

CARACTERIZAÇÃO DAS FEIÇÕES EROSIVAS E RELAÇÕES COM O MEIO HIDROBIOFÍSICO EM ÁREAS IMPACTADAS DA SERRA DO MAR, NA REGIÃO DE CUBATÃO (SP)

Elvira Neves DOMINGUES

Instituto Florestal. Caixa Postal 1322. CEP 01059-970. São Paulo, SP. Endereço eletrônico: edomingues@iflorestsp.br.

Resumo
Abstract
Introdução
Material e Métodos
 A Área
 Documentação Cartográfica e Fotográfica
 Metodologia
Resultados e Discussão
Conclusões
Agradecimentos
Referências Bibliográficas

RESUMO – Foi realizado o reconhecimento geofisionômico detalhado dos escorregamentos nas escarpas das bacias dos rios Mogi e Perequê, Parque Estadual da Serra do Mar, no município de Cubatão (SP). Através da fotointerpretação, trabalhos de campo e apoio cartográfico foram estudadas as feições erosivas e aspectos hidrobiofísicos e sugerida uma tipologia das marcas das erosões, visando fornecer subsídios para o manejo da área. Foram estabelecidos 14 tipos de feições de duas categorias hidromorfológicas, uma das bacias de captação de drenagem e outra das vertentes retilíneas. As feições mais conspícuas foram denominadas *formas de múltiplo aspecto*, *formas de parede rochosa* e *formas em prancha* do topo à base; as mais comuns correspondem às *formas alongadas em série*. Caracterizam as maiores cicatrizes erosivas, localizadas preferencialmente, em setores com vegetação extremamente degradada e solo ravinado, dos médios e altos compartimentos do relevo. Em áreas com grave ação antrópica direta e indireta dominam as *formas em leque* nas altas vertentes e nas bacias de captação próximas aos topos, e *formas de parede rochosa* nas médias e altas vertentes. Nos compartimentos inferiores, as feições são menores e com baixa densidade de ocorrência, sendo mais comuns as *formas em colher isolada* e *em prancha* das baixas vertentes.

Palavras-chave: Feição erosiva, fotointerpretação, escorregamento, tipologia, Parque Estadual da Serra do Mar.

ABSTRACT – E.N. Domingues – *Landslide characterization and the hydrobiophysical environment in the impacted areas at Serra do Mar, Cubatão region (SP)*. A detailed geophysical reconnaissance of landslides at Mogi and Perequê hydrographic basins in the Serra do Mar State Park, region of Cubatão (State of São Paulo) was carried out. Characteristics of erosive scars and hydrobiophysical aspects were investigated by photointerpretation, field work and analysis of cartographic maps, and a typology of the erosion forms is suggested, in order to contribute to the management of the area. 14 erosive scar classes were distinguished, included in two hydromorphologic categories, one related to the drainage basins impoundings and another to rectilinear slopes. The more conspicuous features were named multiple aspect forms, rocky wall forms and thick board forms from top to base; the more frequent was named serial elongated form, which are localized in upper and middle compartments of the relief, preferentially located in sections with much degraded vegetation and ravined soil. The largest erosive scars are also localized in these compartments. In areas with serious direct and indirect anthropic action dominate the fan forms in the high slopes and in the impounding basins close to the tops, and rocky wall forms in the intermediate and high slopes. In the lower compartments, the features are smaller, the density of occurrence is lower and the most common are the isolated spoon forms and board forms of the low slopes.

Keywords: Erosive scar, photointerpretation, landslides, typology, Serra do Mar State Park.

INTRODUÇÃO

A porção leste do território paulista compreende parte da Serra do Mar, área extremamente frágil devido a componentes hidrobiofísicos complexos e à acelerada dinâmica natural de evolução de vertentes, como os escorregamentos e outros tipos de movimentos de massa. Mesmo apresentando equilíbrio natural precário, estas escarpas florestadas são fontes valiosas de recursos naturais, como a água, e necessitam ser preservadas na integridade de seus ecossistemas flúvio-litorâneos.

Há muito tempo estes fatos são reconhecidos, pois

já em 24/02/1958 “...as florestas da Serra do Mar, tanto de domínio público como de propriedade privada, situadas no município de Cubatão, Comarca de Santos...” foram declaradas “Florestas Protetoras” pelo Decreto Federal n. 43.273 (Cavalcante, 1978).

No entanto, com a implantação do polo industrial-petroquímico de Cubatão nesta região, houve poluição atmosférica e degradação da cobertura vegetal natural e do solo; os escorregamentos tornaram-se mais freqüentes, de maiores proporções e mais diversificados quanto às formas de ocorrência, agravando os problemas

de evolução dessas vertentes e comprometendo a capacidade de reorganização natural desses ecossistemas.

Assim, o meio natural bastante alterado tem justificado a relevância de estudos mais detalhados em busca de maior conhecimento da instabilidade ambiental, das características dos componentes hidrobiológicos e dos processos erosivos, com finalidades de planejamento e ações, visando a minimização dos impactos ambientais e a segurança das áreas urbana e industrial localizadas a jusante das escarpas.

Uma consequência marcante dos impactos ambientais negativos neste meio natural, acentuados com a degradação da floresta e a perda da cobertura vegetal, refere-se aos movimentos de massa generalizados e simultâneos que já se processaram, por ocasião de chuvas torrenciais, nas bacias dos rios Mogi e Perequê, como ocorrido em janeiro de 1985 e outros, anteriores e posteriores.

Estes fatos atraíram o interesse em detalhar estes processos no que se refere às características dos processos erosivos relacionados aos aspectos hidrobiológicos. Assim, este trabalho enfoca o reconhecimento dos escorregamentos quanto às “feições” ou formas elaboradas no tempo, ou seja, o modo sob o qual a erosão existe ou se manifesta nestas áreas degradadas, buscando a formulação de uma tipologia morfológica das feições erosivas, principalmente dos escorregamentos, ressaltando algumas características associadas à drenagem, morfologia, geologia, solos, declividades, vegetação e ação antrópica.

É importante ressaltar que este estudo faz parte de uma pesquisa geocológica na Serra do Mar e originou de profunda investigação realizada nos documentos fotográficos e aerofotográficos de 1985, com o objetivo de definir e destacar os indicadores mais importantes quanto às maiores diversificações de cicatrizes erosivas nos diferentes compartimentos morfológicos das escarpas costeiras degradadas da Serra do Cubatão.

Os estudos que visaram caracterizar e classificar, sob diversos aspectos, os processos de movimentos de massa, principalmente os escorregamentos, foram iniciados no final do século passado. Dentre estes salienta-se Sharpe (1938), Freire (1965) e Terzaghi (1967) que reconheceram as grandes classes de ocorrência, com subclasses sistematizadas em diferentes abordagens, ou seja: morfoclimática, geomecânica, geofísica-mecânica, avaliando causas e mecanismos e destacando aspectos de instabilidade e o caráter cíclico dos eventos.

Também, Guidicini & Nieble (1976) discutiram os escorregamentos rotacionais, translacionais, quedas de blocos e quedas de detritos e indicaram outros tipos de

movimentos do solo, denominando-os de escoamentos e subsidências e descrevendo seus subtipos.

Outros estudos com enfoques geocológicos, como o de Ichinose (1957), relacionaram estes processos com os componentes ambientais e caracterizaram as formas de escorregamentos quanto às feições ou configuração, de acordo com os tipos de rochas e solos, avaliando a densidade das ocorrências.

Cruz (1982, 1986, 1990) ressaltou que os processos erosivos podem ser provocados por intrínseca relação entre fatores naturais e antrópicos e que o agente água é o mais forte nestas ocorrências, somado aos processos elementares da erosão, como o intemperismo. Os estudos realizados em Caraguatatuba evidenciaram a ocorrência de deslizamentos bem diversificados quanto às formas e processos, esses mais intensos em vertentes retilíneas e alongadas e em declives superiores a 22°. Indicaram, também, como mais comuns os escorregamentos em prancha, alongados e estreitos, em flancos mais elevados e declivosos, ou mais curtos e largos e, em leque, em encostas mamelonadas.

De Ploey & Cruz (1979) destacaram a importância do teor de água no solo, da ação do escoamento subsuperficial, do lençol freático e da constituição dos materiais superficiais na resistência dos solos ao cisalhamento, em cicatrizes de escorregamentos nas escarpas da Serra do Mar, na área costeira norte paulista. Apontaram que o limite de equilíbrio dos materiais nas vertentes decresce com o aumento do teor de água e, conseqüentemente, da pressão de percolação interna, com a colaboração das raízes das árvores. Assim, assinalaram que a floresta, protetora em determinadas situações, pode colaborar para o início da maior dinamização dos processos geomorfológicos.

Na Serra do Cubatão, Baccaro (1982) reconheceu quanto às formas, os seguintes tipos: alongada, em paredões e lajes rochosas, em colher e em queda de detritos, com subtipos, destacando as linhas de fraturas e diáclases, os planos de xistosidade e os contatos litológicos como elementos preferenciais dos escorregamentos. Domingues (1983) e Domingues et al. (1992) caracterizaram nesta área a grande diversificação dos depósitos heterogêneos, dinamizados por escorregamentos simultâneos, os processos do escoamento pluvial e as feições erosivas, e apontaram os patamares formados por influência morfoestrutural ou por deposição de detritos como setores de grande fragilidade hidromorfológica. Domingues et al. (1987) e Domingues & Silva (1988) sinalizaram o domínio de cicatrizes erosivas em bacias de captação das altas escarpas e a maior ocorrência de feições aureolares, expondo paredes rochosas e feições longitudinais, obedecendo a preferência do curso da drenagem.

Os embasamentos hidrogeotécnicos obtidos em

pesquisas realizadas na Serra do Cubatão (IPT, 1986; Wolle, 1988; Carvalho, 1990) apontaram os processos de instabilização de taludes detríticos, também em estreita dependência com sistemas de falhas geológicas, fraturas, diáclases e cataclases nos maciços rochosos, determinando uma instabilização dos solos pela dinâmica essencialmente vertical da água de superfície. Salientaram que os escorregamentos mais frequentes nesta região da Serra do Mar envolvem porções de solo pouco espesso, cujos limites estão associados à variação da permeabilidade do solo, e relacionaram os conhecimentos referentes a impactos ambientais.

Nesta região, Leitão Filho (1993) mostrou que a poluição atmosférica permanecia em níveis bastante graves, comprometendo a fisionomia vegetal. Em grande parte da área havia ausência da estratificação vegetal e as plantas pioneiras não chegavam a completar seus ciclos biológicos, ocorrendo a morte prematura de indivíduos jovens. Acrescentou, ainda, que a fisionomia, a florística e a fitossociologia indicavam marcantes diferenças dessa porção da

floresta atlântica de encosta com outras próximas, não poluídas. Nestas áreas, César et al. (1990) comprovaram que a cobertura florestal diminui a ação do escoamento superficial, pois da água que penetra e atinge o solo da floresta 1,3% escoam superficialmente e 98,7% infiltra-se. Neste aspecto, Cruz (1982) afirmou que, sob o dossel de área reflorestada com pinus, o escoamento superficial pluvial ocorre de forma similar ao da floresta natural, pela invasão das espécies pioneiras arbustivas e herbáceas da floresta natural, com formação de serapilheira, a qual, sob esta floresta artificial ou qualquer floresta, reduz a ação dos processos do escoamento pluvial. A falta da floresta propicia maior dinamização dos processos plúvio-erosivos do que em áreas florestadas. Porém, em áreas escarpadas, como as da Serra do Mar em Caraguatatuba, talhadas em migmatitos oftalmíticos granulados alterados, quando atingidas por episódio pluviométrico local de grande intensidade após um verão muito úmido, como o de 1966-1967, pode ocorrer situações de grande morfodinâmica, mesmo sob floresta preservada.

MATERIAL E MÉTODOS

A ÁREA

A área da pesquisa corresponde as bacias dos rios Mogi e Perequê, envolvendo as escarpas da Serra do Cubatão, mais precisamente entre 23°47'10" e 24°30'10" S e entre 46°18'30" e 46°37'30" W (Figura 1).

As maiores altitudes alcançam aproximadamente 1.100 m nos rebordos do Planalto Paulistano, denominados de escarpas principais da Serra do Cubatão, com o domínio de migmatitos estromatíticos, oftalmíticos e/ou nebulíticos e micaxistos (IPT, 1986). Delimitando a porção oriental da área ocorre um espigão disposto na direção NE-SW, em forma de "pinça de caranguejo" (Almeida, 1953), atrelado ao planalto, com o nome de Serra do Morrão, altitudes em torno de 800 m e constituído por corpo granitóide pós-tectônico (Hasui & Sadowski, 1976) e migmatitos oftalmíticos. Este espigão é separado da Serra do Cubatão pela zona de falhamento do Cubatão, onde o Rio Mogi entalhou seu leito, no mesmo traçado longitudinal ao rebordo dos escarpamentos, com ocorrência de rochas cataclásticas (IPT, 1986).

A vegetação original da área é reconhecida como Floresta Pluvial Tropical Atlântica (Leitão Filho, 1993), atualmente descaracterizada por queimadas, desmatamentos, construções de rodovias, ferrovias, oleodutos, gasodutos e pela poluição atmosférica originada pelo pólo industrial-petroquímico instalado nas suas baixas vertentes e baixadas flúvio-litorâneas de Cubatão.

As formações superficiais e os solos predominantes nas escarpas destas bacias são constituídos

por Associações de Litossolos de textura média e Latossolos de textura argilosa e, nas baixadas fluviais, por Solos Aluviais, Gley Humico e Solos Orgânicos (Rossi & Pfeifer, 1991).

O clima é tropical úmido, tipo "Af" segundo Köppen, com temperatura média anual de 23° C e precipitação pluviométrica média anual em torno de 2.500 a 3.000 mm. O período mais intenso de chuvas ocorre entre outubro e março, sendo fevereiro e março os meses mais chuvosos, e junho e agosto, os menos chuvosos (Domingues, 1983).

DOCUMENTAÇÃO CARTOGRÁFICA E FOTOGRÁFICA

Foram utilizadas folhas topográficas detalhadas (1) do IGC, São Paulo, Folha de Santos (SF.23-Y-D-IV-S), na escala de 1:50.000, de 1972, (2) cartas do Brasil da EMPLASA, na escala de 1:25.000, de 1974, e (3) de 1:10.000, de 1972, do GEGRAN, São Paulo.

O estudo foi realizado com base em fotografias aéreas verticais, em infravermelho falsa cor, do recobrimento aéreo da Serra do Mar, região de Cubatão, realizado pela AEROFOTO/INPE/CETESB em 1985, na escala aproximada de 1:25.000. Foram consultados também, fotografias aéreas e material fotográfico de sobrevôos anteriores e posteriores a esta data: (1) fotografias aéreas verticais pancromáticas do Levantamento Aerofotográfico do Estado de São Paulo, na escala aproximada de 1:25.000, executado por Aerofoto Natividade Ltda., do IAC/SAA de 1962; (2) fotografias aéreas verticais pancromáticas do Levan-

tamento Aéreo do Estado de São Paulo, na escala aproximada de 1:25.000; realizado pela VASP Aerofotogrametria SAA/IBC/GERCA em 1972; (3) fotografias aéreas do Levantamento Aerofotográfico do Estado de São Paulo, na escala aproximada de 1:40.000, realizado pelo Consórcio VASP/CRUZEIRO/GEOFOTO-AEROMAPA em 1977, da Secretaria de Economia e Planejamento; (4) fotografias aéreas verticais pancromáticas do Levantamento Aerofo-

tográfico realizado pela BASE S/A, na escala aproximada de 1: 25.000, de 1994, as mais recentes e disponíveis da área.

Foram utilizadas cartas e mapas temáticos referentes aos levantamentos geomorfológicos (Baccaro, 1982; Domingues, 1983), de solos (Rossi & Pfeifer, 1991), de vegetação e de uso do solo (CETESB, 1991), geológicos (Sadowski, 1974; IPT, 1986) e de declividades-legislação (Ogawa et al., 1983).

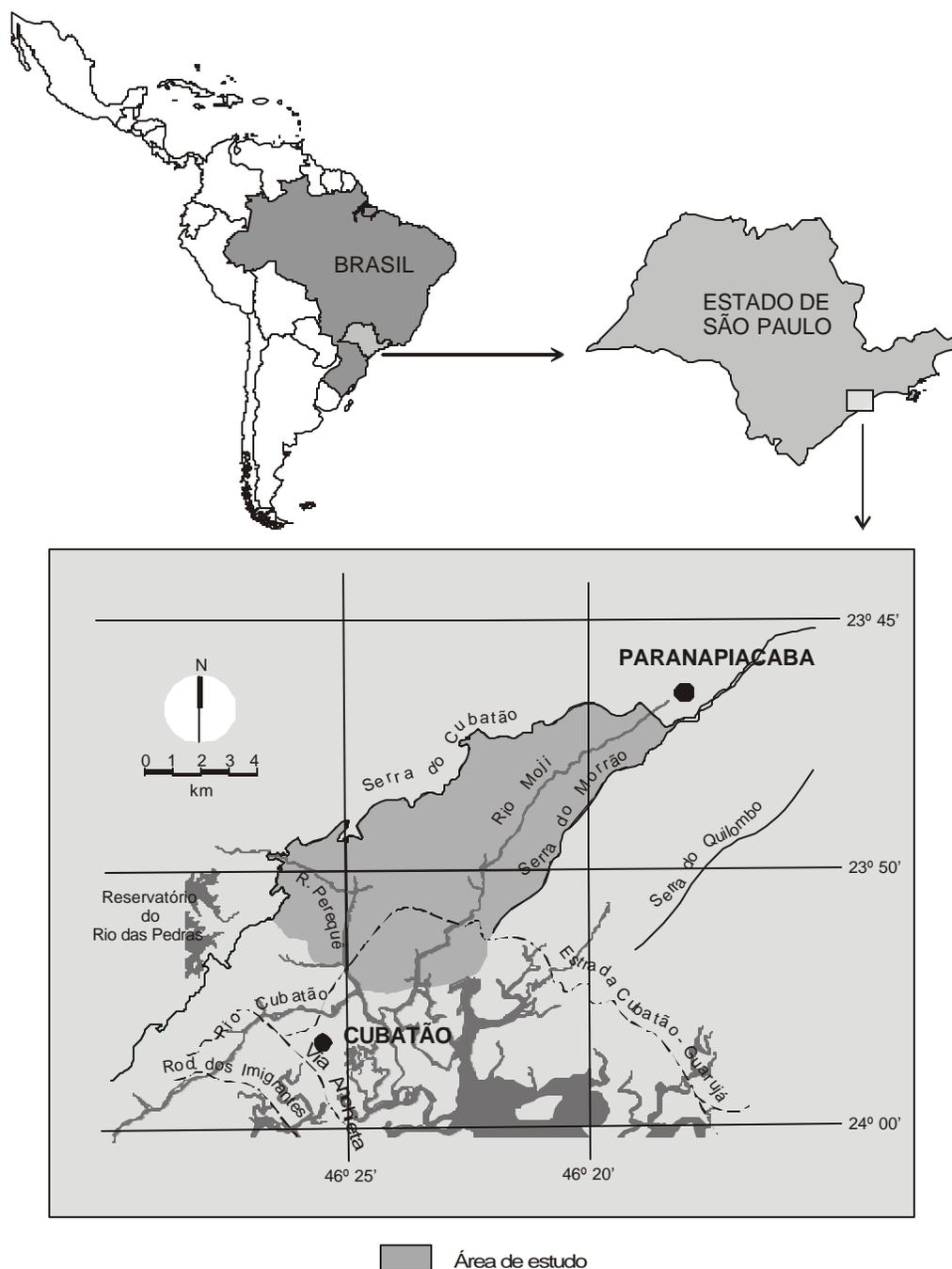


FIGURA 1. Localização das bacias dos rios Mogi e Perequê na Serra do Cubatão - Estado de São Paulo.

METODOLOGIA

Através da fotointerpretação geomorfológica e de uso do solo na escala aproximada de 1:25.000 de fotos aéreas de 1985, de trabalhos de campo e de análise de fotografias de sobrevôos, foi realizado o reconhecimento das “feições” ou formas erosivas dos escorregamentos quanto à compartimentação morfológica, segundo orientações metodológicas de Cruz (1986) e Domingues (1983). Foram selecionadas as fotografias aéreas do recobrimento de 1985 como básicas, após análises preliminares do material aerofotográfico disponível, por considerá-las as de melhores condições para o cumprimento dos objetivos propostos. O recobrimento foi realizado de maneira razoável, com fotos obtidas no mesmo ano de ocorrência dos maiores escorregamentos generalizados na área, quando as cicatrizes erosivas apresentavam boa nitidez e o solo ainda não havia sido recolonizado.

A metodologia utilizada foi inspirada em Ichinose (1957) e Guillaumon et al. (1983) com a elaboração final de uma tipologia das principais formas.

De acordo com os objetivos propostos, foram então investigadas as feições quanto aos aspectos de localização, largura, extensão, profundidade, orientação, contorno, compartimentos topomorfológicos. Posterior-

mente, tais análises foram associadas às variáveis ambientais hidrobiológicas fundamentais, através da superposição cartográfica, propiciando análise interpretativa integrada dos dados.

Para a caracterização individual das feições e das áreas mais afetadas por escorregamentos, bem como da sua densidade de ocorrência, foram analisadas e interpretadas as cartas temáticas das variáveis ambientais hidrobiológicas e antrópicas selecionadas, ou seja, drenagem, morfologia, geologia, solos, declividades, vegetação e ação antrópica.

Quanto à abordagem terminológica das feições, foram consideradas como escorregamentos as cicatrizes erosivas e suas formas contidas nas fotografias aéreas e nas fotos obtidas por sobrevôos e utilizadas neste estudo. Assim, neste trabalho, não foi embutida a avaliação dos mecanismos, nem mesmo o enfoque de sistemática ou classificação dos processos de movimentos de massa. A sua utilização teve como finalidade indicar feições elaboradas ou reativadas durante um evento hidromorfológico de ruptura brusca de equilíbrio dessas encostas, o que motivou a existência simultânea e generalizada de uma quantidade expressiva de cicatrizes erosivas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

É importante reafirmar que o termo escorregamento foi utilizado genericamente, envolvendo diversos tipos de processos de movimentos de massa e que, de acordo com as marcas dessas ocorrências, foi possível obter características indicadoras de particularidades da ação erosiva e dos componentes naturais e antrópicos, considerados neste estudo como de maior importância nos episódios dos escorregamentos.

As especificações das características de cada classe quanto às declividades, geologia, solos e vegetação, apresentadas nesta análise dos resultados, foram extraídas de mapeamentos temáticos existentes, referenciados no item anterior. As análises das cicatrizes erosivas descritas neste item, conforme estes fatores acima citados, embasaram a definição dos tipos de feições.

Também, a terminologia geomorfológica adotada distinguiu, quanto às escarpas, os compartimentos superiores, médios e inferiores, referindo-se à localização de conjuntos de encostas com dominância de características morfológicas similares. Estes compartimentos abrangem, aproximadamente, as altitudes superiores a 400m, entre 400 e 200 m e abaixo de 200 m, respectivamente. As altas, médias e baixas encostas são referências aproximadas da localização da erosão no perfil vertical, obviamente, de uma superfície inclinada.

Assim, a análise da documentação básica e a fotointerpretação das aerofotos de 1985 indicaram que várias cicatrizes são anteriores aos processos de escorregamentos catastróficos de janeiro deste ano e que a remoção das formações superficiais manifestou-se diferentemente, variando conforme os componentes e as condições ambientais pontuais, contribuindo para maior diversificação das feições.

É importante frisar também que os dados obtidos, do ponto de vista da ação antrópica e da degradação ambiental, foram analisados neste estudo, quanto à origem direta e indireta. A direta é ocasionada pelo uso do solo, por meio da construção de ferrovia e áreas de serviço, com a retirada da floresta original, o revestimento das vertentes por gramíneas e a abertura de trilhas, picadas e torres de comunicação. A indireta é ocasionada pela poluição atmosférica, gerada pelo complexo industrial-petroquímico, que interferiu no ciclo natural das plantas e causou a degradação ou mesmo o desaparecimento da Mata Atlântica.

É também interessante ressaltar que, neste estudo de caso de Cubatão, a erosão foi avaliada por meio das cicatrizes e considerada como resposta unificada da reunião e das relações de vários componentes, fatores e processos naturais e antrópicos. Deste modo, de um lado, ela pode ser considerada uma resposta da

natureza, do ponto de vista da associação de componentes naturais hidrobiológicos, sem interferências antrópicas diretas. Por outro lado, nesta área foram constatados setores com o domínio de cicatrizes erosivas ocasionadas pela degradação da vegetação e do solo, isto é, marcas erosivas motivadas pela interferência humana predatória no meio biofísico, ou seja, respostas às ações sociais, propriamente dita. Estas complexidades apontaram as dificuldades de distinção precisa das características destas respostas, mas, apesar do risco do simplismo, foi possível abordá-las em tipos, para facilidade de apresentação desses resultados e da localização setorial das mesmas, de acordo com as evidências observadas.

Neste intento, uma primeira aproximação revelou a existência de 14 tipos de formas ou feições de escoamentos (Figura 2). Estas feições forneceram condições, em compatibilidade com a escala da fotointerpretação adotada neste estudo, para a caracterização das ocorrências isoladas ou agrupadas e uma série de dados de inter-relações quanto às variáveis hidrobiológicas e antrópicas, mesmo não sendo possível um maior detalhamento interno de todos os tipos.

A caracterização individual de cada “FEIÇÃO” erosiva é sintetizada a seguir:

1. *Forma alongada isolada* – feição estreita, alongada e geralmente pouco profunda, longitudinal a um eixo de drenagem pluvial, associada à bacia de captação das altas encostas retilíneas e ao longo de estreito canal fluvial. É mais freqüente nos migmatitos e em compartimentos superiores do relevo, expõe rocha alterada, com trechos semi-alterados ou são, em mata fortemente degradada ou degradação fraca.

2. *Forma alongada, em série* – feição estreita e alongada, às vezes bem profunda, disposta próxima e paralela a outra com as mesmas características, ocorrendo em compartimentos do relevo definidos por topos em cristas, em migmatitos e associada à bacia de captação. Estende-se do topo ao nível de base local, tendo ponto de convergência único no eixo longitudinal da drenagem. Ocorre em áreas com cobertura vegetal quase ausente ou em anfiteatros com mata fortemente degradada.

3. *Forma de colher, isolada* – feição ovalada, freqüente nos esporões abaulados e mamelonados, associada à bacia de captação das médias e baixas vertentes, em setores de solos mais espessos. Domina em migmatitos e micaxistos, em vertentes côncavas e, algumas mais profundas, apresentam-se associadas aos canais de drenagem em vegetação de mata e capoeira, com degradação forte.

4. *Forma de colher, em seqüência* – feição também oval, em diversas cicatrizes profundas associadas à

bacia de captação das médias e baixas vertentes, nem sempre ligada a um canal, mas tendo seus canais de escoamento ligados à um eixo principal. Em muitas dessas cicatrizes o limite superior atinge os topos dos interflúvios, sendo mais freqüente nos micaxistos. Ocorre em mata fortemente degradada e em capoeira.

5. *Forma de colher, agrupada* – feição que engloba um conjunto de escoamentos ovais, cujas cabeceiras ou partes superiores se apresentam distintas, mas se unem em direção à base, formando apenas um canal de escoamento. Ocorre em diversos tipos litológicos e, algumas apresentam reativação erosiva mais acentuada em áreas de mata fortemente degradada. Muitas possuem várias ravinas e cabeceiras amplamente alargadas e sulcadas, atingindo camadas mais profundas do solo.

6. *Forma de colher, centralizada* – feição isolada, oval, geralmente isolada, localizada no centro de uma bacia de captação de drenagem, em baixas encostas, geralmente nos médio e baixo compartimentos das escarpas, associada a pontos de nascentes e mais freqüente em material de alteração dos micaxistos e migmatitos. Ocorre indistintamente quanto à degradação da cobertura vegetal e algumas são bem profundas.

7. *Forma ramificada* – feição com contorno irregular, compondo um conjunto de escoamentos longos ou curtos, estreitos ou largos, com cabeças preferencialmente associadas às nascentes, onde diversos setores das encostas são erodidos em diferentes direções. Os mais longos ocorrem em alinhamento com canais de drenagem fluvial e os mais curtos em canais pluviais ou fluviais, nos diversos tipos litológicos e independente das condições da vegetação.

8. *Forma de leque, nas altas vertentes* – feição que associa ou interliga vários escoamentos, sendo um centralizado e os demais em vertentes opostas, ligados ao central por canais pluviais de primeira e segunda ordens, direcionados para o canal principal. A maioria localiza-se em bacias de captação em anfiteatro, embora ocorra em vertentes retilíneas-côncavas, provavelmente por influência de forte degradação da cobertura vegetal. Domina nos migmatitos e são pouco profundas no material de alteração do granito.

9. *Forma entrelaçada* – feição resultante de interligação de vários escoamentos estreitos ou largos, mas extensos e de diferentes profundidades, alguns mais largos na porção superior. Domina em segmentos de maior profundidade nos canais de drenagem principais e, em alguns secundários, com canal de escoamento capturado pelo principal. Ocorre nos materiais de alteração de diferentes tipos litológicos,

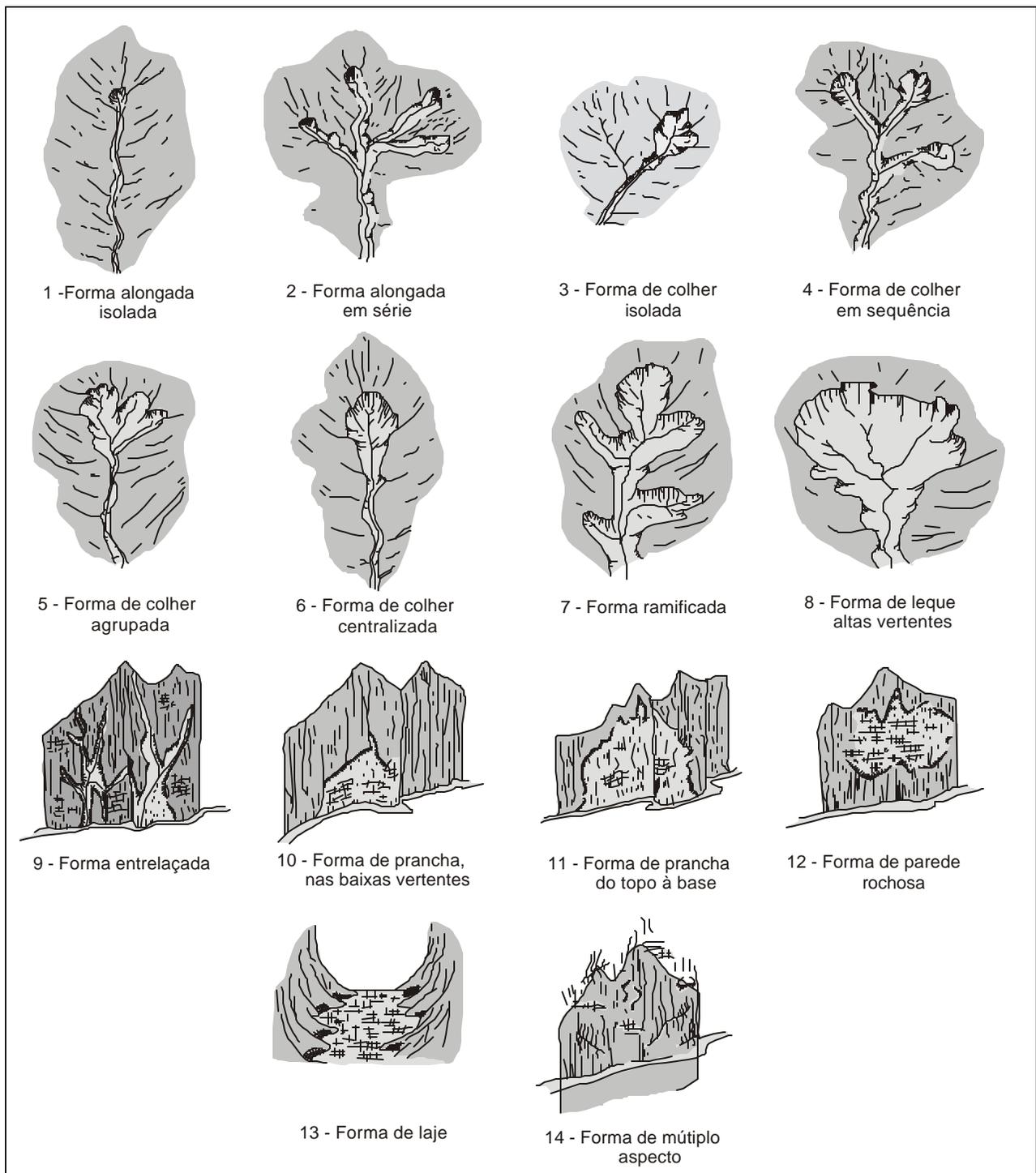


FIGURA 2. Esboço das feições dos escorregamentos na Serra do Mar em Cubatão - SP: tipologia formulada.

as vezes expondo o substrato rochoso, freqüente em vertentes retilíneas-côncavas e indiferenciada quanto à cobertura vegetal.

10. *Forma de prancha, nas baixas vertentes* – feição larga, profunda e pouco extensa, associada, quase sempre, ao solapamento basal, expondo solo e/ou rocha, atingindo às vezes até as médias vertentes. Ocorre, preferencialmente, nos compartimentos médios e inferiores das escarpas, dominando em mata

e capoeira fortemente degradadas.

11. *Forma de prancha, do topo à base das vertentes* – feição larga e profunda, que abrange encostas inteiras, apresentando vários níveis de descida de material de alteração, em muitos locais entremeadas por exposição rochosa. Está associada às rupturas abruptas de declives, principalmente no escarpamento principal. É mais destacada nos migmatitos e no granito, em cortes de vertentes para

edificações e, em mata e capoeira fortemente degradadas.

12. *Forma de parede rochosa* – feição associada às altas vertentes retilíneas, a montante de rupturas de nível, onde ocorre exposição contínua da rocha sã ou pouco alterada, em alguns locais bem fragmentada. As feições menores dominam nos migmatitos e as maiores, no granito, em vertentes com mata fortemente degradada.

13. *Forma de laje* – feição irregular de assoalho rochoso em canais de drenagem principais, pluvial e fluvial, em segmentos de fundo de vale encaixado e de forte declive, nos médios e altos compartimentos do relevo, a montante de forte ruptura de declive. Domina em granitos e migmatitos aflorantes, tanto em mata pouco degradada quanto fortemente degradada e também, em capoeira.

14. *Forma de múltiplo aspecto* – feição de erosão generalizada, com heterogeneidade de características, mas sempre com a desfiguração de uma vertente inteira, parte de um morro ou de um morro inteiro. Área com aspecto de vegetação e solo queimados, em altas declividades. Domina nos migmatitos, interflúvios em crista e vertentes retilíneas próximas ao rebordo esfacelado do escarpamento principal, em solo raso, em alguns pontos mais profundos, com sulcos e ravinas, exposição rochosa e blocos pendentes. Aparência de total esterilidade.

Deste reconhecimento e caracterização das feições erosivas, foram verificados alguns aspectos a ressaltar, relacionados com a morfologia e a drenagem. Nas condições das encostas da Serra do Cubatão, as feições dos escorregamentos apresentaram-se sob duas categorias hidromorfológicas, ou seja, a dos anfiteatros ou bacias de captação, com feições preferencialmente dos tipos 1 a 8, e a das vertentes retilíneas de altas declividades, com domínio dos tipos 9 a 14. Estas categorias, bem como parte das feições definidas, foram mencionadas por outros autores que estudaram a Serra do Mar, como discutidos e indicados adiante. A ambos os grupos foram também associadas as diferenças litológicas, pedológicas, da vegetação e declividades além, obviamente, de reconhecer a dependência com outras variáveis não abordadas neste estudo. No entanto, algumas feições foram interpretadas como sendo, predominantemente, resultantes da ação antrópica predatória, como a forma de múltiplo aspecto.

As feições em forma de múltiplo aspecto e forma de parede rochosa foram as que mais se caracterizaram como resultantes diretas do maior impacto ambiental nessas vertentes. A primeira domina na margem direita

do Rio Mogi (Figura 1), principalmente na sub-bacia do Córrego da Onça, e na Bacia do Perequê, e a segunda nas médias e altas vertentes da Serra do Morrão, ambas nos compartimentos morfológicos superiores. Corresponderam às maiores cicatrizes erosivas e às mais conspícuas feições, relacionadas à degradação da vegetação ou mesmo ao desflorestamento em setores de encostas com declividades superiores a 25°, conforme indicaram as análises interpretativas, com base em cartas temáticas antes referenciadas.

Ainda do ponto de vista da degradação ambiental, quanto às relações dos dados obtidos, foi observado que, apesar de terem ocorrido escorregamentos generalizados em toda a área, os setores mais elevados das escarpas, junto aos rebordos esfacelados do planalto, em zonas de falhamentos e altas vertentes da margem esquerda do Rio Mogi, foram os mais afetados e os mais críticos, considerados, portanto, setores de risco permanente. Nestas áreas, ficou em destaque o domínio das feições dos tipos forma alongada isolada e forma alongada em série, nas bacias de captação de altas vertentes retilíneas, tanto em canais pluviais como fluviais, na grande maioria das sub-bacias dos rios Mogi e Perequê. Estas feições são mais frequentes nas sub-bacias da margem esquerda nos médio e alto cursos do Rio Perequê e na margem direita do Rio Mogi, nos setores do médio curso. A constatação da predominância destas duas feições de escorregamentos nas áreas mais elevadas confirmou a maioria dos resultados de estudos realizados na Serra do Mar (Baccaro, 1982; IPT, 1986; Domingues et al. 1987; Domingues & Silva, 1988; Wolle, 1988; Cruz, 1974, 1990; CETESB, 1991, entre outros). Nestes, tais feições foram denominadas de cicatrizes longitudinais ou alongadas e reconhecidas também em outros setores livres da degradação ambiental.

Um outro aspecto de importância quanto à ocorrência das maiores cicatrizes em forma de parede rochosa, em grande parte nas altas vertentes do escarpamento principal, mais drasticamente, na Serra do Morrão, refere-se à maior fragilidade do meio frente às condições bastante agravadas pela ação antrópica indireta e direta, através da poluição e das edificações, respectivamente. Nestas áreas foi constatado também o domínio das forma em leque e forma de colher em seqüência nas bacias de captação das altas vertentes.

Nos compartimentos superior e médio das escarpas há o domínio das forma de prancha, do topo à base e forma de prancha nas baixas vertentes, em setores recobertos por gramíneas e em cortes de vertentes para edificações (ramais da Estrada de Ferro Santos-Jundiá - EFSJ), além das vertentes instabilizadas por solapa-

mento basal. Estas condições de manejo em encostas íngremes aumentam a tendência de crescimento do potencial crítico de instabilidade dessas áreas, fatos constatados que se ajustam às idéias de Carvalho (1990), Cesar et al. (1990) e Domingues et al. (1992).

A análise interpretativa dos dados obtidos induziu a admissão de que, como consequência da maior disponibilidade de água no freático e em subsuperfície, da disposição, formas e estruturas do relevo e da degradação da vegetação, além da ação de outras fontes de energia, como as entradas bruscas de chuvas elevadas, algumas feições estão diretamente vinculadas à categoria dos processos de escoamento do freático, subsuperficial e fluvial. Esta hidrodinâmica interna e subsuperficial dos solos foi ressaltada também por De Ploey & Cruz (1979) e sua importância foi evidenciada nesta área por meio de algumas feições erosivas. Assim, as interpretações dos dados conduziram à suposição de que as feições diretamente associadas aos anfiteatros de nascentes, isto é, ligadas ao lençol freático e afloramentos em nascentes, são as forma de colher centralizada, forma de colher agrupada e a forma ramificada. Pode-se admitir, portanto, que são resultantes da maior influência hidro-micromorfológica local e menor, dos declives e da cobertura vegetal.

A forma de colher isolada e a forma entrelaçada sugeriram maior associação com o grupo de processos pluviais, ainda que ocorram em todos os compartimentos, sendo que a última ocorre preferencialmente em vertentes retilíneas e independentes dos canais de drenagem. Assim, são semelhantes aos dois tipos de forma alongada, pois ocorrem no sentido da extensão das vertentes, mas diferem por possuir diversos canais de escoamento pluvial, enquanto a forma alongada possui somente um canal de escoamento pluvial concentrado.

A análise da feição em forma de laje, frequente ao longo dos canais de drenagem, principalmente fluviais das sub-bacias estudadas, indicou a influência mútua e de igual importância de dois grandes grupos de processos, isto é, fluviais e pluviais. Assim, há exposição rochosa no sentido longitudinal do canal e também em partes das baixas vertentes, essencialmente em áreas com vegetação fortemente degradada. Ocorre nos canais de drenagem principais da Serra do Morrão e dos rios Perequê e Onça e em canais secundários maiores, em linhas de prováveis falhas secundárias e fraturas.

Embora haja intercalação desordenada de diferentes graus de declives em todos os compartimentos escarpados, as relações das diversas feições com a inclinação das encostas indicaram uma sutil preferência dessas ocorrências erosivas, quanto a

alguns limiares de declives. Assim, o exame dos dados obtidos sugeriu que a feição dominante em declividades superiores a 35° é a de forma de parede rochosa. Os solos nestes setores mais íngremes, principalmente nos topos em crista e vertentes retilíneas dos compartimentos mais elevados, apresentam a dominância da Associação de Cambissolo, Solos Litólicos e Afloramentos Rochosos, prevalecendo os dois últimos.

As feições erosivas mais frequentes em declives entre 35 e 25° foram: forma alongada em série, forma entrelaçada, forma alongada isolada, forma de leque nas altas vertentes, forma de prancha do topo à base e forma de laje. Entre 15 e 25° dominaram as feições: forma de colher isolada, forma de colher em seqüência, forma de colher agrupada e forma de prancha das baixas vertentes.

Em vertentes com declives entre 15° e 35°, os solos apresentam-se com o domínio da Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo, com variações e textura argilosa e, de Cambissolo com textura média, na bacia do Rio Mogi. Na bacia do Rio Perequê prevalecem a Associação de Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa e, Cambissolo e Podzólico Vermelho-Amarelo, ambos de textura média.

Não foi constatado preferência de declividades nas ocorrências das feições em forma de colher centralizada e forma ramificada. Em muitos segmentos de vertentes com declives inferiores a 15° dos médios e altos compartimentos das escarpas, foi confirmada uma significativa ocorrência de quase todos os tipos de feições como consequência da degradação generalizada das vertentes. Nos compartimentos inferiores das escarpas há baixa ocorrência de escorregamentos e as feições são menores, sem evidências de domínio de forma nesta classe de declive.

Quanto à grande variedade de feições erosivas, as investigações dos dados sugeriram que pode ser atribuída à profunda degradação da vegetação e dos solos. Este fato foi comprovado também do ponto de vista das características de grande parte dos escorregamentos. Assim, ficou claro que a revegetação implantada em alguns locais da Serra do Cubatão, ainda não demonstrou resultados satisfatórios na recuperação de suas condições naturais e na contenção desses processos, harmonizando-se com conclusões de Leitão Filho (1993).

Desta forma, os dados conduziram ao reconhecimento de que a proteção florestal ainda é o método mais eficaz de preservação dos ecossistemas das escarpas litorâneas e de defesa das vertentes contra os processos erosivos acelerados, bem como de recuperação dos ecossistemas degradados.

CONCLUSÕES

A análise interpretativa dos resultados, nas condições deste estudo, possibilitou evidenciar as seguintes considerações finais:

- Há duas categorias, quanto ao domínio dos aspectos hidromorfológicos, de feições erosivas: a das bacias de captação e a das vertentes retilíneas, ambas com variações estreitamente ligadas às alterações antrópicas.
- Este estudo apontou 14 tipos de feições erosivas associadas aos escorregamentos na Serra do Cubatão, nas bacias dos rios Mogi e Perequê. Esta grande diversidade de feições foi atribuída às características do meio hidrobiológico de escarpas e, predominantemente, a uma reação do ambiente natural à ação antrópica predatória direta e indireta. Os tipos de feições reconhecidos, não necessariamente, é de ocorrência exclusiva em cada categoria.
- As áreas com pouca alteração antrópica direta, mas fortemente impactadas pela degradação da vegetação, caracterizaram como de predominância da erosão em forma alongada, em série, com destaque de setores em forma de múltiplo aspecto e forma de prancha, do topo à base, representando os tipos mais conspícuos em áreas de maior impacto ambiental dos médios e altos compartimentos do relevo, nos dois conjuntos de vertentes escarpadas, isto é, margens direita e esquerda dos rios Mogi e Perequê.
- Nas áreas com maior alteração devido à construção ou edificação e degradação da vegetação pela poluição atmosférica, como as vertentes da Serra do Morrão, há grande quantidade de feições erosivas dos tipos forma de parede rochosa e forma de leque nas bacias de captação dos compartimentos altos destas escarpas, e forma de prancha do topo à base e forma de prancha das baixas vertentes, nas médias escarpas, devidos aos cortes de vertentes.
- As feições de menores proporções e com baixa densidade de ocorrência foram verificadas nas encostas dos compartimentos inferiores dessas escarpas, onde há o domínio das forma de colher isolada e forma de prancha das baixas vertentes.
- As áreas fortemente impactadas, isto é, com feições erosivas maiores e mais drásticas, foram localizadas nos compartimentos superiores dessas escarpas. Quanto a alguns setores destas, este estudo demonstrou a irreversibilidade às condições originais, em vista dos fortes impactos ambientais, por afloramentos rochosos e características aparentes de esterilidade.
- Durante os trabalhos de análises interpretativas, ficaram evidentes as vantagens de agrupamento de determinadas feições, mas com prejuízo dos objetivos de detalhamento de reconhecimento. Embora haja muita semelhança visual entre algumas cicatrizes, algumas diferenças fundamentais foram detectadas, como se espera ter mostrado.
- A degradação das escarpas da Serra do Mar em Cubatão foi destacada também do ponto de vista da diversidade e criticidade das feições dos escorregamentos, cujas características geofisionômicas induziram a atribuir o predomínio da ação antrópica direta e indireta, como maior agravante da aceleração dos processos erosivos.
- Neste estudo, fundamentado na caracterização das cicatrizes deixadas por movimentos de massa, ficou evidenciado que a erosão é um fenômeno decorrente da reação integrada de vários componentes, fatores e processos. Finalizando, ressalta-se que há urgência na efetiva aplicação dos preceitos legais conservacionistas no Parque Estadual da Serra do Mar para a promoção do uso racional e do desenvolvimento regional, atrelados ao contexto de conservação da natureza.

AGRADECIMENTOS

A autora agradece especialmente ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio importante na realização desta pesquisa, à Profa. Dra. Olga Cruz pelas valiosas sugestões e a Lígia de Castro Etori pela colaboração na revisão preliminar do texto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, F.F.M. de. Considerações sobre a geomorfogênese da Serra de Cubatão. *Boletim Paulista de Geografia*, n. 15, p. 3-17, 1953.
2. BACCARO, C.A.D. **Os processos de movimentos de massa e a evolução das vertentes na Serra do Mar em Cubatão – SP**. São Paulo, 1982. 165 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
3. CARVALHO, C.S. Geotechnical risk control in Serra do Mar, Cubatão region. In: **Sabo and river improvement works in Japan and Master Plan on the disaster prevention in Serra do Mar, Cubatão region, State of São Paulo**. October 31, Relatório, 1990, p. 54-61.
4. CAVALCANTI, D.F. **Brasil, leis, decretos, etc.** (Legislação para a conservação da natureza: Decreto no 43.273, de 24 de fevereiro de 1958. Declara protetora, de acordo com o Art. II e seu parágrafo único, do Decreto Federal no 23.793, de 23 de janeiro de 1934, as florestas que indica). Rio de Janeiro: FBCN, p. 52-53, 1978, 2a ed.
5. CESAR, S.F.; DOMINGUES, E.N.; NALON, M.A.; VELLARDI, A.C.V. Estudo hidrodinâmico na Floresta

- Latifoliada das encostas da Serra do Mar, na região de Cubatão – SP. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6, 1990, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão, Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990, v. 3, p. 320-329.
6. CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Carta Morfodinâmica da Serra do Mar na região de Cubatão – SP.** São Paulo, Publicação CETESB, junho/1991, DTAE, Relatório, 1991, 37 p.
 7. CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba: contribuição à geomorfologia litorânea tropical.** São Paulo, 1974. 181 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo. (Série Teses e Monografias, 11).
 8. CRUZ, O. **Estudo dos processos geomorfológicos do escoamento pluvial na área de Caraguatatuba/SP.** São Paulo, 1982. 151 p. Tese (Livro-Docência em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, Universidade de São Paulo.
 9. CRUZ, O. A Serra do Mar e a preservação de suas vertentes. **Revista Orientação**, n. 7, p. 39-75, 1986.
 10. CRUZ, O. Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da Serra do Mar. **Revista do Instituto Geológico**, v. 8-10,11, n. 1, p. 9-20, 1990.
 11. DOMINGUES, E.N. **Estudo dos processos geomorfológicos do escoamento fluvial e evolução de vertentes na Serra do Cubatão, Serra do Mar – SP.** São Paulo, 1983. 153 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo.
 12. De PLOEY, Y. & CRUZ, O. Landslides in the Serra do Mar, Brazil. Braunschweig (Alemanha). **Catena**, v. 6, n. 2, p. 111-122, 1979.
 13. DOMINGUES, E.N. & SILVA, D.A. da. Geomorfologia do Parque Estadual de Carlos Botelho – SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, v. 42, p. 71-105, 1988.
 14. DOMINGUES, E.N.; SILVA, D.A. da; VELLARDI, A.C.V. Correlações topomorfológicas, geológicas e de declividades do Parque Estadual de Carlos Botelho – SP. **Boletim Técnico do Instituto Florestal**, v. 41, n. único, p. 71-105, 1987.
 15. DOMINGUES, E.N.; VELLARDI, A.C.V.; NALON, M.A. Levantamento hidrogeomorfológico detalhado de área florestal serrana: Serra do Mar, região de Cubatão, SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, n. único, Parte 3, Ed. Especial, p. 906-912, 1992.
 16. FREIRE, E.S.M. Movimentos coletivos de solos e rochas e sua moderna sistemática. Rio de Janeiro, **Revista Construção**, p. 10-18, 1965.
 17. GUIDICINI, G. & NIEBLE, M.C. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação.** Editora Edgard Blücher Ltda. e EDUSP, 1976, 170 p.
 18. GUILLAUMON, J.R.; NOFFS, M.S.; DOMINGUES, E.N.; SÉRIO, F.C.; OGAWA, H.Y. Desenvolvimento de modelo de estudo integrado para avaliação de um setor da vertente atlântica abrangido pelo Parque Estadual da Serra do Mar. In: SEMINÁRIO SOBRE UMA SÍNTESE DO CONHECIMENTO SOBRE A BAIXADA SANTISTA, 1983, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CETESB, 1983, v. 2, p. 276-284.
 19. HASUI, Y. & SADOWSKI, G.R. Evolução geológica do Pré-Cambriano na região sudeste do Estado de São Paulo. **Boletim IG**, v. 6, n. 3, p. 182-200, 1976.
 20. ICHINOSE, Y. Geomorphological studies of landslides. In: Institute for Natural Resources, **The case of the Tama Valley.** Tokyo (Japan), Miscellaneous Reports of the Research, 1957, n. 45. p. 8-18.
 21. IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Programa Serra do Mar – levantamentos básicos nas folhas de Santos e Riacho Grande, Estado de São Paulo.** Anexo A – Estudos geológicos e geomorfológicos. São Paulo, Relatório 23.394, 1986, v. 2, 120 p.
 22. LEITÃO FILHO, H.F. (Coord.). **Ecologia da Mata Atlântica em Cubatão (SP).** São Paulo, Editora da UNESP e Editora da UNICAMP, 1993, 184 p.
 23. OGAWA, H.Y.; DOMINGUES, E.N.; SÉRIO, F.C. Estudos legais e físicos para a caracterização das áreas do Parque Estadual da Serra do Mar. Sociedade Brasileira de Silvicultura, **Revista Silvicultura** (n. Especial), Anais do 4º Congresso Florestal Brasileiro, Belo Horizonte, v. 8, n. 28, p. 98-102, 1983.
 24. ROSSI, M. & PFEIFER, R.M. Pedologia do Parque Estadual da Serra do Mar I. Levantamento de reconhecimento dos solos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 3, n. 1, p. 1-44, 1991.
 25. SADOWSKI, G.R. **Tectônica da Serra do Cubatão, SP.** São Paulo, 1974. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
 26. SHARPE, C.F.S. **Landslides and related phenomena – study of mass movements of soil and rock.** New York, Columbia University Press, 1938, 120 p.
 27. TERZAGHI, K. Mecanismos dos escorregamentos de terra. **Revista Politécnica**, USP, 41 p., 1967. (Tradução de Mechanics of landslides, 1950, 167 p.)
 28. WOLLE, C.M. **Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas.** São Paulo, 1988. 320 p. Tese (Doutorado em Geociências) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.