

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARTOGRAFIA DE RISCOS GEOLÓGICOS
ASSOCIADOS A ESCORREGAMENTO EM
ÁREA DE SÃO SEBASTIÃO.**

Marcelo Ciampitti Copia

Orientador: Prof. Dr. Alberto Pacheco

Co-Orientador: Eduardo S. Macedo

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2000/16)

SÃO PAULO
2000

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**CARTOGRAFIA DE RISCOS GEOLÓGICOS ASSOCIADOS A
ESCORREGAMENTOS EM ÁREA DE SÃO SEBASTIÃO**

MARCELO CIAMPITTI COPIA



DISCIPLINA 0440500 - TRABALHO DE FORMATURA

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Pacheco

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'A. Pacheco', written over a horizontal line.

Profa. Dra. Gianna Maria Garda

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gianna Maria Garda', written over a horizontal line.

Prof. Dr. Kenitiro Suguio

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Kenitiro Suguio', written over a horizontal line.

DEDALUS - Acervo - IGC



30900006063

SÃO PAULO
2000

MARCELO CIAMPITTI COPIA

Cartografia de Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos em Área do Município de São Sebastião - SP

TF-2000/16



Monografia de trabalho de formatura apresentada
ao Instituto de Geociências da Universidade de São
Paulo

Orientador: Prof. Dr. Alberto Pacheco – Instituto de
Geociências – Universidade de São Paulo.

Co-Orientador: Geólogo Eduardo S. de Macedo –
Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

2000

CF 83
MC. c

DOAÇÃO Comissão
de Trabalho de
Data: 09 / 09 / 02

Formatura

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	1
2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS	1
3. HISTÓRICO	2
4. ASPECTOS FISIOGRAFICOS	3
5. GEOLOGIA REGIONAL	3
5.1. Complexo Gnáissico/Migmatítico	4
5.2. Granito Guaecá	4
5.2.1. Fácies Leucocrática com granada	7
5.2.2. Fácies a biotita	7
5.3. Diques Básicos e Alcalinos	7
5.4. Depósitos Quaternários	8
5.4.1. Depósitos atuais de praia	8
5.4.2. Depósitos arenosos marinhos pré-atuais	8
5.4.3. Depósitos mistos pré-atuais	8
5.4.4. Depósitos Aluvionares atuais e pré-atuais	9
5.4.5. Depósitos associados a encostas	9
6. RISCO GEOLÓGICO ASSOCIADO A ESCORREGAMENTOS E PROCESSOS AFINS	10
6.1. Escorregamentos e processos afins	10
6.2. Correlação entre pluviosidade e escorregamentos	13
6.3. Medidas Preventivas	15
6.3.1. Obras de Estabilização	16
6.3.2. Plano Preventivo de Defesa Civil – PPDC	17
6.3.3. O PPDC no município de São Sebastião	18
6.3.4. Cartografia de Riscos	20
7. LEGISLAÇÃO SOBRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	21

8. METODOLOGIA	23
8.1. Inventário	23
8.2. Investigação	24
8.3. Análise	25
8.4. Síntese	25
9. MATERIAIS UTILIZADOS	26
10. ÁREA DE ESTUDOS E ATIVIDADES DE CAMPO	27
10.1. Atividades de campo	27
11. RESULTADOS E INTERPRETAÇÕES	29
11.1. Geologia	29
11.1.1. Perfis Geológicos	29
11.1.2. Unidade leucogranítica	32
11.1.3. Unidade gnássica	33
11.1.4. Depósitos de tálus com matacões	33
11.1.5. Depósitos de tálus com blocos	33
11.1.6. Sedimentos variados	33
11.2. Geomorfologia	34
11.3. Uso e ocupação do solo	36
11.3.1. Ocupação urbana precária	36
11.3.2. Ocupação urbana semi – consolidada	36
11.3.3. Ocupação urbana consolidada	38
11.3.4. Ocupação pontual	38
11.3.5. Áreas não ocupadas	38
11.4. Análise, setorização dos riscos e recomendações	38
11.4.1. Risco Muito Alto	40
11.4.2. Risco Alto	41
11.4.3. Risco Médio	42
11.4.4. Risco Baixo	42
11.4.5. Análise Geral	42

12. RECOMENDAÇÕES – PPDC	43
13. CONCLUSÕES FINAIS	43
14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45

ANEXO A – Relação de fotografias terrestres e imagens aéreas georreferenciadas

ANEXO B – Descrição de pontos de controle de campo, registros históricos de escorregamentos e croquis

ANEXO C – Carta de Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos do Bairros do Topo, Itatinga e Olaria – São Sebastião- SP

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Alberto Pacheco e aos geólogos Eduardo Soares de Macedo e Francisco Adrião Neves da Silva pelas críticas e sugestões apresentadas durante o desenvolvimento de todo o trabalho.

Aos técnicos da Defesa Civil Municipal Ivan Moreira Silva, Paulo César Borges Galeano, Carlos Eduardo dos Santos, Joelson Luiz de Souza e Washington Luís Corrêa pelo fornecimento de mapas, fotografias aéreas, cadastro de escorregamentos, participação nas atividades de campo e pelo incentivo recebido.

À Prefeitura Municipal de São Sebastião – SP pelo apoio oferecido.

Ao Sr. Murilo Augustos Madázio Marcílio Ramos pelo apoio dado na editoração gráfica.

À Professora Dra. Gianna Maria Garda por sua boa vontade e paciência.

Resumo

Nas últimas décadas, a ocupação de áreas inadequadas à habitação é crescente devido à explosão demográfica, ao baixo poder aquisitivo de grande parcela da população e à falta de políticas adequadas ao planejamento urbano.

Geralmente, essa ocupação é irregular dotada de construções sem critérios técnicos adequados para corte e aterro, com sistemas precários de abastecimento e despejo de água servida.

Nos últimos anos, verifica-se um amplo desenvolvimento nacional e internacional nos métodos e técnicas de identificação, análise e cartografia de riscos naturais, em particular os de origem geológica. A cartografia de riscos associados a escorregamentos começa a se configurar como uma importante ferramenta para o planejamento da ocupação.

Nesta monografia apresenta-se uma carta de risco associado aos principais processos de escorregamentos em parte dos bairros de Itatinga, Topo e Olaria situados na região central do município de São Sebastião – SP.

O trabalho é embasado por mapas geológicos, geomorfológicos, fotografias aéreas, imagens de satélite e observações de campo. São discutidos também medidas preventivas para diminuição dos riscos, bem como aspectos legais quanto ao uso e ocupação do solo.

Abstract

In the past decades, the occupation of insuitable lands for housing is rising because of the demographic explosion, the population's low purchasing power and the lack of adequate urban planning politics.

Most of the time, this occupations irregular, without technical criteria to built cutting and landfill, besides the precarious system of supplying and distribuiting water.

In the last years , it was observed a huge national and international development of methods and techniques of identification, analyse and cartography regarding natural risks, particulary those originated from geological aspects.

The cartography that deals with the risks associated with landslides is becoming a significative issue for the occupation planning.

In this paper is presented a risk zoning associated with the main process of landslides at some parts of Itatinga, Topo and Olaria neighborhoods in the center of São Sebastião town – SP.

This research is based on geological and geomorphological maps, air photography, satellite images and field works at the area. It is also discussed here preventive measures to decrease the risks, as well as legal aspects of the land use and occupation.

1. INTRODUÇÃO

Os resultados obtidos nos trabalhos de cartografia de riscos associados a escorregamentos desenvolvidos no município de São Sebastião – SP são apresentados e discutidos nesta monografia de trabalho de formatura / 2000.

1.1. Objetivos

Os estudos realizados objetivaram a elaboração de uma carta de riscos geológicos associados aos principais processos de escorregamento em área da região norte do município de São Sebastião - SP.

A carta de risco terá informações necessárias para o planejamento da ocupação futura e para adoção de medidas preventivas e corretivas em regiões onde as situações de risco já se fazem presentes. Visa uma contribuição sócio - ambiental ao planejamento urbano do município de São Sebastião.

2. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS

O município de São Sebastião está situado no litoral norte do estado de São Paulo. O acesso a partir da capital pode ser feito através da rodovia dos Imigrantes (SP-160) até o município de Cubatão, seguindo-se pela rodovia Piaçaguera – Guarujá (SP-055) até a cidade do Guarujá onde segue-se para norte na rodovia Rio – Santos (BR-101). Outra possibilidade de acesso é pela rodovia Ayrton Senna (SP-070) até a cidade de São José dos Campos seguindo pela rodovia dos Tamoios (SP-99), até a cidade de Caraguatatuba onde toma-se a rodovia Rio - Santos rumo ao sul (FIGURA 2.1).



FIGURA 2.1. Localização e Acessos

Fonte: Editora Abril, 1998 – Guia Brasil – Quatro Rodas

3. HISTÓRICO

São Sebastião foi institucionalizado como município em 1875, porém, a ocupação de seu território foi iniciada no período colonial brasileiro. Até o século XVIII, o desenvolvimento da região baseava-se na pesca, nas culturas de cana-de-açúcar, café, fumo, algodão, cereais e banana, e no escoamento dessa produção, bem como da proveniente do Vale do Paraíba, pelo porto de São Sebastião. Em 1787, determinações políticas privilegiaram o movimento do porto de Santos em detrimento dos demais portos da costa paulista, marcando um período de declínio do desenvolvimento econômico do litoral norte do Estado de São Paulo. No decorrer do século XIX e início do século XX, mesmo ressurgindo a produção e comercialização agrícola em nível local, a região do litoral norte continuou em situação estagnada, já que os investimentos voltados à política exportadora da época continuaram sendo aplicados no porto de Santos.

Uma sensível transformação na dinâmica da ocupação do município de São Sebastião só veio a ser sentida em meados da década de cinquenta, com melhorias nas estradas existentes e implantação de outras, facilitando a comunicação de São Sebastião com outros municípios litorâneos e com a região do planalto. Além disso, o porto de São Sebastião passou a ser regularmente utilizado.

No final da década de sessenta as obras do Terminal Marítimo Almirante Barroso (TEBAR) foram concluídas, possibilitando o escoamento do petróleo comercializado pela Petrobrás através de oleodutos ligados a Santos, Cubatão, Paulínia e Capuava. Com isso, houve um incremento das atividades portuárias, prestação de serviços e comércio para atender à demanda da população fixa emergente.

Desde meados da década de setenta, o município vem sofrendo um processo de urbanização intensa devido às melhorias das condições de acesso e grande procura por turistas. As condições geográficas são desfavoráveis à ocupação devido à proximidade da Serra do Mar da linha de costa, criando uma situação de crise fundiária no município. De maneira geral, os terrenos mais adequados estão destinados ao uso turístico forçando as camadas mais pobres da população a se instalarem em terrenos inadequados, onde as intervenções potencializam, com maior frequência, a ocorrência de eventos de movimentação de massa. É neste quadro sócio - econômico - ambiental que foi desenvolvido o projeto.

4. ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

Segundo CONTI & FURLAN (1998) a região apresenta um clima do tipo tropical de altitude com temperaturas que variam entre 18 a 26°C e amplitude térmica entre 7 e 9°C. O índice pluviométrico médio é elevado e pode atingir 4.000 mm/ano na região de Bertioga, sendo mais intenso durante o verão (dezembro / abril). A ação da massa tropical marítima e das massas polares sulinas são as principais responsáveis pelo regime de chuvas.

A Floresta Atlântica ou Floresta Litorânea domina a costa do sudeste do Brasil, caracterizada pela presença de árvores altas e vegetação rasteira. A floresta é densa e abriga a mais alta biodiversidade por hectare no mundo.

PONÇANO *et al.* (1981) enquadra a costa sudeste brasileira no domínio geomorfológico da Província Costeira, subdividida em duas zonas: a Serrania Costeira e as Baixadas Litorâneas. Localmente, TOMINAGA (1995) reconhece no município de São Sebastião relevos do tipo Morros e Morrotes de Planalto, Morros e Montanhas de Planalto, relevos associados a escarpa da Serra do Mar; Morros e Morrotes Litorâneos e Planícies Marinhas e Fluvio - Marinhas.

5. GEOLOGIA REGIONAL

No município de São Sebastião afloram rochas do embasamento cristalino que fazem parte do Complexo Costeiro, inserido no Cinturão de Dobramentos Ribeira (Orogênese Brasileira → 700 – 530 Ma). Estão associados corpos graníticos de idade neo - proterozóica assim como diques básicos e alcalinos de idade meso – cenozóica.

A seguir apresenta-se uma breve descrição litológica e estrutural das unidades do embasamento de acordo com MAFFRA (2000).

5.1. Complexo Gnáissico/Migmatítico

Esta é a unidade mais heterogênea da região. Em geral apresenta textura granolepdoblástica com granulação que varia de média à grossa. A assembléia mineral é composta por quartzo, biotita, muscovita, microclíneo, plagioclásio, sillimanita, granada e K-feldspato subhedral (com inclusões de quartzo, biotita e opacos). Localmente há ocorrência de cordierita. São comuns enclaves de caracter básicos com formas discordantes e tabulares.

A foliação é formada pela orientação preferencial de biotita e muscovita e, quando também presente, através da sillimanita. Tem direção preferencial SW – NE com mergulhos para NW passando de subverticais para medianos a medida que se caminha à SE, em direção ao Sistema de Cavalgamentos São Sebastião.

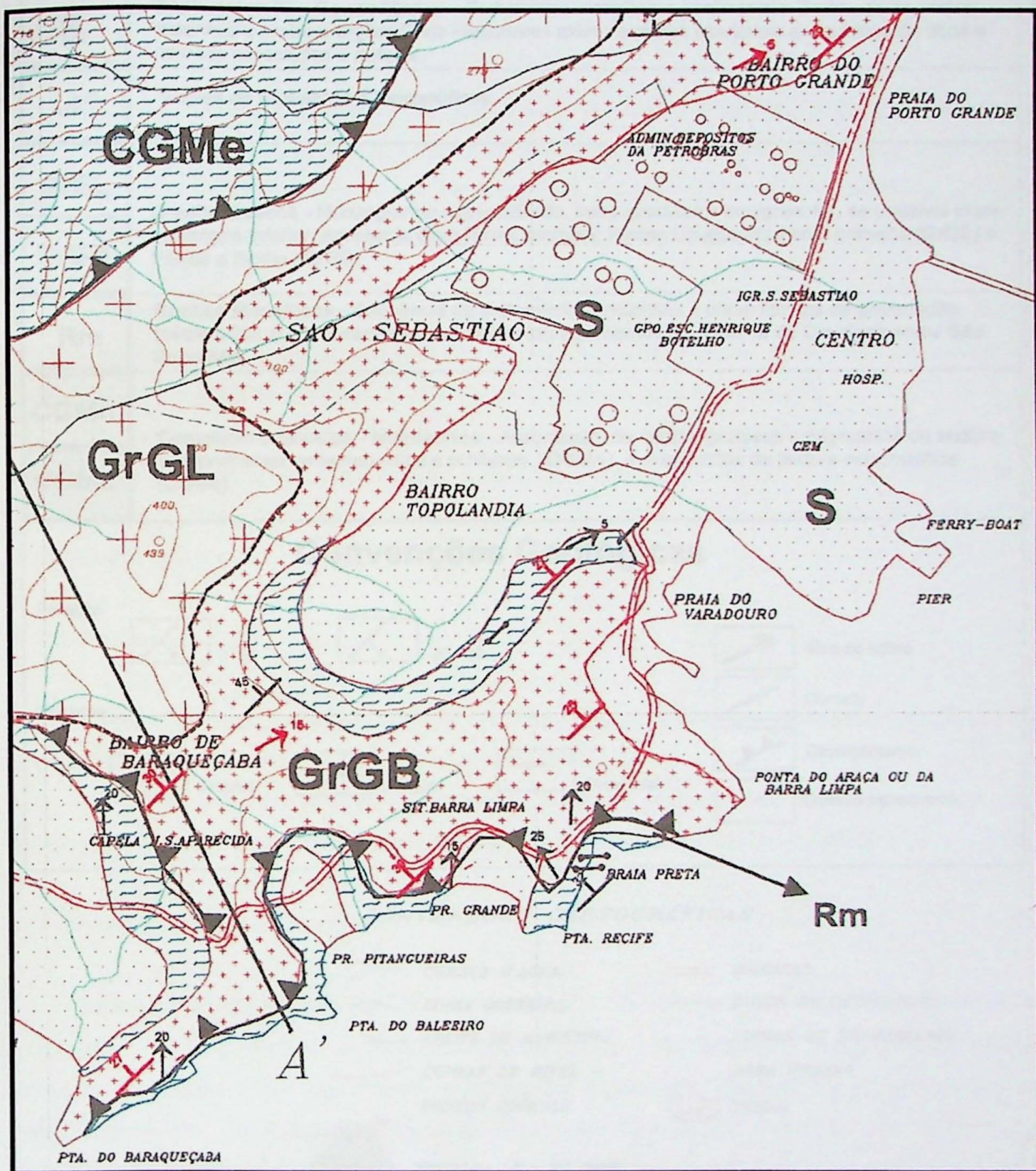
5.2. Granito Guaecá

O Granito Guaecá ocorre na forma de “*sheet*” e é bordejado em ambos os lados por zonas de cavalgamento dúcteis pertencentes ao Sistema de Cavalgamentos São Sebastião. A FIGURA 5.2.1 ilustra o mapa geológico de um trecho do município em escala 1:25.000, onde o Sistema de Cavalgamentos São Sebastião ocorre.

Duas zonas principais de cavalgamento são identificadas:

A primeira zona de cavalgamento ocorre próximo à encosta íngreme que forma a Serra do Mar ao longo do contato entre o Complexo Gnáissico / Migmatítico e o Granito Guaecá na praia de Guaecá. Localmente, a zona de cavalgamento corresponde a intercalações centimétricas a métricas destas duas unidades litológicas. A foliação apresenta um fabric proto-milonítico com mergulhos suaves entre 20-30 graus para NW.

A segunda zona de cavalgamento identificada no Sistema de Cavalgamentos São Sebastião ocorre ao longo do contato entre o Granito Guaecá e novamente um nível de ocorrência do Complexo Gnáissico / Migmatítico, disposto tectonicamente em um pacote estrutural inferior. Trata-se de uma zona extensa (de alguns quilômetros) com limites não bem definidos e onde o *fabric* milonítico ocorre afetando todas as litologias. A foliação milonítica nesta zona é mais intensa do que na zona de cavalgamento anteriormente mencionada. Aqui a foliação tem mergulho sub- horizontal com ângulos que variam de 10 a 30 graus.



Fonte: MAFFRA (2000)

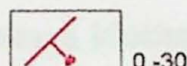
FIGURA 5.2.1. Trecho de mapa geológico do município de São Sebastião

Unidades Litológicas

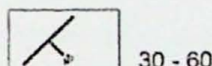
S	Sedimentos Não Consolidados - Sedimentos marinhos e continentais. Trata - se de areias marinhas e areias e argilas fluvio - lagunares além de areias aluvionais e depósitos de tálus e colúvios associados a rampas.
	Diques de Diabásios e Lamprófios.
GrGL	Granito Guaecá - Monzogranito a granodiorito, inequigranular e equigranular, de possível idade cambriana inferior. Apresenta duas fácies distintas: Fácies Leucocrática com granada (GrGL) e Fácies a Biotita (GrGB).
GrGB	
Rm	Rochas Miloníticas - Sequência de protomilonitos, milonitos e ultramilonitos de granulação média a fina que ocorrem associados aos cavalgamentos do Sistema de Cavalgamentos São Sebastião.
CGMn	Complexo Gnaissico - Migmatítico - Associação de biotita gnaisses e migmatitos de textura predominantemente nebulítica e schlieren (CGMn) e migmatitos de textura estromatítica (CGMe).
CGMe	

Convenções Geológicas

Foliação:

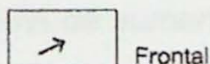


0 - 30

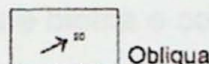


30 - 60

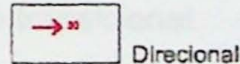
Lineação:



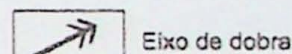
Frontal



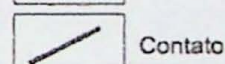
Obliqua



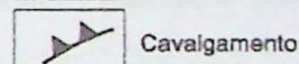
Direcional



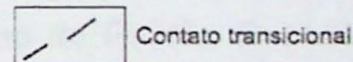
Eixo de dobra



Contato



Cavalgamento



Contato transicional

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

	CURSOS D'AGUA		RODOVIAS
	LINHA COSTEIRA		DUTOS DA PETROBRAS
	LIMITE DE MUNICIPIO		LINHAS DE TRANSMISSÃO
	CURVAS DE NIVEL		AREA URBANA
	PONTOS COTADOS		TEBAR

ESCALA 1 : 25 000

Classifica-se o Granito Guaecá como um monzogranito a granodiorito, com quartzo, plagioclásio, microclíneo, biotita, muscovita e granada. Pode ser dividido em duas fácies :

5.2.1. Fácies Leucocrática com granada

É uma rocha com textura inequigranular e com bordas de grão interlobatas e poligonais. A maioria dos grãos tem forma subeuhedral a aneuhedral. A ocorrência de grãos pequenos e grãos grandes com extinção ondulante sugere recristalização dinâmica parcial. Mirmequitas, pertitas e micropertitas também são comuns e são formadas por exsolução e substituição mineral.

Próximo ao contato superior esta litologia apresenta uma textura grossa com mega cristais de K-feldspato. Em seção delgada eles foram identificados como microclíneos com inclusões de plagioclásio e quartzo gerando uma textura poiquiloblástica.

A parte central do corpo tende a apresentar textura equigranular média e foliação mais intensa que varia em intensidade, mas ocorre em todo o corpo. Em seção delgada a foliação não é muito evidente e só é indicada pelo estiramento do quartzo e orientação preferencial das micas.

5.2.2. Fácies a biotita

Tem a mesma composição geral da fácies leucocrática com granada, apresentando 10% a 15% de aumento de biotita e contato transicional.

A fácies a biotita tem sua distribuição na parte externa do Granito Guaecá à SE, onde geralmente ocorre cavalgando sobre o Complexo Gnáissico / Migmatítico.

5.3. Diques Básicos e Alcalinos

As rochas anteriormente descritas servem de encaixantes para diques básicos (diabásios e microdioritos) e alcalinos (lamprófiros) com direções preferenciais N50°E comuns na região. GARDA (1995) associa os diques de diabásio e microdioritos ao magmatismo da Bacia do Paraná (130 Ma) e os diques de lamprófiro ao evento de magmatismo alcalino (80 Ma).

Ainda segundo a autora, os diques de diabásio variam de faneríticos finos a afaníticos com augita titanífera, labradorita, magnetita e hiperstênio. Por vezes as partes mais externas são formadas por vidro vulcânico. Os microdioritos têm textura porfirítica com fenocristais centimétricos de plagioclásio e augita, quartzo, hiperstênio e feldspato na matriz.

Os diques de lamprófiros apresentam texturas afanítica ou porfirítica, sendo os pórfiros centimétricos constituídos de olivina e piroxênio.

5.4. Depósitos Quaternários

De acordo com relatório interno do Instituto Geológico – IG – SMA de 1996, os depósitos quaternários do município de São Sebastião foram divididos em 5 unidades descritas a seguir.

5.4.1. Depósitos atuais de praia

A unidade constitui-se principalmente por areias de praia, cuja granulometria varia em função do tipo de praia. De maneira geral, as praias de estreita faixa de areia como Santiago, Paúba e Toque-Toque Pequeno são constituídas por areias médias a grossas, enquanto que as praias de maior extensão como Maresias e Guaecá possuem areias mais finas, com melhor selecionamento. Os depósitos de sedimentos finos (silte e argila) têm uma ocorrência muito restrita na área, sendo tal ocorrência devida provavelmente às oscilações de maré.

5.4.2. Depósitos arenosos marinhos pré-atuais

Esta unidade é formada por sedimentos arenosos, com bom grau de selecionamento (areia média a fina), considerável grau de arredondamento dos grãos, predominantemente quartzosos. Ocorrem na retaguarda dos sedimentos praias atuais, na forma de terraços mais elevados. Em alguns locais, entretanto, esses terraços são recobertos por cordões litorâneos (cristas praias parcialmente preservadas) em superfície, visíveis em fotografias aéreas e, mais restritamente, pela própria morfologia da área. Localmente, foram observadas laminações nos depósitos arenosos, discerníveis pela concentração de minerais pesados ferruginosos (Praia de Guaecá).

5.4.3. Depósitos mistos pré-atuais

São sedimentos caracterizados por corpos irregulares de argila (com características de contribuição de matéria orgânica) que se mesclam a sedimentos arenosos muito finos a silto-arenosos. Esses depósitos também estão situados na retaguarda dos depósitos praias atuais e, em geral, encontram-se recobertos por sedimentos continentais, tendo sido observados somente em trincheiras e escavações para obras de canalização e / ou saneamento.

5.4.4. Depósitos Aluvionares atuais e pré-atuais

A unidade compreende sedimentos inconsolidados de constituição variada e associados aos sistemas fluviais atuais (calha e planície de inundação ou várzea). São depósitos de granulometria bastante variada, cuja composição, arranjo e distribuição têm íntima associação com a declividade do terreno e com as rochas que compõem o substrato da área drenada.

Os depósitos fluviais pré-atuais, em geral, são constituídos por níveis lenticulares de argila cinza-escuro de alta plasticidade, intercalados a cascalheiras, situados a alguns metros acima do nível de várzea atual.

5.4.5. Depósitos associados a encostas

Os colúvios e talus são sedimentos depositados em áreas com declividade suficiente para transportar o material por ação da força de gravidade. São muito comuns ao longo de toda a área estudada, distribuindo-se a meia - encosta e nos sopés das escarpas. São depósitos de granulometria variada, cujo material constituinte é proveniente das rochas do embasamento cristalino.

Os colúvios são depósitos com variação granulométrica menor, dispostos em geral na forma de rampas com espessuras também variáveis, compostos predominantemente por uma matriz areno-silto-argilosa contendo fragmentos de rochas (seixos com diâmetros de centímetros, no máximo) subarredondados a angulosos e também com dimensões milimétricas. Linhas de seixos são comuns na base dos colúvios.

O talus corresponde a depósitos contendo blocos e matacões de rochas com dimensões até métricas, com maior ou menor grau de arredondamento, envoltos por uma matriz argilosa a areno-silto-argilosa.

6. RISCO GEOLÓGICO ASSOCIADO A ESCORREGAMENTOS E PROCESSOS AFINS

Segundo CERRI (1993), risco geológico é uma situação de perigo, perda ou dano, ao homem e suas propriedades, em razão da possibilidade de ocorrência de processo geológico, induzido ou não. O termo acidente é entendido como um acontecimento que perturbe as atividades normais, com perdas e danos sociais e / ou econômicos.

Nas últimas décadas o número de moradias precárias é crescente devido à explosão demográfica, à intensa urbanização gerada pelo desenvolvimento industrial, ao êxodo rural e à falta de políticas adequadas ao planejamento urbano. Geralmente, essas moradias são construídas sem os critérios técnicos adequados para corte e aterro, com sistemas precários de abastecimento e despejo de água, proporcionando o desequilíbrio do meio físico.

Esse quadro social aliado aos processos de escorregamentos naturais de encostas condicionados por fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos, podem criar situações de risco e acidentes graves, com prejuízos econômicos e principalmente perdas de vidas humanas.

Nos últimos anos, a nível mundial, profissionais de várias áreas têm-se ocupado com o estudo deste tipo de problema, buscando implantar medidas para a redução e prevenção dos danos causados, verificando-se um amplo desenvolvimento dos métodos e técnicas de identificação, análise e cartografia de riscos geológicos.

6.1. Escorregamentos e processos afins

HUTCHINSON (1968) define os *escorregamentos* e processos afins como movimentos gravitacionais de massa, ou seja, induzidos pela aceleração gravitacional, assim como subsidências e colapsos.

O QUADRO 6.1.1 lista a classificação de escorregamentos e processos afins proposta por AUGUSTO FILHO (1992).

QUADRO 6.1.1. Características dos principais grupos de processos de escorregamento.

Processos	Características de Movimento-material-geometria
RASTEJO (CREEP)	<ul style="list-style-type: none"> → vários planos de deslocamento (internos). → velocidades muito baixas (cms / ano) a baixas e decrescentes com a profundidade. → movimentos constantes, sazonais ou intermitentes. → solo, depósitos, rocha alterada / fraturada. → geometria indefinida.
ESCORREGAMENTOS (SLIDES)	<ul style="list-style-type: none"> → poucos planos de deslocamento (externos). → velocidades médias (m/h) a altas (m/s). → pequenos a grandes volumes de material. → geometria planar : solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza. → geometria circular : solos espessos, homogêneos e rochas muito fraturadas. → geometria em cunha : solos e rochas com dois planos de fraqueza.
QUEDAS (FALLS)	<ul style="list-style-type: none"> → sem planos de deslocamento. → movimentos tipo queda livre ou em plano inclinado. → velocidades muito altas (vários m/s). → material rochoso. → pequenos a médios volumes. → geometria : lascas, placas, blocos, etc. → rolamento de matacão e blocos. → tombamento.
CORRIDAS (FLOWS)	<ul style="list-style-type: none"> → muitas superfícies de deslocamento (internas e externas à massa em movimentação). → movimento semelhante ao de um líquido viscoso. → desenvolvimento ao longo de drenagens. → velocidades médias a altas. → mobilização de solo, rocha, detritos e água. → grandes volumes de material. → extenso raio de alcance.

Fonte: AUGUSTO FILHO (1992)

STOCHALAK (1974) define *encostas* como toda superfície natural inclinada unindo outras duas , caracterizadas por diferentes energias potenciais gravitacionais.

O termo *talude* é mais empregado para definir encostas próximas a obras lineares, de mineração etc., tendo um caráter mais geotécnico e relacionado a áreas restritas. Utilizam-se também os termos *talude de corte*, quando resultantes de algum processo de escavação e *taludes artificiais* relacionados aos declives de aterros constituídos de materiais diversos (WOLLE, 1980).

De acordo com VARNES (1978) podem-se agrupar os fatores que deflagram os escorregamentos e processos afins levando em consideração dois aspectos básicos: aumento de solicitação e/ou redução da resistência de um talude ou encosta (QUADRO 6.1.2).

QUADRO 6.1.2. Fatores deflagradores dos movimentos de massa

Ação	Fatores	Fenômenos Geológicos / antrópicos
AUMENTO DA SOLICITAÇÃO	→ remoção de massa lateral ou da base.	→ erosão, escorregamentos. → corte.
	→ sobrecarga.	→ peso da água de chuva, neve, granizo, etc. → acúmulo natural de material (depósitos). → peso da vegetação. → construção de estruturas, aterros, etc.
	→ solicitações dinâmicas.	→ Terremotos, ondas, vulcões, etc. → explosões, tráfego, sismos induzidos.
	→ pressões laterais.	→ água em trincas, congelamento, material expansivo.
REDUÇÃO DA RESISTÊNCIA	→ características inerentes ao material (geometria, estruturas, etc.)	→ características geomecânicas do material, tensões.
	→ mudanças ou fatores variáveis.	→ intemperismo : redução na coesão, ângulo de atrito. → elevação do N.A.

Fonte: VARNES (1978)

Segundo AUGUSTO FILHO (1992), as ações antrópicas vêm-se constituindo no mais importante agente modificador da dinâmica natural das encostas. O avanço das diversas formas de uso e ocupação do solo em áreas naturalmente suscetíveis aos movimentos gravitacionais de massa, acelera e amplia os processos de instabilização. As principais modificações oriundas das interferências antrópicas indutoras dos movimentos gravitacionais de massa são apresentadas a seguir:

- remoção da cobertura vegetal;
- lançamento e concentração de águas pluviais e / ou servidas;
- vazamentos na rede de abastecimento, esgoto e presença de fossas;
- execução de cortes com geometria incorreta de altura e inclinação;
- execução deficiente de aterros (compactação, geometria, fundação);
- lançamento de lixo nas encostas e/ou taludes.

6.2. Correlação entre pluviosidade e escorregamentos

As águas pluviais atuam como principal agente deflagrador dos escorregamentos no contexto da dinâmica climática e geológica do Brasil. Os grandes acidentes relacionados a estes processos registrados no território nacional ocorreram durante o período chuvoso, que varia de região para região.

Segundo AUGUSTO FILHO (1992), as águas contribuem diretamente para as instabilizações de encosta através dos seguintes mecanismos:

- Alçamento do nível d'água e geração de forças de percolação;
- Preenchimento temporário de fendas, trincas e/ou estruturas em solos saprolíticos e rochas (fraturas, juntas, etc.), com geração de pressões hidrostáticas;
- Formação de frentes de saturação, reduzindo a resistência dos solos pela perda de coesão aparente.

Ainda segundo o autor, os índices pluviométricos críticos para a deflagração dos escorregamentos dependem do tipo de processo de instabilização. Os escorregamentos induzidos por ações antrópicas são deflagrados por índices menores que os escorregamentos naturais.

Os escorregamentos em rocha, condicionados por planos de fraqueza, são mais suscetíveis a chuvas concentradas ou imediatas devido a geração de pressões hidrostáticas concentradas nessas estruturas.

As corridas de massa, em geral, necessitam de índices pluviométricos mais elevados, sendo mais afetadas pelos índices acumulados nos dias anteriores ao evento.

TATIZANA *et al.* (1987) chegaram a uma correlação entre os escorregamentos da Serra do Mar na área do município de Cubatão e volume de precipitação (FIGURA 6.2.1).

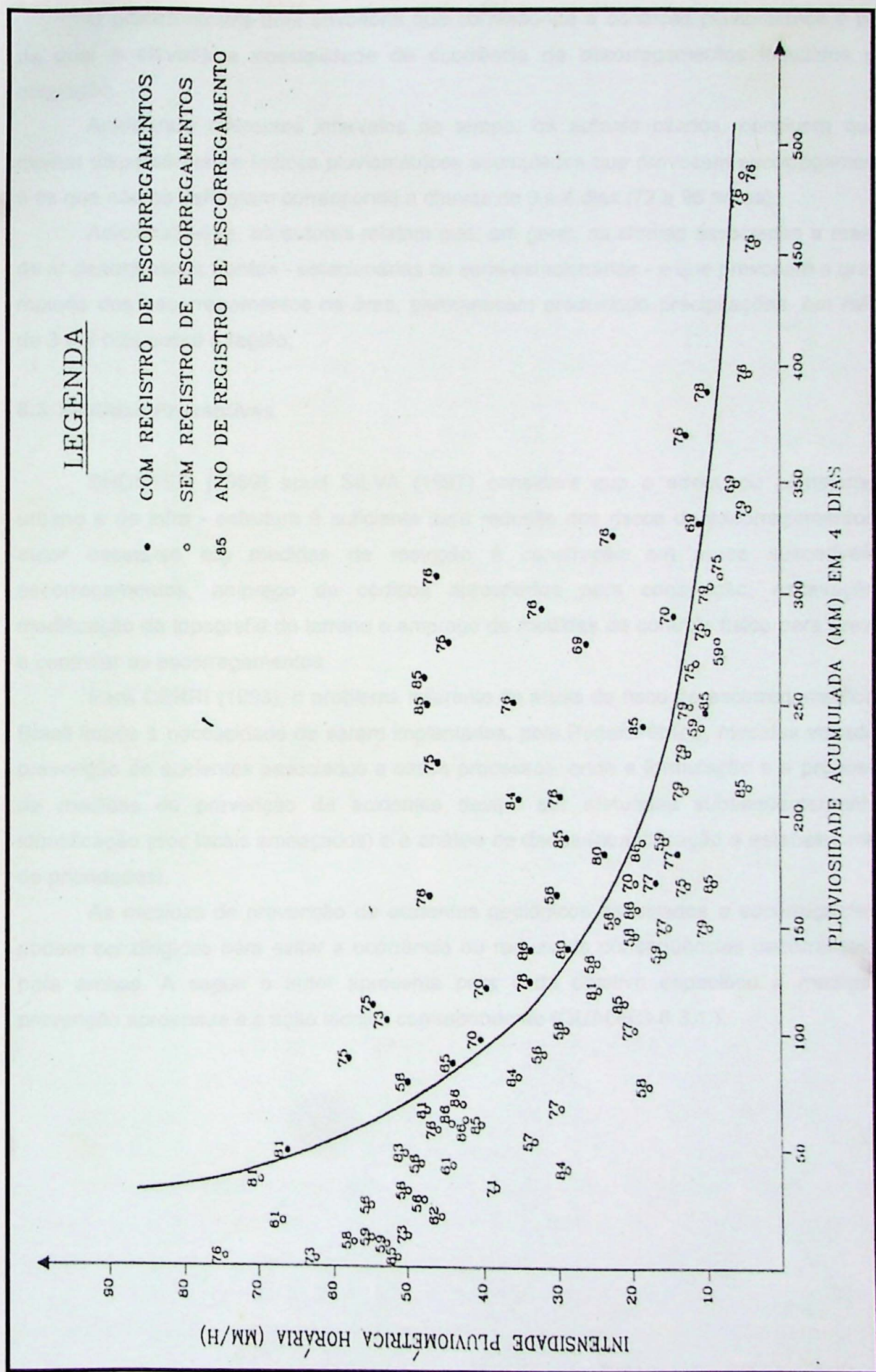


FIGURA 6.2.1. Correlação entre pluviosidade e escoamentos

Fonte: TATIZANA et al. (1987)

O gráfico mostra uma envoltória que corresponde à condição pluviométrica a partir da qual é elevada a possibilidade de ocorrência de escorregamentos induzidos pela ocupação.

Analisando diferentes intervalos de tempo, os autores citados, concluem que a melhor dispersão entre índices pluviométricos acumulados que provocam escorregamentos e os que não os deflagram corresponde a chuvas de 3 a 4 dias (72 a 96 horas).

Adicionalmente, os autores relatam que, em geral, as chuvas associadas a massas de ar denominadas frentes - estacionárias ou semi-estacionárias - e que provocam a grande maioria dos escorregamentos na área, permanecem produzindo precipitações, em média, de 3 a 4 dias sobre a região;

6.3. Medidas Preventivas

SHUSTER (1989) apud SILVA (1997) considera que o adequado planejamento urbano e de infra - estrutura é suficiente para redução dos riscos de escorregamentos. O autor baseia-se em medidas de restrição à construção em áreas suscetíveis a escorregamentos, emprego de códigos apropriados para construção, escavação e modificação da topografia do terreno e emprego de medidas de controle físico para prevenir e controlar os escorregamentos.

Para CERRI (1993), o problema referente às áreas de risco de escorregamentos no Brasil impõe a necessidade de serem implantadas, pelo Poder Público, medidas voltadas à prevenção de acidentes associados a esses processos, onde a formulação e a proposição de medidas de prevenção de acidentes devem ser efetuadas subseqüentemente à identificação (dos locais ameaçados) e à análise de dados (quantificação e estabelecimento de prioridades).

As medidas de prevenção de acidentes geológicos associados a escorregamentos podem ser dirigidas para evitar a ocorrência ou reduzir as conseqüências decorrentes, ou para ambas. A seguir o autor apresenta para cada objetivo específico a medida de prevenção apropriada e a ação técnica correspondente (QUADRO 6.3.1.).

QUADRO 6.3.1. Medidas de prevenção de acidentes e ações técnicas inerentes aos objetivos estabelecidos.

OBJETIVO ESPECÍFICO	MEDIDA DE PREVENÇÃO	AÇÃO TÉCNICA
Eliminar e / ou reduzir riscos já instalados.	Recuperação das áreas de risco.	Perenização da ocupação de encostas (Quando possível), através de projetos de reorganização e da implantação de obras de estabilização.
Evitar a instalação de novas áreas de risco	Controle da expansão e do adensamento da ocupação	Estabelecimento de diretrizes técnicas que permitam adequada ocupação de setores de encosta, através da elaboração de cartas geotécnicas.
Conviver com riscos atuais	Remoção temporária da população das áreas de risco iminente	Elaboração e operação de planos preventivos para escorregamentos, visando reduzir a possibilidade de perda de vidas humanas.

Fonte: CERRI (1993).

6.3.1. Obras de Estabilização

Segundo CARVALHO (1996), a definição da obra mais adequada depende, fundamentalmente, do entendimento dos processos de instabilização envolvidos. Podem ser de caracter emergencial evolutiva ou definitiva.

A obra emergencial evolutiva é entendida como uma obra que visa a elevação gradativa do nível de segurança do setor, atacando, num primeiro momento, apenas algumas das causas prováveis da instabilização, sem levar necessariamente à estabilização definitiva do local. Apresentam em sua concepção a previsão da implantação da obra complementar de caráter definitivo.

Possuem um caráter emergencial por serem obras simples, de baixo custo e reduzidos prazos de execução, podendo ser implantadas a partir de projetos típicos não detalhados. Exemplos deste tipo de obra são as drenagens superficiais, remoção do lixo e entulho e impermeabilização da superfície do talude.

Em caso de remoção preventiva da população, o retorno só deve ocorrer quando a situação de risco for eliminada, ou minimizada ou suficiente para garantir a segurança da comunidade, o que sempre implica na implantação de obras de estabilização.

As obras de caráter definitivo são aquelas tradicionais de engenharia, como exemplo muros de contenção de taludes, que promovem a eliminação "definitiva" do risco no setor.

Diferentemente da ação de caráter emergencial, a ação de caráter permanente caracteriza - se pela possibilidade de se estabelecer, de forma definitiva, as medidas mais adequadas para a eliminação quase total dos riscos de um setor, não estando diretamente ligada à imediata ocorrência de chuvas, existindo tempo para uma análise mais detalhada e, principalmente, para se implantar uma ação mais adequada.

A opção por qualquer uma destas duas ações depende do custo da implantação da obra, comparativamente com o custo de desapropriação e possibilidade para assentamento da população removida.

CARVALHO (1996), discutiu um conjunto de alternativas de intervenção para controle de riscos em encostas urbanas, com as principais características de cada tipo de intervenção e as informações necessárias para análise de decisão. Segundo o autor a remoção das moradias e o impedimento da instalação de novas moradias no local permitiriam, teoricamente, eliminar o risco do setor, uma vez que anulariam as conseqüências do processo de instabilização.

No entanto, tendo em vista os níveis de carência habitacional existentes no País, o impedimento da reocupação em áreas de risco, principalmente quando estas se localizam no interior de favelas, configura-se como uma das medidas mais difícil de implementação. Ainda segundo o autor, a demolição de moradias, implantação nos setores desocupados de parques, praças, áreas verdes, campos de futebol, implementação de medida de vigilância, tanto por parte de comunidade, quanto por parte do poder público são medidas que podem ser adotadas para evitar a reocupação dos setores de risco.

6.3.2. Plano Preventivo de Defesa Civil - PPDC

O PPDC fundamenta-se na possibilidade de serem tomadas medidas antecipadas à deflagração dos processos de instabilização, a partir do acompanhamento dos índices pluviométricos, previsão meteorológica e observação de indícios de movimentação do terreno.

Segundo CERRI (1993), a operação do PPDC, embora classificada como ação emergencial, deve continuar por quantos períodos chuvosos forem necessários, até que outras medidas como obras de contenção garantam a segurança da população.

A operação apoiada em planos preventivos para escorregamentos permite a implantação de medidas anteriormente à ocorrência de acidentes, possibilitando a convivência com as situações de risco em níveis relativamente seguros para a população ameaçada.

As medidas preconizadas nos planos preventivos para escorregamentos têm como objetivo principal reduzir a possibilidade de serem registradas perdas de vidas humanas provocadas por acidentes associados à ocorrência destes processos.

Para CARVALHO (1996), o estabelecimento de um PPDC envolve a análise e hierarquização das situações de risco, a identificação de parâmetros representativos da possibilidade de ocorrência dos processos de instabilização, o monitoramento desses parâmetros e o estabelecimento de níveis de alerta e das correspondentes ações de defesa civil.

A principal importância do PPDC reside no fato de propiciar uma forma mais segura de convivência com essas situações enquanto não são implantadas as intervenções estruturais de obras ou remoção definitiva da população em risco.

Segundo SILVA (1997), a utilização de planos preventivos como instrumentos de gerenciamento de situações de riscos é muito difundida em países que são constantemente atingidos por grandes catástrofes naturais como o Japão, Estados Unidos, Colômbia etc. Os sistemas montados envolvem o detalhamento de áreas de riscos, o monitoramento através de redes telemétricas, planos para evacuação de áreas, ações de emergência e política de informações públicas e treinamento.

Ainda segundo a autora, no Brasil a utilização de planos preventivos para processos naturais ainda é restrita, destacando-se alguns planos implementados para gerenciar riscos associados a escorregamentos em regiões costeiras, onde se enquadra o município de São Sebastião - SP.

6.3.3. O PPDC no município de São Sebastião

CERRI *et al.* (1990) apresentam as bases para a operação do Plano Preventivo de Defesa Civil associado a escorregamentos nas encostas ocupadas dos municípios do Litoral Norte do Estado de São Paulo.

No caso do município de São Sebastião, o plano é gerenciado pela Coordenadoria Estadual de Defesa Civil do Estado de São Paulo – CEDEC e com apoio técnico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT e Instituto Geológico – IG – Secretaria do Meio Ambiente – SMA.

A partir dos registros pluviométricos obtidos no posto do bairro de São Francisco, pode-se, simultaneamente, calcular os valores de acumulado de chuvas em 3 dias (72 horas) e de CCM (*Coeficiente de Ciclo Móvel*). O cálculo dos valores de CCM pode ser realizado com a adoção da seguinte equação A / B , sendo A o acumulado de chuva de 1 de junho até o dia X e B o acumulado normal de chuva no mesmo período. O denominador da equação, como descrito, é obtido através de dados pluviométricos históricos, resultando em valores normais mensais.

Considerando-se que o CCM é calculado diariamente, divide-se o valor normal mensal obtido pelo número de dias do mês correspondente. Desta forma, diariamente o denominador da equação torna-se maior, expressando o normal de chuvas até aquele

determinado dia, se as chuvas fossem equitativamente distribuídas ao longo do mês. Tal procedimento pode levar, a resultados pouco representativos principalmente para os primeiros dias do mês de junho. Porém, como o plano preventivo é operado principalmente durante a estação chuvosa, há tempo suficiente para que os valores de CCM se tornem representativos da anormalidade do ano pluviométrico.

O Plano é dividido em 4 níveis: *observação*, *atenção*, *alerta* e *alerta máximo*, que são descritos a seguir:

Observação → os critérios de entrada e saída do nível de observação correspondem, respectivamente, ao início e ao término da vigência do plano preventivo (de 1 de dezembro a 31 de março), sendo que o término da operação do plano pode ser prorrogado. A principal ação correspondente a este nível refere-se ao cálculo, no mínimo diário dos valores de CCM e do acumulado de chuvas em 3 dias.

Atenção → a entrada no nível de Atenção se dá quando o CCM é maior ou igual a 1,2 aliado à previsão de ocorrência de chuvas com tendência de longa duração e intensidade a partir de moderada a forte ou quando o acumulado de chuvas em 3 dias for maior ou igual a 120 mm e previsão de ocorrência de chuvas com tendência de longa duração, de qualquer intensidade.

A principal ação deste nível corresponde à realização de vistorias de campo nas áreas de risco pré-identificadas, visando verificar a ocorrência de escorregamentos e / ou o desenvolvimento de feições de instabilidade

Quanto aos critérios de saída do nível de Atenção (e retorno ao nível de observação), devem ser atendidas, concomitantemente, as seguintes condições: previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de longa duração, de qualquer intensidade, valores de CCM < 1,2 e valores de acumulado de chuvas em 3 dias menores do que 120 mm.

Alerta → a entrada no nível de Alerta se dá a partir da constatação de trincas (fendas de tração), de degraus de abatimento ou de qualquer outra feição de instabilidade, ou reativação de antigas feições, que indiquem a probabilidade de ocorrência de escorregamentos.

Neste nível, a principal ação preventiva corresponde à remoção dos moradores em situação de risco iminente.

Quanto aos critérios de saída do nível de Alerta (e retorno ao nível de Atenção), devem ser atendidas, simultaneamente, duas condições: previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de longa duração, de qualquer intensidade e restauração dos sistemas de drenagem e recuperação das vias de acesso e circulação.

Alerta Máximo → Esse nível é atingido quando há registro de ocorrência de qualquer escorregamento nas áreas de risco ou em suas proximidades e previsão de ocorrência de chuvas com tendência de longa duração, de qualquer intensidade.

A principal ação correspondente ao nível de Alerta Máximo refere-se à remoção preventiva de toda a população instalada nas áreas de risco pré-identificadas e nas demais áreas necessárias.

Quanto aos critérios de saída do nível de Alerta Máximo (e retorno ao nível de Alerta), é necessário atender, simultaneamente, às seguintes condições: previsão de não ocorrência de chuvas com tendência de longa duração, de qualquer intensidade e restauração dos sistemas de drenagem e recuperação das vias de acesso e circulação.

6.3.4. Cartografia de Riscos

Os instrumentos cartográficos que apresentam a distribuição, o tipo e o grau dos riscos geológicos, visando a definição de medidas de prevenção de acidentes, são conhecidos como Cartas de Risco Geológico.

As cartas de risco geológico podem ser produzidas em diversas escalas. No entanto, seu uso é mais apropriado para estudos geológico-geotécnicos nas escalas 1:10.000 ou 1:5.000 e em estudos de detalhe (escala > 1:5.000). Apresentam a distribuição do risco numa área ocupada e podem auxiliar no planejamento de infra-estrutura ou, ainda, atender os que trabalham com a redução do risco em áreas específicas. Em geral, as áreas indicadas para realização de cartas de risco são áreas já discriminadas anteriormente, em zoneamentos regionais e de escala média.

Dentre as características desejáveis e marcantes das cartas de risco, incluem-se:

→ *rapidez de execução*: face à dinâmica da ocupação e, portanto, do risco, as cartas são produzidas em curto prazo e representam o risco presente no momento de sua elaboração;

→ *apoio a planejadores*: por meio do registro e da caracterização das áreas que estão sujeitas aos processos geológicos causadores de risco;

→ *baixo custo e simplicidade de produção*: os métodos de preparação derivam ou estão afeitos aos conceitos básicos da Geologia, facilitando a incorporação de critérios e conceitos pelos autores e a rápida consecução dos objetivos;

→ *flexibilidade na apresentação das informações consideradas importantes*: as cartas são produtos sempre voltados para a necessidade do usuário potencial.

Do exposto anteriormente, verifica-se que o entendimento dos condicionantes dos escorregamentos, aliado à hierarquização das situações de risco são fundamentais para a definição de ações e medidas para prevenção e correção dos danos causados por escorregamentos.

7. LEGISLAÇÃO SOBRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

A caracterização do meio físico deve ser complementada com a verificação das restrições legais à ocupação do solo que existem em nível federal e estadual. É importante ressaltar que a competência dos municípios, nesta matéria, é ampla. A união e os estados limitam-se a editar normas gerais e regionais, que devem ser complementadas pelo município, a fim de adequá-las às peculiaridades de seu território CUNHA *et al.* (1991).

A seguir, assinala-se alguns exemplos de legislação federal e estadual vigentes que o município deve conhecer ao planejar e disciplinar a ocupação de encostas de sua jurisdição:

→ "a Constituição Federal de 1988 busca um melhor disciplinamento do uso e ocupação do solo urbano, com a exigência de Planos Diretores para cidades com mais de 20 mil habitantes (Art. 182);

→ "prolongando este dispositivo, a Constituição do Estado de São Paulo, promulgada em outubro de 1989, estabelece que as diretrizes e normas relativas ao desenvolvimento urbano deverão assegurar a restrição à utilização de áreas de riscos geológicos (Art.180, VI);

→ a Lei Federal nº 6.766/79 - Lei Lehmann, que dispõe sobre o parcelamento do solo para fins urbanos, assinala que não será admitido o parcelamento do solo em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes, bem como proíbe o parcelamento de terrenos onde as condições geológicas não aconselhem as edificações (Art. 30, III e IV);

→ a Lei Federal nº 4.771/65, que institui o Código Florestal, com redação alterada pela Lei Federal nº 7.803 de 18 de julho de 1989, assinala que " as florestas e demais formas de vegetação natural situadas nas encostas ou partes desta, com declividade superior a 45° equivalente a 100% na linha de maior declive, são consideradas de preservação permanente (Art.2º)".

A lei municipal N.º 225/78 (com alteração), de 6 de maio de 1978, estabelece normas para o uso e ocupação do solo da costa norte de São Sebastião. A seguir apresenta-se algumas das normas técnicas de parcelamento do solo contidas na lei.

→ “Nenhum parcelamento será permitido em terrenos baixos, alagadiços, insalubres ou sujeitos a inundações, antes de tomadas, pelo parcelador, as providências necessárias para assegurar ou regular seu saneamento e o escoamento das águas, sendo que as obras necessárias para esse fim deverão ser realizadas juntamente com as vias de circulação de pedestres a serem abertas (Art 20º)”.

→ “Os taludes resultantes de cortes terão declividade o mais próximo possível a 2:1 (200% - duzentos por cento) altura máxima de 6 metros e em todos os casos será exigida a recomposição vegetal da superfície atingida (Art 24º § 3º)”.

→ “É vedada a interrupção de cursos d’água permanentes ou intermitentes, assim como talvegues e leitos secos sem obras que permitam o afastamento das águas de drenagem (Art. 29º).” “Em zonas de declividade acima de 45%, tais obras deverão ser providas de dispositivos de redução de velocidade de escoamento das águas (Art. 29º Parágrafo Único)”.

→ “A derrubada de floresta, além da autorização dos órgãos competentes, será permitida quando : I – em terrenos com declividade inferior a 45%; II – não atingir fundos de vales, secos ou não, ou linhas de divisores de águas; III – atingir, no máximo, 50% da área em questão (Art 39º)”.

→ “Será exigida a recomposição da vegetação com o plantio de essências nativas de porte, em formação densa, nos seguintes casos: I – em áreas com declividades superiores a 45%; II – em terrenos propensos a erosão; III – nos fundos de vales, secos ou não, e nas linhas dos divisores de águas (Art 40º)”.

→ “Qualquer que seja o uso a ser dado ao imóvel, deverão ser respeitadas as exigências do Código Florestal (Lei n.º 4.771/65) no que diz respeito à preservação de florestas, bem como das normas federais e estaduais referentes ao controle ambiental e preservação paisagística e ecológica (Art 55º)”.

8. METODOLOGIA

Optou-se pela escolha da metodologia de trabalho de AUGUSTO FILHO (1994), sendo esta baseada no entendimento dos agentes, condicionantes, tipologia e dinâmica dos escorregamentos. Esta metodologia compreende quatro grandes fases: Inventário, Investigação, Análise e Síntese. As principais atividades desenvolvidas nas quatro fases são descritas a seguir.

8.1. Inventário

Envolve preparação, levantamento e tratamento de dados já existentes, com quatro grupos de atividades listadas a seguir.

Planejamento → Definição dos objetivos, área de estudo, escalas de trabalho, recursos humanos e materiais necessários, cronograma, etc. Na formação da equipe é importante incentivar a participação de técnicos usuários da carta de risco a ser elaborada. Também deve-se prever mais de uma escala de análise, independentemente da escala final de apresentação da carta de risco.

Levantamento de dados existentes → Identificação e obtenção de relatórios, materiais cartográficos, fotos, dados pluviométricos e outros documentos que tratem das características fisiográficas e sócio-econômicas da área estudada, e de interesse para elaboração da carta de risco.

Levantamentos expeditos em campo → Trabalhos preliminares de campo, de curta duração e orientados para questões gerais, objetivando complementar o quadro inicial das principais características e condições de contorno da área a ser analisada.

Identificação preliminar dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos → Identificação preliminar das características e condicionantes dos escorregamentos, tendo-se em conta os dados levantados nas etapas anteriores. Esta atividade marca o fim da fase de inventário e os seus resultados orientam a fase de investigação subsequente.

8. 2. Investigação

Envolve as atividades de investigação sistemática, sendo responsável por grande parte dos dados previstos para elaboração da carta de risco de escorregamentos. Compreende cinco grandes grupos de atividades, desenvolvidas mais ou menos concomitantes.

Definição das unidades de análise e dos condicionantes / atributos → Envolve a definição mais precisa dos limites físicos da área a ser investigada (setores de encosta, bacias hidrográficas, etc.), bem como dos condicionantes e atributos a serem levantados na investigação sistemática (geologia, geomorfologia, uso e ocupação, clima, etc.). Esta etapa deve ser orientada pelos modelos fenomenológicos dos escorregamentos identificados na etapa anterior.

Trabalho de cartografia e fotointerpretação → Envolve a elaboração de mapas temáticos com os compartimentos geológicos-geotécnicos, declividades, escorregamentos, classes de uso e ocupação, etc. Esses mapas são confeccionados a partir da compilação de mapas preexistentes cujos dados são obtidos através de técnicas de sensoriamento remoto, cadastro de escorregamentos e pelos levantamentos sistemáticos de campo.

Cadastro de escorregamentos → Elaboração de um banco de dados com informações sobre escorregamentos deflagrados na área de estudo (localização, geometria, material mobilizado, inclinação da encosta afetada, etc.). Estas informações são obtidas nos mapas temáticos e nos levantamentos sistemáticos de campo.

Levantamentos sistemáticos de campo → Compreende trabalhos de complementação e checagem dos mapas temáticos e banco de dados elaborados nas etapas anteriores.

Ensaio (laboratório e in situ) e instrumentação → Utilizados eventualmente na elaboração de cartas de riscos em grande escala (maiores 1:5.000) ou nos casos de estudos que tenham enfoque de cartografia convencional. Estes métodos ajudam a determinação de parâmetros de interesse tanto para os processos de escorregamentos (permeabilidade, profundidade do nível d'água, parâmetros de resistência, etc.), como para melhor caracterização geotécnica dos diferentes compartimentos identificados. Estas atividades devem ser dirigidas para compartimentos e/ou unidades de terreno predeterminadas.

8.3. Análise

Fase que envolve tratamento e análise de dados levantados nos trabalhos de investigação, sendo direcionada para dois grandes enfoques: zoneamento quanto à suscetibilidade e tipologia dos escorregamentos, e caracterização do uso e ocupação quanto aos danos sociais e econômicos potenciais. Compreende quatro grupos de atividades.

Adequação dos modelos fenomenológicos dos escorregamentos → Reavaliação dos modelos fenomenológicos preliminares, obtida pelo cruzamento e análise de dados levantados na fase de investigação. Resulta na definição dos condicionantes/atributos e classes de terreno a serem utilizadas na delimitação das diferentes zonas de suscetibilidade a escorregamentos. A retroanálise regional de eventos/acidentes de escorregamentos servirá como balizador dos diferentes graus de suscetibilidade.

Zoneamento da suscetibilidade a escorregamentos → Delimitação e cartografia das diferentes zonas quanto à tipologia e ao grau de suscetibilidade a escorregamentos, obtida pela sobreposição dos mapas temáticos segundo os critérios definidos nas etapas anteriores.

Zoneamento da ocupação quanto aos danos sociais e econômicos potenciais → Envolve a classificação e cartografia das diferentes formas de uso e ocupação na área, considerando-se o número de vítimas e danos econômicos diretos e indiretos decorrentes da deflagração de escorregamentos.

Análise de risco → Envolve a ponderação entre as diferentes zonas de suscetibilidade e as consequências potenciais identificadas nas etapas 8.4.2 e 8.4.3.

8.4. Síntese

Elaboração da carta de risco de escorregamentos a partir da delimitação cartográfica das diferentes zonas de risco, acompanhada de legenda explicativa que sintetiza os tipos de escorregamentos predominantes, as características geológico-geotécnicas e as recomendações para uso e ocupação das zonas de riscos mapeadas.

Embora apoiando-se nesta metodologia, é importante ressaltar que alguns grupos de atividades não foram planejados para o projeto, como por exemplo, ensaios de laboratório, *in situ* e instrumentação. Estas atividades, mesmo sendo importantes para estudos desta natureza, demandam mão-de-obra especializada e, principalmente grande investimento financeiro. Portanto, em virtude dos objetivos do trabalho tais atividades seriam inviáveis.

9. MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais de apoio utilizados na geração da carta de riscos são listados a seguir:

→ Mapa geológico - Mapa Geomorfológico - Compartimentação Fisiográfica - 1:50.000 do município de São Sebastião – SP. *Fonte:* Instituto Geológico – Secretaria do Meio Ambiente – Relatório Interno - 1996.

→ Mapa geológico 1:25.000 do município de São Sebastião – SP. *Fonte:* MAFFRA (2000).

→ Cartas de Riscos Jaraguá – Ponta do Arpoador – Bairro Pontal da Cruz – Centro – 1:10.000. *Fonte:* Instituto Geológico – Secretaria do Meio Ambiente – Relatório Interno - 1996.

→ Fotografias aéreas do centro de São Sebastião dos anos de 1962, 1972 e 1994 na escala 1:25.000. *Fonte:* Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Departamento de Geografia - Arquivo.

→ Imagens aéreas georreferenciadas de levantamento aerofotogramétrico de agosto de 1999. Escalas 1:1.000, 1:2.000, 1:2.500 e 1:5.000. *Fonte:* Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Espaciais – FUNCATE.

→ Base planialtimétrica na escala 1:5.000 fornecida pela Defesa Civil Municipal.

→ Cadastro de escorregamentos ocorridos na região fornecido pela Defesa Civil Municipal.

10. ÁREA DE ESTUDOS E ATIVIDADES DE CAMPO

Foi efetuada uma seleção de possíveis áreas de trabalho levando-se em consideração as principais feições geológicas e geomorfológicas aliadas as condições de uso e ocupação do solo, tendo como base os mapas de apoio descritos no item anterior.

Em uma análise mais detalhada a região popularmente conhecida como Topolândia que engloba os bairros do Topo, Itatinga e Olaria situados na região central do município foi escolhida como área de desenvolvimento dos trabalhos. A região caracteriza-se por apresentar alto número de moradias de baixa renda, fatores geológicos e geomorfológicos desfavoráveis à ocupação, registro de acidentes com prejuízos materiais nos últimos anos e pela proximidade do Parque Estadual da Serra do Mar (área de preservação permanente) – ANEXO A – FOTO 1.

10.1. Atividades de campo

As atividades de campo foram realizadas em 3 etapas. A primeira etapa entre os dias 15 e 19 de maio, a segunda entre os dias 02 e 06 de outubro e a terceira entre os dias 24 e 27 de outubro. As vistorias realizadas nas áreas de risco foram possíveis devido ao apoio estratégico de técnicos da Defesa Civil Municipal.

Os materiais utilizados nas atividades de campo foram: Imagens aéreas georreferenciadas, base planialtimétrica 1:5.000, máquina fotográfica, martelo, bússola Brunton, caderneta e GPS.

A primeira etapa objetivou um reconhecimento local quanto a geologia / geotecnia, geomorfologia e principais situações de risco da área envolvendo o reconhecimento da tipologia dos principais processos associados a movimentos de massa (ANEXO A - FOTOS 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23).

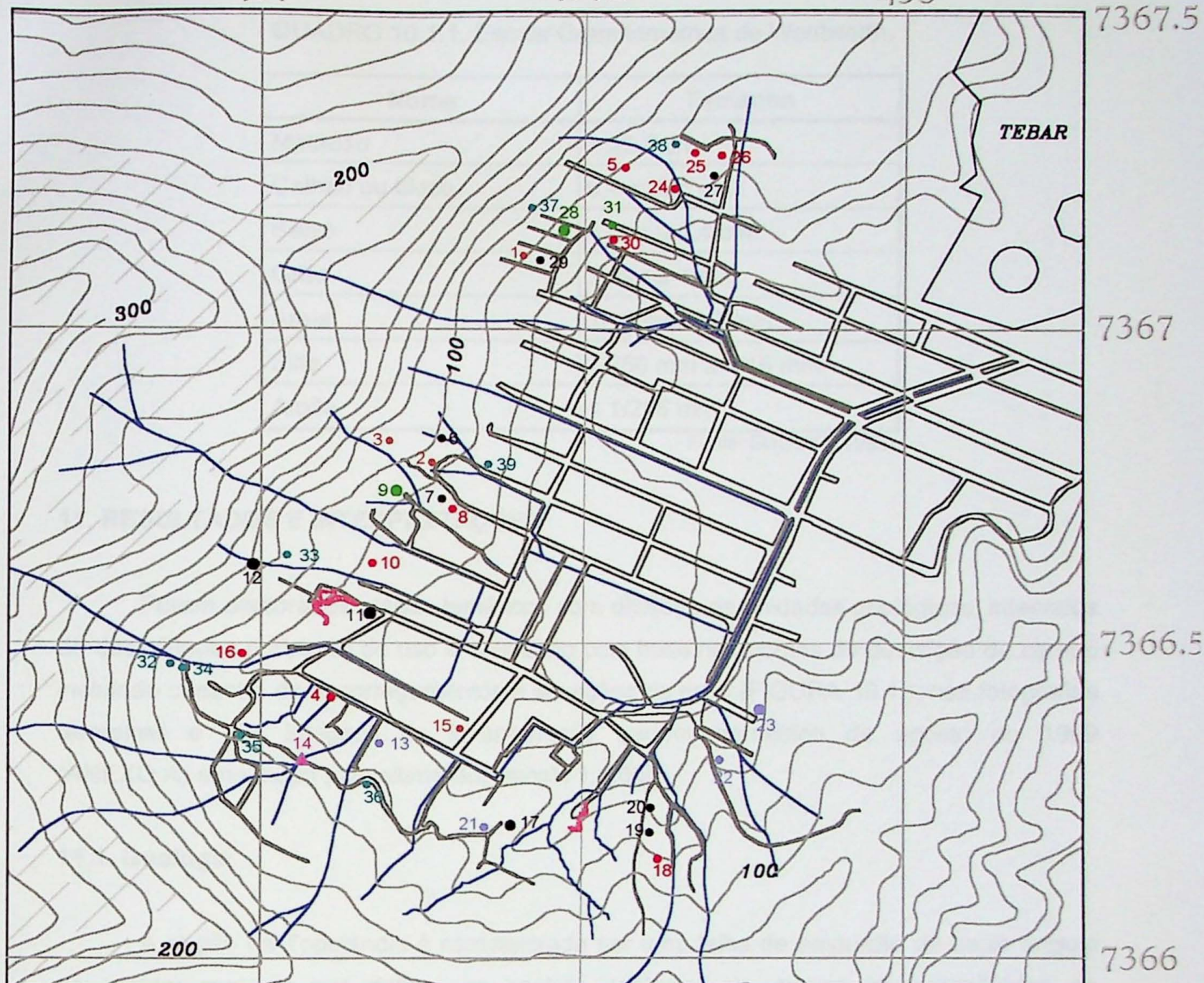
As demais etapas envolveram a coleta de dados geológicos / geotécnicos e de situações de risco pontuais na área. A Defesa Civil municipal disponibilizou um cadastro de ocorrências de escorregamentos e processos afins desde 1994. Esses dados foram representados em mapa através de pontos de controle de campo (FIGURA 10.1.1) As descrições dos mesmos estão relacionadas no ANEXO B. As classificações dos clastos foram embasadas na escala granulométrica de Wentworth conforme o QUADRO 10.1.1.

457

457.5



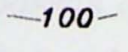
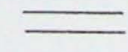
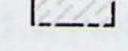

458

7367.5



Legenda

Escala 1:10.000

-  Drenagens
-  Curvas de nível eq. 20 metros
-  Cota em metros
-  Rede Viária
-  Parque Estadual da Serra do Mar
-  Caixas de empréstimo desativadas

Pontos de controle de campo

- 1● Risco catalogado
- 36● Descrição geológica / geotécnica
- 10● Histórico de escorregamento em solo e saprolito
- 17● Histórico de escorregamento em aterro lançado
- 23● Histórico de escorregamento estruturado em rocha
- 9● Histórico de instabilização de matacão
- 14▲ Histórico de corrida de lama

FIGURA 10.1.1. Mapa de Pontos de Controle de Campo

QUADRO 10.1.1. Escala Granulométrica de Wentworth.

Nome	Tamanho
Matacão	> 25,6 cm
Calhau ou bloco	6,4 a 25,6 cm
Seixo	4 mm a 6,4 cm
Grão	2 mm a 4 mm
Areia	1/16 mm a 2 mm
Silte	1/256 mm a 1/16 mm
Argila	< 1/256 mm

Fonte: SUGUIO (1980)

11. RESULTADOS E INTERPRETAÇÕES

Foram elaborados mapas temáticos com divisões de unidades geológicas, intervalos de declividades e classes de uso e ocupação com base nos pontos de descrição de campo incluindo cadastro de escorregamentos e situações de risco (FIGURA 10.1.), nas fotografias terrestres e nas imagens do levantamento aerofotogramétrico de agosto de 1999 (ANEXO A) e no mapa planialtimétrico escala 1:5.000.

11.1. Geologia

A região da Topolândia é caracterizada por uma falha de empurrão de baixo ângulo de caráter regional que define um contato geológico de corpos leucogranitóides de granulometria variável a noroeste (Granito Guaecá) e biotita gnáisses com porções migmatizadas a sudeste (Complexo Gnáissico – Migmatítico).

Além das rochas do embasamento, optou-se pelo mapeamento dos corpos de tálus, por serem um dos condicionantes dos processos de instabilidade. A FIGURA 11.1.1 ilustra o mapa geológico elaborado.

Foram identificadas 5 unidades distintas: *unidade leucogranítica*, *unidade gnáissica*, *depósitos de tálus com matacões*, *depósitos de tálus com blocos* e, por fim, *sedimentos variados*. Apresenta-se adiante a descrição das mesmas.

11.1.1. Perfis Geológicos

Foram elaborados também três perfis geológicos: A – A', B – B' e C – C' (FIGURA 11.1.1.1).

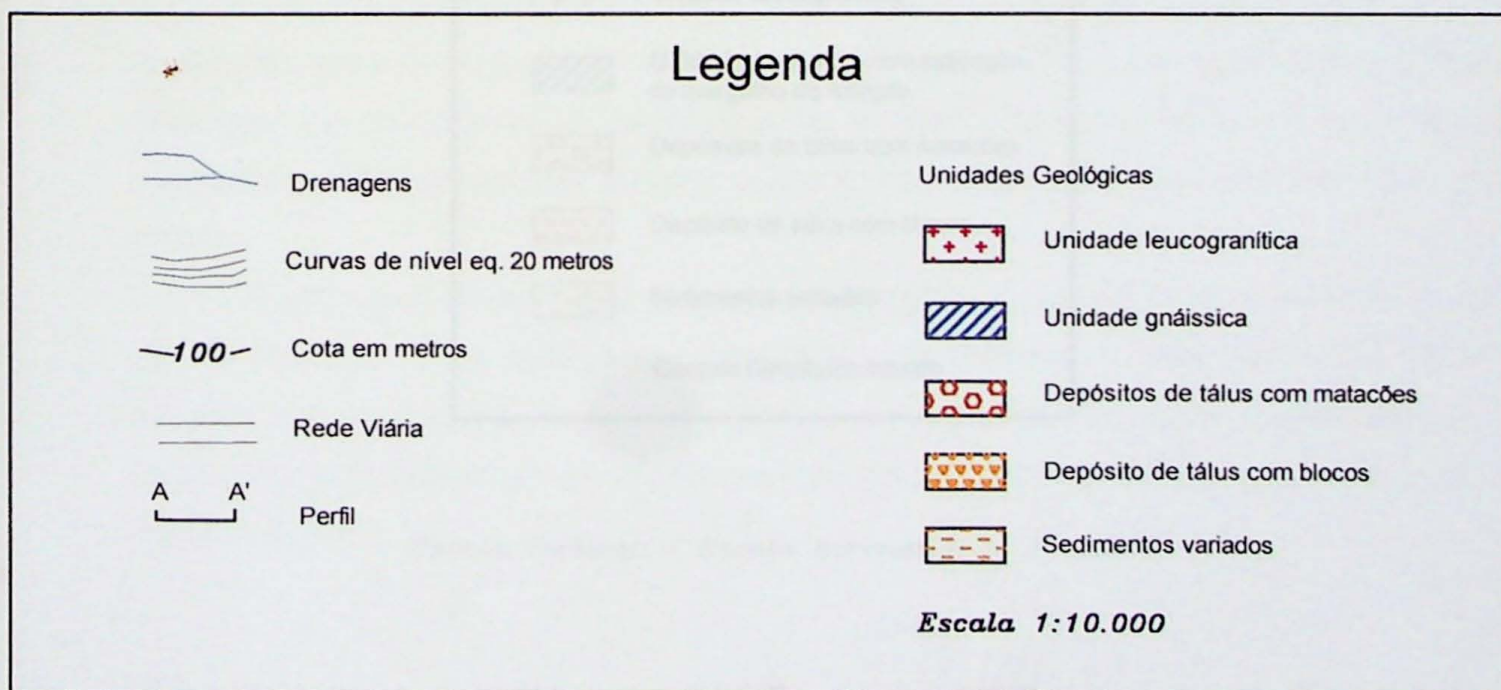
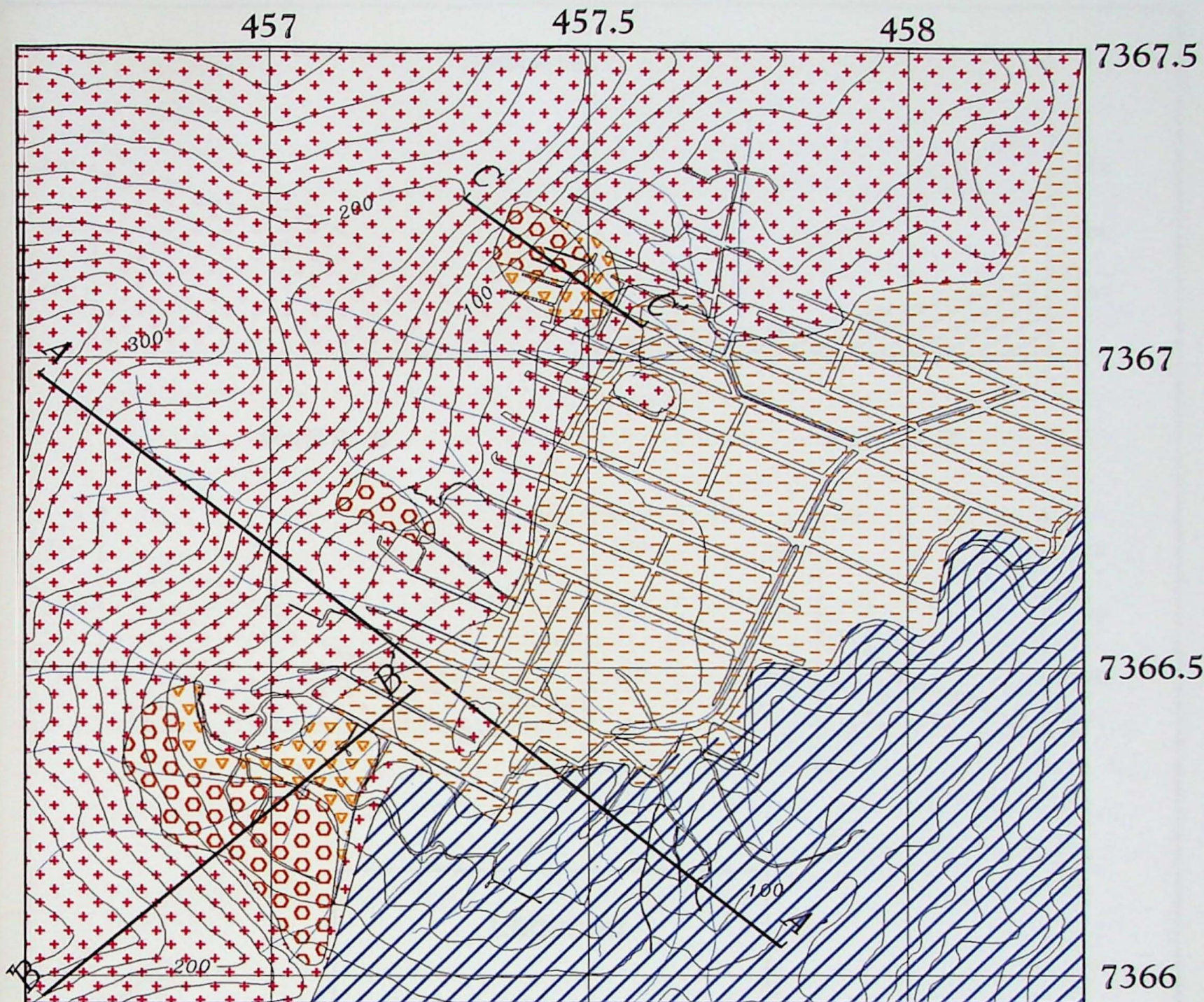
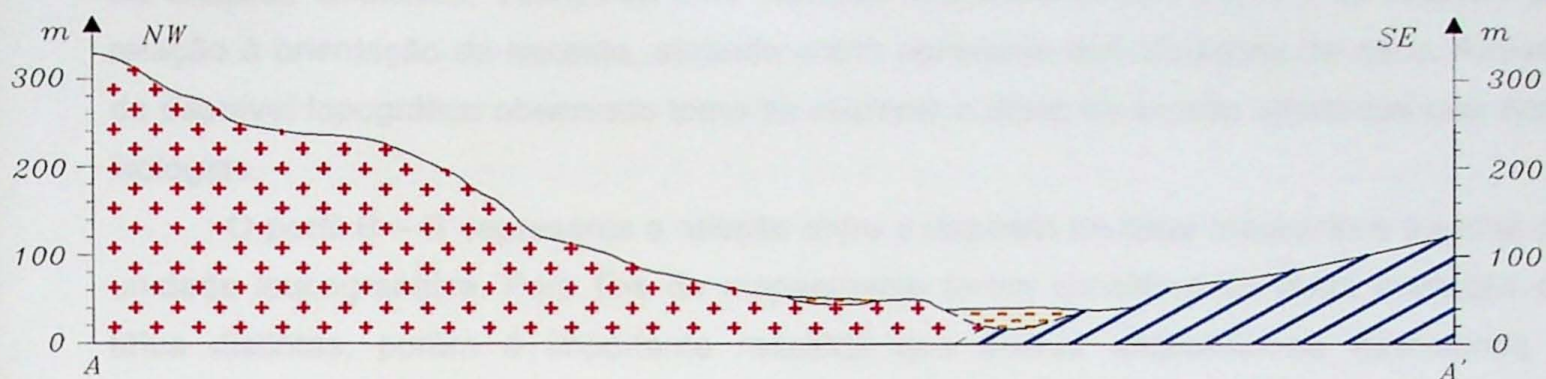
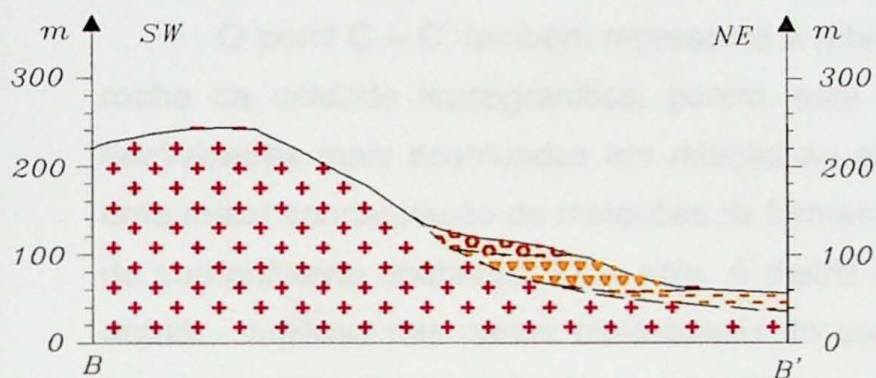


FIGURA 11.1.1. Mapa Geológico

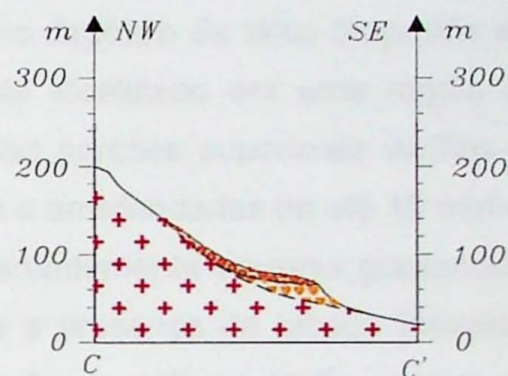
Perfil A - A'



Perfil B - B'



Perfil C - C'



Legenda

Unidades Geológicas



Unidade leucogranítica



Unidade gnáissica, com indicação do mergulho da foliação



Depósitos de tálus com matacões



Depósito de tálus com blocos



Sedimentos variados



Contato Geológico inferido

Escala Vertical = Escala horizontal = 1:10.000

FIGURA 11.1.1.1 Perfis Geológicos

O perfil A – A' ilustra um corte transversal à direção da foliação principal das rochas da Unidade Gnáissica. Verifica-se uma situação desfavorável de mergulho da foliação em relação à orientação da encosta, atuando como agravante das situações de risco. Através do desnível topográfico observado torna-se evidente o efeito da erosão diferencial nas duas litologias.

O perfil B – B' representa a relação entre o depósito de tálus mapeado e a rocha da unidade leucogranítica. Para fins de mapeamento foram consideradas duas unidades de tálus distintas, porém é importante ressaltar que ambos encontram-se associados e apresentam um contato gradacional. Na parte basal deste corpo de tálus, foram catalogadas evidências de movimentação de solo, surgência de água e ocorrência de escorregamento anterior (ANEXO B - ponto 4).

O perfil C – C' também representa a relação entre o depósito de tálus mapeado e a rocha da unidade leucogranítica, porém, este corpo está localizado em uma região de declividades mais acentuadas em relação ao anterior. Nas porções superiores verifica-se uma maior concentração de matacões de formas tabulares e arredondadas de até 10 metros de comprimento encravados em solo. A matriz é predominantemente arenosa gradando a areno – argilosa nas partes mais basais do corpo, onde a presença de blocos friáveis é freqüente. Não foram definidas evidências de movimentação de solo ou rocha, porém, foi catalogada uma situação de risco de rolamento (ANEXO B - ponto 1), e registros de ocorrências de movimentação de matacões (ANEXO B - pontos 28 e 31), como também, um escorregamento de aterro lançado (ANEXO B - ponto 29).

11.1.2. Unidade leucogranítica

Caracterizada por leucogranito róseo, geralmente apresentando mais do que 30% de quartzo em sua composição. Cristais de feldspato também são abundantes e localmente observam-se concentrações de cristais de biotita orientados, além de veios de quartzo irregulares e fraturamentos. É uma unidade homogênea com textura fanerítica média a grossa.

A cobertura de solo tem coloração alaranjada, é homogênea e espessa. A rocha não é aflorante. Enquadra-se nas descrições do Granito Guaecá (MAFFRA, 2000). São comuns os processos de escorregamentos circulares de solo associados a cortes irregulares e rompimentos de aterros agravados por despejo de água servida (ANEXO A - FOTOS 9,10,11,12).

11.1.3. Unidade gnássica

Caracterizada pela presença de uma foliação marcante definida pela orientação preferencial de cristais de biotita e muscovita. A textura é granolepdoblástica de granulação média, onde predominam cristais de quartzo, feldspato, biotita e muscovita. O mergulho da foliação varia de 25° a 45° para NW. É comum a presença de veios de quartzo – felspáticos centimétricos a decimétricos concordantes à foliação (ANEXO A – FOTO 13). Enquadra-se nas descrições do Complexo Gnáissico Migmatítico (MAFFRA, 2000).

A espessura de solo e o saprolito dificilmente ultrapassam os 3 metros, sendo comum a exposição da rocha sã em alguns cortes. Os principais processos associados são: escorregamentos planares envolvendo rocha, saprolito e solo (ANEXO A - FOTOS 4, 17, 18, 19 e 20) e escorregamentos de aterros (ANEXO A - FOTOS 17 e 18). Nas interfaces entre saprolito e rocha observa-se camadas de argila de coloração acinzentada de consistência plástica, produtos da alteração das bandas ricas em micas.

11.1.4. Depósitos de tálus com matacões

Depósitos quaternários de encosta caracterizados pela presença de matacões em matriz areno – silto – argilosa (ANEXO A - FOTOS 7, 8, e 23). Estão associados a unidade leucogranítica. Estão sujeitos a processos de rolamento de matacões.

11.1.5. Depósitos de tálus com blocos

Depósitos quaternários de encosta caracterizados pela presença de blocos angulosos friáveis em matriz argilo – arenosa. Apresentam – se associados aos depósitos de matacões em cotas menores e declividades menos acentuadas. Há uma granodecrescência dos blocos de montante à jusante (ANEXO A - FOTOS 5 e 14). São comuns os escorregamentos em solo de geometria circular.

11.1.6. Sedimentos variados

São sedimentos quaternários de baixada caracterizados por corpos irregulares de argila que se mesclam a sedimentos arenosos muito finos a silto-arenosos. Não há registro e não foram verificados escorregamentos e processos afins na área.

11.2. Geomorfologia

A região da Topolândia é marcada pelo relevo escarpado e por uma planície flúvio – marinha. (ANEXO A → FOTOS 24 e 25) .

Utilizando-se a base planialtimétrica 1:5.000, a carta de declividades (FIGURA 11.2.1) foi elaborada tomando-se os seguintes intervalos:

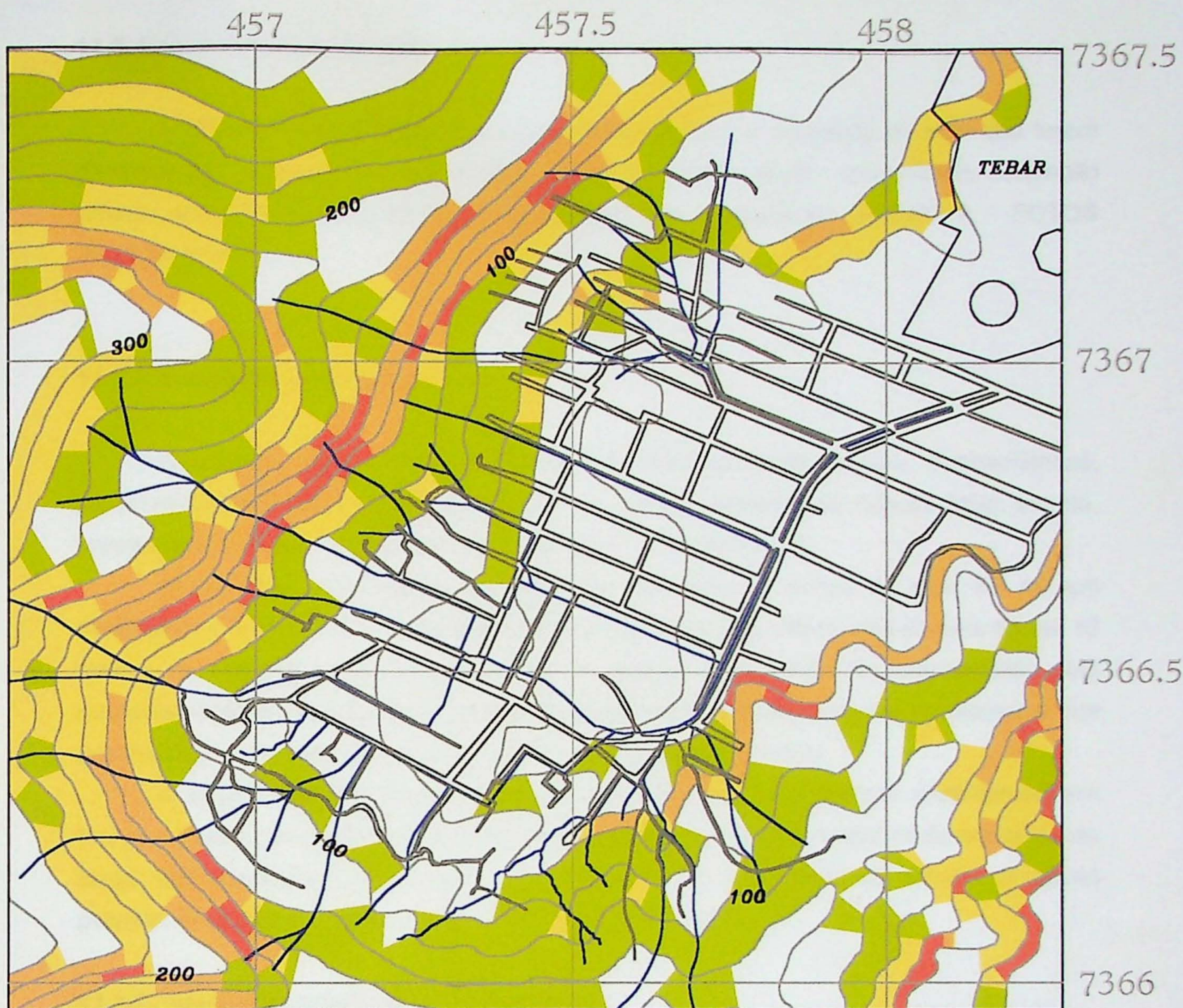
- 0° a 17°(30%);
- de 17° a 25° (30 a 47%);
- de 25° a 35° (47 a 70%);
- de 35° a 45° (70 a 100%), e
- acima de 45° (> 100%).

O uso da inclinação de 17° (30%) foi baseado na lei federal nº 6.766/79, conhecida como Lei Lehmann, que estabelece esse valor como limitante para a ocupação de áreas sem se levar em conta questões de análise de estabilidade (CUNHA *et al.* 1991).

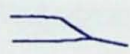
As declividades foram medidas com ábaco de vinte em vinte metros na linha de maior declividade. As maiores altitudes e declividades estão relacionadas à unidade leucogranítica, devido à erosão diferencial.

No domínio da unidade gnáissica nota-se um relevo mais recortado onde é presente uma alternância de cristas e vales associados a heterogeneidade das rochas. As ocorrências de movimentos de massa são mais freqüentes nas zonas de transição.

Algumas áreas de declividade entre 0° - 25° no mapa não são constatadas em campo, devido a alterações antrópicas na topografia original, geralmente associadas a cortes e aterros. Por este motivo, alguns dos intervalos de declividade citados nas descrições dos pontos de controle de campo apresentam valores estimados mais altos do que os valores apresentados em mapa.



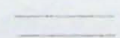
Legenda



Drenagens



Curvas de nível eq. 20 metros



Rede Viária

Escala 1:10.000

Intervalos de declividade



0° a 17° (30 %)



17° (30%) a 25° (47 %)



25° (47%) a 35° (70 %)



35° (70%) a 45° (100 %)



acima de 45° (100 %)

FIGURA 11.2.1. Mapa de Declividades

11.3. Uso e ocupação do solo

A FIGURA 11.3.1 ilustra mapa das classes de uso e ocupação do solo que foram divididas em: *ocupação urbana precária*, *ocupação urbana semi – consolidada*, *ocupação urbana consolidada*, *ocupação pontual e áreas não – ocupadas* (ANEXO A - FOTOS 26,27,28 e 29).

11.3.1. Ocupação urbana precária

Ocupação caracterizada por moradias estruturalmente frágeis, inconsolidadas, geralmente constituídas de madeira ou pau – a – pique, ausência de rede de água, esgoto, energia elétrica e arruamento definido (ANEXO A - FOTOS 6 e 28).

Geralmente, esta classe de ocupação está situada acima da cota 80 m, em declividades acima de 25°, na interface com as áreas de mata nativa, com árvores de até 10 metros de altura a montante. Observa-se um avanço desta ocupação caracterizado pelo desmatamento e abertura de pequenas áreas de cultivo de bananeiras e hortaliças, o que potencializa a ocorrência de processos erosivos e escorregamentos.

A água é captada através de tubulações precárias, com diversos vazamentos, em fontes naturais nas porções superiores da encosta. É freqüente a presença de moradias ao longo das drenagens, com sistemas improvisados de canalização ou desvio de águas pluviais. O esgoto e o lixo geralmente é lançado a céu aberto.

11.3.2. Ocupação urbana semi – consolidada

Ocupação caracterizada pela presença de moradias de alvenaria, com redes precárias ou inexistentes de água, esgoto e energia elétrica. Em geral, os lotes têm traçados irregulares com arruamento estreito (ANEXO A - FOTOS 26, 27, 29).

Geralmente, essas moradias possuem reforços estruturais (colunas, baldrame e “mão francesa”), porém, muitas estão associadas a cortes verticais de 2 a 4 metros de altura e aterros pouco compactados, sem drenagem eficiente. Essa situação é responsável para maioria das ocorrências de escorregamentos de solo e aterro.

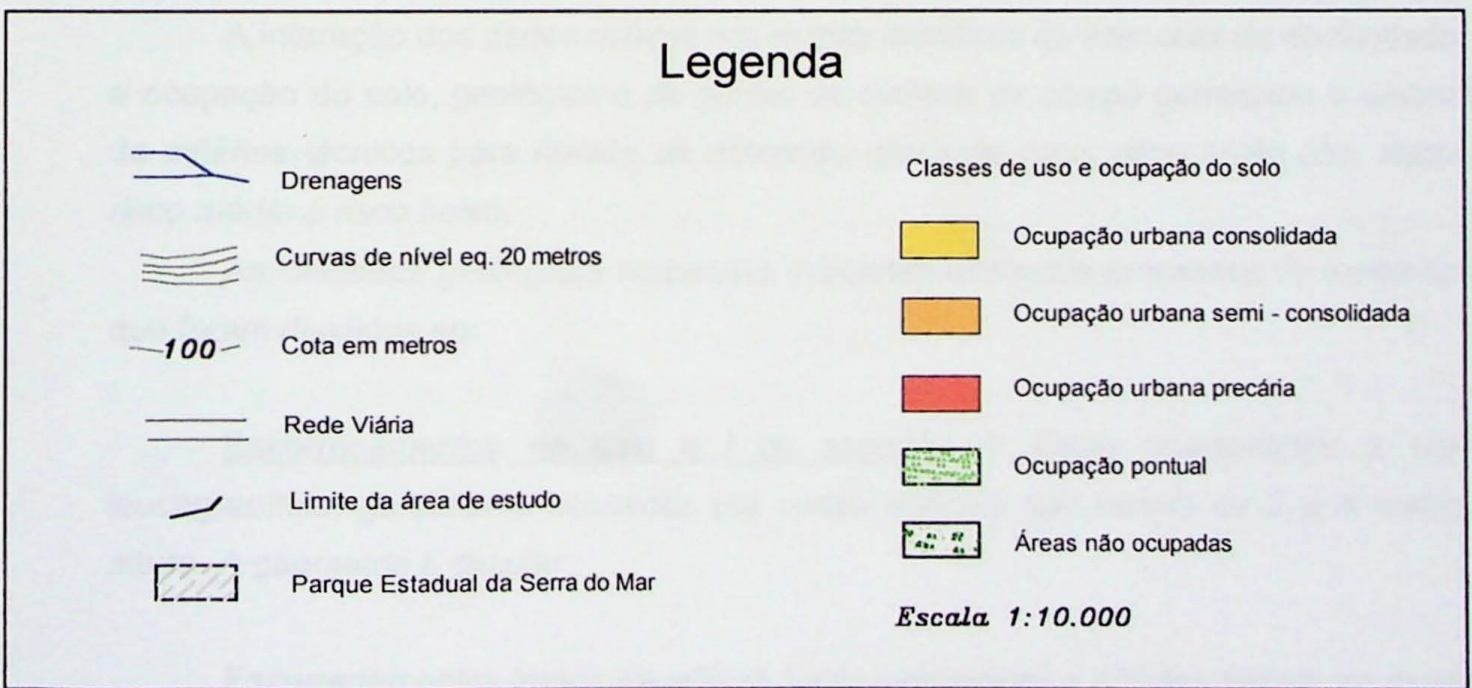
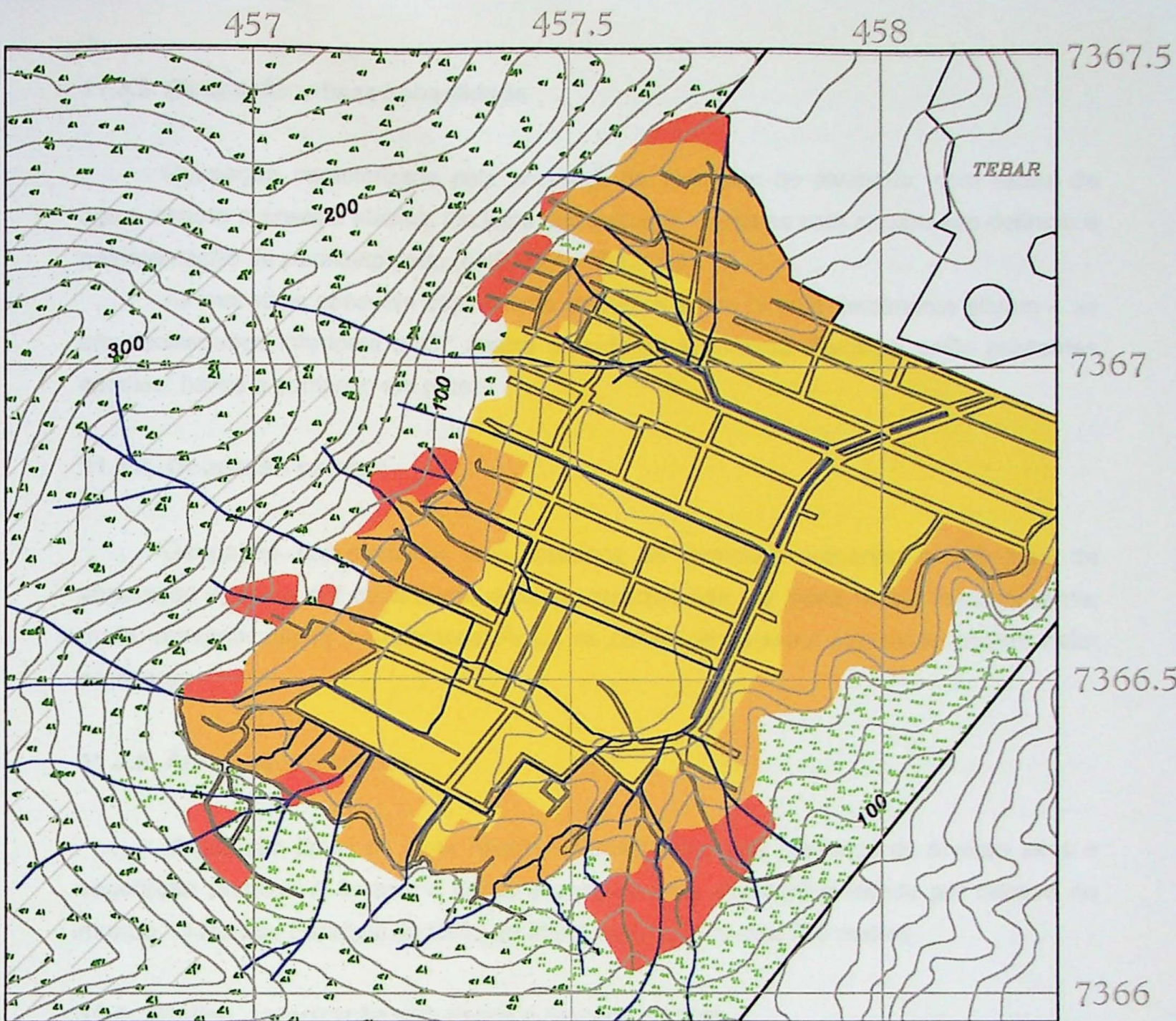


FIGURA 11.3.1. Mapa de Uso e Ocupação do Solo

11.3.3. Ocupação urbana consolidada

Ocupação caracterizada pela presença de moradias de alvenaria, com redes de água, esgoto e energia elétrica. Os lotes têm traçados regulares com arruamento definido e pavimentação de paralelepípedo (ANEXO A – FOTO16).

As moradias possuem acabamento externo e áreas livres e geralmente situam – se em declividades inferiores a 17° abaixo da cota de 60 metros. Também estão presentes escolas, bares e comércio em geral.

11.3.4. Ocupação pontual

Ocupação caracterizada pela presença de moradias precárias e em área de vegetação rasteira e / ou arbórea esparsa caracterizada por mata nativa remanescente, mato, macega, capim e gramíneas. Áreas de cultivo de pequena expressão podem estar presentes.

11.3.5. Áreas não ocupadas

Vegetação típica de Mata Atlântica caracterizada pela presença de árvores altas e vegetação rasteira. A floresta é densa e abriga a mais alta biodiversidade por hectare no mundo. O Parque Estadual da Serra do Mar é limitado pela cota 200 metros.

11.4. Análise, setorização dos riscos e recomendações

A interação dos dados obtidos nos mapas temáticos de intervalos de declividade, uso e ocupação do solo, geológico e de pontos de controle de campo permitiram a elaboração de critérios técnicos para divisão de diferentes graus de risco: *risco muito alto*, *risco alto*, *risco médio* e *risco baixo*.

As unidades geológicas mapeadas indicaram diferentes processos de instabilização que foram divididos em:

Escorregamentos de solo e / ou saprolito → Estão relacionados a unidade leucogranítica, geralmente causados por cortes verticais que variam de 2 a 4 metros de altura. A geometria é circular.

Escorregamentos lentos de solo → Estão associados a porções basais de depósitos de tálus, caracterizados pela presença de solos argilosos a argilo – arenosos. Têm velocidades baixas de metros / ano e geralmente apresentam surgências de água.

Escorregamentos estruturados em rocha associados a escorregamentos de solo e aterro lançado → São freqüentes no domínio da unidade gnáissica. Como a espessura de solo é pequena, é provável que grandes eventos pluviométricos criem condições de formação de NA (nível d'água) suspenso, que diminuem a coesão de solos e aterros proporcionando a deflagração de escorregamentos de geometria planar na interface com a rocha e / ou da própria rocha. (ANEXO A – FOTOS 17 e 18).

Escorregamentos estruturados em rocha → São freqüentes no domínio da unidade gnáissica, onde a orientação da encosta possibilita cortes de direções desfavoráveis em relação à foliação principal e fraturamentos. A cobertura de solo é quase inexistente, portanto, são comuns escorregamentos de saprolito e rocha na forma de cunhas formadas pelos dois sistemas de fraturamentos transversais (N65°/subvertical e N158°/subvertical) e pela foliação da rocha. Nas interfaces entre saprolito e rocha, localmente, observa-se camadas centimétricas de argila produto da alteração das bandas ricas em micas. Têm coloração acinzentada de consistência plástica, o que diminui a coesão do maciço.

Queda de blocos → Estão associadas à presença de sistemas de fraturamentos transversais (N65°/subvertical e N158°/subvertical) em saprolito da unidade leucogranítica, relacionados a cortes verticais de até 4 metros de altura.

Rolamento e / ou escorregamento de matacões → Estão associados aos depósitos de tálus com matacões, geralmente situados por volta da cota 100 metros (FIGURA 10.1.1). Devido às formas tabulares de alguns matacões, os escorregamentos de pequena magnitude são mais freqüentes, porém, não é descartada a possibilidade de rolamentos atinjam distâncias mais longas.

Corridas de lama → Estão associados a porções basais de depósitos de tálus, caracterizados pela presença de solos argilosos a argilo – arenosos. Estão relacionadas a mobilização de material liberado por escorregamentos de solo nas margens das drenagens.

Os diferentes graus de risco e os processos geológicos associados apresentam-se cartografados no ANEXO C.

11.4.1. Risco Muito Alto

Áreas de ocupação urbana precária a semi – consolidada com evidências de movimentação do terreno tais como trincas em moradias, fendas de tração no terreno, inclinação de árvores, poste e muros (ANEXO A - FOTOS 15, 19, 22).

Foram cartografadas 5 áreas de risco muito alto. Na proximidades do ponto 38 (ANEXO B) foi catalogado um recalque na escadaria e trincas em uma moradia. À juzante foram registradas ocorrências de escorregamentos de solo associados a cortes irregulares (pontos 25 e 26 - ANEXO B).

Recomenda-se que novos cortes sejam evitados e a construção de um muro de contenção com sistema de drenagem eficiente nas proximidades da moradia trincada.

A área de entorno do ponto 3 (ANEXO B) também foi considerada de muito alto risco devido a constatação de inclinação anormal de uma árvore de aspecto sadio a montante de dois cortes de aproximadamente 2 metros de altura. A região é de alta declividade e representa o limite da área ocupada com a mata nativa, onde é comum o cultivo de bananeiras.

Recomenda-se a construção de muros de contenção com sistema de drenagem eficiente nos dois cortes especificados, retirada das bananeiras pela raiz e que sejam evitados novos cortes no terreno.

Foi mapeado um escorregamento de solo de geometria circular definido por um degrau de abatimento, por trincas em moradias e mudança de alinhamento de rua retilínea (ponto 4 - ANEXO B). Até a distância de aproximadamente 5 metros à montante do degrau de abatimento, que se estende por até 50 metros, também foram constatadas a presença de trincas com aberturas centimétricas em pelo menos 5 moradias de alvenaria. Deste modo, a região cartografada como muito alto risco abrange não só a área do escorregamento, como também toda a área à montante onde foram verificadas a presença dessas trincas. Uma nova superfície de escorregamento pode estar em processo formação.

Recomenda-se como medida emergencial um sistema de captação eficiente das águas superficiais no local. Recomenda-se também um estudo de detalhe com sondagens para verificação da profundidade do nível d' água, da superfície de escorregamento e a espessura do depósito de talus, bem como a coleta de amostras de material para análise laboratorial. Os resultados permitiriam a escolha da melhor alternativa para estabilização da área.

Foi catalogado um processo de instabilização das margens de uma drenagem (ponto 14 - ANEXO B). Estão presentes degraus de abatimento e trincas de tração no terreno com aberturas centimétricas. À juzante, é comum a presença de moradias precárias ao longo da drenagem, onde já houve registro de ocorrência de corrida de lama que causou prejuízos materiais. Devido a essas características, a área descrita também foi classificada como sendo uma área de risco muito alto.

Recomenda-se como medida emergencial a retirada das bananeiras pela raiz e uma cobertura com lona plástica das áreas onde foram definidas trincas de tração. Recomenda-se ainda o plantio de espécies de plantas rasteiras, por exemplo gramíneas, nas margens para evitar erosão do terreno.

A área representada como muito alto risco referente ao ponto 23 (ANEXO B) apresenta cunhas de rocha soltas e também fraturas com aberturas centimétricas na rocha nas proximidades do corte que indicam uma iminência de movimentação.

Recomenda-se como medida emergencial a retirada do material de aterro a montante, que dificulta o escoamento das águas pluviais. Um sistema adequado de captação dessas águas também é indicado neste caso.

11.4.2. Risco Alto

Áreas de ocupação urbana precária a semi – consolidada que apresentam declividades superiores a 35° (70%) e / ou situadas sobre depósito de tálus e / ou registros de acidentes ou eventos anteriores.

Há uma área de empréstimo abandonada na área de estudo popularmente conhecida como Morro da Mina (ANEXO A – IMAGEM II), definida por um corte verticalizado de aproximadamente 70 metros de largura e que pode chegar a 15 metros de altura nas partes mais altas. Não há registros de escorregamentos de solo associado ao corte, porém, há uma concentração de moradias precárias ao redor da cava onde é freqüente o despejo de lixo e água servida, situação que classifica a área como risco alto.

Recomenda-se a realização de um projeto de retaludamento do Morro da Mina, envolvendo a remoção do lixo acumulado, sistemas eficientes de drenagens das águas pluviais, plantio de vegetação rasteira como forma de evitar a ação de processos erosivos. A região pode ser transformada em área de lazer, como forma de se evitar a invasão da área e problemas futuros.

11.4.3. Risco Médio

Áreas de ocupação urbana semi – consolidada com declividades inferiores a 35° (70%) ou áreas de ocupação pontual que atualmente não apresentam problemas associados a movimentos de massa.

Recomenda-se a fiscalização das novas construções, quanto aos métodos de corte e aterro utilizados, que devem ser baseados em normas técnicas adequadas às condições geológicas / geotécnicas locais, tendo como objetivo conter o aumento do grau de risco da área.

11.4.4. Risco Baixo

Áreas de baixada com ocupação urbana consolidada que apresentam declividades inferiores a 17° (30%), que atualmente não apresentam problemas associados a movimentos de massa.

11.4.5. Análise Geral

Foram considerados como condicionantes prioritários das situações de risco as características geológicas e de uso e ocupação do solo. Há uma relação direta entre as situações precárias de moradia e acidentes registrados, que em sua maioria estão relacionados a cortes verticalizados (ANEXO A - FOTOS 9, 10 E 11) ou aterros lançados sem compactação e drenagem adequada. Deste modo, a ocupação urbana precária foi considerada como um dos fatores de classificação de alto risco.

Os depósitos de talus são considerados naturalmente instáveis, com diversos exemplos de problemas geotécnicos relacionados a construção de estradas na Serra do Mar. Duas das quatro áreas classificadas como muito alto risco (evidências de movimentação), estão situadas sobre depósitos de talus. Portanto, devido a essas características, outro fator preponderante para classificação de alto risco é a presença de depósito de talus.

Na área de estudo, não foi observada uma relação direta entre intervalos de declividade e ocorrências de escorregamento, porém, as áreas de ocupação urbana com declividades superiores a 35°, incluindo os taludes do Morro da Mina, foram considerados de alto risco.

O último fator levado em conta na classificação de alto risco é a ocorrência histórica de acidentes ou eventos de movimentos de massa na área. Fato que assinala uma potencialidade de acidentes futuros.

12. RECOMENDAÇÕES - PPDC

As áreas classificadas como sendo de risco muito alto devem ter vistorias regulares durante a vigência do Plano Preventivo da Defesa Civil.

Nas áreas classificadas como sendo de risco alto é recomendada a vistoria no caso de entrada em nível de atenção durante a vigência do Plano Preventivo da Defesa Civil, principalmente as áreas situadas sobre depósitos de tálus

Essas ações visam a detecção de qualquer indício de movimentação em tempo suficiente para a tomada de medidas de remoção de pessoas, evitando a ocorrência de mortes.

13. CONCLUSÕES FINAIS

A metodologia utilizada mostrou-se eficiente, possibilitando o entendimento dos agentes, condicionantes, tipologia e dinâmica dos escorregamentos. Pôde-se concluir que o setor de encosta da região da Topolândia apresenta-se vulnerável a acidentes relacionados a escorregamentos e processos afins.

A situação geológica e as atividades antrópicas de alteração do meio físico sem critérios técnicos adequados, foram considerados os principais condicionantes dos escorregamentos e processos afins catalogados.

Não é recomendada a ocupação sobre depósitos de tálus. Duas das quatro áreas classificadas como muito alto risco (evidências de movimentação), estão situadas sobre eles. São considerados na literatura como depósitos instáveis, com diversos exemplos de problemas geotécnicos.

A seguir são apresentadas algumas situações catalogadas que se apresentam em desacordo com a lei municipal N.º 225/78 (com alteração) de 6 de maio de 1978 (Vide item 7.4) que estabelece normas para o uso e ocupação do solo da costa norte do município de São Sebastião.

→ A mata nativa vem sendo substituída por pequenas áreas de cultivo, nos limites de ocupação atual, geralmente em terrenos de declividade superior a 45% - ANEXO A – FOTO 2 e 6. (Vide Art. 39º).

→ As áreas de ocupação precária não possuem saneamento adequado, onde os sistemas de drenagens de águas pluviais são ausentes – ANEXO A – FOTOS 6 e 12. (Vide Art. 20º).

→ Na área de estudos foram catalogados cortes verticais, para fins de loteamento e vias de acesso – ANEXO A – FOTOS 2,3,9,10,11 e 14. O Morro da Mina é definido por cortes verticalizados superiores a 6 metros. (Vide Art. 24º § 3º)”.
28

→ Foram observadas moradias precárias em talvegues e leitos secos – ANEXO A – FOTO 28 (Vide Art. 29º).

Conclui - se que as normas técnicas não vêm sendo cumpridas em sua íntegra até à presente data. Com a finalidade de se evitar o aumento dos graus de risco e problemas futuros na área, recomenda-se uma fiscalização intensiva no que diz respeito ao cumprimento das normas técnicas garantidas na legislação federal, estadual e municipal vigentes.

14. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUGUSTO FILHO, O. 1992. Caracterização Geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica. In: CONFERÊNCIA BRASILEIRA SOBRE ESTABILIDADE DE ENCOSTAS, 1, 1992, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: ABMS/ABGE, 1992. p.721-733.

AUGUSTO FILHO, O. Cartas de Risco de escorregamentos: uma proposta metodológica sua aplicação no município de Ilha Bela, SP. São Paulo, 1994. 163p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CARVALHO, C. S. Gerenciamento de riscos em encostas urbanas: uma proposta baseada na análise de decisão. São Paulo, 1996. 192p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

CERRI, L.E.S.; AUGUSTO FILHO, O. Riscos geológicos associados à ocupação de encostas no Brasil: um roteiro metodológico para a ação da Defesa Civil e de Urbanistas. In: SIMPÓSIO LATINO – AMERICANO SOBRE RISCO GEOLÓGICO URBANO, 1, São Paulo, 1990. *Anais*. São Paulo, ABGE, 1990. p. 457-68.

CERRI, L.E.S. Riscos geológicos associados a escorregamentos: uma proposta para prevenção de acidentes. Rio Claro, 1993. 197p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

CONTI, J.B.; FURLAN, S. A. 1998. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J. L. S. org. *Geografia do Brasil*. São Paulo, EDUSP. 549p.

CUNHA, M.A. *et al.* Manual de ocupação de encostas. São Paulo, IPT, 1991. 216p. (IPT. Publicação 1831).

GARDA, G.M. 1995. *Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo*. São Paulo. 156p. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo.

GARIBALDI, C.M. Cartografia de Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos no Município de Embú - RMSP. São Paulo, 1998. 155p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

HUTCHINSON, J.N. 1968. Mass movement. In: *Encyclopedia of Geomorphology*. New York: Ed. R.W. Fairbridge Reinhold Book Co.

INSTITUTO GEOLÓGICO – IG / SMA. 1996. Carta de risco a Movimentos de Massa e Inundações do Município de São Sebastião – Mapa Geológico, escala 1:50.000. Relatório Interno.

MAFFRA, C. Q. T. 2000. *Geologia Estrutural do Embasamento Cristalino na Região de São Sebastião, SP: Evidências de um Domínio Transpressivo*. Estado de São Paulo. São Paulo. 113p. (Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo).

PONÇANO, W. L.; CARNEIRO, C. D. R.; BISTRICHI, C. A.; ALMEIDA, F. F. M.; PRANDINI, F. L. 1981. *Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, 1:1.000.000*. São Paulo, IPT. (monografia 1).

SILVA, V.C.R. Gerenciamento de riscos de escorregamentos: discussão sobre a implementação de um plano preventivo de defesa civil no município de São Paulo. São Paulo, 1997. 194p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

STOCHALAK, J. 1974. The classification of slope deposit from engineering geological point of view. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF ENGINEERING GEOLOGY, 2, 1974, São Paulo. *Anais...* São Paulo: IAEG. V.2, p.V27.1V27.12.

SUGUIO, K. 1980. Rochas Sedimentares.

TATIZANA, C. et al. Análise de correlação entre chuvas e escorregamentos - Serra do Mar, município de Cubatão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA, 5. São Paulo, 1987. *Anais...*, São Paulo, ABGE, 1987, v.2, p.225-36.

TOMINAGA, L.K. 1995. Contribuição da Geomorfologia à Cartografia de Risco a Escorregamentos do Município de São Sebastião – SP. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 6, 1995. *Anais...*, v.1, p.251-256.

VARNES, D.J. 1978. Slope movement types and processes. *Landslides analysis and control*, Washington, D.C., National Academy of Sciences, p. 11-33.

WOLLE, C.M. 1980. Taludes naturais – mecanismos de instabilização e critérios de segurança. São Paulo. 345 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

ANEXO A

Relação de fotografias terrestres
e imagens aéreas georreferenciadas

ANEXO A

Relação de fotografias terrestres
e imagens aéreas georreferenciadas

Foto 1 - Vista Frontal - Rua Topolândia



Foto 2 - Situação de Risco

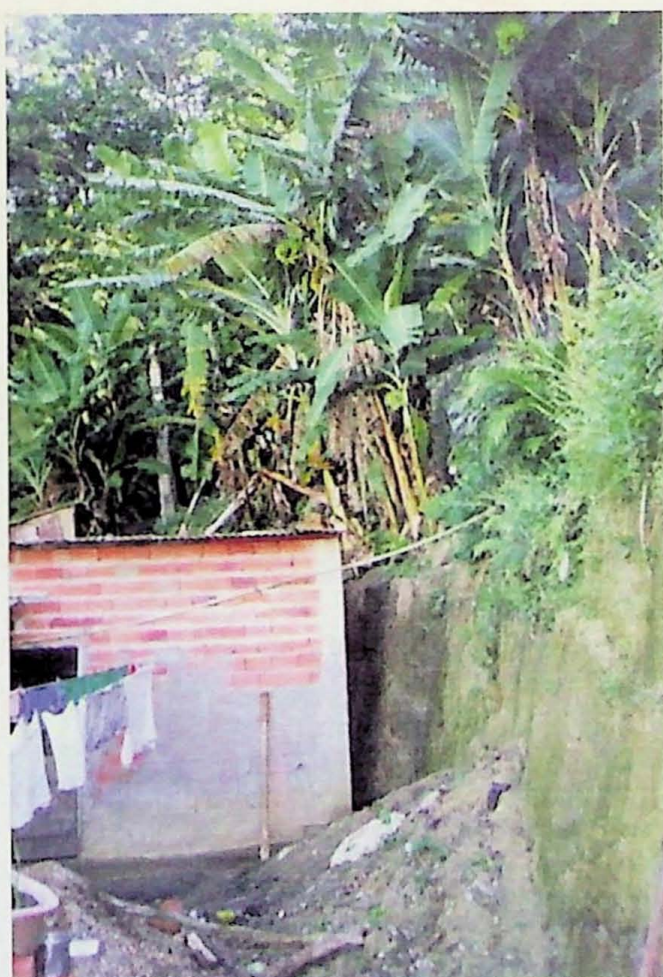


Foto 3 - Situação de Risco



Foto 4 - Escorregamento Estruturado em Rocha



Foto 5 - Depósito de Tálus



Foto 6 - Moradias em situação precária



Foto 8 - Situação de Risco

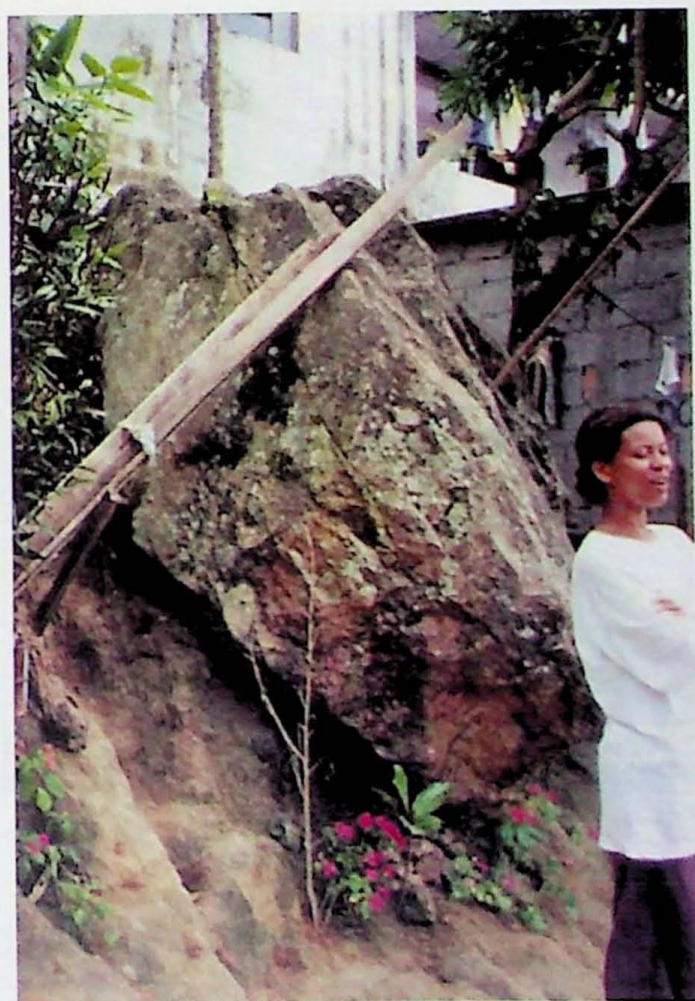


Foto 7 - Situação de Risco

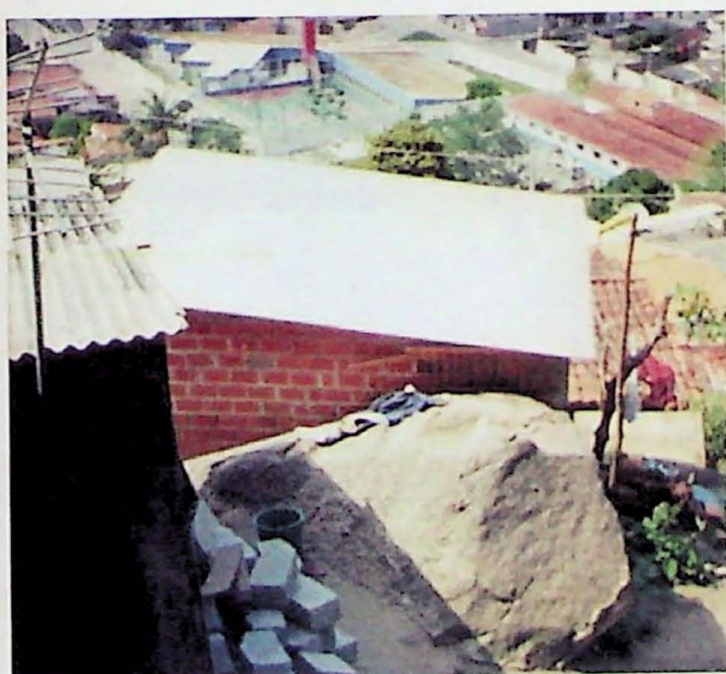


Foto 9 - Corte Irregular

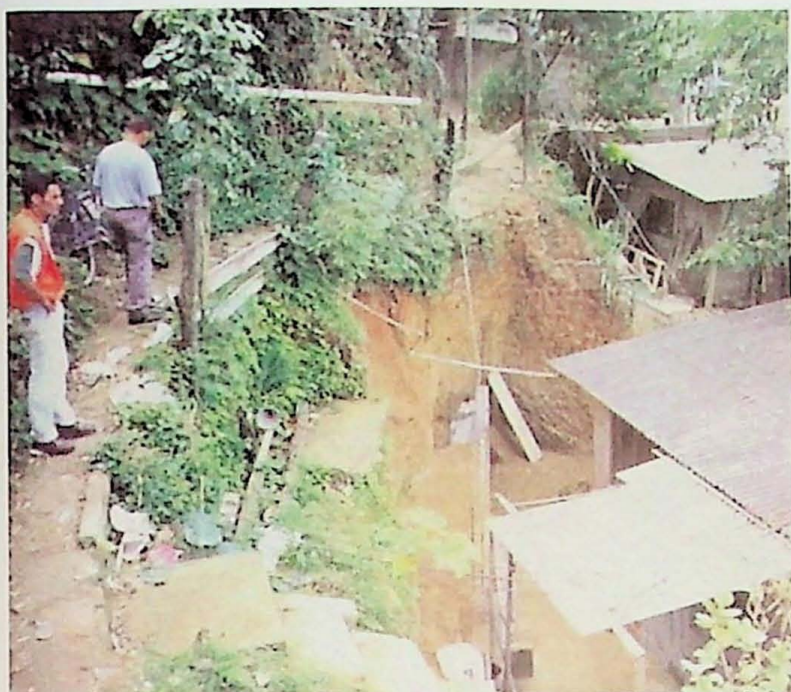


Foto 10 - Corte Irregular

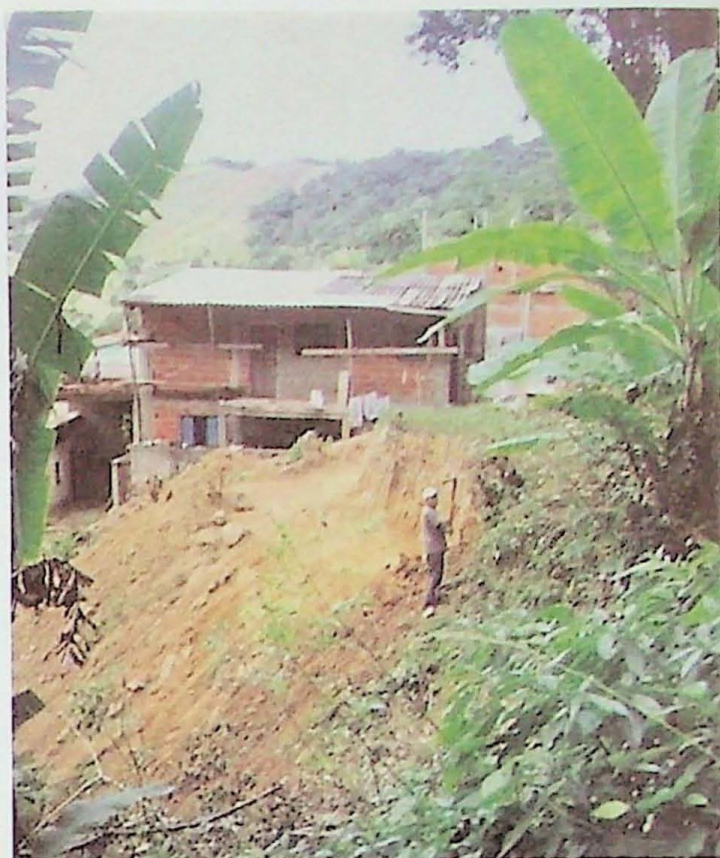


Foto 11 - Corte Irregular

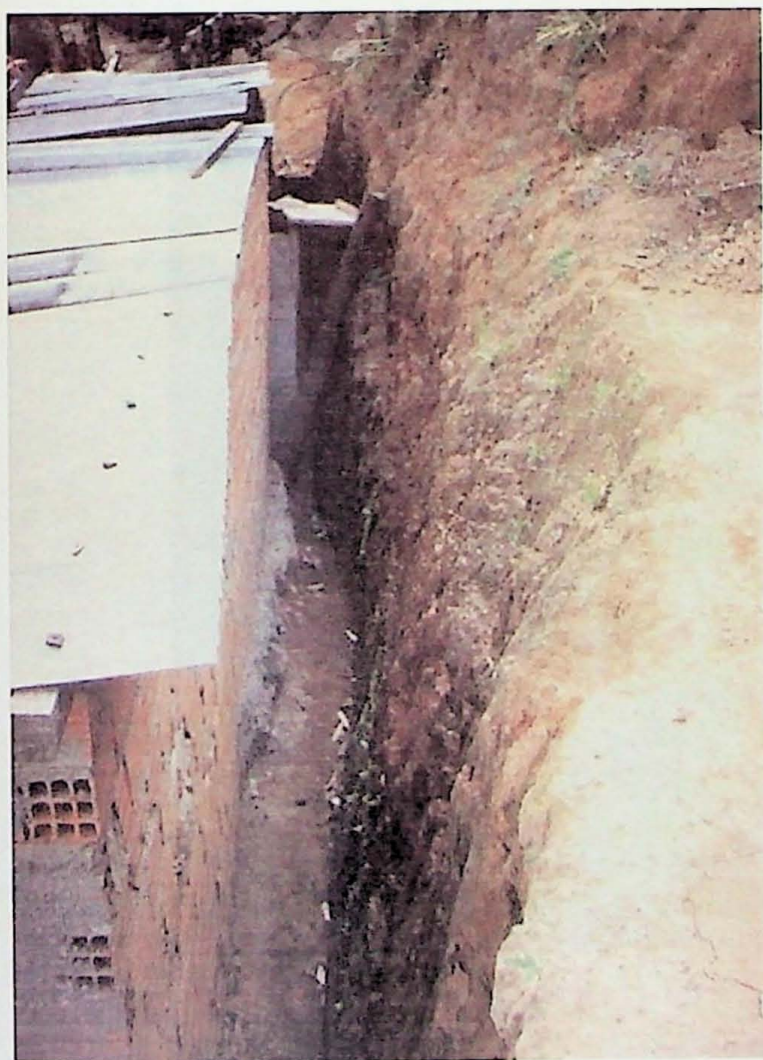


Foto 12 - Escoamento de água servida

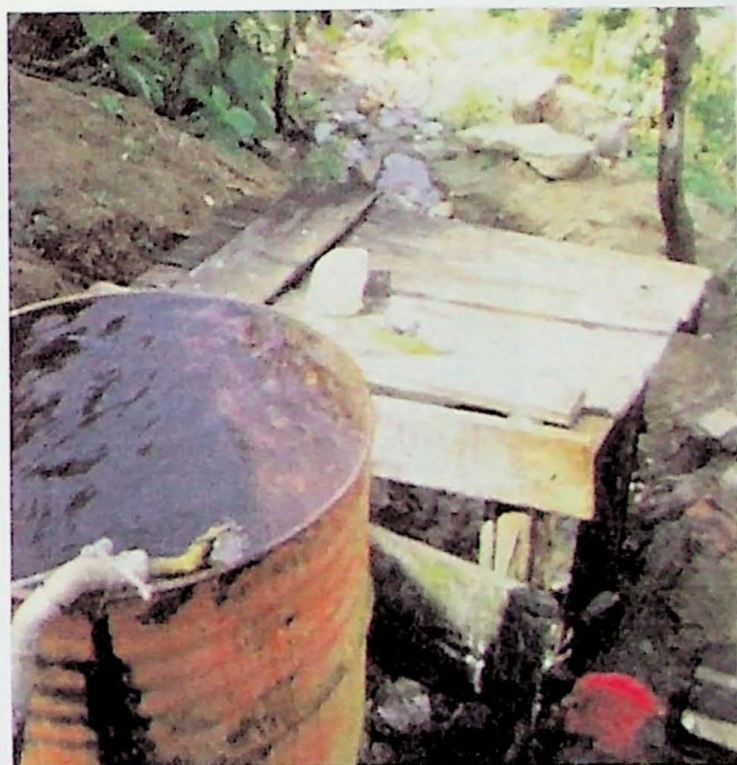


Foto 13 - Foliação principal e fraturas em gnáisse



Foto 14 - Depósito de Tálus



Foto 15 - Trinca causada por movimento de massa



Foto 16 - Deformação de rua causada por movimento de massa



Foto 17 - Escorregamento de aterro lançado



Foto 18 - Escorregamento de aterro lançado



Foto 19 - Escorregamento estruturado em rocha e saprolito



Foto 20 - Escorregamento em solo



Foto 21 - Escorregamento de saprolito



Foto 22 - Recalque de escadaria

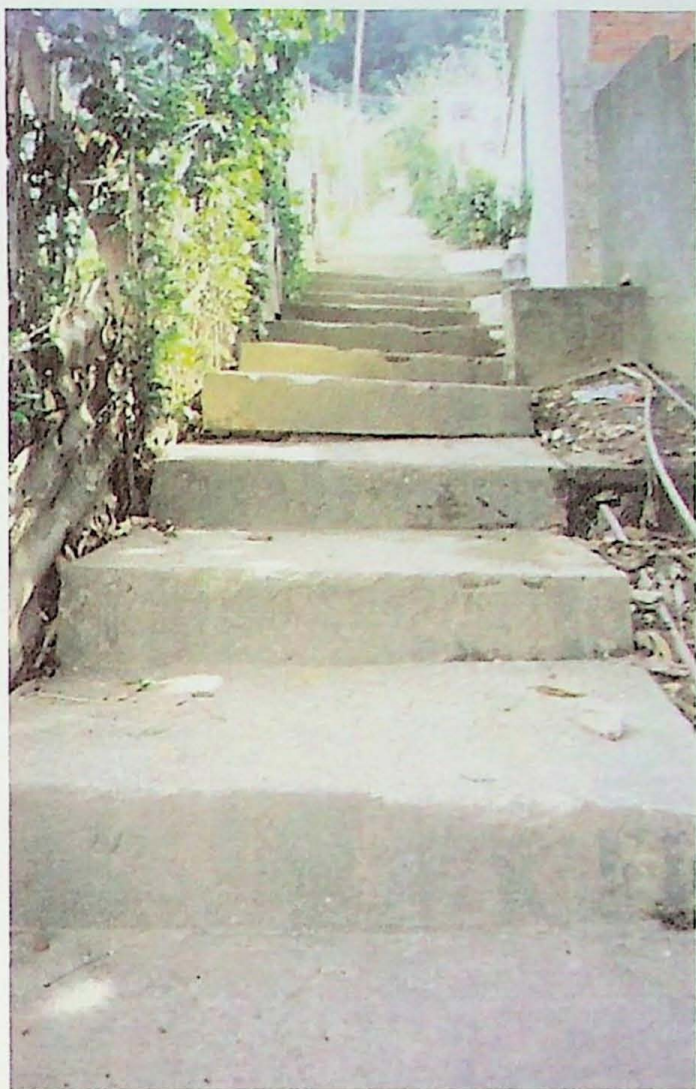


Foto 23 - Moradias sobre depósito de matacões



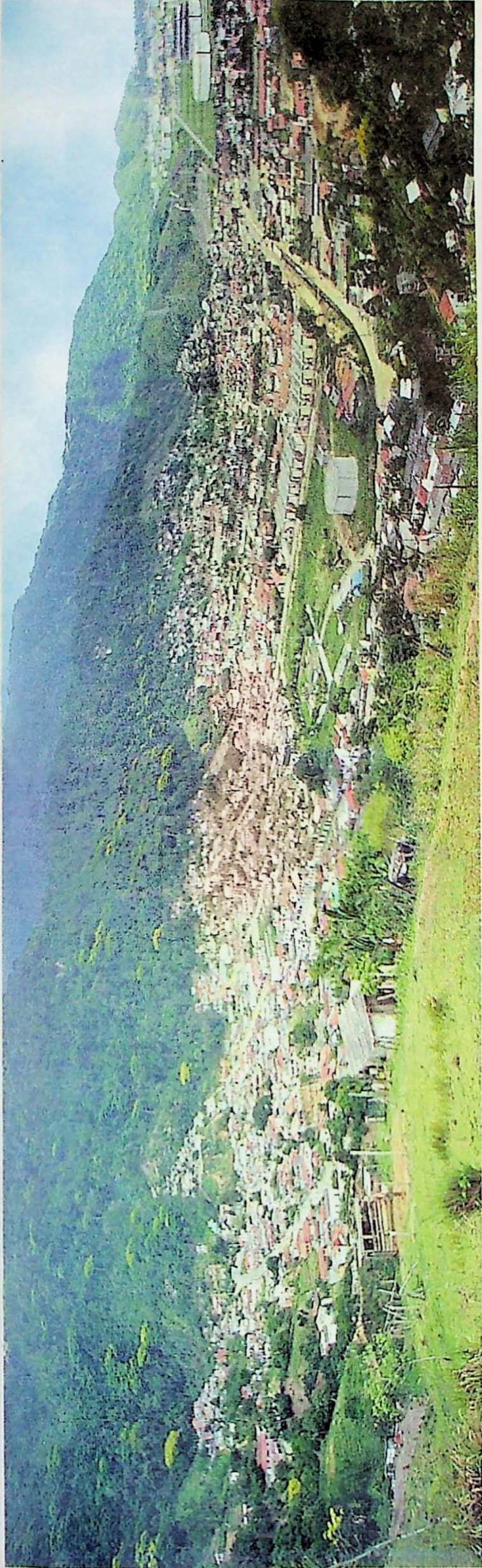


Foto 25 - Aspectos Fisiográficos

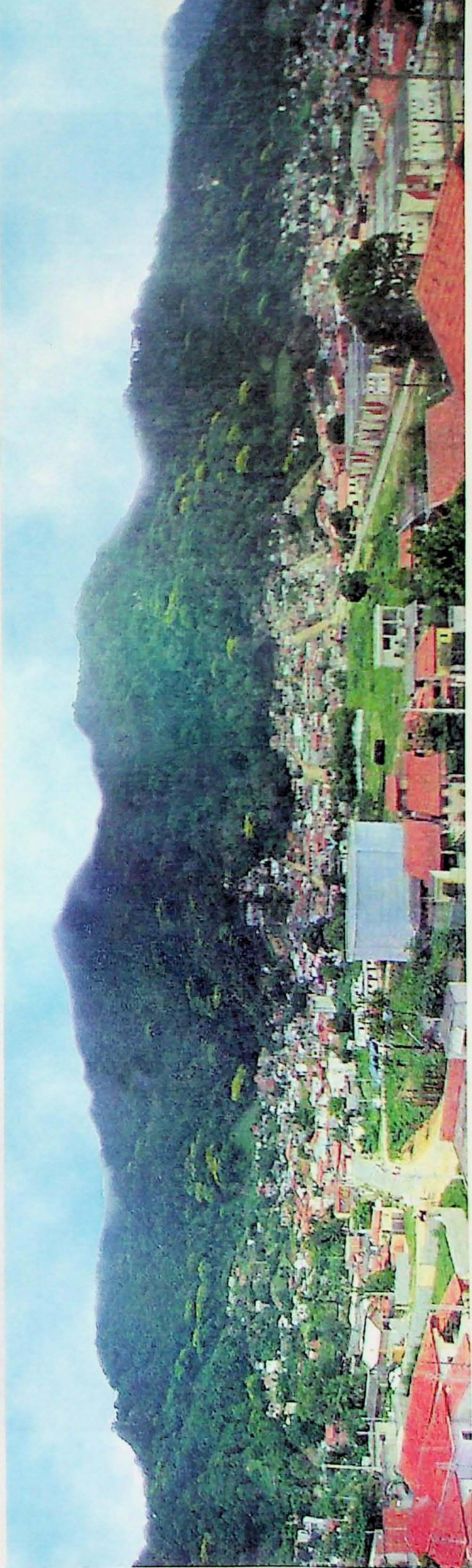


Foto 26 - Ocupação Semi - Consolidada

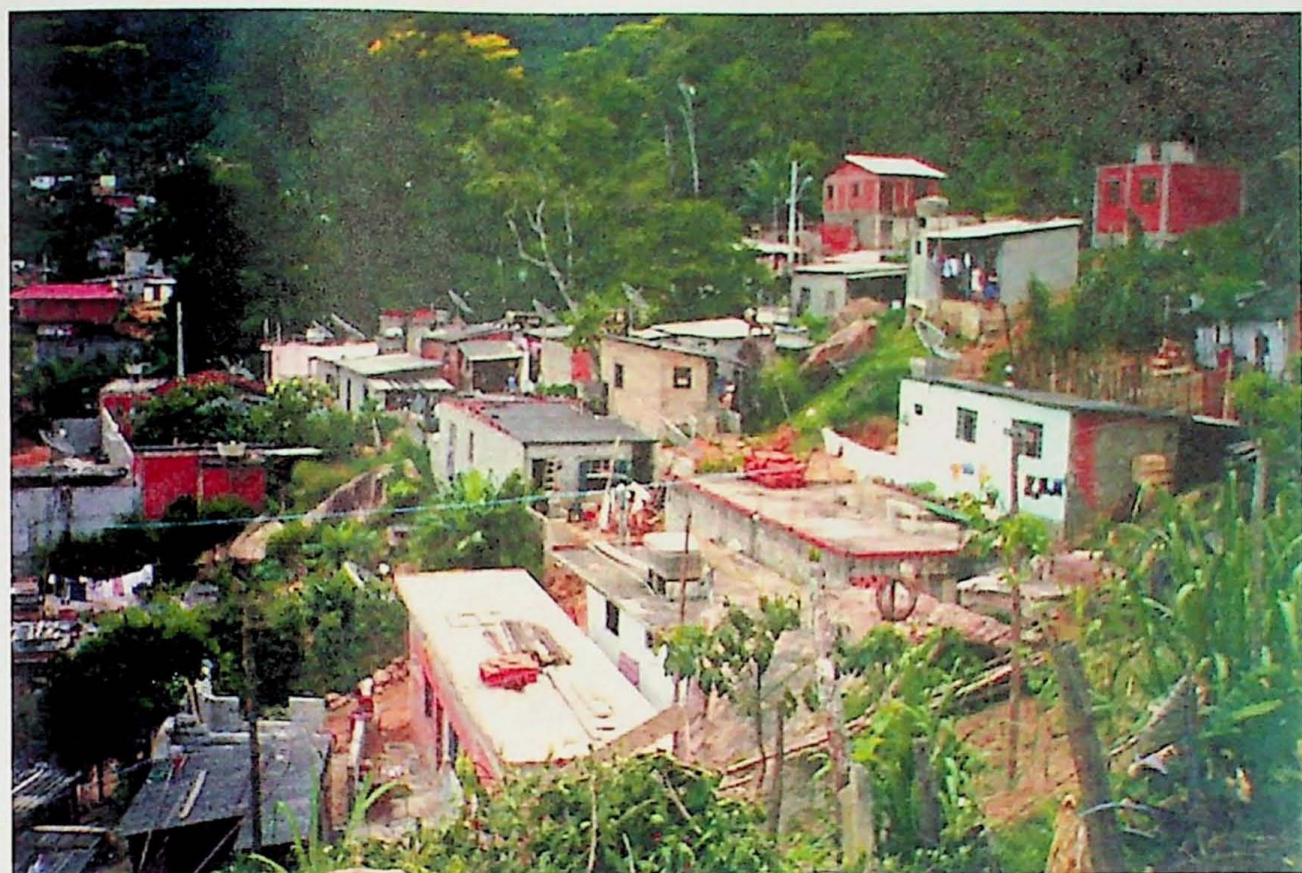


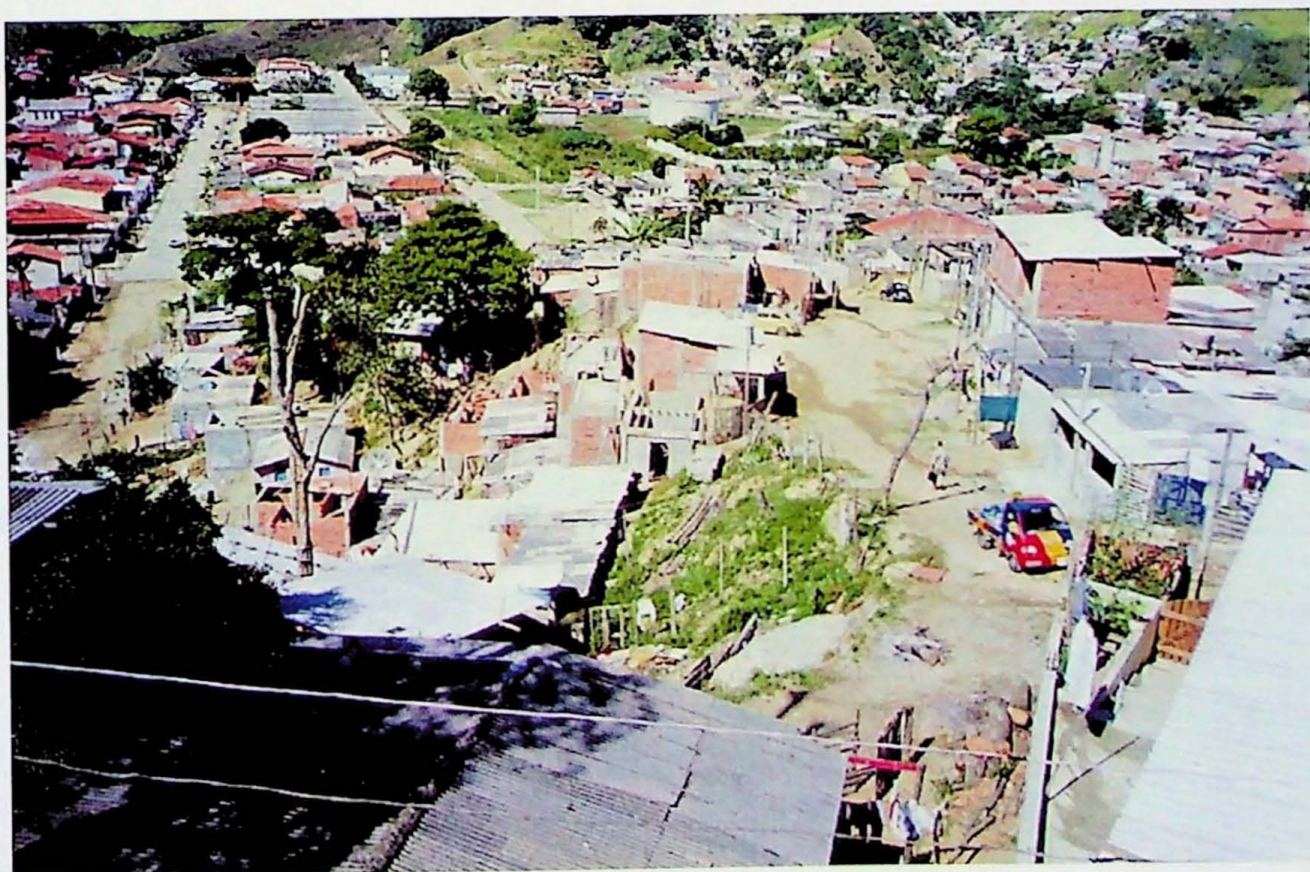
Foto 27 - Ocupação Semi - Consolidada



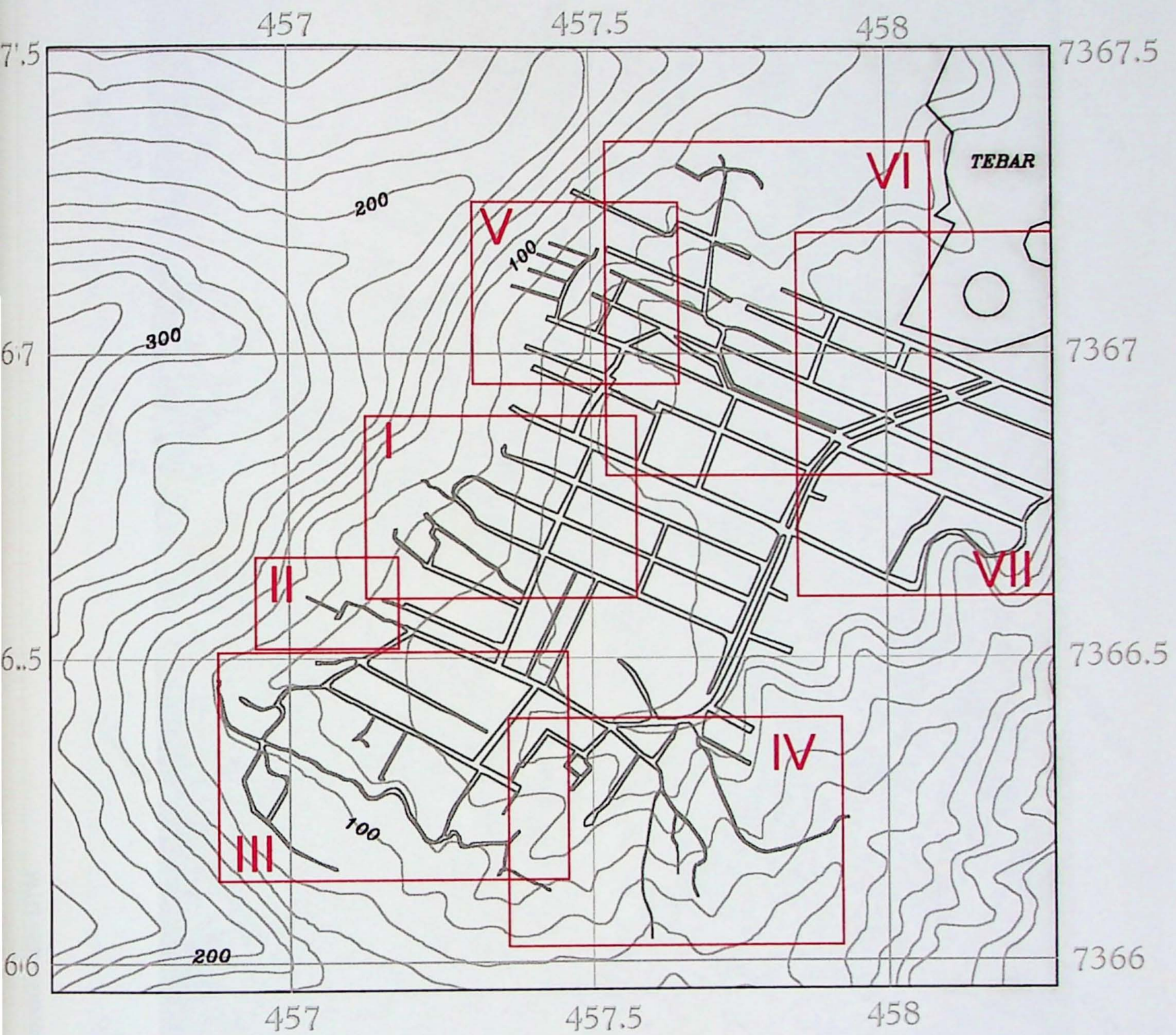
Foto 28 - Ocupação Inconsolidada em Área de Alto Risco



Foto 29 - Formas de Ocupação Distintas



ARTICULAÇÃO DAS IMAGENS NA ÁREA DE ESTUDO



0 100 200 300 400 500 m

Escala Gráfica

Escala 1:10.000

Equiditância das Curvas de Nível de 20 metros

Imagem i - Escala 1:2.000 - Coordenadas UTM



Imagem II - Escala 1:1.888 - Coordenadas UTM



Imagem III - Escala 1:2.500 - Coordenadas UTM



Imagem IV - Escala 1:2.500 - Coordenadas UTM



Imagem VII - Escala 1:5.000 - Coordenadas UTM

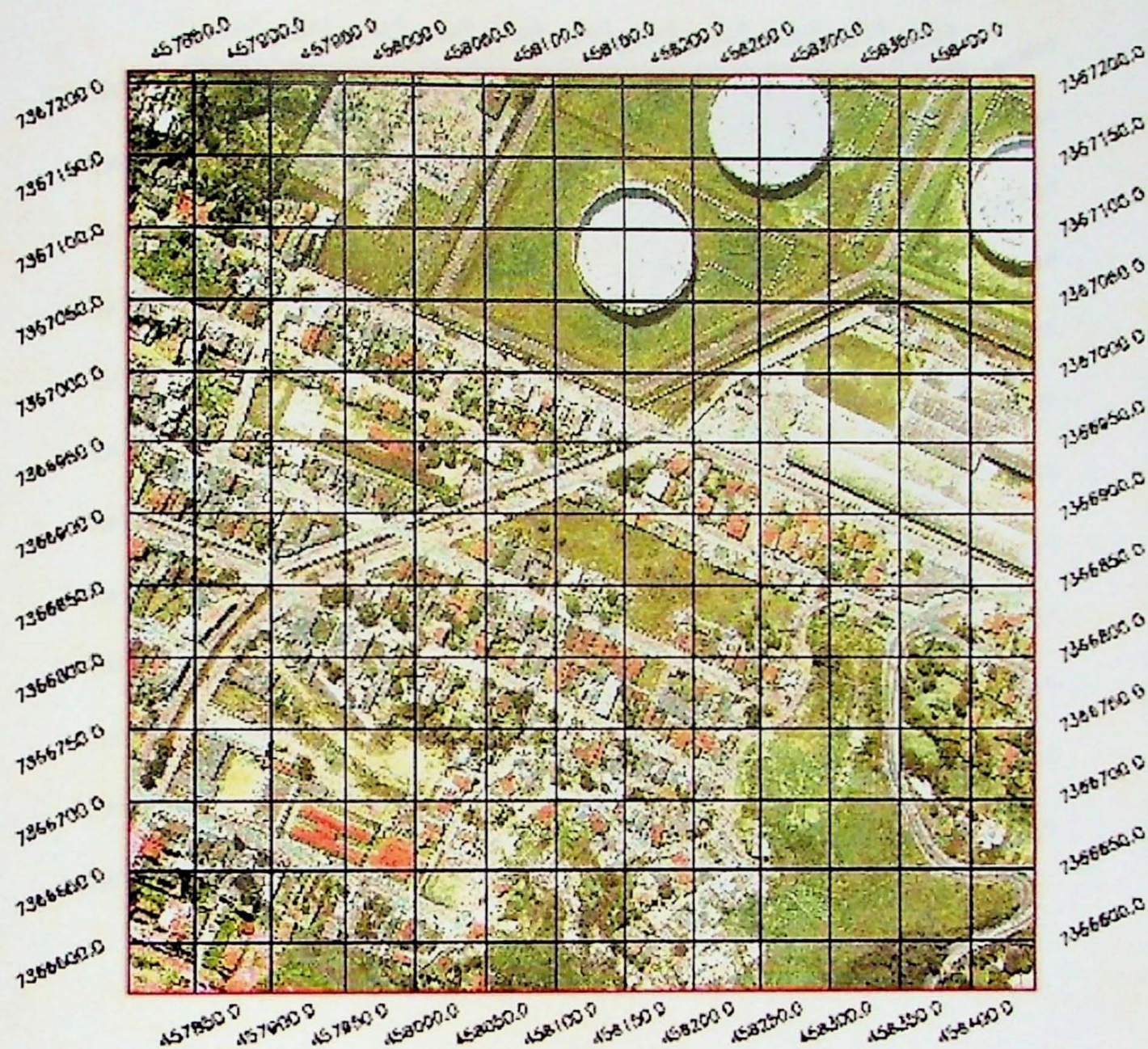


Imagem VI - Escala 1.5000 - Coordenadas UTM

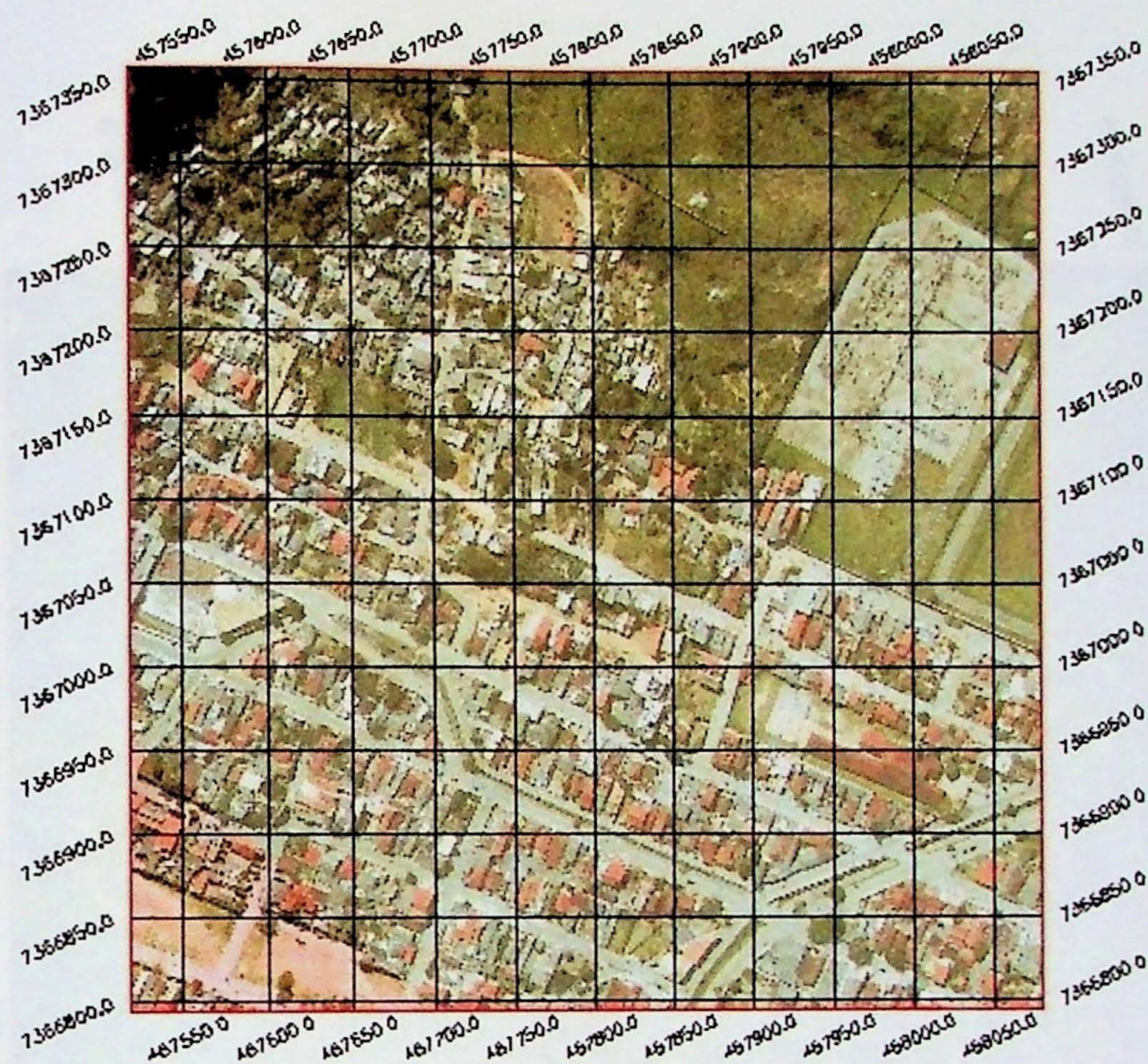
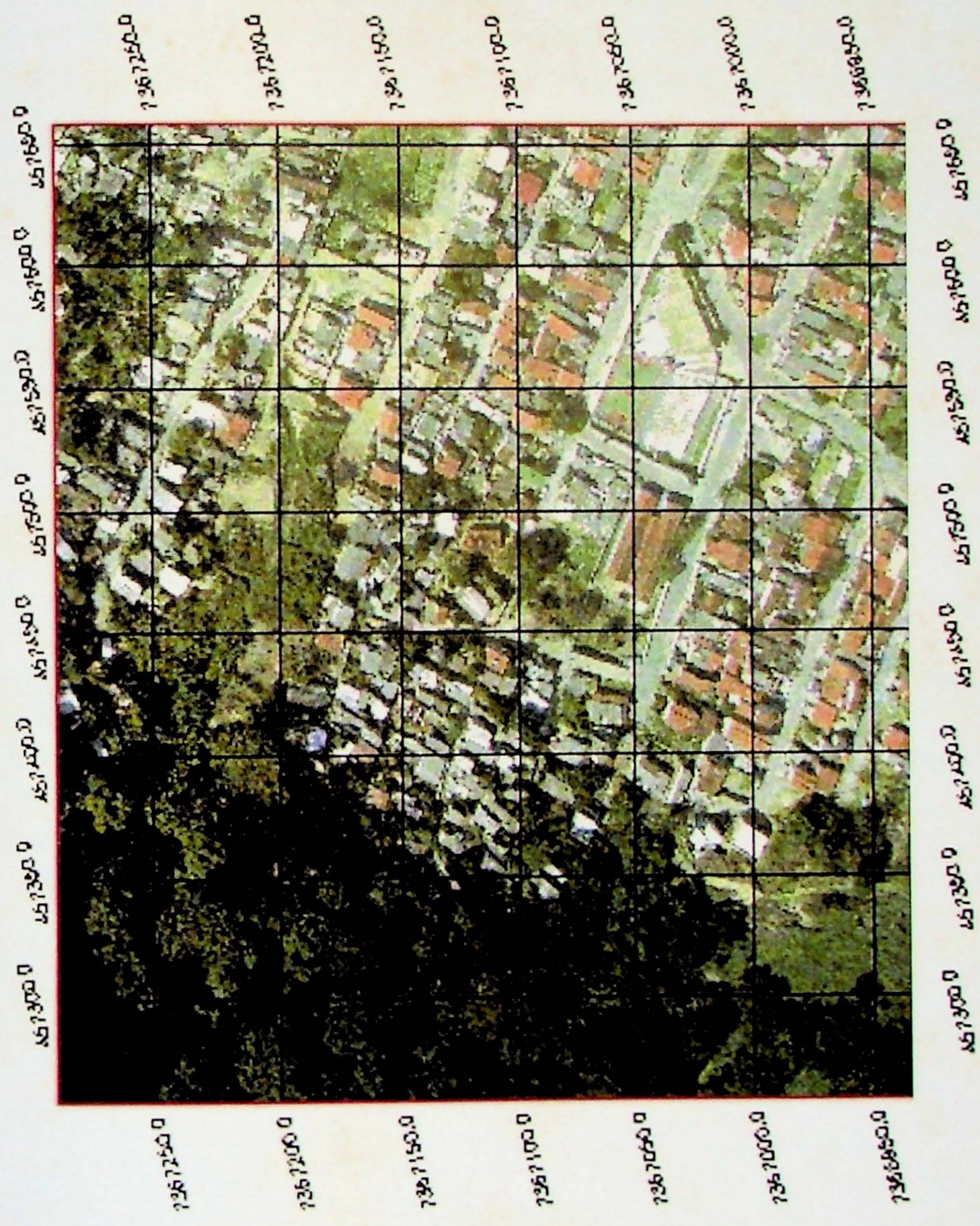


Imagem V - Escala 1:2.588 - Coordenadas UTM



ANEXO B

Ponto 1	Cota 80 m	457.403 / 7.367.119 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
<p>Descrição → Matação tabular de aproximadamente 1,5 metros de comprimento em situação instável. Estão presentes sulcos erosivos no solo. Oferece risco a uma moradia de alvenaria a jusante onde há um corte de aproximadamente 2 metros de altura. Recomenda-se a construção de calhas para direcionamento das águas pluviais ou o desmonte da rocha.</p> <p>ANEXO A – FOTO 8</p>			

Ponto 2	Cota 90 m	457.262 / 7.366.787 (UTM)	Declividade → 25° a 35°.
<p>Descrição → Moradia de pau-a-pique em situação de risco. Há um corte vertical de aproximadamente 1,5 metros em solo areno – argiloso, onde estão presentes trincas que se prolongam até a moradia.</p> <p>ANEXO A – FOTO 3</p>			

Ponto 3	Cota 110 m	457.195 / 7.366.822 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
<p>Descrição → Situação de risco de escorregamento de solo. Há dois cortes verticais de aproximadamente 2 metros de altura em solo areno argiloso. Observa-se uma grande concentração de bananeiras, descaracterizando a mata nativa que passa a predominar a montante. Algumas árvores saudáveis apresentam uma inclinação mais acentuada nas proximidades dos cortes.</p> <p>Essa situação oferece risco de escorregamento e também de queda de árvores a pelo menos cinco moradias de madeira a jusante.</p> <p>ANEXO A – FOTO 2</p>			

Ponto 4	Cota 70 m	457.107 / 7.366.414 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
<p>Descrição → Escorregamento lento de solo (material argilo – arenoso de coloração marrom claro). Há um degrau de abatimento de 1 metro que se estende por até 50 metros limitado por saprolito granítico na lateral.</p> <p>O movimento iniciou-se em 1994 causando o abalo de uma moradia de alvenaria. Em vistoria realizada em 26/10/2000, constatou-se que a moradia apresenta vários reforços estruturais apresentando trincas de até 4cm de abertura em toda a sua extensão. Ocorre um estreitamento na rua transversal ao sentido de movimento, onde há uma surgência d'água.</p> <p>ANEXO A – FOTOS 15 e 16</p>			

Ponto 5	Cota 80 m	457.562 / 7.367.260 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
<p>Descrição → Trata-se de escorregamento de uma porção de saprolito granítico com veios de Quartzo preservados A área foi submetida a dois grandes eventos de instabilização, afetando parcial ou totalmente cerca de 21 moradias.</p> <p>O primeiro deles ocorreu em 11/03/95 caracterizando-se por uma movimentação parcial do trecho de encosta nas adjacências de um talude de corte em solo e saprolito, localizado à direita da Rua Topolândia (ANEXO A - FOTO 1), nos fundos da igreja evangélica que existia no local (hoje encontra-se parcialmente demolida, restando apenas o muro de divisa). Esta movimentação provocou uma série de trincas e degraus de abatimento no terreno e nas moradias, afetando uma área com a forma de uma elipse, com extensões aproximadas de 35 por 45 m. Esta movimentação deu-se de forma relativamente lenta, permitindo a remoção preventiva dos moradores das casas afetadas.</p> <p>O segundo evento desenvolveu-se em 30-31/12/95 e caracterizou-se pela reativação da área instabilizada anteriormente, com novas trincas e abatimentos, resultando no atingimento e destruição de 3 moradias localizadas na base da encosta. Nesse local, posteriormente, foram reconstruídas novas moradias.</p> <p>Em vistorias realizada em 15/05/2000 e 25/10/2000 não foi constatada movimentação.</p>			

Ponto 6	Cota 100 m	457.277 / 7.366.827 (UTM)	Declividade → 25° a 35°.
<p>Descrição → Drenagem com solo argilo – arenoso de coloração variando de alaranjado a marrom claro. Estão presentes moradias de madeira em situação precária.</p> <p>Ocorrência de escorregamento de aterro lançado de solo que se movimentou ao longo da drenagem atingindo 3 moradias a jusante em 1997.</p>			

Ponto 7	Cota 75 m	457.277 / 7.366.731 (UTM)	Declividade → 35° a 45°.
<p>Descrição → Queda de muro de contenção sem dreno de aproximadamente 2 metros de altura associada a escorregamento de aterro lançado de entulho em 1998.</p>			

Ponto 8	Cota 70 m	457.294 / 7.366.714 (UTM)	Declividade → 35° a 45°.
<p>Descrição → Escorregamento em solo areno – argiloso associado a corte vertical de aproximadamente 2 metros de altura em 1993. Um barraco de madeira foi destruído e uma família foi removida.</p>			

Ponto 9	Cota 85 m	457.743 / 7.366.743 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
<p>Descrição → Talvegue caracterizado pela presença de depósito de matações de rocha leuco-granítica sã.</p> <p>Ocorrência de movimentação de matacão tabular de aproximadamente 1 metro de largura por 2 metros de comprimento em 1999. Não houve prejuízos, porém, após o evento foi realizado um desmonte da rocha.</p>			

Ponto 10	Cota 75 m	457.170 / 7.366.628 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
<p>Descrição → Solo areno – silto – argiloso homogêneo de coloração avermelhada.</p> <p>Ocorrência de escorregamento de solo associado a corte vertical de aproximadamente 4 metros de altura em 1996. A estrutura de uma construção de alvenaria foi abalada.</p>			

Ponto 11	Cota 70 m	457.166 / 7.366.547 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
<p>Descrição → Queda de muro de contenção sem dreno de aproximadamente 3 metros de altura associada a escorregamento de aterro lançado em 1995. Uma moradia foi abalada.</p>			

Ponto 12	Cota 130 m	457.000 / 7.366.625 (UTM)	Declividade → > 45°.
<p>Descrição → Solo areno – silto – argiloso homogêneo de coloração avermelhada.</p> <p>Ocorrência de escorregamento de aterro lançado de solo que se movimentou ao longo da drenagem em 1997.</p>			

Ponto 13	Cota 65 m	457.182 / 7.366.342 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
<p>Descrição → Saprolito de granito apresentando fraturas com distanciamento médio de 1 metro. Há 2 orientações preferenciais de fraturamento transversais de direções N67°/subvertical e N153°/subvertical . A aproximadamente 2 metros a montante observou-se um saprolito de gnáisse. Localmente observa-se grande concentração de veios de quartzo decimétricos concordantes à foliação principal N14°/33°NW.</p> <p>Foram cadastradas duas ocorrências de escorregamentos estruturados de porções métricas de saprolito associados a cortes verticais de até dois metros de altura. A primeira em 1993 em um corte de direção aproximada N100° com duas famílias removidas e uma moradia de alvenaria abalada. A segunda em 1999 em um corte de direção aproximada N70° também com duas famílias removidas e uma moradia de alvenaria abalada.</p>			

Ponto 14	Cota 95 m	457.060 / 7.366.314 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
<p>Descrição → Talvegue com solo argiloso a argilo – arenoso de coloração escura avermelhada. Há uma seqüência de degraus de abatimento de aproximadamente 0,5 metro e trincas no solo em uma das margens da drenagem. Há uma alta concentração de bananeiras nas proximidades.</p> <p>Em 1997 ocorreu uma corrida de lama que provocou a remoção de pessoas de duas moradias situadas a jusante próximas à drenagem.</p>			

Ponto 15	Cota 50 m	457.311 / 7.366.370 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
<p>Descrição → Morrote de saprolito granítico com duas orientações preferenciais de fraturamento transversais. Há cortes verticais de até 4 metros e moradias de alvenaria tanto no topo quanto na base do morrote, oferecendo um risco associado a quedas.</p>			

Ponto 16	Cota 85 m	456.971 / 7.366.484 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
<p>Descrição → Em 1995 foi registrada a ocorrência de um escorregamento de solo argilo – arenoso associado a corte vertical de aproximadamente 4 metros de altura e lançamento de água servida a montante.</p>			

Ponto 17	Cota 65 m	457.387 / 7.366.211 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
<p>Descrição → Ocorrência de escorregamento de aterro lançado, em 1996. Uma moradia a montante sofreu abalos em sua estrutura.</p>			

Ponto 18	Cota 85 m	457.619 / 7.366.158 (UTM)	Declividade → 25° a 35°.
<p>Descrição → Solo argilo – arenoso homogêneo de coloração alaranjada. Ocorrência de escorregamento de solo em 1991. Uma moradia de madeira foi destruída e duas famílias foram removidas.</p>			

Ponto 19	Cota 75 m	457.605 / 7.366.201 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
<p>Descrição → Ocorrência de escorregamento de aterro lançado em 2000 com degrau de abatimento de aproximadamente 2 metros. Na base do degrau verificou-se a presença de saprolito de gnáisse. Uma moradia de alvenaria foi abalada.</p> <p>ANEXO A – FOTOS 17 e 18</p>			

Ponto 20	Cota 60 m	457.607 / 7.366.239 (UTM)	Declividade → 25° a 35°.
<p>Descrição → Queda de muro de contenção sem dreno associada a escorregamento de aterro lançado, em 1994.</p>			

Ponto 21	Cota 75 m	457.345 / 7.366.209 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
<p>Descrição → Solo areno – argiloso com espessura inferior a 1 metro. Em 1995 houve uma ocorrência de escorregamento estruturado de saprolito de rocha gnáissica associado a corte vertical de aproximadamente 3 metros de altura.</p>			

Ponto 22	Cota 55 m	457.7152 / 7.366.315 (UTM)	Declividade → 35° a 45°.
-----------------	-----------	----------------------------	--------------------------

Descrição → Solo areno – argiloso com espessura inferior a 1 metro.

Em 1997 houve uma ocorrência de escorregamento estruturado em rocha gnáissica associado a corte vertical de aproximadamente 3 metros de altura, onde uma moradia de alvenaria foi afetada.

Ponto 23	Cota 55 m	457.777 / 7.366.395 (UTM)	Declividade → 35° a 45°.
-----------------	-----------	---------------------------	--------------------------

Descrição → Saprolito com porções métricas de rocha sã de aproximadamente 4 metros de espessura. Na base ocorre um contato brusco com a rocha gnáissica sã. A montante existe um aterro que dificulta o escoamento das águas pluviais e aumenta a solicitação do maciço. Ocorrência de escorregamento estruturado em saprolito e rocha gnáissica associado a uma seqüência de cortes verticais de até 2 metros de altura para loteamento. O movimento iniciou-se em 1996 com uma duração de 2 a 3 meses, afetando uma moradia de alvenaria a jusante. Em 1998 o saprolito voltou a apresentar trincas.

ANEXO A – FOTO 19

Ponto 24	Cota 60 m	457.639 / 7.367.225 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
-----------------	-----------	---------------------------	--------------------------

Descrição → Escorregamento de solo e entulho associado a corte vertical de aproximadamente 3 metros de altura em 1998.

Ponto 25	Cota 70 m	457.671 / 7.367.283 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
-----------------	-----------	---------------------------	-------------------------

Descrição → Escorregamento de solo em 1991 com prejuízo material de duas moradias de madeira.

Ponto 26	Cota 65 m	457.712 / 7.367.279 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
-----------------	-----------	---------------------------	-------------------------

Descrição → Escorregamento de solo argilo – arenoso avermelhado em 1994 associado a corte vertical de aproximadamente 2 metros. Uma moradia de madeira foi parcialmente destruída.

Ponto 27	Cota 60 m	457.700 / 7.367.246 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
Descrição → Ocorrência de escorregamento de aterro lançado, em 1995. Uma moradia de alvenaria a jusante sofreu abalos em sua estrutura.			

Ponto 28	Cota 75 m	457.466 / 7.367.158 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
Descrição → Setor de encosta caracterizado pela presença de depósito de matacões de rocha leuco-granítica sã com moradias de alvenaria sobrepostas. Ocorrência de movimentação de matacão em 1991. ANEXO A – FOTO 23			

Ponto 29	Cota 75 m	457.429 / 7.367.111 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
Descrição → Queda de muro de contenção sem dreno de aproximadamente 2 metros de altura associada a escorregamento de aterro lançado de composição arenosa, em 2000. Uma moradia de alvenaria a jusante foi afetada.			

Ponto 30	Cota 60 m	457.544 / 7.367.144 (UTM)	Declividade → 25° a 35°.
Descrição → Escorregamento de solo arenoso em 1995 associado a corte vertical de aproximadamente 3 metros de altura. Uma moradia de alvenaria foi abalada.			

Ponto 31	Cota 65 m	457.542 / 7.367.167 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
Descrição → Ocorrência de movimentação de matacão de aproximadamente 3 metro de diâmetro em 1994. Não houve prejuízos, porém, após o evento foi realizado um desmonte da rocha.			

Ponto 32	Cota 110 m	457.864 / 7.367.467 (UTM)	Declividade → 25° a 35°.
Descrição → Base da encosta. Granito alterado com cristais de quartzo (30%), feldspato róseo (40%), Biotita (20%), Outros (10%). É uma rocha homogênea equigranular fanerítica média. Solo de alteração areno-argiloso de coloração alaranjada.			

Ponto 33	Cota 115 m	457.039 / 7.366.640 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
Descrição → Meia encosta. Solo homogêneo argilo – arenoso avermelhado por vezes apresentando porções centimétricas caulinizadas. Boa coesão.			

Ponto 34	Cota 100 m	456.887 / 7.366.461 (UTM)	Declividade → 25° a 35°.
Descrição → Corte. Base da encosta. Depósito de tálus. Blocos de granito friáveis decimétricos, angulosos com matriz areno – argilosa homogênea de coloração alaranjada. A geometria do depósito é lenticular com aproximadamente 10 metros de largura. ANEXO A – FOTO 5			

Ponto 35	Cota 100 m	456.969 / 7.366.354 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
Descrição → Corte de rua. Base da encosta. Depósito de tálus. Blocos de leucogranito e biotita gnáisse decimétricos, angulosos com matriz areno – argilosa homogênea de coloração alaranjada. Os blocos apresentam-se alterados e friáveis ao contato manual. A maioria deles são de leucogranito. ANEXO A – FOTO 14			

Ponto 36	Cota 85 m	457.164 / 7.366.278 (UTM)	Declividade → 0° a 17°.
<p>Descrição → Corte de rua. Contato geológico marcado por concentração de veios de quartzo.</p> <p><u>Litologia 1</u> → Granito alterado com cristais de quartzo (30%), feldspato róseo (40%), Biotita (20%), Outros (10%). É uma rocha homogênea equigranular fanerítica média.</p> <p><u>Litologia 2</u> → Gnáisse com bandas centimétricas escuras ricas em biotita e bandas claras centimétricas a decimétricas compostas basicamente por quartzo e feldspato, algumas sem continuidade lateral. Localmente observa-se grande concentração de veios quartzo feldspáticos decimétricos concordantes à foliação principal (N17°/38°NW).</p> <p>Também estão presentes 2 direções preferenciais de fraturamento N65°/subvertical e N158°/subvertical atravessando as litologias 1 e 2.</p>			

Ponto 37	Cota 100 m	457.417 / 7.367.195 (UTM)	Declividade → 35° a 45°.
----------	------------	---------------------------	--------------------------

Descrição → Meia encosta. Depósito de tálus. Concentração de matações de rocha granítica são em matriz arenosa. Possuem uma forma tabular e arredondada, variando de 1 a 10 metros de comprimento. Têm composição estimada de quartzo (50%), feldspato róseo (40%), Biotita (5%), Outros (5%). Alguns matações apresentam fraturas paralelas.

Ponto 38	Cota 80 m	457.640 / 7.367.297 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
----------	-----------	---------------------------	--------------------------

Descrição → Meia encosta. Solo arenoso alaranjado de baixa coesão.

Ponto 39	Cota 70 m	457.348 / 7.366.784 (UTM)	Declividade → 17° a 25°.
----------	-----------	---------------------------	--------------------------

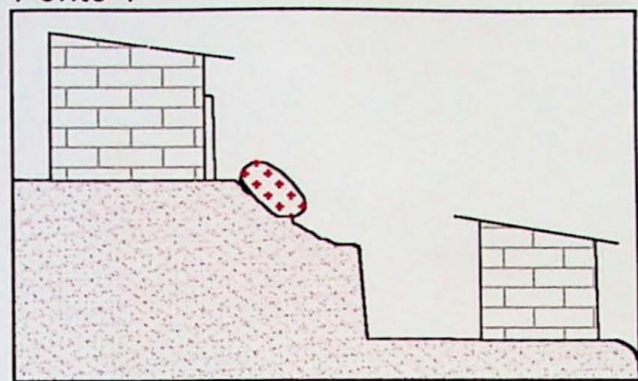
Descrição → Meia encosta. Solo areno – argiloso alaranjado.



LEGENDA

- Solo de deposição de talusado
- Matéria de origem granítica
- Matéria de origem ródica
- Matéria de origem
- Matéria de origem
- Matéria de origem
- Matéria de origem
- Estrada
- Curva de nível
- Matéria

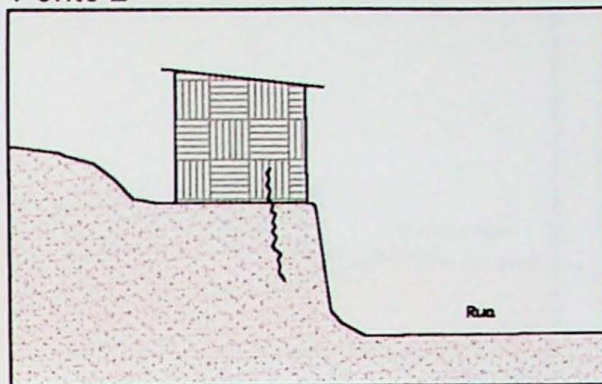
Ponto 1



0 1 2 3 m

NW - SE

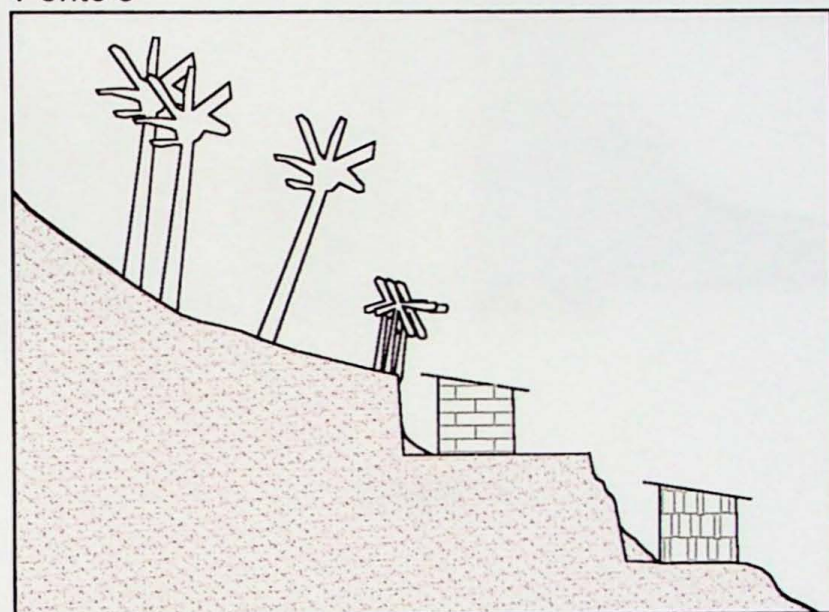
Ponto 2



0 1 2 3 m

NW - SE

Ponto 3



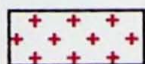
0 1 2 3 m

NW - SE

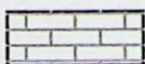
LEGENDA



Solo de alteração de leucogranito



Matação de leucogranito róseo



Morada de alvenaria



Morada de madeira



Morada de pau - a - pique



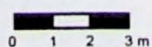
Trinca como indício de movimentação



Cultivo de bananeiras

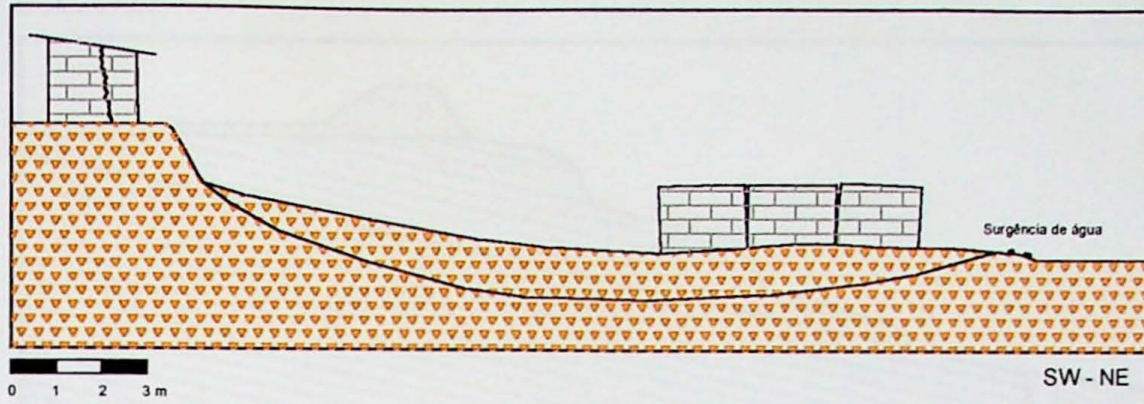


Mata Nativa

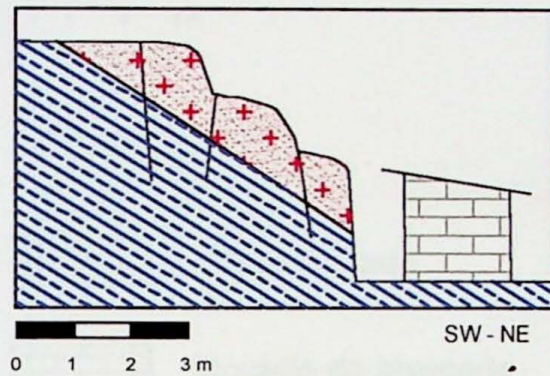


Escala gráfica

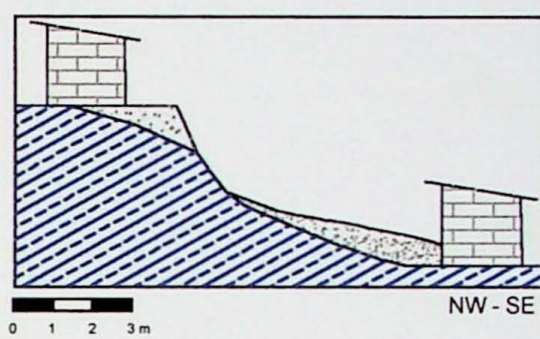
Ponto 4



Ponto 13



Ponto 19



LEGENDA



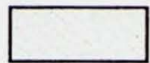
Solo saprolítico de alteração de gnáisse



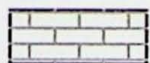
Solo saprolítico de alteração de leucogranito



Depósito de tálus com blocos



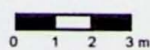
Aterro lançado



Moradia de alvenaria

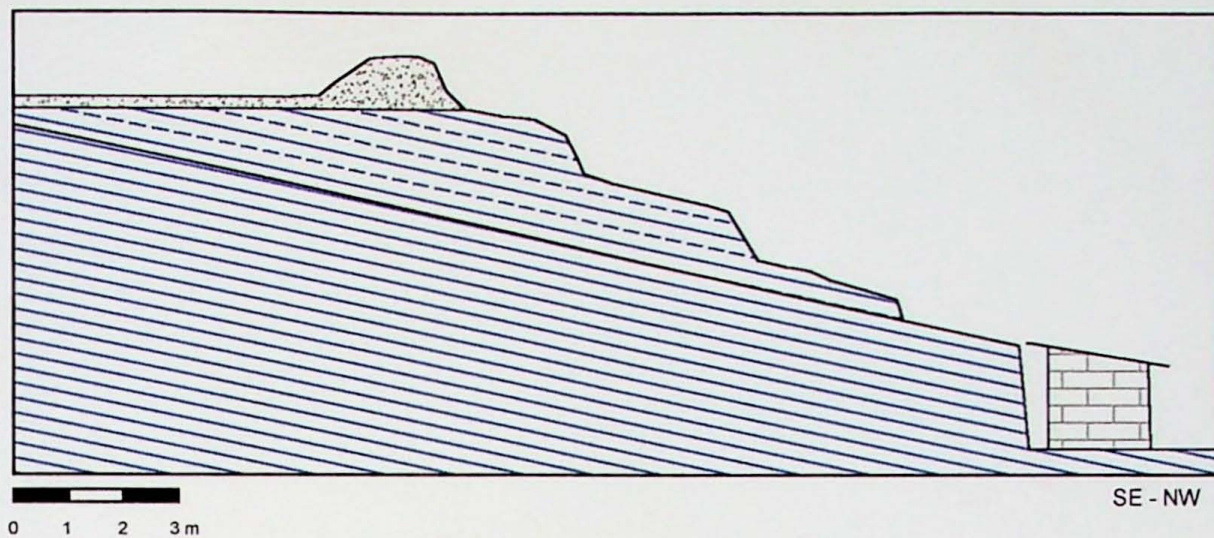


Trinca como indício de movimentação



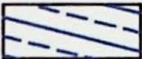



Escala gráfica

Ponto 23



LEGENDA

-  Aterro lançado
-  Moradia de alvenaria
-  Solo saprolítico de alteração de gnáisse
-  Rocha gnáissica sã

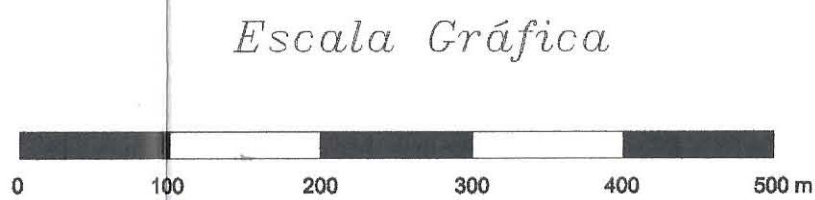
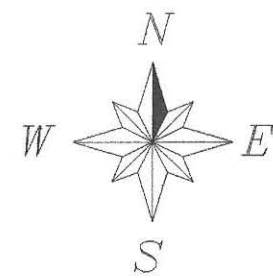
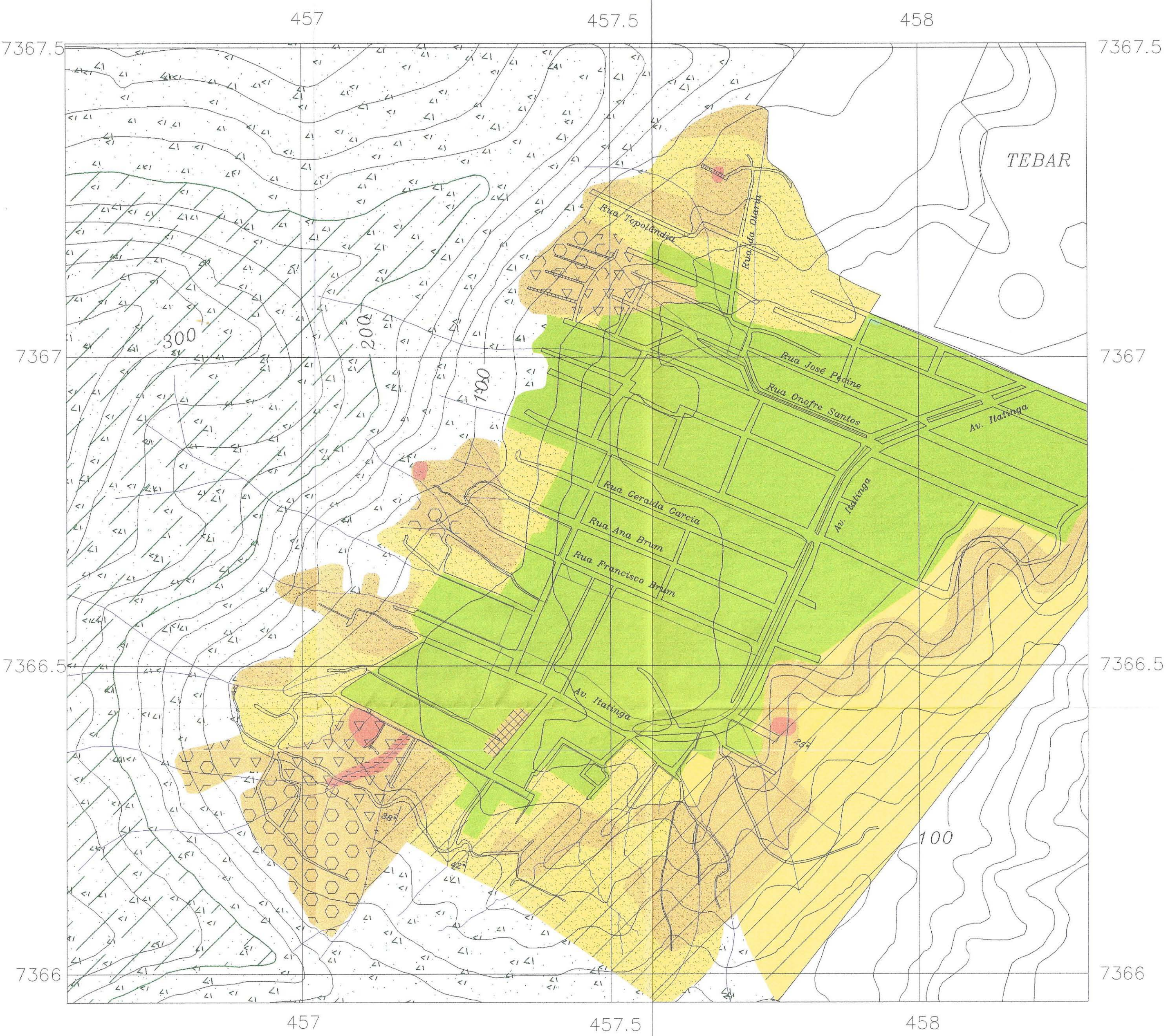
ANEXO C

Carta de Riscos Geológicos

Associados a Escorregamentos

Bairros do Topo, Itatinga e Olaria

São Sebastião - SP



Escala 1:5.000

LEGENDA

GRAUS DE RISCO	OCUPAÇÃO DO SOLO	RECOMENDAÇÕES
<div></div> RISCO MUITO ALTO : Áreas com evidências de movimentação do terreno tais como trincas, inclinação de árvores, postes e muros.	Ocupação urbana precária caracterizada por moradias estruturalmente frágeis geralmente de madeira ou pau - a - pique, ausência de rede de água, esgoto, energia elétrica e arruamento definido. Ocupação urbana semi - consolidada caracterizada pela presença de moradias de alvenaria, com redes precárias ou inexistentes de água, esgoto e energia elétrica. Em geral, os lotes têm traçados irregulares com arruamento estreito.	Obras emergenciais de estabilização Áreas prioritárias de vistorias durante o período do Plano Preventivo de Defesa Civil.
<div></div> RISCO ALTO : Áreas que apresentam declividades superiores a 35° (70%) e / ou situadas sobre depósito de tálus e / ou registro de acidentes ou eventos anteriores.		Projetos de reurbanização envolvendo retaludamentos e sistemas eficientes de drenagem. Áreas de vistoria recomendada durante o período do Plano Preventivo de Defesa Civil.
<div></div> RISCO MÉDIO : Áreas com declividades inferiores a 35° (70%) que, atualmente, não apresentam problemas associados a movimentos de massa.	Ocupação urbana semi - consolidada caracterizada pela presença de moradias de alvenaria, com redes precárias ou inexistentes de água, esgoto e energia elétrica. Em geral os lotes têm traçados irregulares com arruamento estreito. Ocupação pontual caracterizada pela presença de moradias precárias e isoladas com área de cultivo de pequena expressão e vegetação rasteira e / ou arbórea esparsa (mata nativa remanescente, mato, macega, capim e gramíneas).	Com a finalidade de conter o aumento do grau de risco da área, recomenda-se a fiscalização das novas construções, quanto aos métodos de corte e aterro utilizados, que devem ser baseados em normas técnicas adequadas às condições geotécnicas locais.
<div></div> RISCO BAIXO : Áreas de baixada que apresentam declividades inferiores a 17° (30%) que, atualmente, não apresentam problemas relacionados a movimentos de massa.	Ocupação urbana consolidada caracterizada pela presença de moradias de alvenaria, com redes de água, esgoto e energia elétrica. Os lotes têm traçados regulares com arruamento definido e pavimentação de paralelepípedo.	

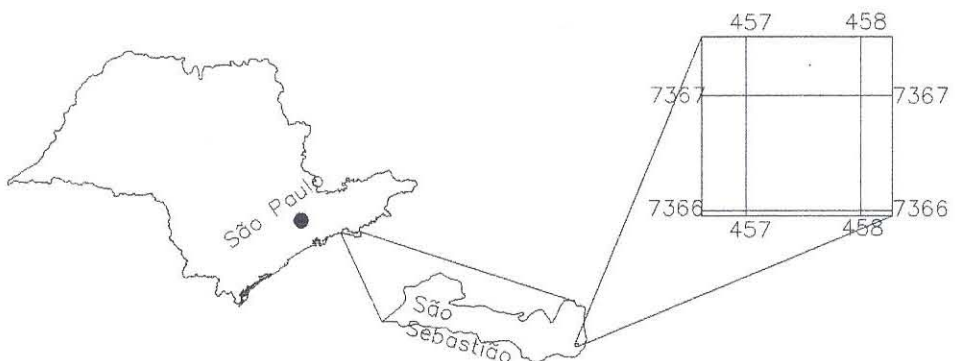
DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS

- Escorregamentos de solo e / ou saprolito
- Escorregamentos lentos de solo de associados a depósitos de tálus
- Escorregamentos estruturados em rocha associados a escorregamentos de solo
- Escorregamentos estruturados em rocha agravados por direções desfavoráveis de corte em relação à foliação principal e fraturamentos
- Queda de blocos associada à presença de fraturas na rocha
- Rolamento e / ou escorregamento de matacões associados a depósito de tálus
- Corridas de lama associadas a escorregamentos de solo em depósito de tálus

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Drenagens
- Rede viária
- Cota em metros
- Limite da área de estudo
- Atitude da foliação principal
- Curvas de nível com equidistância de 20 metros
- Vegetação típica de Mata Atlântica. O cultivo de bananeira ocorre de forma pontual nos limites com as áreas habitadas
- Área do Parque Estadual da Serra do Mar
- Cota limite do Parque Estadual da Serra do Mar

LOCALIZAÇÃO DA ÁREA NO MUNICÍPIO



Fonte: Base topográfica 1:5.000 - Prefeitura Municipal de São Sebastião
Levantamento Aerofotogramétrico de agosto de 1999 - FUNCATE

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Carta de Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos dos Bairros do Topo, Itatinga e Olaria - São Sebastião - SP
Monografia de Trabalho de Formatura

Marcelo Ciampitti Copia

ANEXO C

