300 m, cortando a 2ª geração de famílias. Contudo, esta geração 4 parece ser cortada pela geração 3, não seguindo a sequência normal das gerações; d) Esse mesmo fenômeno parece também ocorrer no Rio Cubatão de Cima, cujo talvegue é controlado pela 4ª geração, mas ocorre uma superposição da geração 3. A 4ª geração aqui identificada situase nas cotas que vão de 300 a 700 m, aproximadamente.

A 5ª Geração de Famílias de Facetas (NE-SW) representa uma possível recorrência ou reativação dos processos similares que condicionaram a formação da 1ª geração. Pode ser encontrada: a) entre as cotas 500 e 700 m de altitude no último importante afluente direito do Rio Moji, antes do vale do Rio Perequê. Neste lugar, a presente geração parece cortar a geração 2; b) Já no vale do Rio Perequê tem-se três ocorrências restritas em área situadas entre as cotas 300 e 900 m de altitude, aproximadamente, e que cortam as famílias da geração 2; c) finalmente, no vale do Rio Pilões, tem-se apenas uma ocorrência também em cotas superiores (400 a 600 m), que corta somente as famílias da geração 2.

A 6ª Geração de Famílias de Facetas (NW) parece ocorrer somente no vale do Rio Perequê, localizada entre as cotas 700 e 900 metros, parecendo cortar as famílias da 5 geração.

As 2^a, 3^a, e 4^a gerações estão claramente condicionadas por estruturas tectônicas de direções NW e NS e coincidem com os vales fluviais de ordens hierárquicas inferiores, como as sub-bacias dos Rios Perequê (direção geral NS-NW) e Pilões (direção geral NW-NS).

As 5^a e a 6^a gerações apresentam-se muito incipientes. A 5^a geração ocorre somente nas cabeceiras dos Rios Perequê e Pilões e a 6^a geração apenas no segmento mais a montante do Rio Perequê.

Um fato interessante a ser considerado é que nas regiões onde é possível observar sobreposição de gerações, na maioria as que possuem direção NE-SW sobre as de direção NW, ocorrem evidências morfológicas de abatimentos ou solapamento dos blocos do

embasamento, inferidas ora pela presença de mudanças abruptas de declive dos talvegues dos cursos de água (com e sem cachoeiras), ora com embaciamento e isolamento de pacotes de colúvios, principalmente em altitudes mais elevadas (ver Anexo 4).

Observando todas as gerações na Carta de Facetas nota-se que não há ocorrência nem distribuição preferencial entre formas trapezoidais e triangulares. As formas triangulares perfazem cerca de 95 % das facetas, cujos tamanhos (da base ao topo da forma) variam de 25 a 250 m aproximadamente, sendo em média de 125 m. Basendo-se nas três fases evolutivas da gênese das facetas (Figura 4.1) pode-se inferir que essas formas apresentam-se bastante evoluídas.

Também não há relação direta entre tamanhos da formas com gerações de famílias de facetas, sendo possível encontrar tamanhos variados em todas as gerações. Acredita-se que os tamanhos dependam da atuação direta da ação da erosão diferencial com a resistência litológica ou são dependentes do rejeitos (deslocamentos) da falha.

Contudo, segundo Demeck (1972), nem sempre as facetas triangulares representam o plano de falha original, mas podem ser uma superfície de erosão secundária, com um ângulo de vertente de aproximadamente 70° ou mais. Segundo Bloom (1991) também seria necessário distinguir uma escarpa de origem tectônica (escarpa de falha), de uma escarpa de linha de falha (exumação-erosiva), que é formada pela erosão estruturalmente controlada.

Na área de estudo as facetas parecem ser de origem tectônica. Essa interpretação é baseada na ocorrência de afloramentos de rochas miloníticas cujo mergulho da foliação é contrário ao do plano de inclinação da faceta a eles associados. Essa situação foi observada ao longo dos vales dos Rios Moji e Cubatão. No primeiro, o afloramento de milonitos no ponto 7, na margem esquerda do Rio Moji (Anexos 2, 3 e 4), apresenta sistema de juntas subverticais com direção N40°E (3/m) e foliações com direção N75°E e mergulho 42°SE (Figura 4.5). Em outro afloramento de milonitos, também próximo ao sopé de facetas, no Ponto 8 (anexos 2, 3 e 4), à jusante do Ponto 7, foram encontradas foliações com direção N55°E e mergulho de 85°SE e sistema de juntas com direção preferencial N45°W/Vertical.

Na margem esquerda do vale do Rio Cubatão, temos outro afloramento de rocha, também no sopé de uma faceta (Figura 4.6), no Ponto 26, exposto por um escorregamento, e que apresenta foliação com direção SW e mergulho para NW. O mergulho das foliações pode ser melhor observado na Figura 4.7.

A Figura 4.8 apresenta desenho esquemático demonstrando a relação entre o plano das facetas e a direção e mergulho das foliações dos litotipos, denotando uma provável origem tectônica das facetas na área de estudo.



Figura 4.5 - Vista parcial do perfil de afloramento de milonitos na base de uma faceta. Apresenta sistema de juntas com direção N40°E/Vertical e foliações com direção N75°E e mergulho 42°SE. Margem esquerda do vale do Rio Moji, Ponto 7.



Figura 4.6 - Vista geral do afloramento exposto por um escorregamento, no sopé de uma faceta, na margem esquerda do rio Cubatão, Ponto 26.

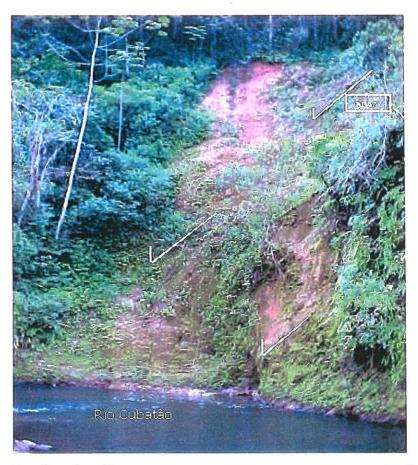


Figura 4.7 - Detalhe do afloramento exposto por escorregamento da figura anterior, expondo rochas miloníticas com direção para SW e indicação de mergulho para NW (setas), na margem esquerda do Rio Cubatão, Ponto 26.

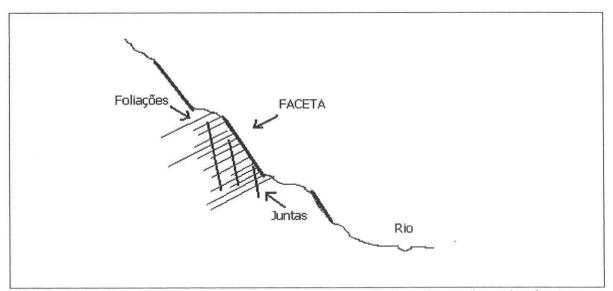


Figura 4.8 - Desenho esquemático demonstrando a relação entre o plano das facetas e a direção e mergulho das foliações dos litotipos, denotando uma possível origem tectônica para as facetas na área de estudo.

No mapa geológico da área de estudo (Anexo 1), baseado em Sadowski (1974), é possível identificar também outras indicações mergulhos de foliações dos litotipos que se apresentam opostos ao plano de inclinação das facetas.

A origem dessas facetas parece ser produto da implantação de mini-grábens, que posteriormente conduziram os sistemas fluviais da área. Esta hipótese é reforçada pelo fato de que cada geração de facetas está disposta em degraus, definindo uma estrutura do tipo "en echelon". Portanto, a gênese dessas facetas teria sido determinada por uma fase de tectônica rúptil tardia, evidenciada pela disposição das facetas e das vertentes dos vales que mergulham rumo ao centro do vale principal em contraposição aos planos de mergulho dos litotipos do embasamento pré-cambriano sobre o qual essas estruturas estão implantadas.

Vários autores atribuem estruturas "en echelon" a blocos em falhamento normal em regime tectônico extensional (Bloom, 1991). A Figura 4.9 exibe um esboço desse tipo de estrutura.

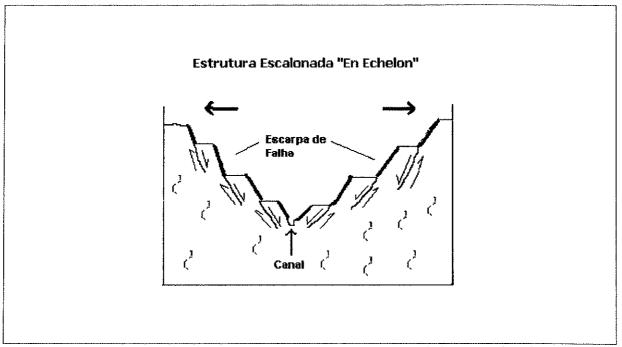


Figura 4.9 – Esboço de uma estrutura "En Echelon", típica de falha extensional.

Segundo Bloom (1991), muitos pesquisadores relacionam grábens ou vales de rifte ou de afundamento com extenso soerguimento epirogenético. Experiências como o da Figura 4.10 constituem excelentes modelos de vales de afundamento (rift-valey) morfológicos e tectônicos (incluindo os platôs altos em iminente ascensão), de bordas de depressão e outros detalhes, resultam se camadas de argila úmida são arqueadas ou encurvadas a partir das camadas inferiores. As faces interiores das falhas normais formam

limites da escarpa e o rift valley modelo tem uma superfície com aproximadamente a mesma largura das camadas deformadas e que não se desenvolveram por incompetências mecânicas ou isostáticas.

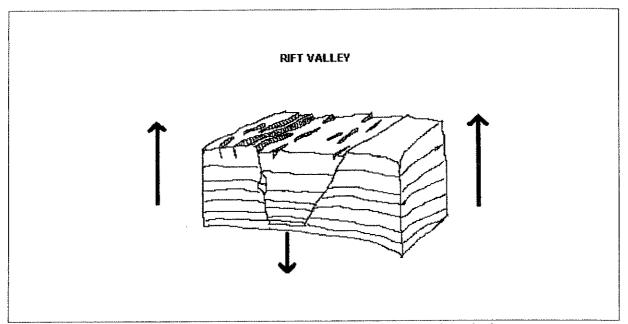


Figura 4.10 – Modelo de vale de afundamento (*rift valley*) gerado pelo lento arqueamento de camadas de argila umedecida (Holmes, 1965; reprodução de experiência de Hans Cloos).

Vale ressaltar que o modelo proposto na Figura 4.10, definido para bacias sedimentares, pode ser aplicado também para uma área de rochas metamórficas, uma vez que, na área de estudo as facetas estariam transversais às foliações dos litotipos.

Na Figura 4.11, apresentamos modelos de desenvolvimento de grábens ou vales de afundamento. È Possível que a gerações de famílias de facetas representem vales de afundamento (rift valley) gerados ao longo da crista de um soerguimento regional.

Segundo Holmes (1994), a base de alguns vales de afundamento (rift valleys) escarpados excepcionais tem obviamente subsidido, mas a maioria destes blocos apresentase simplesmente atrasada durante o curso de soerguimento geral, originando os degraus.

Souza (1997) elaborou síntese sobre os principais eventos tectônicos ocorridos na área do Estado de São Paulo, durante o Cenozóico, destacando que vários autores admitem a continuidade de soerguimento da borda continental sudeste brasileira até o Quaternário, a partir de diversos tipos de registros: sedimentológicos (Fúlfaro *et al.* 1983; Stevaux, 1993), geomorfológicos e estruturais (Mello *et al.* 1989; Melo *et al.*, 1990; Fernandes & Souza,

1994) e estratigráficos (Fúlfaro & Suguio, 1974; Soares e Landim, 1976; Barcelos et al. 1983; IPT, 1983).

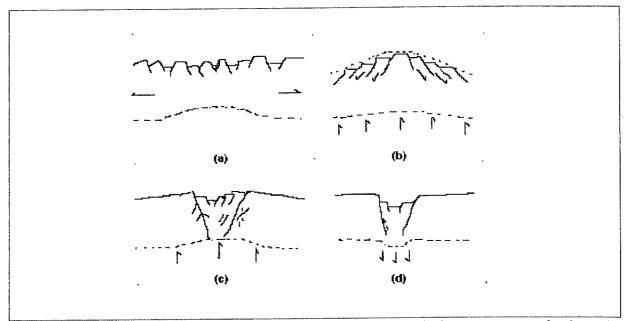


Figura 4.11 - Possíveis relações entre blocos falhados e deslocamentos profundos: a) falhamento de blocos em resposta a extensão crustal e afinamento da crosta inferior; b) falhamento normal em resposta a soerguimento crustal por um deslocamento ou desmoronamento; c) vale de afundamento (Rift Valley) gerado ao longo da crista de um soerguimento regional e d) vale de afundamento (Rift Valley) formado em resposta ao movimento de subsidência vertical em profundidade (Segundo Selby, 1985).

Na planície costeira paulista, Suguio & Martin (1994) admitem que este soerguimento, no transcorrer do Quaternário, deve ter ocorrido de modo diferencial para explicar os contrastes morfológicos observados entre os setores norte e sul do litoral. Souza (1997) e Souza &Souza (2001) referem-se à ocorrência de tectônica quaternária na planície costeira paulista, evidenciada pela presença de sistemas de juntas subverticais e até minifalhas em depósitos marinhos pleistocênicos (principalmente) e holocênicos (Tabela 4.1). Esses sistemas são responsáveis pela erosão em blocos desses depósitos observada ao longo de canais de maré ou fluviais em várias áreas da Baixada Santista e Litoral Sul (dados fornecidos pelos autores).

Anomalias de Drenagem e Feições Morfotectônicas Associadas	(Ponto) Município	Juntas Sistemáticas Medidas no Campo (valores médios; verticais/subverticais)	Possibilidade de Esforços Tectônicos
Drenagem superimposta sobre terraços marinos pleistocênicos; Alinhamento de trechos retilíneos de drenagem (Rios Branco e Piaçabuçu: N30E e N60E, 3 e 2 km de extensão	I .	-N34W (3/m) e N73E (4/m) -N06W (3/m) -Falha Sinistral N06W, deslocando N64E	Soerguimento vertical ou Transcorrência dextral N60E

Tabela 4.1 – Anomalias de drenagem, feições morfotectônicas e juntas sistemáticas associadas – Planície Costeira (Souza, 1997 e Souza & Souza, 2001).

Quanto a área central dos vale do Rio Cubatão, em provável subsidência ou soerguimento tardio, Sadowski (1974) explica que sondagens realizadas nesse vale indicam que no seu talvegue (o fundo do vale) encontra-se a vários metros abaixo do nível do mar. Branner (1915, apud Sadowski, 1974) já havia comentado ser comum, na costa brasileira, a existência de vales afogados, a exemplo dos Rios Quilombo e Cubatão, que mais tarde foram chamados de "rias" por Ruellan (1944, apud Sadowski, 1974). Outros dados obtidos em sondagens, por Sadowski (1974), corroboram parcialmente por essa hipótese, dada pela presença de solo residual de gnaisses sotoposto a 45 m de sedimentos predominantemente lagunares e marinhos. A espessura de mais de 30 m de argilas e o contato de areia com o solo residual fazem supor um afundamento rápido, talvez vindo a favor de uma possível tectônica de subsidência na área, embora sejam conhecidas velocidades de transgressão marinha com máximos da ordem de 50m em 1000 anos (Sadowski, 1974). O autor ainda ressalta que em sondagens a percussão realizadas no eixo da Rodovia dos Imigrantes, na planície costeira, evidenciaram a existência de 50 m de sedimentos marinhos e lagunares, contendo conchas de moluscos situadas num nível de menos 35 m. Na base destes sedimentos ocorrem areias marinhas recobrindo solos residuais de alteração de rochas metamórficas. Tudo isso sugere ter havido uma rápida subsidência entre os maciços litorâneos de Santos e a encosta da Serra da Mãe Maria (vertentes da margem direita do Rio Cubatão), seguida de uma transgressão marinha, de forma que não houve tempo para erosão dos solos residuais do embasamento.

Ainda segundo Sadowski (1974), a Falha de Cubatão apresentaria nas suas porções de acavalamento evidências de falhamento gravitacional para dentro do vale, tendo sido o rejeito de uma dessas falhas de aproximadamente 10 m. Falhas rotacionais ocorrem na sua encosta da margem direita.

De Martonne (1933), ao tentar explicar certas singularidades da Serra do Mar em Cubatão, como a excessiva inclinação de escarpas e a curiosa forma de "pinças de caranguejo", sugeriu a presença de uma série de blocos falhados e abatidos.

Ab'Saber (1965) interpretou a gênese da Serra do Mar dizendo que, por volta do Cretáceo e no decorrer do Paleógeno, processaram-se falhamentos importantes *pari passu* com o soerguimento epirogênico relativamente homogêneo, do núcleo sul-oriental do Escudo Brasileiro. Tais falhamentos, aplicados à metade oriental de uma vasta abóboda de Escudo, copiaram as direções estruturais antigas dos gnaisses regionais (direção brasileira NE-SW), tendo realizado um verdadeiro estilhaçamento tectônico dos blocos orientais, abatidos em rede complexa de falhamentos.

As poucas ocorrências de facetas com forma ainda trapezoidal parecem concentrarse em sua maioria junto às cabeceiras dos Rios Cubatão e Moji, nos primeiros 150 m acima do leito principal destes rios, provavelmente representando regiões com falhamentos normais mais recentes de blocos, ao contrário da região central da área de estudo (planície costeira), com ausência das formas trapezoidais e ocorrência das triangulares. Essa relação parece indicar subsidência mais lenta dos blocos das cabeceiras, de ambos os rios, em relação à área central da área de estudo. Um esboço representando as três fases da evolução das facetas trapezoidais e triangulares (Figura 4.1) no vale do Rio Cubatão, indicando provável menor velocidade de subsidência dos blocos falhados próximos às nascentes (trapezoidais), rumo a jusante do rio principal (triangulares), condicionados à Falha de Cubatão (Figura 4.12).

A 1ª geração de facetas (mais antiga) seria, portanto, contemporânea à formação dos vales de afundamento (rift valleys) da área de estudo, correspondendo os ocupados pelos atuais vales dos Rios Cubatão e Moji. As demais gerações também representariam vales de afundamento originados provavelmente pela neotectônica e pela tectônica ressurgente na área de estudo. Saadi (1993, *apud* Suguio, 1999) apresenta o quadro geral das manifestações neotectônicas em território brasileiro, que poderia ser sumariado nos itens descritos a seguir.

a) A Plataforma Brasileira foi afetada por deformações tectônicas cenozóicas em toda a sua extensão.

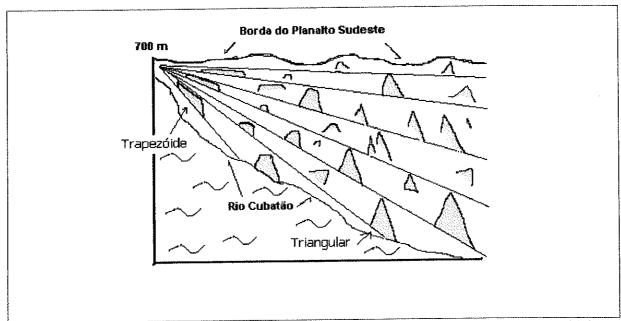


Figura 4.12 - Esboço representando as três fases da evolução das facetas trapezoidais e triangulares (Figura 4.1) no vale do Rio Cubatão, indicando provável menor velocidade de subsidência dos blocos falhados próximos às nascentes (trapezoidais), rumo a jusante do rio principal (triangulares), condicionados à Falha de Cubatão.

- b) Estas deformações aproveitaram, em geral, linhas de fraqueza herdadas das deformações pretéritas, embora possam ter sido originadas novas estruturas. Neste contexto, é enfatizado o conceito de "tectônica ressurgente" adotado por Hasui (1990), que teria reconhecido na Plataforma Brasileira vários blocos crustais delimitados por descontinuidades relacionadas a zonas de fraqueza originadas, segundo este autor, do fim do Arqueano ao início do Proterozóico. Deste modo, desde o Proterozóico até hoje, os processos geológicos representariam, quase sempre, um produto da "herança estrutural crônica".
- c) O resultado final é expresso por compartimentação em Unidades neotectônicas delimitadas por descontinuidades crustais definidas, que resultam da reativação, em geral sob regimes transcorrentes, de lineamentos pré-cambrianos mais expressivos.
- d) Os prolongamentos continentais dos lineamentos oceânicos têm participação importante nas manifestações neotectônicas. (conforme os sismos listados na Tabela 2.1, ocorridos na Plataforma e Borda Continental).
- e) Existe, em geral, uma relação facilmente reconhecível entre a estruturação neotectônica e a dinâmica crustal, representada pela siscimicidade atual.

f) Geralmente, verifica-se a predominância de esforços compressivos de direção NW-SE, com variações para E-W e N-S.

4.2.2 - Delimitação de Unidades Morfológicas

A partir da identificação das facetas trapezoidais e triangulares e seu agrupamento em famílias e gerações de famílias, bem como do estudo de sua gênese, ficou evidente que os talvegues dos Rios Cubatão e Moji são controlados pela Falha de Cubatão e que todas as drenagens localizadas nas vertentes da área de estudo estão intimamente relacionadas à gênese e à disposição das facetas.

Portanto, através das facetas, foi possível delimitar **15 Unidades Morfológicas** (Anexos 2, 3 e 4). Estas Unidades são descritas a seguir e suas características foram baseadas em fotointerpretação dos vôos de 1962 e 1994.

Unidade 1

Esta situa-se entre as cotas de 400 a 700 m, no estremo sudoeste da área de estudo e compreende as cabeceiras do Rio Cubatão. Limita-se com a Unidade 2 a norte e a Unidade 3 a nordeste.

DESCRITORES		FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		774,84	774,84
Tipo de Intervenção A	ntrópica	linha férrea	linha férrea
Mata Atlântica (SMA,	1997)	de encosta e primária	de encosta e primária
Precipitação Média Total Anual (IPT, 1985)			2.200 a 2.500 mm
Feições Morfológicas	Facetas	43	43
	Gerações	1 ^a (NE) e 4 ^a (N)	1 ^a (NE) e 4 ^a (N)
	Litologia	gnaisses, milonitos	gnaisses, milonitos
	Padrão de	angular	angular
	Drenagem (Howard, 1967)		
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	30	77
Associatios	Escorregamentos	12	15
	Fluxo de Detritos		
	Erosão Lateral		1.250 m (limite entre Unidades 1 e 3 para

			montante)
Misto	Terraço Fluvial		
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	500 a 600 m	500 a 600 m
	Leque Aluvial		
	Barra Fluvial		

A Unidade 2 faz limites com a Unidade 1 a sul e com a Unidade 3 a leste. Tem como rio principal o Rio Cubatão de Cima e apresenta as características abaixo listadas.

DESCRITORES		FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		98,5	98,5
Tipo de Intervenção A	ntrópica		
Mata Atlântica (SMA,	1997)	de encosta e primária	de encosta e primária
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual		2.200 a 2.500 mm
Feições Morfológicas	Facetas	11	11
,	Gerações	4 ^a (NS), 3 ^a (EW)	4 ^a (NS), 3 ^a (EW)
	Litologia	gnaisses, milonitos	gnaisses, milonitos
	Padrão de	angular	angular
	Drenagem		
	(Howard, 1967)		
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	5	27
	Escorregamentos	2	1
	Fluxo de		
	Detritos		
	Erosão Lateral		2.500 m
Misto	Terraço Fluvial		
Depósitos Associados	Colúvios	400 a 500 m	400 a 500 m
-	(altitude)		
	Leque Aluvial		
	Barra Fluvial		

Unidade 3

A Unidade 3 delimita-se com a Unidade 1 a sudoeste, com a Unidade 2 a oeste e com a Unidade 4 a nordeste. No contato com a Unidade 1 é possível observar a jusante um desnível do curso do Rio Cubatão para leste, bem como um desnível de talvegue de aproximadamente 20 m.

DESCRITORES		FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		247,6	247,6
Tipo de Intervenção Antrópica		Linha férrea	Linha férrea
Mata Atlântica (SMA,	1997)	de encosta e primária	de encosta e primária
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual		2.200 a 2.500 mm
Feições Morfológicas	Facetas	19	19
	Gerações	1ª (NE)	l ^a (NE)
	Litologia	gnaisses, milonitos	gnaisses, milonitos
	Padrão de	subangular ou	subangular ou
	Drenagem (Howard, 1967)	subparalelo	subparalelo
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	21	22
Associatios	Escorregamentos	1	6
	Fluxo de Detritos		
	Erosão Lateral	início no Rio Cubatão (no limite entre Unidades 1 e 3, para jusante)	no Rio Cubatão
Misto	Terraço Fluvial		
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	320 a 600 m	320 a 600 m
	Leque Aluvial Barra Fluvial		

A Unidade 4 delimita-se com a Unidade 3 a sudoeste e com a Unidade 5 a nordeste. O limite com a Unidade 3 também é marcado por um desnível do talvegue do Rio Cubatão para leste, com um desnível de 40 m. Já o limite com a Unidade 5 é mais suave e é marcado pela ocorrência de um interflúvio nas vertentes situadas na margem esquerda do Rio Cubatão. As características desta Unidade estão listadas abaixo.

DESCRITORES	FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)	898,5	898,5
Tipo de Intervenção Antrópica	usina de papel, linha férrea	usina de papel desativada, linha férrea, nova Rodovia dos Imigrantes
Mata Atlântica (SMA, 1997)	Pequena parte desmatada para uso da usina de papel	20 % de reflorestamento, 10 % de desmatamento, degradação ou

			ocupação e 70 % de encosta primária
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual		2.200 a 2.500 mm
Feições Morfológicas	Facetas	38	38
	Gerações	1 ^a (NE), 4 ^a (NS) e 3 ^a	1 ^a (NE), 4 ^a (NS) e 3 ^a
		(E-W)	(E-W)
	Litologia	Gnaisses, milonitos	Gnaisses, milonitos
	Padrão de	Subparalelo	Subparalelo
	Drenagem		
	(Howard, 1967)		
Processos Erosivos	Sulcos e Ravinas	59	93
Associados	Escorregamentos	12	11
	Fluxo de		Um com 750 m e
	Detritos		outro com 1.250 m
	Erosão Lateral	No Rio Cubatão	No Rio Cubatão
Misto	Terraço Fluvial		
Depósitos Associados	Colúvios	80 a 350 m	80 a 350 m
	(altitude)		
	Leque Aluvial		
	Barra Fluvial	3	3

A Unidade 5 delimita-se com a Unidade 4 a sudoeste, com a Unidade 6 a sul, com a Unidade 8 a nordeste e com a Unidade 7 a norte. As características principais desta Unidade são listadas abaixo.

DESCRITORES		FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		837,95	837,95
Tipo de Intervenção Antrópica Mata Atlântica (SMA, 1997)		1ª pista da Rodovia dos Imigrantes	pista descendente da Rodovia dos Imigrantes 10 % de desmatamento, degradação ou ocupação e 5 % de estágio secundário de regeneração e 80 % de encosta primária
		Vegetação de encosta primária	
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual		2.200 a 2.500 mm
Feições Morfológicas	Facetas	56	56
	Gerações	1 ^a (NE), 3 ^a (E-W) e 4 ^a (N)	1 ^a (NE), 3 ^a (E-W) e 4 ^a (N)
	Litologia	Gnaisses, milonitos	Gnaisses, milonitos

	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	Subparalelo	Subparalelo
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	85	99
Associatios	Escorregamentos	75	33
	Fluxo de Detritos		
	Erosão Lateral	Um com 600 m	Um com 600 m (o mesmo) e outro com 750 m
Misto	Terraço Fluvial	Ti e T l	Ti e T1
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	100 a 300 m	100 a 300 m
	Leque Aluvial	2	2
	Barra Fluvial	2	2

Unidade 6

A Unidade 6 delimita-se com as Unidades 4 a sudoeste, 5, 7 e 8 a noroeste.

DESCRIT	ORES	FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		1.103,9	1.103,9
Tipo de Intervenção Antrópica		Duas linhas férreas	uma linha férrea
Mata Atlântica (SMA, 1997)		Vegetação de encosta primária	60 % de vegetação de encosta degradada por poluição atmosférica e 30 % de vegetação de encosta degradada por desmatamento ou ocupação
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual		2.200 a 2.500 mm
Feições Morfológicas	Facetas	57	57
	Gerações	2° (NW), 3° (EW), 4° (NS) e 5°(NE)	2° (NW), 3° (EW), 4° (NS) e 5°(NE)
	Litologia	Gnaisses, milonitos	Gnaisses, milonitos
	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	dendrítico	dendrítico
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	90	110
ANDUNE	Escorregamentos	18	15
	Fluxo de Detritos		9.750
	Erosão Lateral	2.750 m (Rio Pilões)	8.750 m
Misto	Terraço Fluvial		

Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	60 a 300 m	60 a 300 m
	Leque Aluvial	1	1
	Barra Fluvial		

Unidade 7

A Unidade 7 delimita-se com a Unidade 5 a sul e com a Unidade 8 a leste.

DESCRITO	ORES	FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		895	895
Tipo de Intervenção Antrópica		Rod. Anchieta	Rod. Anchieta, primeira pista e a nova Imigrantes, SABESP, Bairros Cota
Mata Atlântica (SMA, 1997)		Vegetação de encosta primária	20 % de área urbanizada (Bairros Cota 400); 80 % de encosta primária
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual	-	2.200 a 2.500 mm (cota 60 a 450 m) e 3.700 a 4.000 mm (cota 600 a 700 m)
Feições Morfológicas	Facetas	61	61
	Gerações	1ª (NE)	la (NE)
	Litologia	Gnaisses, milonitos	Gnaisses, milonitos
	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	paralela	paralela
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	52	83
	Escorregamentos	7	22
	Fluxo de Detritos		
	Erosão Lateral	No Rio Cubatão	No Rio Cubatão
Misto	Terraço Fluvial	Ti e T1	Ti e T1
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	20 a 300 m	20 a 300 m
	Leque Aluvial	15	15
	Barra Fluvial	4	4

A Unidade 8 delimita-se com a Unidade 5 a sudoeste, com a Unidade 7 a oeste, com a Unidade 9 a nordeste e com a Unidade 6 a sudeste.

DESCRITORES		FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		902,6	902,6
Tipo de Intervenção Antrópica		Rod. Anchieta	Rod. Anchieta, primeira pista e a pista descendente da Imigrantes
Mata Atlântica (SMA, 1997)		Vegetação de encosta primária	20 % de área urbanizada (Bairros Cota 100 e 200); 80 % de encosta primária
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual		2.200 a 2.500 mm (cota 40 a 200 m) e 3.700 a 4.000 mm (cota 300 a 700 m
Feições Morfológicas	Facetas	68	68
	Gerações	1 ^a (NE) e 4 ^a (N)	1ª (NE) e 4ª (N)
	Litologia	Gnaisses, milonitos	Gnaisses, milonitos
	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	subparalela	subparalela
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	18	25
	Escorregamentos	6	3
	Fluxo de Detritos		
	Erosão Lateral		Uma de 750 m
Misto	Terraço Fluvial	Ti e T1	Ti e T1
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	20 a 300 m	20 a 300 m
	Leque Aluvial	4	4
	Barra Fluvial	2	2

Unidade 9

A Unidade 9 delimita-se com a Unidade 8 a sul e com a Unidade 10 a nordeste.

DESCRITORES	FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)	939,78	939,78
Tipo de Intervenção Antrópica	Pólo Petroquímico;	Pólo Petroquímico;
, , , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	Estrada Velha do Mar;	Estrada Velha do Mar;
	Usina Henry Borden;	Usina Henry Borden;
	aquedutos, oleodutos;	aquedutos, oleodutos;
	etc.	etc.
Mata Atlântica (SMA, 1997)	Vegetação de encosta primária; Início instalação do Pólo	40 % de vegetação de encosta degradada por poluição atmosférica; 35 % de vegetação
	Petroquímico	encosta primária e 25 % de área urbana e de

			expansão urbana.
Precipitação Média Total Anual (IPT, 1985)			2.200 a 2.500 mm (cota 60 a 300 m) e 3.700 a 4.000 mm (cota 500 a 800 m)
Feições Morfológicas	Facetas	92	92
	Gerações	2° (NW), 4° (N)	2° (NW), 4° (N)
	Litologia	Gnaisse, milonitos etc.	Gnaisse, milonitos etc
	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	subparalela	subparalela
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	43	75
Associatios	Escorregamentos	24	74
	Fluxo de Detritos		11.500 m
	Erosão Lateral		11.500 m
Misto	Terraço Fluvial		
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	20 a 300 m	20 a 300 m
	Leque Aluvial	3	3
	Barra Fluvial		

A Unidade 10 faz limites com a Unidade 9 a sudoeste e com a Unidade 11 a nordeste.

DESCRIT	ORES	FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		975,51	975,51
Tipo de Intervenção Antrópica		Pólo Petroquímico na planície lagunar estuarina	Pólo Petroquímico na planície lagunar estuarina
Mata Atlântica (SMA, 1997)		Vegetação de encosta primária	50 % de vegetação de encosta degradada por poluição atmosférica; 30 % de desmatamento degradação ou ocupação; 20 % de área urbana/industrial.
Precipitação Média Total Anual (IPT, 1985)			2.200 a 2.500 mm (cota 60 a 400 m) e 3.700 a 4.000 mm (cota 550 a 650 m)
Feições Morfológicas	Facetas	68	68

	Gerações	2° (NW), 4ª (NS), 5ª	2° (NW), 4ª (NS), 5ª
		(NE) e 6ª (NW)	(NE) e 6 ^a (NW)
	Litologia	Gnaisses, milonitos,	Gnaisses, milonitos,
		etc.	etc.
	Padrão de	subdendrítico	subdendrítico
	Drenagem (Howard, 1967)		
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	122	91
	Escorregamentos	6	90
	Fluxo de	4.000 m (Rio Perequê)	10.250 m Rio Perequê e
	Detritos		afluentes do Cubatão)
	Erosão Lateral	4.000 m	10.250 m
Misto	Terraço Fluvial		Ti e T1 (antrópico?)
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	20 a 300 m. Ocorrem duas células de colúvios isoladas: C1 (350 a 700 m) e C2 (550 a 750 m)	20 a 300 m. Ocorrem duas células de colúvios isoladas: C1 (350 a 700 m) e C2 (550 a 750 m)
	Leque Aluvial		
	Barra Fluvial		

A Unidade 11 delimita-se com a Unidade 10 a sudoeste e com a Unidade 12 a nordeste.

DESCRIT	ORES	FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		1.390,46	1.390,46
Tipo de Intervenção A	ntrópica	Fábricas de	Fábricas de
~- 1 ····································		fertilizantes, entre	fertilizantes, entre
		outras empresas	outras empresas
Mata Atlântica (SMA,	1997)	Vegetação de encosta	50 % de vegetação de
,	,	primária	encosta degradada por
			poluição atmosférica;
			30 % de área
			urbanizada e 20 % de
			vegetação de encosta
			degradada por ocupação
			ou desmatamento
Precipitação Média To	otal Anual		2.200 a 2.500 mm (cota
(IPT, 1985)			20 a 300 e da cota 800 a
(11 1, 1705)			900 m) e 3.400 a 3.700
			mm (cota 400 a 700 m)
Feições Morfológicas	Facetas	67	67

	p		
	Gerações	1 ^a (NE), 2° (NW), 4 ^a	1 ^a (NE), 2 ^o (NW), 4 ^a
		(NS), 5 ^a (NE)	(NS), 5 ^a (NE)
	Litologia	Gnaisses, milonitos,	Gnaisses, milonitos,
		etc.	etc.
	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	dendrítico	dendrítico
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	31	80
	Escorregamentos	7	21
	Fluxo de Detritos		
	Erosão Lateral		3.000 m
Misto	Terraço Fluvial		Terraço antrópico?
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	20 a 250 m. Ocorre uma célula de colúvios isolada C3 (a 700 m)	20 a 250 m. Ocorre uma célula de colúvios isolada C3 (a 700 m)
	Leque Aluvial		
	Barra Fluvial		

A Unidade 12 delimita-se com a Unidade 11 a sudoeste e com a Unidade 13 a nordeste.

DESCRITORES		FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		676,46	676,46
Tipo de Intervenção A	ntrópica		Linha de transmissão
Mata Atlântica (SMA, 1997)		Vegetação de encosta primária	60 % de vegetação de encosta degradada por poluição atmosférica e 40 % de vegetação de encosta degradada por ocupação ou desmatamento
Precipitação Média Total Anual (IPT, 1985)			2.200 a 2.500 mm (cota 300 a 500 m); 2.800 a 3.100 mm (cota 500 a 700 m) e 3.400 a 3.700 mm (cota 100 a 300 m)
Feições Morfológicas	Facetas	72	72
	Gerações	2° (NW), 4° (N) e 3° (E)	2° (NW), 4° (N) e 3° (E)

	Litologia	Gnaisses, milonitos,	Gnaisses, milonitos,
		etc.	etc.
	Padrão de	dendrítico	dendrítico
	Drenagem (Howard, 1967)		
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	34	132
11550014405	Escorregamentos	5	5
	Fluxo de Detritos		
	Erosão Lateral		5.250 m
Misto	Terraço Fluvial		Terraço antrópico?
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	20 a 300 m. Ocorre uma célula de colúvios isolada C4 (a 300 m)	20 a 300 m. Ocorre uma célula de colúvios isolada C4 (a 300 m)
	Leque Aluvial		
	Barra Fluvial		

A Unidade 13 delimita-se com a Unidade 12 a sudoeste e com a Unidade 14 a sudeste.

DESCI	RITORES	FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		772,99	772,99
Tipo de Interven	cão Antrópica		Linha de transmissão
Mata Atlântica (SMA, 1997)		Vegetação de encosta primária	100 % de vegetação de encosta degradada por poluição atmosférica
Precipitação Mé (IPT, 1985)	dia Total Anual		2.200 a 2.500 mm (cota 300 a 500 m); 2.800 a 3.100 mm (cota 500 a 700 m)
Feições Morfológicas	Facetas	62	62
TVIOTAVIOSIONIO	Gerações	1° (NE), 3° (E) e 4° (N)	1° (NE), 3° (E) e 4° (N)
	Litologia	Gnaisses, milonitos, etc	Gnaisses, milonitos, etc
	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	Subparalelo/subdendrítico	Subparalelo/subdendrítico
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	26	88
/ kooviiiiii	Escorregamentos	2	20

	Fluxo de Detritos	Início no Rio Moji	Aumento em 1.250 m a
	Erosão Lateral	micio no kio woji	montante do Rio Moji, em relação a 1962
Misto	Terraço Fluvial		
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	100 a 300 m	100 a 300 m
	Leque Aluvial		1
	Barra Fluvial		

Unidade 14
A Unidade 14 delimita-se com as Unidades 11, 12 e 13 a noroeste.

DESCRITORES		FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		1.495,36	1.495,36
Tipo de Intervenção Antrópica		Duas linhas férreas	Uma linha férrea
Mata Atlântica (SMA, 1997)		Vegetação de encosta primária	60 % de vegetação de encosta degradada por poluição atmosférica e 30 % de vegetação de encosta degradada por desmatamento ou ocupação
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual		2.500 a 2.800 mm (cota 0 a 100 m); 2800 a 3.100 mm (cota 500 a 900 m), na região das cabeceiras do Rio Moji
Feições Morfológicas	Facetas	116	116
	Gerações	1° (NE)	1° (NE)
	Litologia	Granito, gnaisse	Granito, gnaisse
	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	paralela	paralela
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	51	60
	Escorregamentos	24	35
	Fluxo de Detritos		1.250 m no local denominado de "Grotão"
	Erosão Lateral		1.250 m no local denominado de

			"Grotão"
Misto	Terraço Fluvial	A CONTRACTOR OF THE CONTRACTOR	Terraço antrópico?
Depósitos Associados	Colúvios (altitude)	20 a 300 m	20 a 300 m
	Leque Aluvial	4	4
	Barra Fluvial		

A Unidade 15 corresponde ao morro isolado na área central da área de estudo, encravado na planície lagunar estuarina e seu estudo está comprometido face à intensa atividade antrópica e pela falta de parte de estereoscopia na fotointerpretação.

DESCRITORES		FOTO 1962	FOTO 1994
Área (ha)		304,6	304,6
Tipo de Intervenção Antrópica		Duas linhas férreas	Uma linha férrea
Mata Atlântica (SMA, 1997)		Vegetação de encosta primária	100 % de vegetação de encosta degradada por desmatamento ou ocupação
Precipitação Média To (IPT, 1985)	otal Anual		2.500 a 2.800 mm
Feições Morfológicas	Facetas	18	
	Gerações	1° (NE)	l° (NE)
	Litologia	milonitos	milonitos
	Padrão de Drenagem (Howard, 1967)	paralela	paralela
Processos Erosivos Associados	Sulcos e Ravinas	Sem estereoscopia	5
	Escorregamentos	Sem estereoscopia	20
	Fluxo de Detritos		
	Erosão Lateral		
Misto	Terraço Fluvial		
Depósitos Associados	Colúvios (altitude) Leque Aluvial	20 a 150 m	20 a 150 m
	Barra Fluvial		

A Tabela 4.2 mostra um resumo quadro de gerações de famílias de facetas por Unidades morfológicas.

UNIDADE MORFOLÓGICA	GERAÇÃO E DIREÇÃO	
1	1 ^a (NE) e 4 ^a (N)	
2	4 ^a (NS), 3 ^a (EW)	
3	l ^a (NE)	
4	1 ^a (NE), 4 ^a (N), 3 ^a (EW)	
5	1 ^a (NE), 3 ^a (E) e 4 ^a (N)	
6	1° (NE)	
7	2° (NW), 3° (EW), 4° (N) e 5° (NE)	
8	1 ^a (NE), e 4 ^a (N)	
9	2° (NW), 4° (N)	
10	2° (NW), 4° (NS), 5° (NE) e 6° (NW)	
11	1 ^a (NE), 2° (NW), 4 ^a (NS), 5 ^a (NE)	
12	2° (NW), 4° (N) e 3° (E)	
13	1° (NE), 3° (E) e 4° (N)	
14	1° (NE)	
15	1° (NE)	

Tabela 4.2 - Ocorrência de gerações de famílias de facetas e suas respectivas direções, por Unidade Morfológica.

Observando a Tabela 4.2, o número de gerações de famílias de facetas aumenta das extremidades para o centro da área de estudo, em outras palavras, das cabeceiras dos Rios Cubatão e Moji para a planície lagunar-estuarina. Isso pode indicar que o evento do vale de afundamento (rift valley) pode ter se iniciado da parte central para as extremidades e que, por ser provavelmente a área central a mais antiga, a cobertura dos depósitos coluviais também seja mais antigo e espessa.

4.3. - Cartas de Processos Erosivos e de Depósitos Quaternários

As vertentes da Serra do Mar caracterizam-se por alta vulnerabilidade e suscetibilidade à ocorrência de perigos geológicos, representados por processos erosivos catastróficos, na área do município de Cubatão.

Para o entendimento da dinâmica de evolução das vertentes da Serra do Mar em Cubatão é necessário o conhecimento dos processos morfogenéticos do Quaternário, que atuaram num passado remoto até o presente. A compreensão da dinâmica e distribuição geográfica dos processos erosivos e deposicionais permite o melhor planejamento de uso e ocupação do solo e a prevenção de danos econômicos, ambientais e sociais

Através da interpretação de fotos aéreas de 1994 (BASE, 1:25.000), e com a elaboração da carta morfológica, foi possível identificar várias feições que representam evidências de processos erosivos e deposicionais na área de pesquisa. Para melhor visualização e estudo aprofundado, essas feições foram extraídas da carta morfológica para outra base, elaborando-se assim, as *Cartas de Processos Erosivos e de Depósitos Quaternários*, Anexos 3 e 4, respectivamente.

Com o intuito de avaliar a dinâmica desses processos erosivos e deposicionais em um curto período de tempo, realizou-se uma segunda interpretação com fotos (USAF, 1:25.000) da área de estudo datadas de 1962, período inicial da forte atuação antrópica, com efetiva implantação do Pólo Industrial e Petroquímico. A Carta de Processos Erosivos foi gerada com a sobreposição dos processos de 1962 com os de 1994.

Nota-se bem que, na realidade o conteúdo da Carta de Processos Erosivos é baseado em evidências morfológicas desses processos.

4.3.1 - Carta de Processos Erosivos

Na área de estudo foram mapeados quatro tipos de processos erosivos. A definição de cada tipo é representada a seguir.

a) Erosão por Fluxo Concentrado: O escoamento da água da chuva se dá por fluxo difuso, quando a declividade do terreno é pequena, processando-se a erosão laminar, ou por fluxo concentrado, quando ocorre o aumento de declividade e a água concentra-se em canais, ocorrendo multiplicação do escoamento linear que, finalmente, pode levar à produção de sulcos, ravinas e voçorocas.

- b) Erosão por Processos Gravitacionais: É a erosão causada pelos fluxos gravitacionais (movimentos de massa). Segundo Suguio (1998), o fluxo gravitacional é um mecanismo de transporte e sedimentação ou depósito formado por transporte de sedimentos paralelamente ao substrato, por efeito da gravidade, onde as partículas são mantidas em dispersão. Os tipos principais de fluxo gravitacional, encontrados na área de estudo são o fluxo de detritos (débris flow), que é um fluxo rápido de detritos minerais de vários tamanhos e geralmente encontrados em leques aluviais, a corrida de lama (Mudflow), que é um fluxo de material detrítico homogêneo (areia, matriz e até seixos), e os leques aluviais. Outro tipo de erosão por processo gravitacional é o escorregamento que, de acordo com o autor acima corresponde à forma de transporte de clastos por tração, mediante a qual eles deslizam sobre outra superficie inclinada, principalmente quando ela se encontra lubrificada por água, camada argilosa etc. É um processo de transporte pouco eficiente e pode ocorrer subaérea ou subaquaticamente. Na área de estudo os escorregamentos mapeados são do tipo translacionais de solo. Segundo Guidicini & Nieble (1983) os escorregamentos translacionais de solo são movimentos ao longo de superfície plana, em geral preexistente e condicionada a alguma feição estrutural do substrato. O movimento é de curta duração, velocidade elevada, grande poder de destruição, podem ocorrer em taludes mais abatidos e são geralmente extensos (podendo atingir centenas ou milhares de metros). Processos como desplacamentos, quedas e rolamentos pode existir, mas não foram identificados em fotos aéreas e em campo.
- c) Erosão Lateral: efeito da erosão horizontal de um rio em estado de maturidade, levando ao alargamento do seu leito e margens.

4.3.1.1 - Sulcos, Ravinas e Escorregamentos

Para melhor estudo das evidências de processos erosivos mapeados foram elaboradas várias figuras comparando estes fenômenos para os anos de 1962 e 1994, descrevendo-as para cada Unidade Morfológica já anteriormente apresentada. As somas de evidências erosivas para os anos de 1962 e 1994 foram computados a partir de zero. Como dito anteriormente, algumas fotografias aéreas de 1962 foram extraviadas (do Laboratório de Sensoriamento Remoto, do Departamento de Geografia, da Faculdade de Filosofia

Letras e Ciências Humanas-USP), comprometendo, em parte, a contabilização das evidências de processos erosivos em algumas Unidades Morfológicas. Portanto, para a viabilização deste estudo foram enumeradas apenas as evidências nas áreas com estereoscopia em ambos os levantamentos aéreos de 1962 e 1994, não perdendo, assim, a relação de proporcionalidade entre os anos.

O método de análise baseou-se principalmente nas diferenças entre os totais de evidências de processos entre os anos de 1962 e 1994 dentro de cada Unidade Morfológica, e não pelos totais brutos, uma vez que as áreas (em hectares) das Unidades Morfológicas são distintas, dificultando uma comparação proporcional entre elas na área de estudo.

A Figura 4.13 compara o total (Soma) de evidências de processos erosivos (ravinas esulcos) e a Figura 4.14 compara os totais de escorregamentos por Unidades morfológicas, ambas para os anos de 1962 e 1994.

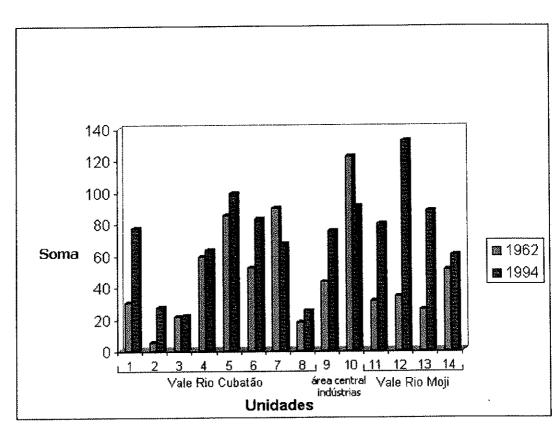


Figura 4.13 – Soma de evidências de processos erosivos (sulcos ou ravinas), nos anos de 1962 e 1994, por Unidade Morfológica, obtidas de fotos aéreas.

Observando o gráfico acima, pode-se destacar quer:

- a) O maior número de evidências de processos erosivos em 1962 ocorre nas Unidades 5, 7 e 10. Para esse ano foram contabilizadas um soma de 667 evidências, sendo 212 delas nas Unidades 7 e 10. Para o ano de 1994, verifica-se um expressivo aumento das evidências na área de estudo, totalizando 989 evidências.
- b) Comparando a diferença entre a soma de evidências para os anos de 1962 e 1994, em cada Unidade Morfológica, nota-se que em todas as Unidades as somas de ravinas ou sulcos em 1994 são maiores que em 1962, com exceção nas Unidades 10 e 7 (mesmo com falta de estereoscopia nas fotos de 1962), onde a soma de evidências em 1962 é maior em 1994.
- c) As Unidades Morfológicas 1 a 8, que representam o vale do Rio Cubatão, apresentam um pequena diferença entre as somas de evidências nos anos de 1962 e 1994. Em contrapartida, essa diferença aumenta significativamente nas Unidades 9 a 14 (em especial nas Unidades 11, 12 e 13), que formam o vale do Rio Moji.

Em 1962, a diferença entre os totais na Unidade 7 parece refletir uma atuação das gerações de facetas combinada com o impacto da implantação da Rodovia Anchieta. Nas Unidades 4, 5 e 6, a pequena diferença entre as somas de 1962 e 1994 podem ser reflexo do desmatamento realizado nessa época para obtenção de combustível vegetal (lenha) para a Usina Santista de Papel.

Para o ano de 1994, é perceptível principalmente maior impacto dos poluentes industriais nas Unidades 10, 11, 12, 13 e 14, como mostrado no capítulo 2 (Figuras 2.2, 2.3 e 2.4).

As Unidades 9 e 10, além da atuação das gerações de facetas, estão dispostas frontalmente à planície costeira e à maior concentração das indústrias, do Pólo Industrial de Cubatão.

As Unidades que apresentam as maiores freqüências de ravinas ou sulcos em ordem decrescente são:

- a) **1962** 10, 7, 5, 4 e 6;
- b) **1994** 12, 5, 10, 13 e 6;
- c) **1962 + 1994 -** 10, 7, 5 e 11.

Na Figura 4.14 tem-se que:

a) Em 1962 a Unidade 5 é a que apresentou o maior número de evidências de escorregamento (75), para um total de 200 evidências para toda a área de estudo.

- b) As Unidades 9 e 10 foram as que tiveram um grande desenvolvimento de escorregamentos em 1994 e situam-se na área central de estudo, vulnerável, entre outros parâmetros, à poluição e a maior pluviosidade.
- c) Comparando a diferença entre as somas de evidências dos anos de 1962 e 1994, dentro das Unidades morfológicas, a maioria das Unidades que compõe o vale do Rio Cubatão, ao contrário do ocorrido com as somas de evidências de ravinas e sulcos, apresenta soma de evidências de escorregamentos de 1962 maiores que a de 1994. Nas Unidades que compõe o vale do Rio Moji, as somas de evidências em 1994 apresentam grande diferença em relação às de 1962.
- d) O vale do Rio Moji (composto pelas Unidades 11 a 14) é o que apresenta as maiores somas de evidências de processos erosivos, quer ravinas ou sulcos, quer escorregamentos. Pode-se também observar neste vale, principalmente a partir da Unidade 7 até a 13, importante ocorrência de processos erosivos do tipo erosão lateral, em especial no ano de 1994.
- e) Em contrapartida, o vale do Rio Cubatão (Unidades de 1 a 8), apresentam 30 evidências de depósitos de leques aluviais, contra 05 evidências no vale do Rio Moji.

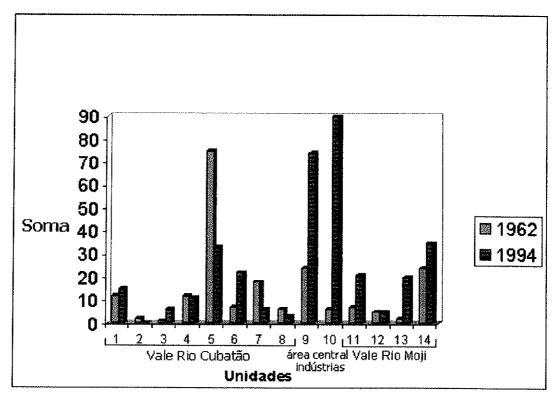


Figura 4.14 – Soma de evidências de escorregamentos, nos anos de 1962 e 1994, por Unidade Morfológica, obtidas de fotos aéreas.

Para o ano de 1962, o vale do Rio Cubatão, em especial a Unidade 5, parece ter sua dinâmica natural alterada principalmente pela intervenção da Usina Santista de Papel.

Em 1994, destacaram-se as Unidades 9 e 10 provavelmente pela atuação das facetas, além da poluição e da concentração de umidade.

As Unidades que apresentam as maiores freqüências de evidências de escorregamentos, em ordem decrescente, são:

- a) **1962** 5, 14, 9, 7, e 1;
- b) **1994** 10, 9, 14, 5 e 6;
- c) 1962 + 1994 10, 5, 14 e 9.

O impacto da poluição parece ter sido maior na parte central da área de estudo e ao longo do vale do Rio Moji. Contudo, conforme estudos de Kerr *et al.* (2000) (Figuras 2.2, 2.3 e 2.4) ela também se estende de forma mais branda para o vale do Rio Cubatão.

As maiores pluviosidades parecem também seguir a dinâmica imposta pela circulação atmosférica na dispersão dos poluentes.

Salienta-se que importante impacto na ocorrência de evidências de processos erosivos no vale do Rio Cubatão, em 1962, especialmente nas Unidades 4, 5 e 6, tenha origem no desmatamento ocorrido nas vertentes dessas Unidades com objetivo de obter lenha para a Companhia Santista de Papel, situada na margem direita do Rio Cubatão (Unidade 4), entre 1910 até meados da década de 70.

Os processos erosivos estão distribuídos por toda a área de estudo, mas como foi observado, parecem estar concentrados em sub-bacias do Rio Perequê na Unidade 10, com 3ª ordem hierárquica de drenagem (segundo Strahler, 1947), direção NS-NW, gerações de facetas: 2º (NW), 4ª (NS), 5ª (NE) e 6ª (NW); pequenos rios que drenam a margem direita do Rio Moji, com vários canais de drenagem sub-paralelas de 1ª a 3ª ordens hierárquicas e direção NW; e os rios da Unidade 5, com gerações de facetas: 1ª(NE), 3ª(E) e 4ª (N). Nestas Unidades Morfológicas (5 e 10), as principais direções de facetas são NE e NW. Essas duas direções ocorrem tanto nas gerações mais antigas quanto nas mais novas, e as evidências de processos erosivos parecem estar diretamente relacionados.

Como outras causas de deflagração de evidências de processos erosivos na área de estudo tem-se, segundo Fúlfaro e Ponçano (1974), que regiões em soerguimento sofrem lentas e contínuas mudanças estruturais, onde as formas mais evidentes resultam de movimentos tectônicos, que conduzem muitas vezes a fenômenos de desequilíbrio. O soerguimento das Serra do Mar em São Paulo pode provocar mudanças naturais na

inclinação das encostas, resultando no aparecimento de fenômenos de instabilidade. Portanto, pode-se dizer que, em algumas Unidades morfológicas da área de estudo, realmente existem evidências de processos erosivos (sulcos ou ravinas) controlados estruturalmente.

Hasui et. al (1994) sugerem que as estruturas NE e NW são as que se destacam como os maiores problemas geotécnicos da Serra do Mar na região adjacente ao Estuário Santista. Segundo esses autores, as descontinuidades NE tendem a se abrir, tornando essa direção privilegiada para a percolação de água, alterando e controlando as formas do relevo e da drenagem. No relatório geológico-geotécnico efetuado para a implantação dos túneis na segunda pista da Rodovia dos Imigrantes (ECOVIAS, 2001), as zonas geomecânicas consideradas mais críticas são justamente aquelas associadas às estruturas de direção NW, que apresentam juntas abertas, percolação de água mais intensa e aprofundamento da alteração intempérica. Não obstante, neste relatório também foi concluído que, de maneira geral, as estruturas NE, ubíquas nos maciços e correspondente ao bandamento composicional, xistosidade e foliação cataclástica, são importantes na distribuição de zonas de características geológico-geotécnicas piores, apresentando profundidades anômalas de níveis de alteração condicionadas por feições abertas.

Um exemplo de possível atuação das direções NW e NE e suas intervenções na dinâmica de processos erosivos parece ocorrer numa drenagem situada na Unidade 14, cujo leito tem direção NW. Essa drenagem, localmente conhecida por "Grotão Fundo", apresenta intenso processo erosivo, com ocorrência de sulcos ou ravinas, escorregamentos, rolamentos de blocos, erosão lateral e depósito de leque aluvial (fluxos de detritos). Esse fenômeno ocorre de forma isolada e díspar em toda essa Unidade. O potencial destrutivo (Figura 4.15) desta evidência é tão grande que coloca em risco a ponte da linha férrea que cruza esta drenagem, podendo interromper temporariamente a ligação ferroviária entre o Porto de Santos e São Paulo.

As estruturas NE e NW também parecem contribuir para ocorrência maiores concentrações de processos erosivos nas sub-bacias dos Rios Cubatão de Cima, de Pilões, Perequê e dos pequenos rios entre as sub-bacias de Pilões e Perequê.

Uma outra explicação plausível para o nítido aumento dos processos erosivos na área de estudo pode estar vinculada a um desequilíbrio do Balanço Sedimentar do Estuário Santista, ligado a processos naturais (elevação atual do nível do mar atual) e processos resultantes de intervenção antrópica. (Souza, 2003) destaca como intervenções antrópicas a destruição das dunas e dos depósitos marinhos antigos, a impermeabilização dos terrenos

que bordejam a praia, a destruição de manguezais, a retirada de areias das praias, as modificações nos sistemas de drenagem das planícies costeiras, a extração de areias e cascalhos dos rios e as dragagens nos canais fluviais e de maré na plataforma continental (canal de acesso ao Porto de Santos) têm afetado diretamente o balanço sedimentar das praias e de toda a região. Essas modificações vêm ocorrendo desde o Século XVI em toda a área do Estuário Santista alterando as taxas de produção e transporte de sedimentos no sistema e, por sua vez, também aumentando os processos erosivos continentais e costeiros". Isso ocorre porque, na busca de seu reequilíbrio o sistema naturalmente tende a repor os seus sedimentos e materiais removidos, acelerando os processos erosivos no interior das bacias de drenagem resultando na geração de novos sedimentos e na retroalimentação do sistema.

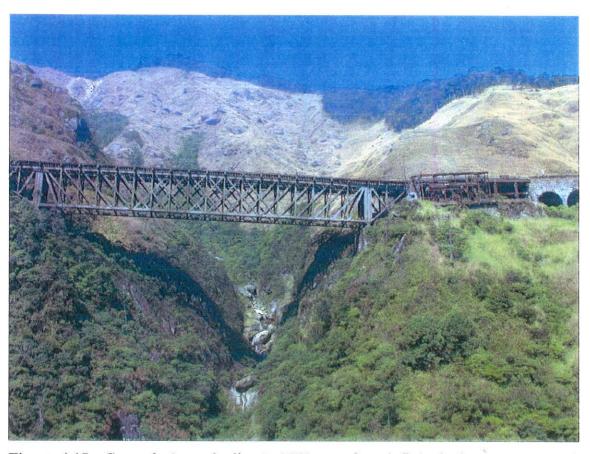


Figura 4.15 - Curso de água, de direção NW, com forte influência de processos erosivos (sulcos ou ravinas, escorregamentos, erosão lateral), e deposicionais (leque aluvial), situada à margem esquerda do vale do Rio Moji (Unidade Morfológica 14).

Finalmente, não se pode excluir uma possível interferência da intervenção antrópica em nível global, com conseqüências no próprio local de estudo. Como é o caso do

aquecimento global, que pode, de certa forma, interferir no desenvolvimento natural da cobertura florestal de Mata Atlântica.

4.3.1.2 - Erosão Lateral

Há evidências de processos erosivos principalmente nas Unidades 2, 7, 9. 10, 11, 12, 13 e leitos dos rios Moji e Cubatão.

As evidências de erosão lateral mais significativas parecem ocorrer em vários pontos onde se observam terraços fluviais (T1) e também associadas a grandes leques aluviais, como os que aparecem na foz do próprio rio Pilões (Unidade 7) e na Unidade 9, onde podemos observar no ponto 28, na foz do Córrego das Pedras, um importante leque aluvial.

No Ponto 20 (margem direita do Rio Pilões), é possível observar erosão lateral que proporcionou a exposição do pacote de sedimentos, dividido visualmente em três camadas (A, B e C), com altura aproximada de 6 m da superfície de água do Rio Pilões até o seu topo, conforme Figuras 4.16 e 4.17.

Observando o detalhe do afloramento na Figura 4.17, a camada C apresenta clastos com até 1 m de diâmetro, bem arredondados e imbricados, típicos de ambiente fluvial. Entremeada nesta camada, observa-se a ocorrência de lente arenosa, com estratificação plano-paralela. Coletou-se amostra dessa lente arenosa (P20-B, camada C1) e sua análise granulométrica (Tabela 4.3) apresentou textura de areia grossa, moderadamente selecionada, com 91,43 % de areias e apenas 3,12 % de finos. A camada C, por suas características, parece indicar um ambiente de Barra Fluvial.

A partir da camada C, o material depositado vai diminuindo sua granulometria até transformar-se na camada B. Essa camada apresenta visualmente uma granulodecrescênça ascendente e após realizada a análise granulométrica, através da amostra P20-A, (Tabela 4.3) vê-se que o material é composto de areia fina, moderadamente selecionada, com 66,86 % de areias e 32,34 % de finos. A camada B, pelas suas características parece indicar um ambiente de terraço fluvial.

A camada A, recoberta pela vegetação, apresenta clastos com tamanhos de 20 a 30 cm, bem arredondados e de diversas litologias (principalmente milonitos), também típicos de ambiente fluvial.

Entre as camadas também há granulodecrescênça ascendente, com maior energia na camada C e período de menor energia na camada B. Posteriormente, novo aumento de energia no sistema gera sedimentos constituintes da camada A. As camadas A, B e C são intercaladas e representam um retrabalhamento dinâmico fluvial do material originário das encostas, oriundo dos leques aluviais.

Outra evidência de erosão lateral e presença de fluxo de detritos é encontrada na Unidade 9 (Ponto 28 – Anexos 3 e 4), junto à foz do Córrego das Pedras. Vários eventos sucessivos de fluxos de detritos desta Unidade Morfológica podem ter sido originados em um grande leque aluvial, sobre o qual foram implantados tanques de combustíveis da Petrobrás, portanto em área de risco geológico.



Figura 4.16 – Vista geral do afloramento do leque do Rio Pilões, dissecado pela erosão lateral. Ponto 20.

Conforme IPT (1994, *apud*: Wolle & Carvalho 1994), foi no vale do Córrego das Pedras que ocorreu o mais recente episódio de movimento de massa, que sucedeu em 06/02/1994 e atingiu a Refinaria Presidente Bernardes, causando danos significativos apesar de uma série de medidas tomadas há alguns anos. Neste dia o pluviômetro mais próximo registrou precipitação de 248,8 mm em 24 horas, sendo o pico de horário registrado de 60 mm. A corrida ocorreu em período noturno, havendo apenas o registro dos ruídos (estrondos) ouvidos e a observação dos estragos causados, no dia seguinte, que

envolveram inclusive a completa destruição de oito pequenas barragens de gabiões no leito do córrego. O volume de material mobilizado foi estimado em cerca de 100.000 a



Figura 4.17 — Detalhe de depósito, da parte indicada na Figura 4.16, do leque do Rio Pilões, dissecado pela erosão lateral. Ponto 20.

150.000 m³, provocando uma enchente de lama em grandes áreas das instalações industriais. Segundo ainda IPT (1994), o material carreado pela corrida era composto de três origens distintas: massas escorregadas e blocos que desceram das encostas em forma de avalanches (inclusive produzindo várias cicatrizes bem definidas nas encostas); material disponível como sedimento na calha da drenagem (aluviões); e material removido por erosão das suas margens (terraços, capeamentos de encostas e massas de tálus). Possivelmente, em volume, ela seja até maior, pela grande quantidade de blocos mobilizados no evento e alargamento da calha do córrego e de um dos seus afluentes (alargamento de 3 a 4 m para até 20 m).

A erosão lateral parece ocorrer em ordem diretamente decrescente com as intensidades de atuação de poluição, pluviosidade e controle estrutural.

Na Tabela 4.4 apresentamos as importâncias relativas de fatores pré-disponentes de processos erosivos e distribuições pelas Unidades Morfológicas, para o ano de 1994.

Fenômeno/Unidade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Variações litológicas	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Freqüência de Facetas por Área (ha)	•	•		•	•			•	•	•	•	•	•	•	•
Gerações de facetas		•		•	•		•	•	•	•		•	•		
Pluviosidade	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	0	•
Poluição	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•
Desmatamento e Degradação				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
Evidências de processos erosivos (sulcos/escorregamentos), por área (ha)	•	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	•	•	
Variação de evidências de processos erosivos (Sulcos e Escorreg.) de 1962 para 1994, por área (ha)	•	•	•	•		•		•	•	•	•	•	•	•	
Leques por área (ha)					•	•	•	•	•				•	•	
LEGENDA:			• - Frac	a			•	Moder	ada			•	- Fort	e	

Tabela 4.4 - Importâncias relativas de fatores pré-disponentes de processos erosivos e distribuições pelas Unidades Morfológicas, para o ano de 1994.

Nesta Tabela 4.4 pode-se observar que:

- a) Não há relação direta entre a variações litológicas e freqüência de facetas por Unidade Morfológica. As variações litológicas são maior rumo ao centro da área de estudo, uma vez que as drenagens com direção NW avançam pelo Planalto Atlântico, cortando diferentes litologias (Anexo 1 e 2).
- b) As variações litológicas parecem controlar as direções predominantes das famílias de facetas em várias gerações.
- c) A exacerbação da dinâmica dos processos erosivos em 1994 parece ter como principal fenômeno a intensificação da poluição, seguida de maior pluviosidade, e principalmente em Unidades Morfológicas com maior frequência de facetas.
- d) Não parece haver relação direta entre os leques aluviais, as variações litológicas, bem como com os demais fenômenos.
- e) A circulação atmosférica dos poluentes oriundos principalmente do Pólo Industrial de Cubatão parece seguir a dinâmica pluvial da região, e também com áreas de maior degradação da cobertura vegetal da Mata Atlântica.

Na Figura 4.45 estão resumidas as seqüências decrescentes, de freqüências de evidências de processos erosivos, em 1994.

Processos Morfodinâmicos	Unidades Morfodinâmicas
	(em ordem decrescente)
Somas de sulcos/ravinas	12, 5, 10, 13 e 6
Somas de escorregamentos	10, 9, 14, 5 e 6
Somas de evidências de processos erosivos (sulcos ou ravinas e escorregamentos)	10, 5, 12, 9, 14, 13 e 6
Somas de evidências de processos erosivos (sulcos ou ravinas e escorregamentos), por área (ha) - (Possíveis áreas - fonte de sedimentos)	12, 13, 10, 9 e 1
Maiores diferenças de somas de evidências de processos erosivos entre 1962 e 1994 (maior	2, 12, 13, 9, 1, e 10
Alteração no equilíbrio morfodinâmico) Menores diferenças de somas de evidências de	6, 8, 14, 11, 5 e 7
processos erosivos entre 1962 e 1994 (menor desequilíbrio morfodinâmico)	

Tabela 4.45 - Variabilidades das intensidades de processos morfodinâmicos nas diferentes Unidades Morfológicas.

Embora aparentemente seja uma das Unidades Morfológicas mais estáveis, é na Unidade 8 que foram registrados os principais movimentos de massa (24 eventos), em áreas de risco à população residente, cadastradas pelo PPDC (Plano Preventivo de Defesa Civil), entre 1988 a 2001. No Município de Cubatão, SP (Anexos 2, 3 e 4 e Tabela 4.6). Observa-se na Tabela 4.6 que os pontos se concentram principalmente em locais de maiores densidades populacionais, como no Morro do Marzagão, Estrada dos Pilões, Pinhal do Miranda (Grotão), Cota 95-100 e Cota 200. Conforme escala proposta pelo PPDC de quando as chuvas acumuladas chegam a 100 mm em 72 horas, tem-se do estado de atenção para alerta, seguido de remoção preventiva da população das áreas de risco iminente indicadas pelas vistorias. Além disso, pode-se chegar, ao estado de alerta máximo, quando ocorre a remoção de toda a população que habita áreas de risco.

Tabela 4.6 - Distribuições espaciais e temporais de eventos de movimentos de massa, de diferentes tipos, ocorridos no período entre 1988 a 2001, e suas relações com os índices pluviométricos, em Cubatão (SP). Fonte: Projeto SIIGAL – Souza, 2001 - Banco de Dados do PPDC - elaborado pelo PqC Jair Santoro (IG/SMA).

Ponto	Posto Pluviométrico	Localidade	Coordenadas	Data Ocorrência	Tipo	acum.	acum.
•	Oficial		UTM		Evento (*)	(mm) 24	(mm) 72
						hs	hs
1	Rede Telemétrica Postos:	Pilões (estrada dos Pilões)	7.357,34 kmN	03/12/92	MI	23,2	68,4
	Cota 400 e Portão 40		353, 07 kmE				
	(Petrobrás)						
2	Idem	Morro do Marzagão (Rod. Pedro	7.356, 55 kmN	07/02/94	ES	325,1	452,1
		Taques, 1ª passarela)	350,28 kmE				
3	Idem	Cota 200 (Caminho principal; próximo	7.357,17 kmN	23/03/96	ES	65,5	228,1
		ao Campo de Futebol	350, 28 kmE				
4	Idem	Cotas 95-100	7.358, 27 kmN	12/0199	ES	82,8	258,4
			351, 75 kmE				
5	Idem	Morro do Marzagão (Caminho E, nº	7.356, 56 kmN	09/01/98	ES	189,0	232,3
		108)	353,08 kmE				
6	Idem	Morro Marzagão (Rod. Pedro Taques, 2ª	7.356,58 kmN	07/02/94	ES	325,1	452,1
-		Passarela), 281	353,06 kmE				
7	Idem	Pilões (estrada dos Pilões)	7.357,35 kmN	23/03/96	MI	65,5	228,1
Í			353,71 kmE				
8	Idem	Centro (Rua João Paulo II, s/n°)	7.358,35 kmN	10/01/98	ES	21,0	143,1
			351,95 kmE				
9	Idem	Cotas 95-100 (Via Anchieta, Pista Norte,	7.358,28 kmN	12/01/99	ES	82,8	228,1

		Km – 52)	351,72 kmE				
10	Idem	Pilões (estrada dos Pilões)	7.357,36 kmN	07/02/94	ES/MI	325,1	452,1
			351,72 kmE				
11	Idem	Pinhal do Miranda (Grotão) - Caminho	7.357,42 kmN	23/03/96	ES	65,5	228,1
		5, n° 30 A	351,83 kmE				
12	Idem	Cotas 95-100 ((Rua João Paulo IIVia	7.358,29 kmN	10/01/98	ES	21,0	143,1
		Anchieta, Pista Norte, Km – 52	351,77 kmE				
13	Idem	Cotas 95-100 (Rua Bandeirantes nº 546);	7.358,30 kmN	12/01/99	ES	82,8	228,1
		Próx. Km 52 da Via Anchieta, Pista	351,78 kmN				
		Norte					
14	Idem	Cota 200 (Rua Principal, nº 1270)	7.357,18 kmN	07/02/94	ES/MI	325,1	452,1
			350,29 kmE				
15	Idem	Água fria (Rua Principal, nº 378)	7.357,47 kmN	12/03/98	ES	191,3	261,9
			351,90 kmE				
16	Idem	Favela Mantiqueira (Rodovia	7.361,05 kmN	12/01/99	ES	82,8	228,1
!		Piaçagüera-Guarujá, Km 65)	360,72 kmE				
17	Idem	Cotas 95-100 (Ligação Elétrica, nº 23)	7.358,31 kmN	07/02/94	ES	325,1	452,1
			351,79 kmE				
18	Idem	Água Fria (Estrada dos Pilões, s/nº)	7.357,48 kmN	12/03/98	ES/MI	191,3	261,9
			351,91 kmE				
19	Idem	Cota 200 (Via principal, acima da Igreja	7.357,19 kmN	27/03/94	ES/MI	325,9	332,4
		Católica)	350,30 kmN				
20	Idem	Morro do Marzagão (Caminho 1, nºs	7.356,59 kmN	27/03/94	ES	325,9	332,4
		188/93)	353,09 kmE			The state of the s	
21	Idem	Grotão do Pinhal do Miranda (Caminho	7.357,43 kmN	10/12/99	ES/MI	84,2	127,9

		12, Casa n° 16)	351,84 kmE				
22	Idem	Cota 200 (Ocupação em setor da porção	7.357,20 kmN	11/12/99	ES	67,3	179,6
		superior)	350,31 kmE				
23	Idem	Fabril (Rua do Alojamento - Centro)	7.358, 36 kmN	11/12/99	ES	67,3	179,6
		(Atrás da EEPG ZENON)	351,96 kmE		A Company of the Comp		
24	idem	Estrada dos Pilões	7.357,37 kmN	11/12/99	ES	67,3	179,6
4,47			351,73 kmE				-

Legenda: Escorregamento de solo; **RB** – Rolamento de blocos de rocha; **MI** (Misto) – Escorregamento de solo e blocos de rocha e **DR** – Desplacamento rochoso.

4.3.2 - Carta de Depósitos Quatenários

Na área de estudo estão presentes quatro tipos de depósitos: barra fluvial, tálus, coluvião e leque aluvial. As definições desses tipos de depósitos são descritas a seguir.

- a) Terraço Fluvial: Segundo Suguio (1998), o terraço fluvial é um relevo mais ou menos plano e levemente inclinado, existente um uma ou ambas margens de um canal fluvial (fluvial channel), como resultado de retomada do processo erosivo aprofundando o leito do rio. A borda do terraço fluvial é comumente escarpada e a sua superficie pode estar recoberta por sedimentos que representam o material de fundo do antigo canal fluvial ou depósitos de inundação. Podem ocorrer vários níveis de terraços fluviais e, neste caso, o mais alto em relação ao nível atual do rio corresponde ao mais antigo, tornando-se cada vez mais novos à medida que diminuem suas alturas. O terraço fluvial constitui um importante registro da evolução geomorfológica e/ou neotectônica de uma área. Área esta que, por exemplo, pode sofrer um soerguimento e ter reflexos nos vários níveis de terraço de um rio.
- b) Leque Aluvial: de acordo com Suguio (1998) é um depósito sedimentar em forma de leque (ou cone) encontrado nas áreas de sopés de regiões montanhosas, especialmente sob condições de clima mais seco, sendo a sua formação também favorecida em regiões tectonicamente mais ativas durante a sedimentação. Predominam sedimentos de movimentos de massa ou fluxos gravitacionais, tais como os fluxos de detritos (debris flows) e as corridas de lama (mud flows).
- c) Coluvião: designação genérica aplicada a depósitos incoerentes de aspecto terroso, localizados em vertentes e sopés de relevo mais ou menos acentuados; Tálus (tálus) e detritos de escarpas, transportados principalmente pela ação da gravidade, podem ser incluídos nesta categoria (Suguio, 1998). Coluvial é um adjetivo ligado ao colúvio ou coluvião, que é um depósito detrítico heterogêneo formado ao sopé de vertentes, tendo sido transportado principalmente por ação da gravidade (rastejo de solo = soil creep) ou pela atividade de gravidade e gelo (solifluxão = solifluction), conforme Suguio (1998).
- d) Tálus: conforme Suguio (1998), tálus corresponde à acumulação de detritos rochosos angulosos no sopé de uma vertente íngreme, transportado declive abaixo essencialmente por ação gravitacional.

e) Barra Fluvial: para Suguio (1998), barra (bar) arenosa ou cascalhosa, total ou parcialmente submersa pelas águas conforme a estação do ano é, acumulada pelas correntes fluviais em diferentes partes do canal fluvial (fluvial channel).

Para estudo dos depósitos quaternários, foram coletadas amostras de campo dos ambientes identificados pela carta morfológica e enviados para análise granulométrica. A seguir, são apresentados os resultados na Tabela 4.3. Para a análise dos resultados, utilizaram-se os parâmetros texturais propostos para diâmetro médio (Wentworth, 1922) e desvio padrão (Folk & Ward, 1957), além da comparação entre areias e finos.

Tabela 4.3 -Resultados de análises granulométricas

Grupo Terraço Fluvial (T1)

CÓDIGO DA			S ESTATÍSTICO RANULOMÉTRI		FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)												
AMOSTRA	DIÁMETRO	DESVIO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CAS	CALHO				ARE	A	*		PELÍTIC	08	FINOGROSSO	
746031194	MEDIO	PADRÃO			SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUTO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL		
P3-B2	2.81	0.88	-1.02	3.83	0.00	0.10	0.10	0.11	1.57	6.12	13.36	23,11	44.27	12.52	55.63	1.2538	
P3-B3	2.54	0.90	-1.20	5.58	0.00	0.58	0.58	1.41	2.01	13.57	39.01	28.51	84.51	3.61	14.91	0.1753	
P4	180	1.04	-0.21	2.48	0.00	0.17	0.17	5 26	16.38	26.27	30.36	11.58	89.86	2.93	9.97	0.1108	
P20-A	2.30	1.00	-1.05	4.48	0.00	0.80	0.80	1.91	3,95	12.84	31.41	16.76	66.86	15.81	32.34	0.4779	
P20-A	2.86	0.81	-1.31	5.50	0.00	0.05	0.05	0.61	1.17	5.19	22.09	30.16	59.21	4.25	40.74	0.6874	
P-23	2.88	0.76	-1,13	4.72	0.00	0.02	0.02	0.16	0.68	3.48	13.66	19.82	37.80	27 41	62.17	1.6437	

Grupo Leques

CÓÐIGO DA			S ESTATISTIC ANULOMÉTRI		-		FAIXA	GRANU		RICA %) .			RELAÇÃO			
AMOSTRA	DIÂMETRO	DESVIO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CAS	CALHO				ARE	IA.			PELITIC	···	FINO/GROSSO
диозпо	MĚDIO	PADRAO			SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	
50.4	0.57	1.40	-1.33	3.87	0.00	0.71	0.71	0.90	0.90	1.75	3.81	9.29	16.56	39.28	82.63	4 7585
P2-A P2-B	2.57 2.27	1.40 0.96	-0.50	3.27	0.00	0.39	0.39	0.67	5.39	19.72	27.05	18.43	71.26	7.90	28.35	0.3957
P-22	1.46	1.66	-0.46	1.87	0.00	11.95	11,95	5.48	6.34	10.97	19.74	13.68	56.21	14.16	31,84	0.4671

Grupo Depósito Tálus

CÓDIGO DA	DIST	OS DA CA (phi)		FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)										RELAÇÃO		
AMOSTRA	DIÂMETRO	DESVIO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CAS	CALHO				ARE	IA			PELITIC		FINO/GROSSO
PARTICUMA	MÉDIO	PADRÃO	H021121121		SEIXOS	GRÂNULOS	TOTAL	MURTO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA.	MUITO FINA	TATOT	ARGILA	TOTAL	_
											4100	1705	50.40	40.45	11.00	0.7875
P3-B4	1.97	1.43	-0.67	2.50	0.00	2.76	2.76	3.94	6.96	10,40	14.83	17.05	53.18	13.15	44.06	
P-6	104	1.31	0.28	2.14	0.00	2.32	2.32	12.35	19.08	12.03	10.63	6.08	60.17	13.74	37.51	0.6002

Grupo Barra Fluvial

CÓDIGO DA			S ESTATÍSTIC	CA (phi)		FAIXA GRANULOMÉTRICA (%) CASCALHO AREIA PELÍTICOS											
AMOSTRA	DIÂMETRO MÉDIO	DESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	SEIXOS	GRÁNULOS	TOTAL	MUTTO GROSSA	GROSSA	MÉDIA	FINA	MUITO FINA	TOTAL	ARGILA	TOTAL	FINO/GROSSO	
P-20B	0.92	0.93	-0.20	3,55	0.00	5.45	5.45	6,60	39.05	35.45	8.75	1.58	91.43	1.45	3.12	0.0322	

		PARÂMETROS	S ESTATISTICO ANULOMÉTRI	OS DA		FAIXA GRANULOMÉTRICA (%)												
CÓDIGO DA AMOSTRA	DIÁMETRO MÉDIO	BESVIO PADRÃO	ASSIMETRIA	CURTOSE	CAS SEIXOS	CALHO GRÂNULOS	TOTAL	MUITO GROSSA	GROSSA	ARE MÉDIA	IA FINA	MUITO FINA	TOTAL	PELÍTICI ARGILA	OS TOTAL	FINO/GROSSO		
P.1	1 62	0.73	0.38	3.00	0.00	0.00	0.00	0.35	19.02	49.21	24.38	4.04	96.99	1.39	3.01	0.0310		

4.3.2.1 - Terraço Fluvial

Os terraços fluviais podem ser considerados como "mistos", uma vez que se enquadram tanto em processos erosivos, quanto em processos deposicionais. A inserção desses no grupo se deve à facilidade de comparação com os demais ambientes deposicionais.

Na área de estudo ocorrem dois níveis de terraços fluviais: Ti (planície de inundação atual) e T1 (planície de inundação antiga). No vale do Rio Cubatão, é possível encontrar terraços a partir da Unidade Morfológica 4 até a 6. No vale do Rio Moji, foram observados entre as Unidades 11, 12 e 14. Cabe aqui ressaltar a dificuldade na identificação destes terraços, devido à forte intervenção antrópica nessa área.

O terraço de inundação atual (Ti) está sempre vulnerável às cheias dos Rios Cubatão e Moji. Possui largura aproximada de 10 a 90 m, a partir dos leitos dos rios, e aproximadamente 50 cm de altura (espessura aparente) a partir da lâmina de água (medidas obtidas no período seco, entre julho a setembro/2003).

O segundo nível de terraço antigo (T1) também é atingido pelas grandes cheias ocasionais. No Rio Cubatão apresenta largura (compreendida entre as faixas limites do Ti e do polígono de colúvios), variável entre 50 e 500 m e entre 50 e 1.250 m no vale do Rio Moji. A altura (espessura aparente) varia entre 1,80 e 2,10 m (a partir da lâmina de água do Rio Cubatão).

Os terraços T1 foram observados nos Pontos: 27, 25, 24, 3, 2, 4, 14 (Anexo 4). Os terraços Ti foram observados nos Pontos: 25, 24, 23, 3, 1, 4 (Anexo 4).

Na Figura 4.18 (Ponto 24 – Anexo 4), é possível observar um exemplo de ambos os terraços. No local também se observa uma barra fluvial arenosa, de pontal, típica de sistema fluvial meandrante.

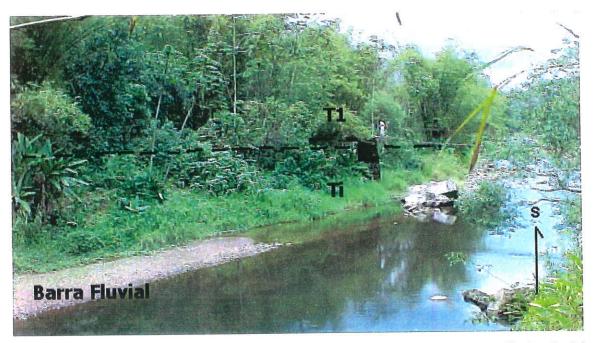


Figura 4.18 - Terraços fluviais T1 e Ti e barra de pontal situado à margem direita do Rio Cubatão (Ponto 24).

Nos Pontos 24 (Figura 4.19) e 25 (Figura 4.20), observam-se também exemplos de terraços.



Figura 4.19 - Vista do terraço fluvial T1 situado à margem esquerda do Rio Cubatão (Ponto 24).



Figura 4.20 - Terraços Ti e T1, situados à margem esquerda do Rio Cubatão (Ponto 25).

No Ponto 3 situado à margem direita do Rio Cubatão, foi possível coletar amostras em afloramento do terraço fluvial T1 para analise granulométrica (amostras P3-B2 e P3-B3). O afloramento (Figuras 4.21 e 4.22) exibe seixos de litologia variada imersos em matriz arenosa (granodecrescença ascendente) vermelha a marrom. A granulometria da amostra P3-B2 (Tabela 4.3) é de areia fina, moderadamente selecionada, com 44,27 % de areias e 55,63 % de finos. A amostra P3-B3 (10 m à jusante) apresentou granulometria de areia fina, moderadamente selecionada, com 84, 51 % de areias e 14,91 % de finos. Neste afloramento, há marcada granudecrescença ascendente (indicando pulsos de maior e menor energia hidrodinâmica), típica de sistema fluvial meandrante.

A montante do afloramento do terraço T1, ainda no Ponto 3, encontra-se um depósito de tálus no sopé de uma faceta. O depósito de tálus (amostra P3B4) possui matriz de argilo-síltico-arenosa, com presença de clastos frescos e intemperizados e, fragmentos de feldspatos. Observando os resultados da análise granulométrica (Tabela 4.3), temos a presença de areia média, mal selecionada, com 53, 18 % de areias e 44,06 % de finos.

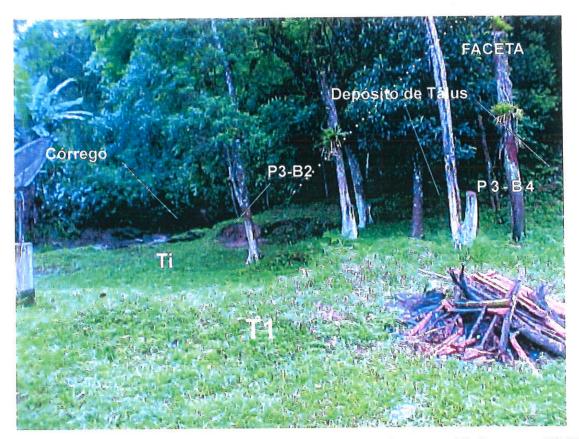


Figura 4.21 - Vista geral do Ponto 3. Observa-se os níveis de terraço T1 (amostras P3-B2 e P3-B3), Ti e a base de um corpo de tálus (amostra P3-B4).



Figura 4.22 - Detalhe do afloramento do Terraço T1 (amostra P3-B2) do Ponto 3.

No Ponto 23 foi identificado afloramento do terraço T1, conforme mostram Figuras 4.23 e 4.24, exposto por processo de erosão lateral no Rio Cubatão. Esse terraço apresenta um pacote pouco estruturado e na análise granulométrica da amostra (P-23) verificou-se a presença de areia fina, moderadamente selecionada, com 37,8 % de areias e 62,17 % de finos. Esses dados revelam tratar-se de uma antiga planície de inundação sobre um antigo leito fluvial (cascalheira).

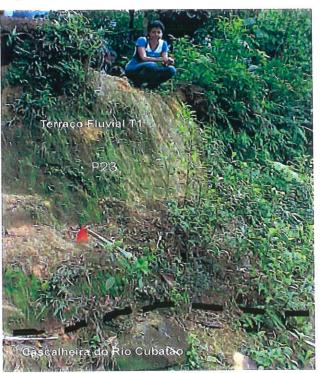


Figura 4.23 - Afloramento do terraço fluvial T1, sobreposto ao nível de cascalheira (leito antigo) do Rio Cubatão (Ponto 23).



Figura 4.24 - Detalhe do afloramento do terraço fluvial T1 (Ponto 23).

No Ponto 4 foi identificado na margem direita do Rio Cubatão, próximo à foz do Rio Pilões, outro afloramento de terraço fluvial, conforme as Figuras 4.25 e 4.26. Trata-se de um pacote homogêneo, sem estruturas sedimentares, com variações granulométricas visíveis. A amostra P4 (**Tabela 59 e f 60**) apresentou ocorrência de areia média, pobremente selecionada com 89,86 % de areias e 9,97 % de finos. Esses resultados demonstram tratar-se de um ambiente de terraço fluvial.

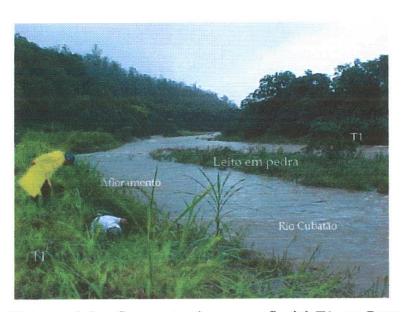


Figura 4.25 - Vista geral do afloramento do terraço fluvial T1, no Ponto 4, à margem direita do Rio Cubatão. Observar falsa barra fluvial, tratando-se apenas de leito em pedra.



Figura 4.26 - Detalhe do afloramento do terraço fluvial no Ponto 4.

Segundo C. R. de Souza (comunicação oral), nas planícies costeiras de São Paulo, exceto o Rio Ribeira de Iguape (que também está associado com neotectônica, com influência do Alinhamento de Guapiara), os demais rios não apresentam sequer planície de inundação bem definida ou restritas, nem possuem terraços fluviais elevados. Os Rios Cubatão e Moji já apresentam (embora restritamente) terraços de inundação (Ti) e fluvial (T1). Esses terraços podem ser evidência de atividade neotectônica, produto de um soerguimento lento e contínuo.

Na Figura 4.27, tem-se uma evidência de soerguimento, quando o próprio entalha o seu leito.



Figura 4.27 – Evidência de soerguimento. Observar o próprio entalhando seu próprio leito. Ponto 3. Margem direita do Rio Cubatão.

4.3.2.2 - Leque Aluvial

Segundo Leeder & Gawthorpe (*apud*: Coward *et al.*, 1987), os leques podem ser produto do movimento (deslocamento) dos blocos ascendente (footwall) e descendente (Hanging Wall), típicos de estruturas escalonadas de falhas normais, como as das estruturas em degrau "*en enchelon*", modelo de sedimentação em falhas do tipo extensional (Figura 4.1).

Foram identificados pela carta morfológica aproximadamente 35 leques aluviais, sendo 5 na área central, 10 no vale do Rio Moji e 20 no vale do Rio Cubatão (Anexo 3). Alguns destes foram identificados em campo, com coleta de amostras para análise granulométrica.

A Figura 4.27 mostra um leque aluvial proximal localizado em sítio na margem direita do Rio Cubatão, Ponto 2 (Anexo 4).

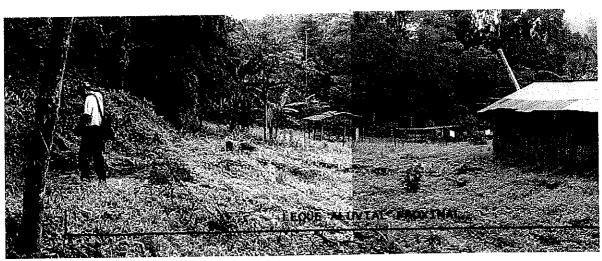


Figura 4.27 - Leque aluvial proximal nas adjacências da margem direita do Rio Cubatão (Ponto 2). Observar a ocupação antrópica situa-se sobre parte dos depósitos do leque, situação muito comum na região.

O leque aluvial apresenta matriz de silte-argilo-arenosa de cor marrom-avermelhada e clastos de micaxistos e milonitos. Amostra P2-A (Figura 4.27 e Tabela 4.3) apresentou material constituído de areia fina, pobremente selecionado, com 82, 63 % de finos e apenas 9,29 % de areias.

Na parte mais distal do leque 50 m a jusante do ponto P2-A (Figuras 4.28 e 4.29), encontram-se um pacote de material (amostra P2-B) lentes de areia fina intercaladas com lentes de areia mais grossa (aprox. 10 cm de espessura). A amostra foi coletada em uma

trincheira de 45 X 50 cm. A areia mais grossa (com clastos com diâmetro de 3mm) situa-se em lentes dentro da areia fina (Figura 4.29). Na mineralogia, é possível encontrar quartzo e feldspatos. Observando os dados granulométricos da amostra P2-B (Figura 4.29 e Tabela 4.3) têm-se areia fina, moderadamente selecionada, com 71,26 % de areias e apenas 28,35 % de finos.

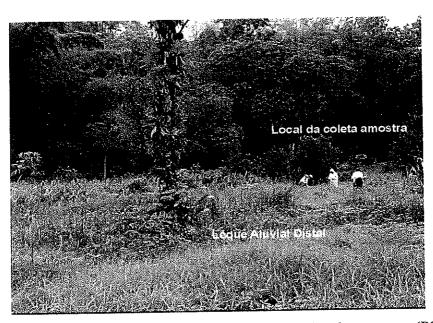


Figura 4.28 - Parte distal do leque aluvial, onde foi coletada amostra (P2-B) no local indicado (Ponto 2).



Figura 4.29 – Detalhe em trincheira (Amostra P2-B) da parte distal do leque aluvial. Observa-se a intercalação de lentes de areia grossa em areia fina. Ponto 2.

Outro leque mapeado encontra-se no Ponto 22 (Anexo 4). Na Figura 4.30 tem-se a vista geral do leque, onde ocorrem duas drenagens dissecando-o. Na Figura 4.31 tem-se o contato da parte mais distal do leque junto à trilha do Parque Estadual. Neste local foi coletada amostra para análise (P22), que apresenta areia média, pobremente selecionada, sendo 56,21 % de areias para 31,84 % de finos (Tabela 4.3).



Figura 4.29 - Vista geral do leque aluvial do Ponto 22. Notar que, além das drenagens (naturais?), há ocupação antrópica sobre o depósito.



Figura 4.30 - Detalhe leque aluvial do Ponto 22.

4.3.2.3 - Barra Fluvial

Além da barra fluvial já identificada no Ponto 20, foi identificada uma outra barra fluvial no Ponto 1 (Anexo 4 e Figura 4.32).

Analisando a Amostra P1 coletada no local (Tabela 4.3), o material é constituído de areia média, moderadamente selecionado, com 96,99 % de areias e apenas 3,01 % de finos. Este afloramento parece tratar-se de um ambiente de transição entre barra fluvial e terraço de inundação.



Figura 4.32 — Barra fluvial abandonada em transição para um terraço de inundação (Ti). Ponto 1, margem direita do Rio Cubatão. do Rio Cubatão.

4.3.2.4 - Depósito de Tálus

Exemplo de depósitos de tálus mapeados nas fotografías aéreas e observados no campo são encontrados nos Pontos 3 e 6. No Ponto 6, margem esquerda no vale do Rio

Moji (Anexo 4 e Figura 4.33), na base de facetas, ocorreu movimento de massa que provavelmente cobriu temporariamente a linha férrea de Santos-Jundiaí e que, posteriormente, grande parte deste material foi removido pela equipe de manutenção da empresa MRS-S/A, ficando algumas amostras que foram coletadas para análise (amostra P6), conforme as figuras abaixo.

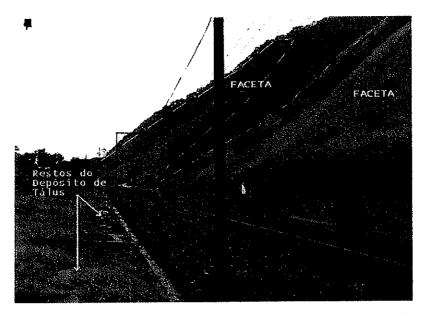


Figura 4.33 - Vista geral do Ponto 6, onde provavelmente ocorreu movimento de massa oriundo das facetas situadas à direita da foto.



Figura 4.34 - Detalhe de restos de material proveniente de movimento de massa (tálus) que cobriu os trilhos da ferrovia Santos Jundiaí, removidos pela equipe de manutenção (amostra P6 Ponto 6).

4.3.2.5 – Ambientes Deposicionais

A Carta Morfológica demonstrou ser muito prática na identificação de prováveis ambientes de sedimentação, bem como bom guia em campo. A elaboração de um gráfico de dispersão (Figura 4.35), a partir de parâmetros texturais de diâmetro médio e desvio padrão (Tabela 4.3), permitiu ratificar a reunião de Pontos de Campo em grupos deposicionais.

Gráfico de dispersão

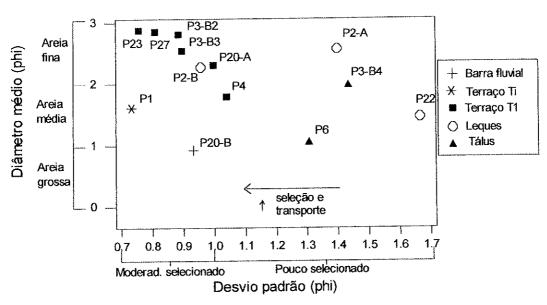


Figura 59 - Gráfico de dispersão usando os parâmetros diâmetro médio e desvio padrão, para as amostras coletadas nos respectivos pontos de campo.

O Grupo de Terraços Fluviais (T1), representado pelos pontos P3-B2, P3-B3, P4, P20-A, P27 e P23, apresenta, em média, granulometria de areia fina, moderadamente selecionada, com predomínio de areias em relação aos finos (indicando maior energia cinética, água e transporte no sistema), com exceção dos Pontos P3-B2 e P23, que possuem mais finos que areias em sua composição. As fontes de sedimentos para os terraços T1 e Ti são os leques e a inundação dos rios, que trazem sedimentos em suspensão (areia muito fina, silte e argila).

O Grupo de Leques Aluviais tem como representantes os pontos P2-A, P-2B e P22. Este último, constituído de areia média, pobremente selecionado e com predomínio de areias sobre os finos, indica um ambiente com alta energia potencial, pouca água e

transporte no sistema, típico de um depósito gravitacional. O mesmo ambiente pode ser inferido para o Ponto P2-A, composto de areia média, moderadamente selecionado e de alta energia potencial, indicando um leque aluvial proximal. Entretanto, esse mesmo leque aluvial do Ponto 2 apresenta sua parte mais distal, com mais energia cinética, água e consequente transporte no sistema, representado pelo Ponto P2-B. Este Ponto apresenta areia fina, moderadamente selecionada e com predomínio de areia sobre os finos. Geralmente, as áreas fonte de sedimentos para os leques aluviais são as rochas miloníticas.

O Grupo de Depósito de Tálus, composto pelos Pontos P3-B4 e P6 indicam um ambiente com maior energia potencial, pouca água e baixo transporte no sistema. São compostos por areia média, pobremente selecionada e com maioria de areias sobre os finos. Na prática, parecem ter as mesmas características dos leques aluviais proximais, inclusive na origem de seus sedimentos, sendo grande parte de rochas miloníticas.

O Grupo da Barra Fluvial possui dois representantes. O Ponto 20-B, que se caracteriza se constituir de areia média, moderadamente selecionada e quase domínio total de areias. Indica um ambiente com maior energia cinética (mais água e transporte), se destacando dos terraços por sua granulometria mais grosseira. O Ponto 20-B, trata-se, portanto, de uma barra fluvial originada pelo retrabalhamento fluvial de material transportado das áreas fontes pelo leque aluvial do Rio Pilões. O Ponto P1 pode ser considerado um depósito restrito. Sua granulometria apresenta areia fina, moderadamente selecionada e domínio quase total de areias. O ambiente de deposição demonstra alta energia cinética (água e transporte) e parece indicar o resto de uma barra fluvial de pontal, que está sofrendo um processo de "individualização" com um terraço fluvial (provável planície de inundação). É possível que seja também produto do entalhamento do leito fluvial, condicionado a um soerguimento regional.

4.3.2.6 - Colúvios

A interpretação de fotos aéreas de 1962 e 1994 permitiu identificar uma grande ocorrência de depósitos de colúvios (rampas) e de tálus que, na dificuldade de identificar-los separadamente, foi traçado um polígono de área de ocorrência de colúvios (Anexo 4). Essa área de colúvios abrange desde as cabeceiras do Rio Cubatão, atravessando a planície lagunar estuarina e subindo até as nascentes do Rio Moji. Possui declividade em torno de

25°, e situa-se em cotas que vão de aproximadamente 10 m até 600 m, com média de 300 m.

Como uma tentativa para se detectar estes depósitos, foram pesquisados alguns relatórios de sondagens (num total de 55) realizados durante os projetos de construção da nova pista descendente da SP-160 (Rodovia dos Imigrantes), gentilmente cedidos pela empresa concessionária ECOVIAS dos Imigrantes S/A que administra a Rodovia dos Imigrantes.

Das 55 sondagens disponíveis foram selecionadas as mais representativas, tanto fora como dentro do polígono dos colúvios. Fora do polígono dos colúvios, têm-se as sondagens SM-01 (Figura 4.36) e SM-44 e (Figura 4.37) e dentro do polígono dos colúvios tem-se a sondagem SM-131 (Figura 4.38). É possível visualizá-las nos Anexos (2, 3 e 4).

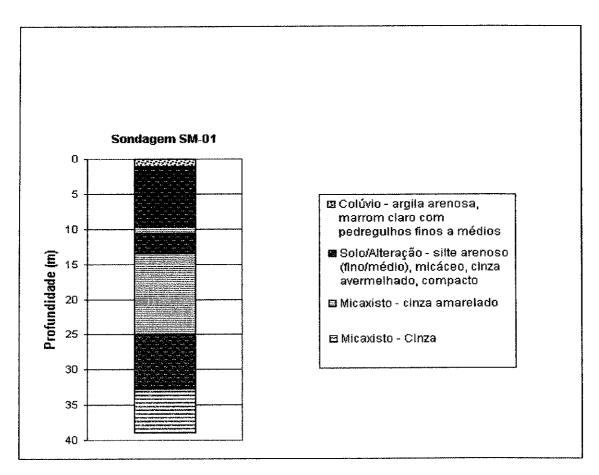


Figura 4.36 - Sondagem – SM-01 – fora do polígono de colúvios – pista descendente. Fonte: ECOVIAS S/A.

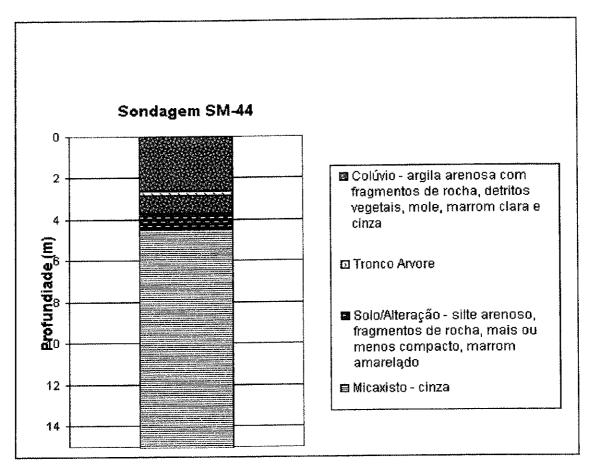


Figura 4.37 – Sondagem – SM-44 – fora do polígono de colúvios – pista descendente. Fonte: ECOVIAS.

Observando-se as Figuras 4.36 e 4.37, (sondagens plotadas no Anexos 2, 3 e 4), que representam as sondagens realizadas fora do polígono dos colúvios, verifica-se que os colúvios possuem espessura que varia de 1 a 4 m. Essas sondagens encontram-se nas cotas entre 500 e 600 m com declividades em torno de 23°.

Na Figura 4.38, vê-se um perfil representativo das sondagens que ocorrem dentro do polígono de colúvios. Segundo Baccaro (1982), os taludes de detritos cobrem a maioria das vertentes abaixo de 150 m nos vales dos Rios Cubatão e Moji, onde dominam as formas convexas. Constitui-se de blocos rochosos caóticos, arredondados, de composição migmatítica, xistosa e com diâmetro de até 5 m, contendo matriz areno-argilosa pouco espessa. Para Domingues (1983), os taludes de detritos são originados por processo de deposição catastrófica e desordenada, sem tempo de acomodação sucessiva. Isto equivale a dizer que os processos de movimentos gravitacionais são os predominantes. Na Figura 4.38, parece ser possível identificar a ocorrência de uma sucessão destes eventos

catastróficos, conforme se pode observar na sucessão de pacotes de matacões intercalados por horizontes de solos de alteração.

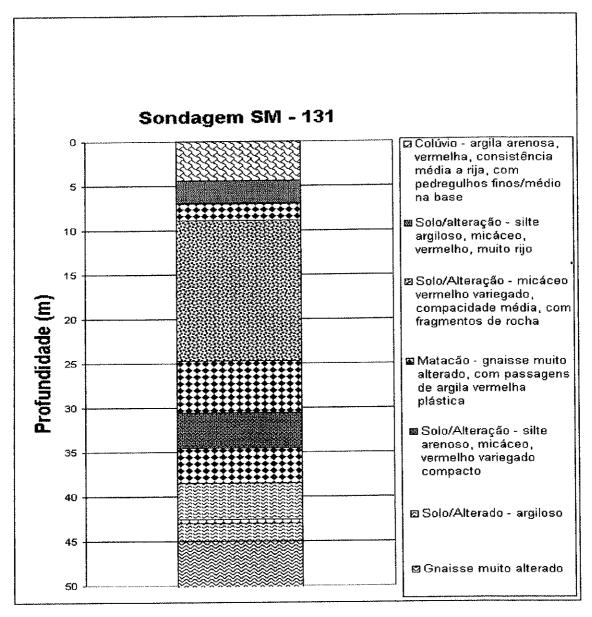


Figura 4.38 - Sondagem - SM-131 - dentro do polígono de colúvios - pista descendente. Fonte: ECOVIAS.

Além do polígono demarcado pelos colúvios, desde as cabeceiras do Rio Cubatão até as cabeceiras do Rio Moji, é possível encontrar também corpos de colúvios isolados, denominados aqui de "células de colúvio". Foram identificados células de colúvios na Unidade 10 (C1 e C2), Unidade 11 (C3) e Unidade 12 (C4). Esses "embaciamentos" de colúvios parecem ter relação direta com a sobreposição de gerações de facetas com direções NE sobrepondo as gerações com direção NW, provocando possível afundamento

do embasamento. Claro que cabem aqui estudos mais aprofundados para sustento dessa teoria.

4.3.2.7 - Relação entre Evidências de Processos Erosivos e Colúvios

A série de figuras demonstradas as seguir esboça uma tentativa de estudar a relação entre colúvios (incluindo tálus) e evidências de processos erosivos (sulcos, ravinas e escorregamentos), especialmente no enfoque da ocorrência destes últimos se dentro ou fora da área do polígono de colúvios.

A Figura 4.39 mostra os totais de evidências de processos erosivos (ravinas/sulcos/escorregamentos), fora e dentro da área de colúvios, nos anos de 1962 e 1994.

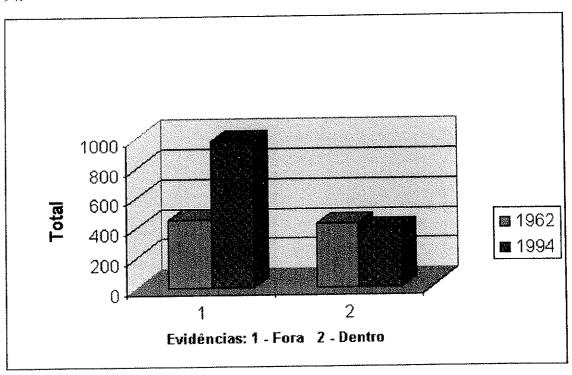


Figura 4.39 - Somas de evidências de processos erosivos fora e dentro da área de colúvios.

Observa-se que os processos erosivos, dentro da faixa de colúvios, nos anos de 1992 e 1994, apresentam relativo equilíbrio. Entretanto, fora do polígono de colúvios, ocorreu duplicação das freqüências de evidências de processos erosivos de 1962 para 1994. Os processos erosivos concentraram-se nas vertentes superiores e mais declivosas, situadas

acima do limite superior da faixa dos colúvios. Resta saber como esses fenômenos se distribuem pelas nas Unidades Morfológicas.

A Figura 4.40 representa a soma de freqüências de evidências de processos erosivos, dentro da área de colúvios, em 1962, segundo as Unidades Morfológicas. Verifica-se que, quanto mais próximo do centro da área de estudo, mais freqüentes são as ocorrências de evidências de ravinas e/ou escorregamento, pela ampliação da área de estudo a partir das cabeceiras. As ravinas são mais freqüentes que os escorregamentos e a diferença entre estes fenômenos mantém proporções semelhantes, destacando-se nas Unidades 5 e 10. Esses destaques podem estar vinculados a controle estrutural e na Unidade 5 o impacto pode ter sido maior devido à Usina Santista de Papel. Na Unidade 10, os processos podem ter sido intensificados pelo Pólo industrial.

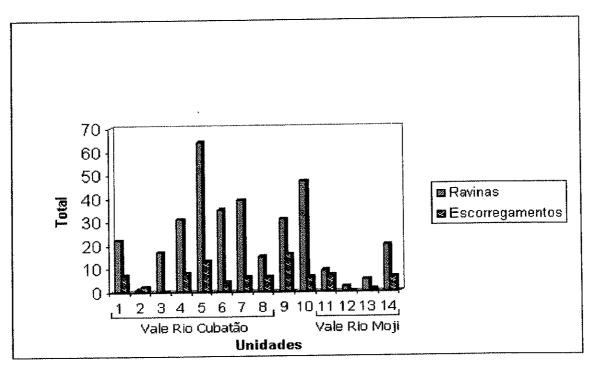


Figura 4.40 – Somas de evidências de processos erosivos dentro da área de colúvios, em 1962, por Unidade Morfológica.

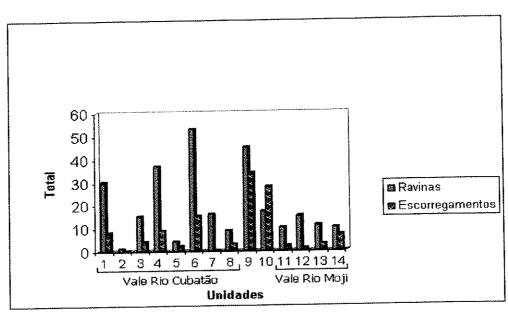


Figura 4.41 - Somas de evidências de processos erosivos (ravinas e escorregamentos) dentro da área de colúvios, em 1994, por Unidade Morfológica.

Na Figura 4.41 mantém-se, a tendência para o aumento das somas de freqüências a partir das cabeceiras para as áreas mais baixas e centrais. Contudo, em 1994 houve intensificação acentuada dos processos de escorregamentos, nas Unidades 9 e 10, se comparados aos de 1962, refletindo provavelmente a influência da poluição atmosférica do Pólo Industrial, e somados a índices pluviométricos mais altos e eventualmente a processos sísmicos.

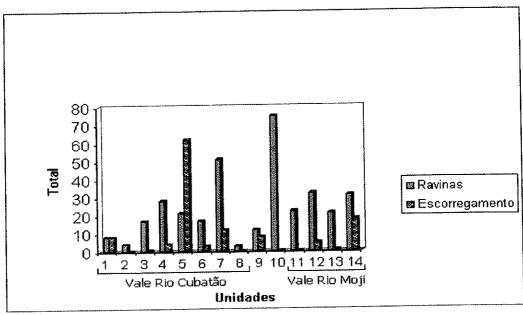


Figura 4.42 – Somas de evidências de processos erosivos fora da área de colúvios, em 1962, por Unidade Morfológica.

Na Figura 4.42 nota-se também pequena tendência ao aumento das freqüências porções centrais da área de estudo. Contudo, a anomalia de freqüência evidências de escorregamentos na Unidade 5 pode ter um controle estrutural além da influência antrópica. Novamente, maior vulnerabilidade da Unidade 10 pode ter relação com o Pólo Industrial e secundariamente com índices pluviométricos mais altos. As evidências de ravinas mais freqüentes exibidas pelas Unidades 7 e 10 podem ter forte controle estrutural.

A duplicação de freqüência de evidências de processos erosivos, fora da área de colúvios, indicada na Figura 4.39 em 1994, pode ser mais bem observada na Figura 4.43. Além de ocorrer praticamente duplicação das freqüências de processos erosivos fora da área de colúvios, de 1962 a 1994, para toda a área de estudo, ocorreu deslocamento das ocorrências dessas evidências processos, da parte mais central rumo ao vale do Rio Moji. As Unidades 5, 10 e 12, destacam-se principalmente pela atuação antrópica em toda área de estudo e especialmente no vale do Rio Moji, pela intensa poluição atmosférica. As Unidades 9 e 10 devem ter sido afetadas também pelas massas atmosféricas úmidas.

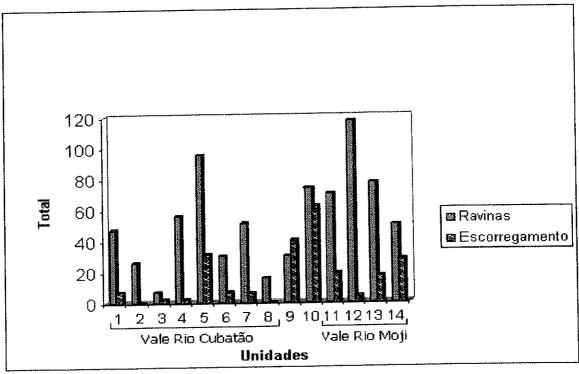


Figura 4.43 – Somas de evidências de processos erosivos (ravinas e escorregamentos) fora da área de colúvios, em 1994, por Unidade Morfológica.

4.4 – Formas de Relevo e as Distribuições Geográficas e Estratigráficas dos Depósitos Ouaternários

Na Figura 4.44 é apresentado um esboço representativo das formas de relevo e as distribuições geográficas e estratigráficas dos depósitos quaternários.

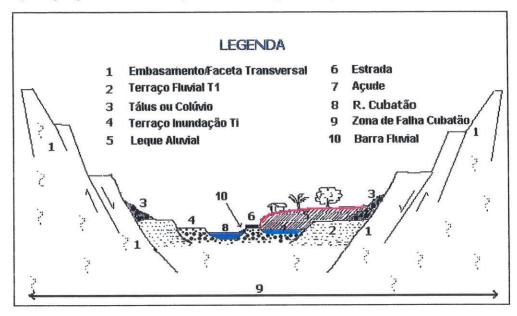


Figura 4.44 - Esboço representativos das formas de relevo representativas na área de estudo e as distribuições geográficas e estratigráficas dos depósitos quaternários.

A seguir, as Figuras 4.45, 4.46, 4.47 e 4.48 ilustram, em campo, o esboço apresentado na Figura 4.44



Figura 4.45 - Formas de relevo representativas na área de estudo associadas ao embasamento cristalino e aos depósitos quaternários no Ponto 25.



Figura 4.46 - Detalhe de leque aluvial superposto ao terraço Ti (Ponto 25).



Figura 4.47 - Detalhe do depósito de tálus ou colúvio no sopé de uma faceta (Ponto 25).

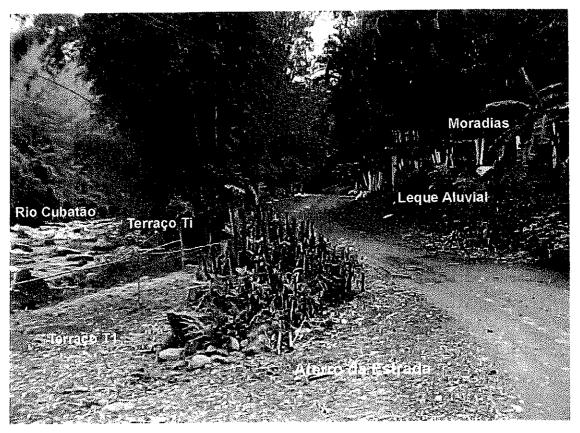


Figura 4.48 - Formas de relevo representativas na área de estudo associadas ao embasamento cristalino e aos depósitos quaternários no Ponto 25.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Seguem abaixo, algumas hipóteses, considerações gerais e conclusões sobre a pesquisa desenvolvida.

- A identificação de facetas triangulares e trapezoidais na área de estudo constitui evidência insofismável da existência de atividade tectônica cenozóica, provavelmente até quaternária, que deve atuar como um fator condicionante dos movimentos gravitacionais. As facetas não são de origem erosiva, mas neotectônica.
- 2. Os esforços e tensões da atividade neotectônica cenozóica geradora de facetas podem estar cortando terraços marinhos pleistocênicos.
- 3. A estrutura da área de estudo é uma estrutura rúptil e sua reativação está associada a um soerguimento tardio. Soerguimento esse que pode ter provocado esforços extensionais deflagrando um vale de afundamento (rifty valley), com estrutura "en echelon". Outra evidência de soerguimento é o

- provável entalhe dos leitos dos rios principais (Rios Moji, Cubatão e Branco).
- 4. Acredita-se que o vale de afundamento instalado, na área de estudo, possa ser até contemporâneo à implantação do RCSB definido por Riccomini (1989).
- 5. Os processos erosivos atuais na área de estudo são desencadeados pela pluviosidade e forte declividade, intensificados pela intervenção antrópica, causando poluição atmosférica e erosão costeira na Baixada Santista, que está exigindo atitudes drásticas para reduzir esses impactos ambientais gravíssimos.
- 6. As Unidades Morfológicas críticas e estáveis, em seu equilíbrio morfodinâmico aqui caracterizadas, podem ser úteis como critérios de definição de políticas públicas a serem estabelecidas para a Baixada Santista, com vistas à minimização das conseqüências de riscos geológico-geotécnicos.
- 7. Para se avançar no estudo da evolução das vertentes da Serra do Mar em Cubatão, baseado em formas, processos, materiais e efeito antrópico, é mister o estudo dos processos morfogenéticos associados a todos fatores condicionantes e suas inter-relações.
- 8. Os sismos até aqui detectados não só no continente, mas também na Plataforma Continental (especialmente em frente ao litoral paulista), parecem estar ligados à tectônica ativa e podem refletir diretamente nas freqüências e distribuições geográficas de movimentos gravitacionais, que podem apresentar efeitos catastróficos em termos de perdas de vidas humanas e prejuízos materiais.
- 9. Deve ser considerado bastante significativo o fato de que, em apenas 32 anos (1962-1994), tenha piorado o estado de comprometimento da área de estudo, tornando-a mais suscetível aos movimentos gravitacionais.
- 10. Verifica-se que a ocupação humana ocorre em alguns lugares específicos, como em leques aluviais (sítios ou chácaras), nos colúvios (Bairros Cota) e nos terraços fluviais (invasões irregulares).
- 11. Finalmente, diante da impossibilidade de interferir diretamente sobre os fatores pré-disponentes naturais (alta pluviosidade, forte declividade, variação litológica e atividade tectônica) urge que seja envidado no máximo

esforço para o desenvolvimento sustentável, preservando o que resta da Mata Atlântica e reduzindo a poluição atmosférica.

6 - BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. (1955) Contribuição à geomorfologia do litoral paulista. Revista Brasileira de Geografia. n 1, p. 01-45.

AB' SABER (1962) A Serra do Mar e o litoral de Santos. Notícia Geomorfológica. Campinas, (9/10): 70-77.

AB'SABER (1965) A evolução geomorfológica. In: A Baixada Santista, aspectos geográficos: as bases físicas. São Paulo, EDUSP. V.1, p. 50-56.

AB' SABER (1969) Participação das Superfícies aplainadas nas paisagens do nordeste brasileiro. In: GEOMORFOLOGIA. São Paulo, IGEOG-USP, N. 29.

AB'SABER, A. N. (1987) A Serra do Mar na região de Cubatão: avalanches de janeiro de 1985; a ruptura do equilíbrio ecológico da Serra do Paranapiacaba e a poluição industrial. In: SIMPÓSIO SOBRE O ECOSSISTEMA DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRAS, São Paulo, 1987. *Anais*. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo. P. 74-116.

ALMEIDA, F. F. M. (1964) Fundamentos geológicos do relevo paulista. São Paulo. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico, vol. 41, pp. 169-263.

ALMEIDA, F. F. M. (1958) O Planalto Paulistano. In: Azevedo, A. de. A cidade de São Paulo. São Paulo, v. 1, p. 113-167. (v. 1, A Região de São Paulo).

ALMEIDA, F. F. M. (1969) Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23, Salvador, 1969. Anais, Salvador, SBG, p. 19-46.

ALMEIDA, F. F. M. (1976) The system of continental rifts bordering the Santos Basin, Brazil. Academia Brasileira de Ciências, v. 48, suplemento, p. 15-26.

ALMEIDA, F. F. M. & CARNEIRO, C. D. R. (1998) Origem e evolução da Serra do Mar. Revista Brasileira de Geociências. v. 28, n 1, p. 135-150.

AMARAL, G.; CORDANI, U.G.; KAWASHITA, K. REYNOLDS, J. H. (1967) Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brasil. Geochimica et Geochimica Acta, n. 31, p. 117-142.

ANGULO, R. J. (1992) Geologia da planície costeira do Paraná, São Paulo, 340 p. (Tese de Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

ASMUS, K. E. & GUAZELLI, M. (1981) Descrição sumária das estruturas da margem continental brasileira e das áreas oceânicas continentais adjacentes, hipóteses sobre o tectonismo causador e implicações para os prognósticos de recursos minerais. In: PETROBRÁS. Estruturas e tectonismo da margem continental brasileira, e suas - implicações nos processos sedimentares e na avaliação do potencial de recursos minerais; relatório final. Rio de Janeiro, CENPES/DINTEP. p. 187-269. (Projeto REMAC 9).

BACCARO, C. A. N. (1982) Estudo de movimentos de massa e a evolução das vertentes na Serra do Mar em Cubatão. São Paulo, 160 p. (Dissertação – Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

BACOCCOLI, G. & ARANHA, L. G. F. (1984) Evolução estrutural fanerozóica do brasil meridional. Rio de Janeiro, PETROBRÁS. (Relatório Interno).

BARCELOS, M.H.; SOUZA FILHO, E.; FÚLFAR, V.J.; LANDIM, P. M. B.; COTAS, L. R. WU, F. T.; GODOY, ^a M. (1983). A Formação Itaqueri: um exemplo de tectofácies. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, r., São Paulo, 1983. Atas. São Paulo, SBG. p. 245-252

BASE S.A. Fotografias aéreas, escala 1:25.000, 1994.

BERROCAL et al.(1984). Sismicidade no Brasil. São Paulo, Instituto Astronômico e Geofísico/USP e Comissão Nacional de Energia Nuclear.

BESSA, JR. O. (1996). Estratigrafia e sedimentação dos depósitos continentais cenozóicos da planície costeira do Estado do Paraná. São Paulo, 143p. (Dissertação de Mestrado) — Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo

BLOOM, A. L. (1991) Geomorphology: a systematic analysis of late Cenozoic landforms. New Jersey, Prentice Hall. 515 p.

CAMPOS, L. F. G. (1905). Reconhecimento da zona compreendida entre Bauru e Itapura. São Paulo: Estrada de Ferro Noroeste do Brasil. 40 p.

CÉSAR, S. F.; DOMINGUES, E. N.; OGAWA, K. U.; MORUZZI, C.; MONTE, L. M. M. DO; CHIOSSI, N. J. (1984) As invasões e a ocupação urbana das encostas da Serra do Mar ao longo da via Anchieta (Cotas 95/100, 200, 400 e 500). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4., Belo Horizonte, 1984. Anais. Belo Horizonte, ABGE, v. 2, p. 37-58.

COASTAL EVOLUTIONAL IN THE QUATERNARY, São Paulo, 1978, Special Publication n 1, 1-55.

COUTINHO, J. M. V. (1972). Petrologia do Pré-Cambriano em São Paulo e arredores. Boletim I.G.A. - Instituto de Geociências/USP, 3, p. 5-99.

COWARD, M.P., DEWEY, J.F. & HANCOCK, P.L.(eds.) (1987) Continental Extensional Tectonics. Geological Society Special Publication. N. 28, p. 139-152.

CRUZ, O. (1974) Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba (SP): contribuição à geomorfologia litorânea tropical. São Paulo. 181 p. (Tese de Doutorado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

CRUZ, O. (1982) Estudo dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba (SP) São Paulo. 130 p. (Tese de Livre Docência) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

DAMIANI, A. L. (1983). Meio ambiente: privatização da natureza em Cubatão. Boletim Paulista de Geografia. n. 62, p. 48-66.

DEMÉCK, J. (1972) Manual of detailed geomorphological mapping. Prague, Czechoslovk Academy of Sciences, IGU. 220p.

DOMINGUES, E. N. (1983) Estudo de processos geomorfológicos do escoamento fluvial e evolução de vertentes na Serra do Cubatão, Serra do Mar. São Paulo, 180p. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

DOMINGUES, E. N. (no prelo) Estudo geomorfológico detalhado da Serra de Cubatão, bacia do Rio Perequê, no Parque Estadual da Serra do Mar - SP. São Paulo. - Instituto Florestal, Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo.

EBERT, H. D. (1954) Relatório de atividades. Rio de Janeiro, DNPM, p. 79-85 (Departamento nacional da produção mineral, relatório anual do diretor da divisão de Geologia e mineralogia).

EBERT, H. D. *et al.* (1993) Ocorrências de fácies granulítica no sul de Minas Gerais e em áreas adjacentes em dependência da estrutura orogênica: hipótese sobre sua origem. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 4, Belo Horizonte, SBG, 1, p. 254-258.

ECOVIAS. (2001) Relatório Técnico de Recompartimentação dos Maciços dos Túneis (TD-01, TD-02, TD-03/04) — Projeto Executivo. São Paulo, Concessionária ECOVIAS dos Imigrantes. Comissão de Concessões Rodoviárias, Secretaria Estadual dos Transportes. 15 p. (inédito).

FERNANDES, A. J. & SOUZA, C. R. G. (1994). Evidências geológicas e geomorfológicas de atividade tectônica cenozóica na porção média da Bacia do Rio Piracicaba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38, Curitiba, 1994. Anais. Curitiba, SBG. p. 568-569

FOLK, R. L. & WARD, W. C. (1957). Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. Journal of sed. Petrol.,, 27. p. 3-27.

FRYE, J. C. & WILLMAN, H. B. (1962). Morphoestratigraphic units in Pleistocene Stratigraphy. Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull., 46: 112-113.

FÚLFARO, V. J. & PONÇANO, W. L. (1974). Recent tectonic features in the Serra do Mar region, Sate of São Paulo, Brazil, and its importance to Engineering Geology. In: PROCEEDINGIS OF THE INTERNATIONAL IAEG CONGRESS. São Paulo, IAEG, v. 1, seções II-7.1 e II-7.7.

FÚLFARO, V. J., PONÇANO, W. L., (1993) Recent tectonic features in the Serra do Mar region, State of São Paulo, Brazil and its importance to engineering geology — In INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGENNERING GEOLOGY, 2°, São Paulo, 1974. Anais, São Paulo, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 1974, V. 1, TEMA 2, TRABALHO 7, 7P. IL. (Pulbicação IPT, 1033)

FÚLFARO, V. J.; ANGELI,N.; BRACÉELOS, J. J. (1983) Os depósitos de cascalhos na bacia hidrográfica do Alto Paraná. In SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 4, São Paulo, 1993. Atas. São Paulo, SBG. p. 267-273.

FÚLFARO, V. J.; SUGUIO, K. (1974). O cenozóico paulista: gênese e idade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28. Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre, SBG. v. 3, p. 91-101.

FÚLFARO, V. J.; SUGUIO, K.; PONÇANO, W. L. (1974) A gênese das planícies costeiras paulistas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA., 28, Porto Alegre, 1974, Anais, Porto Alegre, SBG, v. 3, pp. 37-42.

FURIAN, S. M. (1987) Estudo geomorfológico do escoamento superficial pluvial em parcela experimentais no Parque Estadual da Serra do mar, Núcleo Cunha-SP: um esboço metodológico. São Paulo, 210 p. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

GALLAGHER, K.; HAWKESWORTH, C. J.; MANTOVANI, M. S. M. (1994) The denudation history of the onshore continental margin of the SE brazil inferred from apatite fission track data. Journal of Geophysical Research. 99, n. B9, p. 18.117-18.145.

GUIDICINI, C. & NIEBLE, C., M., (1984) Estabilidade de taludes naturais e de escavação. 2ºed., São Paulo, Edgard Blüncher. 196 p.

HART, M. G. (1986) Geomorphology pure and applied. Londres: George Allen & Unwin. 226 p.

HASUI, Y. (1973) Tectônica da área das folhas de São Roque e Pilar do Sul. (Tese de Livre-Docência) – Instituto de Geociências/USP.

HASUI, Y. (1982) The Mantiqueira Province. Revista Brasileira de Geociências. v. 12, p. 167-171.

HASUI, Y. (1986) Novo modelo geológico do Vale do Ribeira. São Paulo, IPT/Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado de São Paulo. (Relatório IPT 23.742).

HASUI, Y. (1990). Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente. Boletim. Belo Horizonte, SBG. n, 11, p. 1-32.

HASUI, Y & CORDANI, U. G. (1968) Idades potássio-argônio de rochas eruptivas mesozóicas do oeste mineiro e sul de Goiás. In: CONCRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, Belo Horizonte, 1968. Anais., Belo Horizonte, SBG, p. 139-143.

HASUI, Y & SADOWISKI, G. R. (1976) Evolução geológica do Pré-Cambriano da região sudeste do Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Geociências. v. 6, n 3, p. 182-200.

HASUI, Y *et al.*(1982) Geologia, geomorfologia, tectônica e sismologia regionais de interesse às usinas nucleares da Praia de Itaorna. São Paulo. (Monografias n.7) — IPT/SP

HASUI, Y. & QUADE, H. (1988). Structural evolution of the Precambrian of the southern Minas Gerais region, Brazil. Tagungsheft, 11 Geowissenschftliches Lateinamerika Kolloquium, São Paulo, p. 53-54. DFG, Hannover.

HASUI, Y. et al. (1989) Compartimentação estrutural e evolução tectônica do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT/Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado de São Paulo. (Relatório IPT 27.394).

HASUI, Y. et al. (1992a) Mina de Carbonatito de Jacupiranga (SP): permeabilidade do maciço avaliada pelo modelo geoestrutural. In: Hasui, Y. & Mioto, J. A. (coords.) Geologia Estrutural Aplicada, São Paulo, 1992. ABGE. p. 383-398.

HASUI, Y. et al. (1992b) Aspectos geológico-estruturais da área da Mina de Furnas (Município de Iporanga, SP e o problema de fluxo de efluentes. In: Hasui, Y. & Mioto, J. A. (coords.) Geologia Estrutural Aplicada, São Paulo, 1992. ABGE. p. 399-410.

HASUI, Y. et al. (1993a) Mapa geológico do Pré-Cambriano de São Paulo. Rio Claro, UNESP/Programa de desenvolvimento de recursos minerais do Estado de São Paulo/DNPM. (1:500.000).

HASUI, Y. et al. (1993b) A mega estruturação pré-cambriana do território brasileiro com base em dados geofísicos e geológicos. Geociências. v. 12, n 1, p. 7-31.

HASUI, Y; MIOTO, J. A.; MORALES, N. (1994) Geologia do pré-Cambriano. In: MESA REDONDA, São Paulo, 1994. Solos do litoral paulista, São Paulo, s. ed., v. 1, p. 41-67.

HASUI, Y (1990) Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. IN: Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozóica continental do Sudeste Brasileiro (1), Belo Horizonte, 1-31.

HOLMES, A., (1965) Principles of physical geology 2nd, New York, Ronald Press, 1288p.

HOLMES, A., (1994) Plateaus Rift Valleys and continental basins: Principles of physical geology 4 ed., New York, D. Duff, 777p.

HORTON, R. E. (1945) Erosional Developmente of stream and their drainage basins: hydrological approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, v. 56, n 3, p. 275-370.

HOWARD, A. D. (1967) Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. Journal of Geology, v. 51, n. 11, p. 2246-2259

ILLIES, J. H. (1981) epilogue: Mechanism of graben formatio, *in* Illies, J. H., ed., Special Issue: Mechanism of graben formation: Tectonophysics, v. 73, pp. 249-66

(IPT) INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (1985) Programa Serra do Mar – Levantamentos básicos nas folhas de Santos e Riacho Grande, Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. v. 5 (Relatório nº 23.394).

(IPT) INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (1994) Análise do comportamento do setor 5 (RPBC) durante o Plano de Contingência de 1993/1994. São Paulo, IPT. (Relatório nº 32.231), emitido para a Comissão Especial para Restauração da Serra do Mar.

(IPT) INSTITUTO DE PESQUISAS TECONÓGICAS (1983) Gênese, distribuição e estratigrafia dos depósitos cenozóicos no estado de São Paulo. São Paulo, IPT. (Monografias, IPT 9). 74p.

(IPT) INSTITUTO DE PESQUISAS TECONÓGICAS (1984) Levantamentos geológicogeotécnico das áreas de encostas do Município de Cubatão – SP (carta geotécnica). Diretrizes de obras para consolidação dos assentamentos habitacionais. São Paulo, IPT, 4 v. (Relatório Técnico nº 20.481).

JOLY, C. A., LEITÃO FILHO, H. F., SILVA, S. M. (1991) Mata Atlântica: Vegetação. In: CAMARA, I. B. S.O.S. Mata Atlântica. Rio de Janeiro: Ed. Index.

KAUL, P.F.T. (1984). Significado tectônico dos granitos anorogênciso da suíte intrusiva Serra do Mar na evolução da crosta do sul-sudeste do Brasil, no âmbito das folhas SG. 22 (Curitiba) e SG. 23 (Iguape). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., Rio de Janeiro, 1984. Anais. Rio de Janeiro, SBG, v. 6, p. 2815-2825.

KERR, A. A. F. S.; DO NASCIMENTO, S. A.; ANFOSSI, D. & CASTELLI, S. T. (2000) Investigation of inhalable aerosol dispersion at Cubatão by means of a modeling system for complex terrain. In: COTTA, R. M. & MIKHAILOV, M. D. Modeling, Programming, Analysis, Animation. Begell house, inc. publishers. v. 2, n. 4.

LAUAR, C.R.M. (1988) Paleomagnetismo e correlações com idades radiométricas: alguns exemplos. São Paulo. (Semi. IGc/USP).

LEEDER M.R. & GAWTHORPE, R.L. (1987) Sedimentary models for extensional tilt-block/half-graben basins. In: COWARD, M.P., DEWEY, J.F. & HANCOCK, P.L. (eds). Continental extensional tectonics. Geological Society Publication n° 28, pp. 139-152.

LEITÃO FILHO, H. F., CESAR, O., PAGANO, S. N., TIMONI, J. L. (1989) Composição florística do estado arbóreo da Mata Atlântica no Município de Cubatão (SP) — Comparação de áreas preservadas e áreas submetidas à poluição. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 40., Cuiabá, 1989. Resumos. Cuiabá, v. 11, 437 p..

LEITÃO FILHO, H. F., coord. (1993) Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão, Campinas, SP, Editora da Universidade de Campinas. 234 p.

LIMA, C. R. (1990) Urbanização e intervenções no meio físico na borda da Bacia Sedimentar de São Paulo: uma abordagem geomorfológica. São Paulo. (Dissertação – Mestrado), Departamento de Geografia/FFLCH, Universidade de São Paulo.

LOCZY, L. & LADEIRA, E. A. (1976) Geologia estrutural e introdução a geotectônica São Paulo: Edgard Blüncher; Rio de Janeiro: CNDCT. 528p.

MACEDO, J. M. (1991) Evolução tectônica da Bacia de Santos e áreas continentais adjacentes. In: GABAGLIA, G. P. R.; MILANI, E. J. coords. Origem e evolução de bacias sedimentares. Rio de Janeiro. 1991. Petrobrás. p. 361-374.

MACHADO FILHO, J. G. & RODRIGUES, R. (1984) A ocupação humana em áreas instáveis da via Anchieta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 4., Belo Horizonte, 1984. Anais. Belo Horizonte, ABGE, v. 2, p. 59-80.

MACHADO, L. M. C. P. (1979) A estruturação hortoniana de bacias hidrográficas do planalto paulistano e das escarpas da Serra do Mar, SP. São Paulo (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo

MARINO, M. C. et. al. coord. (1990). A Serra do Mar: degradação e recuperação. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 56 p. (Série Documentos).

MARTONNE, E. DE(1933) Abrupts de failleet captures recentes. La Serra do Mar te l'Espinausse. In: ASSOCIATION DES GEOGRAPHES FRANÇAIS, n. 74, Paris, 1933. Bulettin, Paris, p. 138-147.

MARTONNE, E. (1933) Abrupts de failleet captures recentes. La Serra do Mar te l'Espinausse. In: ASSOCIATION DES GEOGRAPHES FRANÇAIS, n. 74, Paris, 1933. Bulettin, Paris, p. 138-147.

MARTONNE, E. (1943) Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. Revista Brasileira de Geografia. ano I, n.4, p. 523-550.

MEDEIROS, C. I. (2002) Nova imigrantes: uma das mais modernas do mundo. Revista do CREA-SP.n. 7, ano III, p. 16-17.

MEIS, M. R. M. (1977) As unidades morfoestratigráficas neoquaternárias do médio vale do rio Doce. Anais da Academia Brasileira de Ciência, v.49, p. 443-459.

MEIS, M. R. M.; MOURA, J. R. S. (1984), Upper Quaternary Sedimentation and hillslope evolution. Amer. Journal Science, v..284, p. 241-254.

MELLO (1992) Fácies sedimentares, arquitetura deposicional e relações morfoestratigráficas em um sistema de leques aluviais holocênicos: Aloformação Manso: médio Vale do Paraíba do Sul (SP/RJ). Rio de Janeiro, 188p.. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MELLO (1997) Sedimentação e tectônica cenozóicas no médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos. São Paulo, 275p.. (Tese de Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. 275p.

MELLO, C. L.; SILVA, T. M.; MOURA, J. R. S.; HESS, F. J. (1989). Evidências geomorfológicas e estratigráficas para m tectonismo recente na região de Bananal (SP). In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 1., São Paulo, 1989. Boletim de Resumos. Rio de Janeiro, SBG. p. 26-27.

MELO, M. S.; FERNANDES, L. A.; COIMBRA, A. M. (1990). Influência da neotectônica nos terraços fluviais do baixo Ribeira do Iguape (SP). Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo Minas Gerais, n. 11, p. 47-56.

MELO, S. M. (1990) A formação Pariquera-Açu e depósitos relacionados: sedimentação, tectônica e geomorfogênese. São Paulo, 189 p. (Dissertação de Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

MIOTO, J. A. (1983) Mapa de risco sísmico do sudeste brasileiro. São Carlos. (Dissertação de Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos/USP.

MIOTO, J. A. (1993) Sismicidade e zonas sismogências do Brasil. Rio Claro. (Tese de Doutoramento) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas/UNESP.

MONTEIRO, C. A. F. (1973) A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo. Instituto de Geografía.

MOURA, J. R S., PEIXOTO, M. N. O. & SILVA, T. M. (1991) Geometria do relevo e estratigrafia do Quaternário como base à tipologia de cabeceiras de drenagem em anfiteatro — médio vale do Rio Paraíba do Sul — Revista Brasileira de Geociências, v..23, n. 3, p. 236-254.

MOURA, J. R. S. & MEIS, M. R. M. (1981) Litoestratigrafia preliminar para os depósitos de encosta do quaternário superior do planalto SE do Brasil (MG-RJ). Revista Brasileira de Geociências, v. 10, n. 3, p. 258-267.

MOURA, J. R. S. & MEIS, M. R. M. (1986). Contribuição à estratigrafia do Quaternário Superior no médio vale do Rio Paraíba do Sul – Bananal, SP. Anais da Academia Brasileira de Ciência, v. 58, p. 89-102.

MOURA, J. R. S. & MELLO C. L. 1991. Classificação aloestratigráfica do quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). Revista Brasileira de Geociências, v. 21, p.236-254

MOURA, J. R. S.; MELLO C. L.; Silva. T. M. & PEIXOTO, M. N. ° (1992). "Desequilíbrios ambientais" na evolução da paisagem: o Quaternário tardio no médio vale do rio Paraíba do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37, São Paulo, 1992. Anais. São Paulo, SBG/SP, p. 309-310.

NALON, M. A. (2000) Mapeamento de risco de escorregamento na região de Cubatão (SP). São Paulo. (Dissertação de Mestrado) — Escola Superior de Agricultura Nelson de Queiroz, Universidade de São Paulo.

OJEDA, H. A. & CESERO, P. (1973) Bacias de Santos e Pelotas, geologia e potencialidade petrolífera. Rio de Janeiro, Petrobrás/DEPEX.(Relatório Interno).

OLLIER, C. (1981) Tectonics and landforms: geomorphology texts 6. London and New York, Longman. 324 p.

PEREIRA, M. J. & FEIJÓ, F. J. (1994) Bacia de Santos. Boletim Geociências Petrobrás, v. 8, n. 1, p. 219-234.

PEREIRA, M. J. (1992) Considerações sobre a estratigrafia do Cenomaniano-Santoniano em algumas bacias continentais brasileiras e sua implicação na história tectônica e sedimentar da margem continental. Boletim Geociências Petrobrás, v. 6, n. ¾, p. 171-176.

PEREIRA, M. J.; BARBOSA, C. M./ AGRE, J.; GOMES, J. B.; ARANHA, L. G. F.; SAITO, M.; RAMOS, M. A.; CARVALHO, M. D. DE; STAMATO, M.; BAGNI, O. (1986) Estratigrafia da Bacia de Santos: análise das sequências, sistemas deposicionais e revisão litoestratigráfica. In: CONCRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 34,.Goiânia, 1986. Atas, Goiânia, SBG, p. 65-79.

PONÇANO, V. L. (coord.) (1981). Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, 2 vs. (Monografias) – IPT/SP.

PRANDINI, F. L. et ali. (1980) Carta geotécnica dos morros de Santos e São Vicente: condicionantes do meio físico para o planejamento da ocupação urbana. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 31 p. (IPT Monografías 3) (IPT Publ. 1153)

RICCOMINI, C. (1989) O Rift Continental do Sudeste Brasileiro. São Paulo, 256p. (Tese de Doutoramento) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, R. (1992) Características geológicas e geotécnicas intervenientes na estabilidades de massas coluviais da Serra do Cubatão — SP São Carlos, 116 p. (Dissertação de Mestrado) — EESC/USP.

ROSS, J. L. S. (1997) Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, FFLCH-USP/IPT/FAPESP. (Escala 1:500.000).

RUELLAN, F. (1944) Aspectos geomorfológicos do litoral brasileiro no trecho comprendido entre Santos e o rio Doce. Associação dos Geógrafos Brasileiros, 5: 6-12 São Paulo

SAADI, A. (1993) Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretação preliminares. Geonomos v.1, p. 1-15.

SAADI, A. *et al.*. (1991). Informações sobre a neotectônica e morfogênese de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTUDOS TECTÔNICOS, 3, Rio Claro, 1991. Boletim, Rio Claro, UNESP e SBG, p. 105-107.

SADOWISKI, G. R. (1974) Tectônica da Serra de Cubatão. São Paulo, 159 p. (Tese de Doutoramento) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SÃO PAULO (1954) Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Instituto de Geológico e Geográfico. Folha São Paulo. São Paulo, IGG. (Escala 1:250.000).

SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.(1984) A evolução da Plataforma Sul-Americana no Brasil e suas principais concentrações minerais. In: Schobbenhaus, C. *et al.* coords. Geologia do Brasil, Brasília, DNPM. P. 9-53.

SCHOBBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; DERZE, G. R.; ASMUS, H. E. Coords. (1981) Mapa Geológico do Brasil e da área oceânica adjacente, incluindo depósitos minerais; Brasília, DNPM/MME. Escala 1: 2.500.000. (04 folhas).

(SMA) SECRETARIA DO ESTADO DE SÃO PAULO, SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (1998) Planos de manejo das unidades de conservação: Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cubatão – Fase 1: Plano de gestão ambiental. São Paulo, 1998. 161 p., (Série Documentos).

(SMA) SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (1988) Instabilidade da Serra do Mar no estado de São Paulo: situações de risco. São Paulo, SMA. v. 4, p. 142.

(SMA) SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (1995) Cadastramento de risco a escorregamentos e inundações dos núcleos habitacionais do Parque Estadual da Serra do Mar no município de Cubatão. São Paulo, SMA. p. 19.

SELBY, M. J. (1981) Earth'S Changing Surface: An introduction to Geomorphology. Oxford, Clarendon Press. 585p.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.(1976) Depósitos cenozóicos na região Centro-Sul do Brasil. Notícia Geomorfológica. Campinas, v.16, n.31, p. 17-39.

SONDOTÉCNICA (1977) Comportamento hidráulico e sedimentológico do Estuário Santista. (Relatório Final), 426p.

SOUZA, A. P. (1997) Estudo morfotectônico do Estado de São Paulo, São Paulo, 95p. (Exame de Qualificação-Nível Doutoramento), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SOUZA, A. P. (1999) Estudo morfotectônico do Estado de São Paulo. São Paulo, 95p. (Exame de Qualificação — Nível de Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

SOUZA, C. R. DE G. & SOUZA, A.P., (2001) Evidências de atividade tectônica quaternária no litoral paulista. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), VIII. Imbé, 2001. Boletim de resumos. p. 302.

SOUZA, C. R. DE G. (2003) A ciência e o poder público: uma experiência na qual todos venceram. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA), IX. Recife, 2003. Anais (CD ROM).

SOUZA, C. R. de G. (coord.) (2001). Sistema integrador de informações geoambientais para o litoral do Estado de São Paulo, aplicado ao gerenciamento costeiro – SIIGAL. Fase II. São Paulo.1º Relatório Científico. (Proc. FAPESP nº 98/14227-2), abril/2000. 87 p. + anexos (inédito).

STEUVAX, J. C. (1993). O Rio Paraná: Geomorfogênese, sedimentologia e evolução quaternária de seu curso superior (região de Porto Rico, PR), São Paulo, 233p. (Tese – Doutorado), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

STRAHLER, A. N. (1952) Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topografhy. Geologycal Society American Bulletin, v. 63, p. 1119-1142.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. (1976) Mecanismos de gênese das planícies sedimentaes quaternárias do litoral do Estado de São Paulo. In CONGRESSO BRASEILERIO DE GEOLOGIA, 29, Ouro Preto, 1976. Anais. Ouro Preto, SBG, v. 1, p. 295-305.

SUGUIO, K. (1998) Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1222 p.

SUGUIO, K. (1999) Geologia do quaternário e mudanças ambientais. São Paulo, Paulo's Editora. 366 pp.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. (1978) Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, São Paulo, 1978. Special Publication. n.1 .1IGCB/IGUSP/SBG. 55 pp.

SUGUIO, K & KUTNER, A. S. (1969) Estudo dos sedimentos do Rio Cubatão (Estado de São Paulo). Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia. V. 18, n 1, São Paulo, 1969.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. (1994). Geologia do Quaternário. In: FALCO, F. F. NEGRO JÚNIOR, A. (eds.) Solos do Litoral de São Paulo. São Paulo, ABMS. p. 69-97.

TOMINAGA, L. K. (2000) Análise morfodinâmica das vertentes da Serra do Juqueriquerê em São Sebastião (SP). São Paulo. (Dissertação de Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

TRICART, J; DEMEK, J. (1972) Aplicações práticas dos mapas geomorfológicos detalhados, mapas geomorfológicos aplicados e especiais. In: *Manual de mapeamento geomorfológico detalhado*. Praga, IGU Comissão para Mapeamento e pesquisa geomorfológica. P. 261-167. Tradução de L. Coltrinari

USAF United States Air Force. Fotografias aéreas, escala 1:25.000, 1962.

VELOSO, J. A. V. & MENDIGUREN, J. A. (1983) Arquivo sísmico da estação sismológica da Univesidade de Brasília. São Paulo, ABGE. (Relato).

WENTHWORTH, C. K. (1922). A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of geology. V. 30, p. 377-392.

WOLLE, C.M. & CARVALHO, C.S. (1994). Taludes Naturais. In: FALCO, F. F. NEGRO JÚNIOR, A. (eds.) Solos do Litoral de São Paulo. São Paulo, ABMS. p. 69-97.

