

Trabalho de Conclusão de Curso
Curso de Graduação em Geologia

**AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE CORRIDAS DE MASSA
NA BACIA DO RIO CAMBURU, CARAGUATATUBA- SP**

Marina Mendes Coura

Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Rio Claro (SP)

2016

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

MARINA MENDES COURA

AVALIAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE
CORRIDAS DE MASSA NA BACIA DO RIO CAMBURU,
CARAGUATATUBA- SP

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Geociências e
Ciências Exatas - Câmpus de Rio Claro,
da Universidade Estadual Paulista Júlio
de Mesquita Filho, para obtenção do grau
de Geóloga.

Rio Claro - SP

2016

551.42 Coura, Marina Mendes
C858a Avaliação da suscetibilidade a ocorrência de corridas de
massa na Bacia do Rio Camburu, Caraguatatuba - SP / Marina
Mendes Coura. - Rio Claro, 2016
45 f. : il., figs., tabs., quadros, fots., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Geologia) -
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e
Ciências Exatas
Orientador: Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

1. Geomorfologia. 2. Movimentos de massa. 3.
Compartimentação fisiográfica. 4. Corridas de detritos. I.
Título.

*Aos meus pais, José Celso e Mônica,
e minha irmã, Laura.*

“Imagination is the essence of discovery”

(Winston)

RESUMO

As corridas de massa são movimentos que ocorrem ao longo de drenagens, com velocidades médias a altas, deslocam um grande volume de material e podem ser divididas em quatro tipos: corridas de terra, areia, lama e detritos. Em 1967, registrou-se um dos maiores acidentes causados por corridas de massa na cidade de Caraguatatuba – SP, devido às fortes chuvas na região (586 mm em 48 horas). O presente trabalho teve como objetivo a elaboração do mapa de suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa na Bacia do Rio Camburu. Para atingir o objetivo, foram elaborados de mapas de hipsometria, declividade, uso e cobertura da terra, compartimentação fisiográfica e cicatrizes de escorregamento. Para elaborar o mapa de suscetibilidade, foi feita a atribuição de pesos de influência para os fatores do meio físico e antrópico e notas parciais para cada classe de cada fator para cada unidade do mapa de compartimentação fisiográfica. Os fatores escolhidos para o meio físico foram o tipo e espessura das rochas, solo e materiais inconsolidados; amplitude do relevo; declividade do relevo; forma dos vales; forma de encosta/vertente e densidade textural. Para o meio antrópico, foi utilizado o uso e cobertura da terra. O produto principal do trabalho foi o mapa de suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa. Com os resultados obtidos foi possível observar uma predominância de áreas com média suscetibilidade. A planície é classificada como baixa suscetibilidade e as áreas mais suscetíveis correspondem as unidades fisiográficas II e V.

Palavras-chave: movimentos de massa; suscetibilidade; compartimentação fisiográfica; corridas de detritos.

ABSTRACT

The mass flows are movements that occur along drainages, with medium and high speeds, displacing a large volume of material and can be divided in four types: earth flow, sand flow, mudflow and debris flow. In 1967, one of the largest accidents caused by flows occurred in Caraguatatuba – SP, due to strong rains in the region (586 mm in 48 hours). The present work has as objective the elaboration of a map of susceptibility to occurrence of mass flows in the Camburu River Basin. To achieve the objective, it was elaborated maps of hypsometry, declivity, use and coverage of the land, physiographic subdivision and landslides scars. In order to elaborate the susceptibility map, influence weights were attributed to physical and anthropic factors and partial notes for each class of each factor for each physiographic unit. The physical environment factors were the type and thickness of rocks, soil and unconsolidated materials; relief amplitude; relief slope; valley forms; hillside/strand forms and textural density. For the anthropic environment it was used the use and land cover. The main product of the work was the susceptibility to occurrence of debris flow map. With the obtained results, it was possible to observe a predominance of medium susceptibility areas. The plain is classified as low susceptibility and the most susceptible areas correspond to the physiographic units II and V.

Key words: mass movements; susceptibility; physiographic subdivision; debris flow.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da sub-bacia do Rio Camburu, em Caraguatatuba – SP.....	3
Figura 2 – Movimentos de massa. (A) Quedas; (B) Tombamentos (C) Escorregamento rotacional; (D) Escorregamento translacional; (E) Corridas de detritos (<i>debris flow</i>); (F) Corrida de terra (<i>earthflow</i>); (G) Expansões laterais.....	6
Figura 3 – (A) Fluxo de detritos no Morro do Quitite (1996); (B) Fluxo de detritos em Petrópolis(1988).....	11
Figura 4 – Cicatrizes de escorregamento no evento de 1967 em Caraguatatuba – SP.....	11
Figura 5 – Mapa de precipitação acumulada e mapa de anomalia de precipitação, respectivamente. Dados referentes ao mês de março de 1967.....	13
Figura 6 – (A) Alargamento do Rio Santo Antônio após debris flow (março de 1967); (B) Serra de Caraguatatuba, em 1967, após a ocorrência de escorregamentos.....	15
Figura 7 – Fluxograma das etapas de trabalho.....	16
Figura 8 – Mapa hipsométrico da Bacia do Rio Camburu.....	29
Figura 9 – Mapa de declividade da Bacia do Rio Camburu.....	30
Figura 10 – Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia do Rio Camburu.....	31
Figura 11 – Mineração da Fazenda Pecuária Serramar.....	33
Figura 12 – Transição da planície fluvial do Rio Camburu e escarpas da Serra do Mar.....	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro sintético da concepção de Sharpe sobre a sistematização dos movimentos de massa.....	4
Quadro 2 – Classificação de movimentos de massa proposta por Varnes (1978).....	5
Quadro 3 – Classificação de movimentos de massa e suas principais características propostas por Augusto Filho (1992).....	7
Quadro 4 – Histórico de movimentos de massa no Sul e Sudeste do Brasil.....	10
Quadro 5 – Síntese das fases da catástrofe que se abateu na cidade de Caraguatatuba no ano de 1967, devido a chuvas muito violentas de recorrência milenar.....	14
Quadro 6 – Análise e interpretação fotogeológica da densidade textural, formas e características do relevo e estruturas geológicas.....	20
Quadro 7 – Critérios, fatores, classes e pesos utilizados para avaliação e classificação da suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa.....	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes de declividade.....	28
Tabela 2 – Declividades da Bacia do Rio Camburu e suas respectivas áreas e porcentagens.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DATUM – dado (latim)

EMPLASA – Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano SA

GPS – *Global Positioning System*

IAEG – *International Association for Engineering Geology and the Environment*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

SEADE – Sistema Estadual de Análise de Dados

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

TIN – *Triangular Irregular Network*

UTM – *Universal Transversal de Mercator*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Apresentação.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Localização da área.....	2
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	4
2.1. Movimentos de massa e suas classificações.....	4
2.2. Corridas de detritos e suas características.....	8
2.3. Histórico de movimentos de massa no Sul e Sudeste do Brasil.....	9
2.4. Compartimentação fisiográfica.....	12
2.5. Evento em Caraguatatuba, 1967.....	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	16
3.1. Levantamento bibliográfico.....	17
3.2. Levantamento da base cartográfica e mapas temáticos da área de estudo.....	17
3.3. Elaboração do mapa de uso e cobertura da terra.....	18
3.4. Compartimentação fisiográfica da área de estudo em escala 1:50.000.....	18
3.5. Elaboração de mapa de cicatrizes com áreas afetadas por escorregamento.....	22
3.6. Levantamento de campo.....	22
3.7. Mapa final de suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa e detritos.....	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1. Caracterização da área de estudo.....	25
4.1.1. Geomorfologia.....	25
4.1.2. Geologia.....	26
4.1.3. Clima.....	26
4.2. Mapas temáticos da área de estudo.....	27
4.3. Mapa de cicatrizes de escorregamentos.....	32
4.4. Compartimentação fisiográfica da Bacia do Rio Camburu.....	32
4.4.1. Unidade I – Planície de deposição flúvio-marinha.....	32
4.4.2. Unidade II – Granitos e gnaisses em escarpas.....	34

4.4.3. Unidade III – Granitos e gnaisses em morros arredondados.....	35
4.4.4. Unidade IV – Granito e gnaisse em morros paralelos.....	35
4.4.5. Unidade V – Granito e gnaisse em relevo montanhoso.....	35
4.4.6. Unidade VI – Granito e gnaisse em média declividade.....	36
4.4.7. Unidade VII – Granito e gnaisse com afloramentos rochosos.....	36
4.5. Mapa de suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa e detritos.....	37
5. CONCLUSÕES.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
APÊNDICES.....	45
APÊNDICE A – MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA	
APÊNDICE B – MAPA DE SUSCETIBILIDADE A OCORRÊNCIA DE CORRIDAS DE MASSA	

1. INTRODUÇÃO

1.1.Apresentação

Os movimentos de massa são movimentos naturais que evoluem em uma encosta, podendo afetar toda a paisagem de uma área. Os movimentos podem ser divididos em quatro processos: rastejo, escorregamentos, corridas e quedas. O presente trabalho de conclusão de curso apresenta foco no processo das corridas e a suscetibilidade a ocorrência deste processo na região de Caraguatatuba – SP.

De acordo com Augusto Filho (1992), as corridas apresentam velocidades médias a altas, muitas superfícies de deslocamento, desenvolve-se ao longo das drenagens, mobiliza um grande volume de material, podendo ser rocha, solo, detritos e água, e apresenta um extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas. Existem diversos registros de corridas em área serrana, principalmente na Serra do Mar.

A Serra do Mar é considerada um local com alto potencial a ocorrência de escorregamentos que, posteriormente, podem evoluir para corridas de massa, devido a sua geologia e geomorfologia (GRAMANI, 2001). A Serra do Mar abrange uma extensa área no território brasileiro e, por isso, apresenta um histórico de ocorrências de corridas de massa e detritos. Os principais registros de eventos causadores de danos foram em Caraguatatuba, no ano de 1967, na Serra das Araras (RJ) em 1967, na Serra do Tubarão (SC) em 1974, na região de Petrópolis, no Rio de Janeiro em 1988, na Bacia do Rio do Papagaio (RJ) em 1966 (GRAMANI, 2001), em Cubatão (SP), na Refinaria Presidente Bernardes, em 1994 (KANJI et al., 2008), e o mais atual, ocorrido na região serrana do Rio de Janeiro, no ano de 2011.

Em 1967, no município de Caraguatatuba – SP, ocorreu um dos maiores acidentes causados por corrida de massas no território brasileiro. O acidente também é marcado como um dos mais expressivos já registrados no mundo (GRAMANI, 2001). O principal local afetado foi o vale do Rio Santo Antônio, devido a uma maior quantidade de pessoas habitando a área.

Os principais fenômenos relacionados a desastres naturais no Brasil são derivados da dinâmica externa da Terra, tais como inundações e enchentes, escorregamentos de solo e/ou rochas e tempestades. Esses fenômenos ocorrem associados a eventos pluviométricos intensos e prolongados, em períodos de alta pluviosidade. O aumento na incidência de desastres naturais é considerado, por diversos autores, como consequência do processo intenso de

urbanização, gerando crescimento desordenado das cidades em áreas impróprias à ocupação, devido a fatores geológicos e geomorfológicos (TOMINAGA et al., 2011).

As corridas de detritos provocam enormes danos sociais, econômicos e ambientais em diversas regiões do planeta, e, por isso, são desenvolvidas pesquisas a respeito dos mecanismos de deflagração, propagação e disposição dos materiais. No Brasil, muitos escorregamentos se transformam posteriormente em destrutivas corridas de detritos (GRAMANI, 2001).

No presente trabalho foi realizado a avaliação da suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa na região da Bacia do Rio Camburu, no município de Caraguatatuba – SP, determinando áreas que podem ser afetadas futuramente.

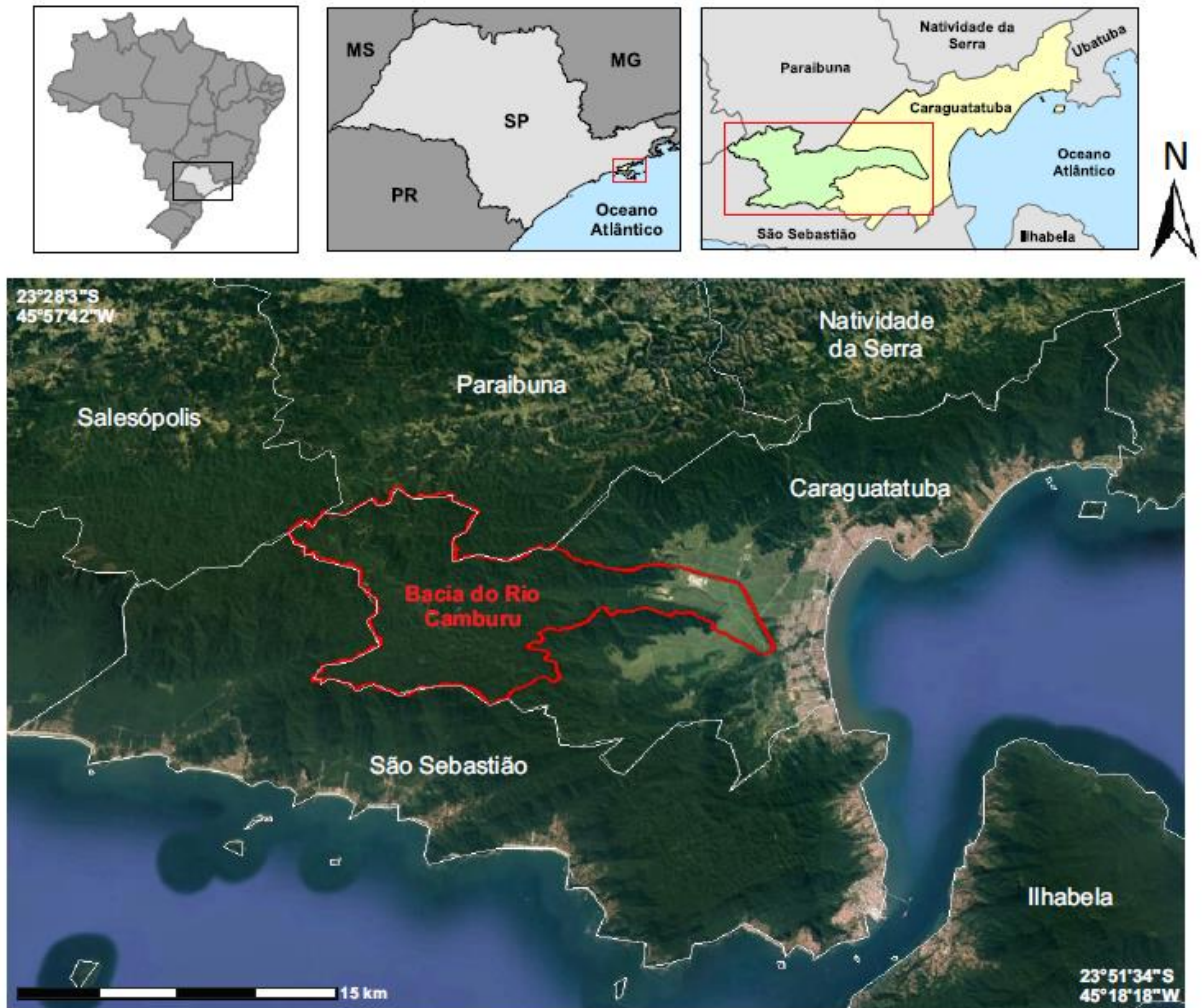
1.2. Objetivos

O objetivo principal do trabalho é elaborar um mapa de áreas suscetíveis à ocorrência de corridas de massa e detritos na região da Bacia Hidrográfica do Rio Camburu, no município de Caraguatatuba – SP, em escala 1:50.000, integrando os fatores do meio físico e antrópico.

1.3. Localização da área

A área de estudo (Figura 1) está localizada no município de Caraguatatuba, no litoral norte do Estado de São Paulo. A área compreende as Folhas Pico do Papagaio (SF-23-Y-D-V-2) e Caraguatatuba (SF-23-Y-D-VI-1). A sub-bacia do Rio Camburu está localizada na Bacia do Rio Juqueriquerê, no Planalto Atlântico e Província Costeira, e apresenta área total de 138,8 km².

Figura 1 – Localização da sub-bacia do Rio Camburu, em Caraguatatuba – SP.



Fonte: Google Earth (2016)

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Movimentos de massa e suas classificações

A classificação feita por Sharpe (1938), considerada uma das mais antigas classificações, correlaciona o tipo de movimento, dividido em dois grupos, (escoamento e escorregamento) e a velocidade com o tipo de material transportado, sendo solo ou rocha, gelo e água (Quadro 1). O trabalho de Sharpe (1938) foi considerado como a primeira classificação de movimentos de massa com vasta aceitação mundial, influenciando os trabalhos posteriores.

Quadro 1 – Quadro sintético da concepção de Sharpe sobre a sistematização dos movimentos de massa (Guidicini e Nieble, 1984).

	MOVIMENTO							
	TIPO	VEL.	GELO		SOLO ou ROCHA	ÁGUA		
			pred. GELO	SOLO ou ROCHA com gelo	SOLO ou ROCHA secos ou com quantidades reduzidas de gelo ou rocha	SOLO ou ROCHA com água	predomina ÁGUA	
com FRENTE LIVRE DE MOVIMENTAÇÃO	ESCOAMENTO	Geralmente Imperceptível Lento a Rápido	Transporte Glacial	Rocha detrito e/ou geleira	Rastejo de Rocha		Transporte Fluvial	
					Rastejo de Tálus			
				Solifluxão	Rastejo de Solo	Solifluxão		
					Corrida de Solo			
					Corrida de Lama <small>semifundamental ou câmbica</small>			
	ESCORREGAMENTO	Perceptível Rápido ou Lento a Rápido		Avalancha de Detritos		Avalancha de Detritos		
					Escorregamento Rotacional			
					Escorregamento de Detritos			
					Queda de Detritos			
					Escorregamento de Rocha			
sem FRENTE LIVRE	Escorregamento ou Escorregamento	Muito Rápido Rápido ou Lento		Queda de Rocha				
				Subsidência				

De acordo com Guidicini e Nieble (1984) a classificação de Sharpe (1938) é inviável para o meio físico brasileiro pelo fato de ter sido desenvolvida em um ambiente de condições climáticas diferentes.

Como dito anteriormente, a proposta de Sharpe (1938) serviu de base para outras classificações, entre elas as de Terzaghi (1950), Varnes (1958, 1978) e Hutchinson (1968). A classificação de Varnes (Quadro 2) é a mais utilizada no mundo, sendo considerada a classificação oficial da Associação Internacional de Geologia de Engenharia (IAEG).

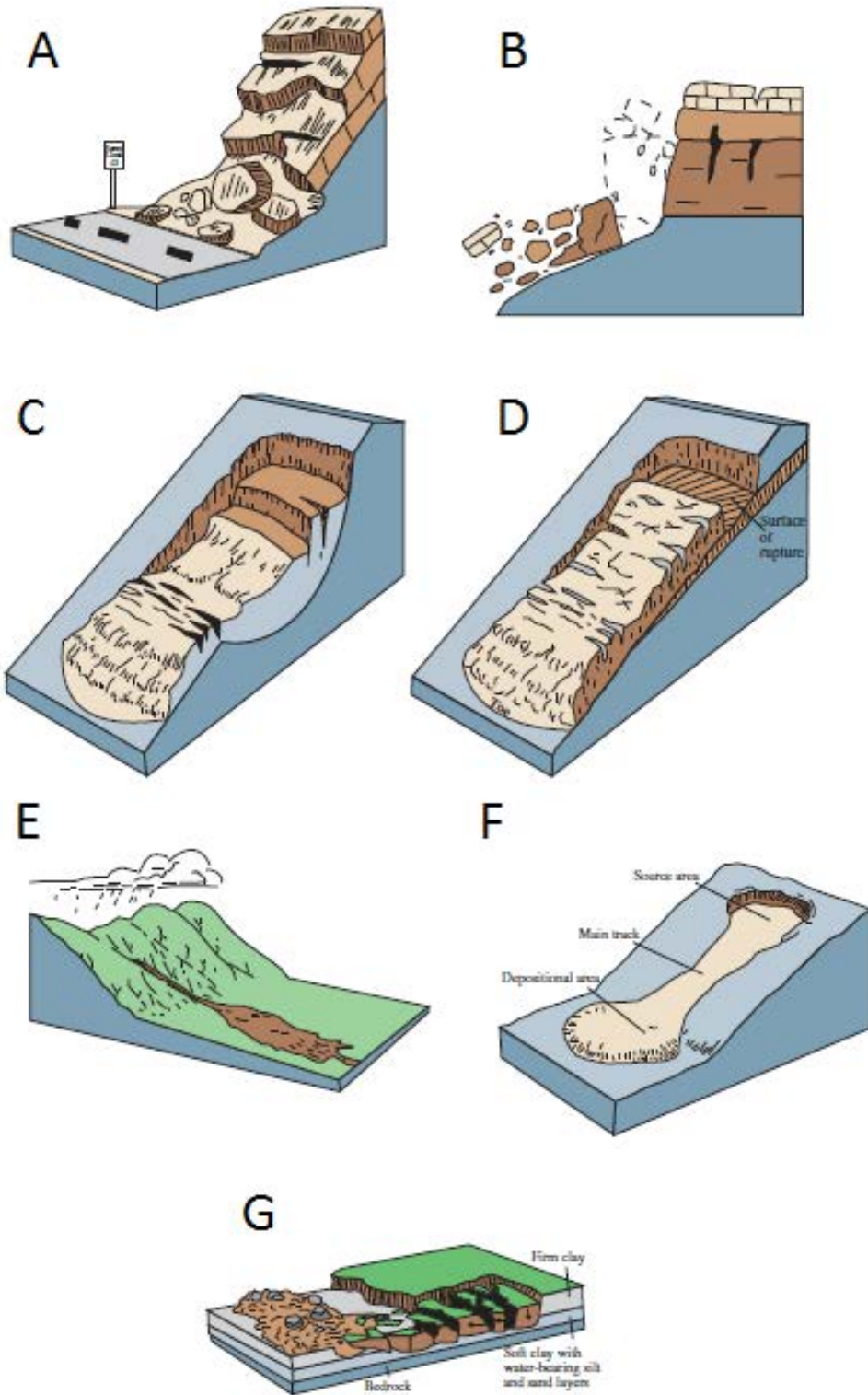
Quadro 2 – Classificação de movimentos de massa proposta por Varnes (1978).

Tipo de movimento			Tipo de material		
			Rocha	Solo (engenharia)	
				Grosseiro	Fino
Quedas ("fall")			de rocha	de detritos	de terra
Tombamentos ("topples")			de rocha	de detritos	de terra
Escorregamentos ("slides")	Rotacionais	poucas unidades	abatimento de rocha	abatimento de detritos	abatimento de terra
	Translacionais	muitas unidades	de blocos rochosos	de blocos de detritos	de blocos de terra
			de rocha	de detritos	de terra
Expansões laterais			de rocha	de detritos	de terra
Corridas/Escoamentos ("flows")			de rocha	de detritos	de terra
Complexos: combinação de dois ou mais tipos de movimentos, ação de vários agentes.					

O autor classifica os movimentos de massa a partir do tipo de movimento e o tipo de material (rocha / solo – grosseiro ou fino). Os movimentos foram divididos em cinco classes: quedas, tombamentos, escorregamentos (rotacionais e translacionais), expansões laterais e corridas/escoamentos. As corridas são subdivididas a partir da velocidade do movimento e o conteúdo de água dos materiais.

A Figura 2 a seguir mostra um esquema dos tipos de movimentos de massa de acordo com a classificação de Varnes.

Figura 2 – Movimentos de massa. (A) Quedas; (B) Tombamentos; (C) Escorregamento rotacional; (D) Escorregamento translacional; (E) Corrida de detritos (*debris flow*); (F) Corrida de terra (*earthflow*); (G) Expansões laterais.



Fonte: Modificado de USGS (2004)

No cenário brasileiro, a principal classificação foi proposta por Augusto Filho (1992), baseada na classificação de Varnes (1958). Augusto Filho (*op.cit*) divide os movimentos de massa em quatro classes: rastejos (*creep*), escorregamentos (*slides*), quedas (*falls*) e corridas (*flows*). O Quadro 3 a seguir apresenta a classificação dos movimentos de massa, com suas classes e características.

Quadro 3 – Classificação de movimentos de massa e suas principais características proposta por Augusto Filho (1992).

Processos	Características do movimento, material e geometria
Rastejo (<i>creep</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ vários planos de deslocamentos (internos) ▪ velocidades muito baixas (cm/ano) a baixas e decrescentes com a profundidade ▪ movimentos constantes, sazonais ou intermitentes ▪ solo, depósitos, rocha alterada/fraturada ▪ geometria indefinida
Escorregamentos (<i>slides</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ poucos planos de deslocamento (externos) ▪ velocidades médias (m/h) e altas (m/s) ▪ pequenos a grandes volumes de material ▪ geometria e materiais variáveis: ▪ planares → solos poucos espessos, solos e rochas com um plano de fraqueza; ▪ circulares → solos espessos homogêneos e rochas muito fraturadas ▪ em cunha → solos e rochas com dois planos de fraqueza
Quedas (<i>falls</i>)	<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 variável: lascas, placas, blocos, etc. ▪ rolamento de matacão ▪ tombamento
Corridas (<i>flows</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ muitas superfícies de deslocamentos (internas e externas à massa em movimentação) ▪ movimentos semelhantes ao de um líquido viscoso ▪ desenvolvimento ao longo das drenagens ▪ velocidades médias a altas ▪ mobilização de solo, rocha, detritos e água ▪ grandes volumes de material ▪ extenso raio de alcance, mesmo em áreas planas

2.2. Corridas de detritos e suas características

De acordo com Augusto Filho (1992) as corridas são movimentos que ocorrem ao longo de drenagens, com velocidades médias a altas, deslocando um grande volume de material, como solo, rocha e detritos.

Para Guidicini e Nieble (1984), as corridas de massa são divididas em quatro tipos diferentes: corrida de terra (*earth flow*), corrida de areia (*sand flow*), corrida de lama (*mud flow*) e corrida de detritos (*debris flow*).

As corridas de detritos podem ser definidas, de acordo com Infanti Jr & Fornasari Filho; Takahashi (1998), como “uma dinâmica híbrida, regida pelas mecânicas dos solos e dos fluídos, pela mobilização de grande quantidade de material e pelo extenso raio de alcance, maior que escorregamentos comuns”. A corrida apresenta duas fases, sendo uma líquida e outra sólida, composta por areia, pedras, blocos de grandes dimensões e detritos orgânicos (GRAMANI, 2001).

As principais características das corridas de detritos são: velocidade, transporte de blocos de rocha, feições sedimentares, distância percorrida e volume mobilizado.

A velocidade de uma corrida de detritos depende diretamente do material que ela está transportando e da geometria dos canais de drenagem. A granulometria, teor de argila e concentração de sólidos são características do material que influenciam a velocidade de uma corrida.

Para realizar o cálculo da velocidade, muitos pesquisadores utilizam como principais parâmetros a profundidade média do fluxo e a inclinação dos canais (GRAMANI, 2001). A fórmula geral para o cálculo é apresentado na equação abaixo:

Equação 1 – Equação geral do cálculo da velocidade de corridas de detritos.

$$V = a \times h^{-b} \times S^c$$

Onde:

a, b, c – constantes que variam para cada local

S – declividade do canal

H – espessura média da corrente (m)

As corridas de detritos são capazes de transportar blocos de rocha por grandes distâncias. Os blocos podem variar de tamanho e peso (quilos até toneladas) e podem ser transportados em apenas um ou mais fluxos.

Kanji et al. (1997) propôs uma curva que mostra a relação do diâmetro dos blocos e a inclinação da superfície de drenagem. A medida que há uma diminuição na inclinação das drenagens também diminui o tamanho dos blocos que são depositados.

A deposição dos sedimentos das corridas de detritos ocorre em conjunto, mantendo a distribuição granulométrica e a disposição das partículas. Os materiais de diferentes granulometrias são depositados simultaneamente.

As corridas de detritos podem alcançar grandes distâncias de deslocamento a partir da sua área fonte. IPT (1988) explica que os fatores intrínsecos e os fatores extrínsecos ao material influenciam a grande distância alcançada pelas corridas de detritos. Os fatores intrínsecos favorecem a mobilidade da corrida; já os fatores extrínsecos favorecem a mobilização do material.

O volume mobilizado pela corrida de detrito varia desde poucos metros cúbicos de sedimentos até milhões de m³. O volume total de material transportado depende de dois fatores principais: o tamanho da área fonte e a vulnerabilidade dos materiais a serem mobilizados ou rapidamente erodidos devido às condições de fluxo (HUNGR et al., 1984).

2.3. Histórico de movimentos de massa no Sul e Sudeste do Brasil

O Brasil apresenta um grande histórico de eventos de movimentos de massa em todo seu território. De acordo com Polanco (2010) as áreas mais suscetíveis a ocorrências de movimentos de massa estão localizadas em áreas montanhosas, como a Serra do Mar, Serra da Mantiqueira e Serra Geral (Figuras 3 e 4).

O Quadro 4 organiza os principais movimentos de massa que ocorreram na região Sul e Sudeste do Brasil, registrando a localização e o ano.

Quadro 4 – Histórico de movimentos de massa no Sul e Sudeste do Brasil.

Estado	Local	Ano
RJ	Serra das Araras, Rio de Janeiro	1967
SP	Caraguatatuba	1967
SP	Viaduto IV, Santos	1971
SP	Ubatuba	1971
SP	Campos do Jordão	1972
SC	Tubarão	1974
SP	Grota Funda	1976
SP	Lavrinhas	1986
RJ	Petrópolis	1988
SP	Bacia do Rio das Pedras, Cubatão	1994
SC	Timbé do Sul	1995
SP	Bacia do Rio das Pedras, Cubatão	1996
SP	Ubatuba	1996
RJ	Maçico do Quitite e Papagaio, Rio de Janeiro	1996
SP	Rodovia Anchieta	1999
SP	Campos do Jordão	2000
SC	Vale do Itajaí	2008
RJ	Morro do Carioca, Angra dos Reis	2010
RJ	Nova Friburgo	2011
RJ	Teresópolis	2011
RJ	Petrópolis	2011
SP	Cubatão	2013
SP	São Sebastião	2016

Fonte: Augusto Filho (1993), Gramani (2001), Kanji (2008) e Nery (2016)

Figura 3 – (A) Fluxo de detritos no Morro do Quitite (1996); (B) Fluxo de detritos em Petrópolis (1988).



Fonte: Polanco (2010)

Figura 4 – Cicatrizes de escorregamento no evento de 1967 em Caraguatatuba – SP.



Fonte: Polanco (2010)

2.4. Compartimentação fisiográfica

A compartimentação fisiográfica baseia-se na divisão do meio físico em unidades homólogas, em relação às características dos elementos presentes e características das atividades antrópicas, a partir das diferenças de homogeneidade. As unidades são determinadas a partir de uma análise fisiográfica e análise de produtos de sensoriamento remoto.

Em um trabalho de sensoriamento remoto, Vedovello (1993) identificou unidades fisiográficas com diferentes níveis hierárquicos de classificação. Província, zona, subzona e unidade foram os termos escolhidos pelo autor (*op.cit*) para determinar os níveis taxonômicos. Desta maneira, foram determinadas as UBCs (unidades básicas de compartimentação), que apresentam características geotécnicas distintas, referentes à análise do relevo e drenagem. Para Vedovello e Mattos (1998) há um predomínio de determinados elementos fisiográficos sobre outros, dependendo do nível hierárquico ou taxonômico considerado. De acordo com Maretti (1989), as propostas de compartimentação fisiográfica apresentam a correlação natural entre os elementos do meio físico, assim, a escolha de um ou alguns desses elementos serve para identificar unidades onde ocorrem associações específicas.

Para realizar a análise do meio físico, Ross (1995) apresentou duas nomenclaturas: a análise integrada e a análise multitemática. A primeira consiste na elaboração de um produto cartográfico por meio de uma análise integral dos elementos do meio (relevo, geologia, solo, vegetação, uso do solo) para identificar diferentes unidades, que podem refletir limites concretos no espaço. A segunda nomenclatura apresenta um conjunto de produtos obtidos separadamente, ocasionando certas dificuldades no momento da integração e análise entre os dados deste produto.

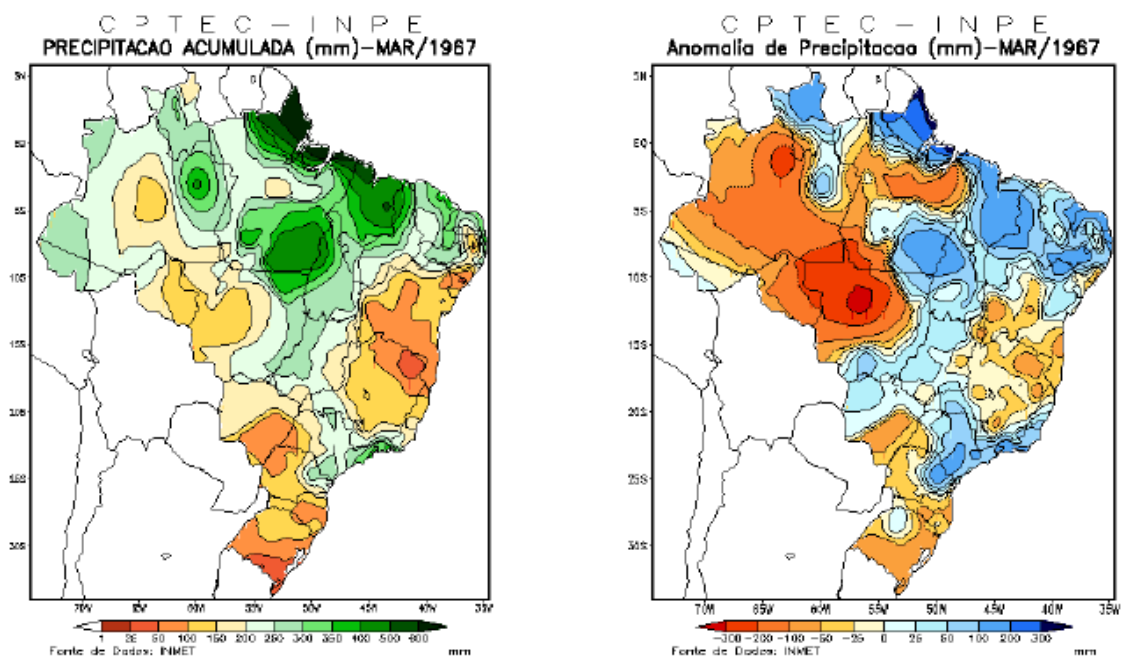
2.5. Evento em Caraguatatuba, 1967

No mês de março de 1967, ocorreu, em Caraguatatuba – SP, um dos maiores acidentes envolvendo movimentos de massa já registrados no mundo. O acidente ocorreu devido às fortes chuvas que caíram na região da Serra do Mar. A análise dos dados pluviométricos mostra que no mês de março foram registrados cerca de 945,6 mm de chuva, sendo que nos dias 17 e 18 foram registrados, respectivamente, 260 mm e 324,5 mm (IPT, 1988). Em um período de 48 horas, as chuvas atingiram uma marca de 586 mm. Os escorregamentos

ocorreram nas encostas da Serra do Mar e o material detrítico mobilizado convergiu para os canais de drenagem escoaram em fluxos de detritos (GOMES et al., 2008).

Os dados do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) mostram a chuva acumulada, em mm, no mês de março do ano de 1967 e a anomalia da precipitação, no mesmo período (Figura 5). No mapa de precipitação acumulada, as áreas na cor verde representam um maior número de dias com precipitação no mês; no mapa de anomalia de precipitação, as áreas representadas pela cor azul indicam as anomalias positivas de precipitação, ou seja, as áreas onde ocorreram chuvas acima da média.

Figura 5 – Mapa de precipitação acumulada e mapa de anomalia de precipitação, respectivamente. Dados referentes ao mês de março de 1967.



De acordo com Gramani (2001), os movimentos de massa ocorreram num raio variando de 7 a 15 km de extensão. Os processos que ocorreram tiveram uma variação no comportamento ao longo do tempo e espaço, alterando suas características dinâmicas conforme o escoamento, ocorrendo de “debris flows” (corrida de detritos/blocos de rocha), “mud flows” (corrida de lama) e “mud flood” (enchente com alta concentração de material sólido) (IPT, 1988). A região mais afetada de Caraguatatuba foi a Bacia do Rio Santo Antônio, onde sua drenagem alargou, em alguns pontos, cerca de 50 a 60 metros (de 10-20 m

para 60-80 m) de largura (Figura 6-A), chegando a acumular depósitos com cerca de 4 a 5 metros de espessura. O Quadro 5 detalha o processo do evento, dividido em quatro etapas principais.

Quadro 5 – Síntese das fases da catástrofe que se abateu na cidade de Caraguatatuba no ano de 1967, devido a chuvas muito violentas de recorrência milenar

Fase	Denominação	Síntese do evento
Dia 18	Primeiras horas da manhã	Começaram a cair as primeiras barreiras. Às 13h veio a avalanche total de pedras, árvores e lama dos morros do Cruzeiro, Jaraguá e Jaraguazinho, enquanto outra frente se abria no vale do Rio Santo Antônio
1ª Fase	Enchente inicial (12:00 - 16:00)	Nível do Rio Santo Antônio se elevou em alguns metros e em alguns pontos a água extravasou nas margens, forçando a população a procurar lugares mais seguros. Este fato auxiliou muitas pessoas a salvarem suas vidas antes da 2ª fase.
2ª Fase	Escorregamentos (16:00 - 16:30)	Fase crítica dos escorregamentos, pois alguns já tinham ocorrido. Escorregamentos generalizados. A superfície de ruptura atingia, na maior parte dos casos, a rocha sã, expondo muitas cicatrizes.
3ª Fase	"Debris flow" (16:15 - 17:00)	Os escorregamentos que atingiriam as linhas de drenagem foram mobilizados (solo, rocha, árvore, água) canalizados, retidos e acumulados em barramentos naturais. Com o aumento do material acumulado e aumento da pressão, ocorreu o rompimento violento destes, gerando "debris flow". Segundo testemunhas, o fato foi precedido de forte barulho (~trovão), com o material movimentando-se em forma de onda. Próximo a Caraguatatuba, transformou-se num "mud flow".
4ª Fase	Enchente por bloqueio (17:00 - 18:00)	A ponte metálica localizada próximo a desembocadura do Rio Santo Antônio foi completamente bloqueada por troncos de árvores, trazidos pelos "debris flow", formando um represamento natural, originando uma enchente de grandes dimensões. A região a montante transformou-se num imenso reservatório de água e sedimentos em suspensão. Como consequência a ponte entrou em colapso e liberou o material

Fonte: Gramani (2001)

Na Serra de Caraguatatuba (Figura 6-B) os escorregamentos foram conduzidos pela alta declividade, associada às chuvas (GRAMANI, 2001). Cruz (1974) afirma que as vertentes mais atingidas foram as que apresentam declives acima de 25°, impulsionando movimentos de massa.

Figura 6 – (A) Alargamento do Rio Santo Antônio após debris flow (março de 1967); (B) Serra de Caraguatatuba, em 1967, após a ocorrência dos escorregamentos.

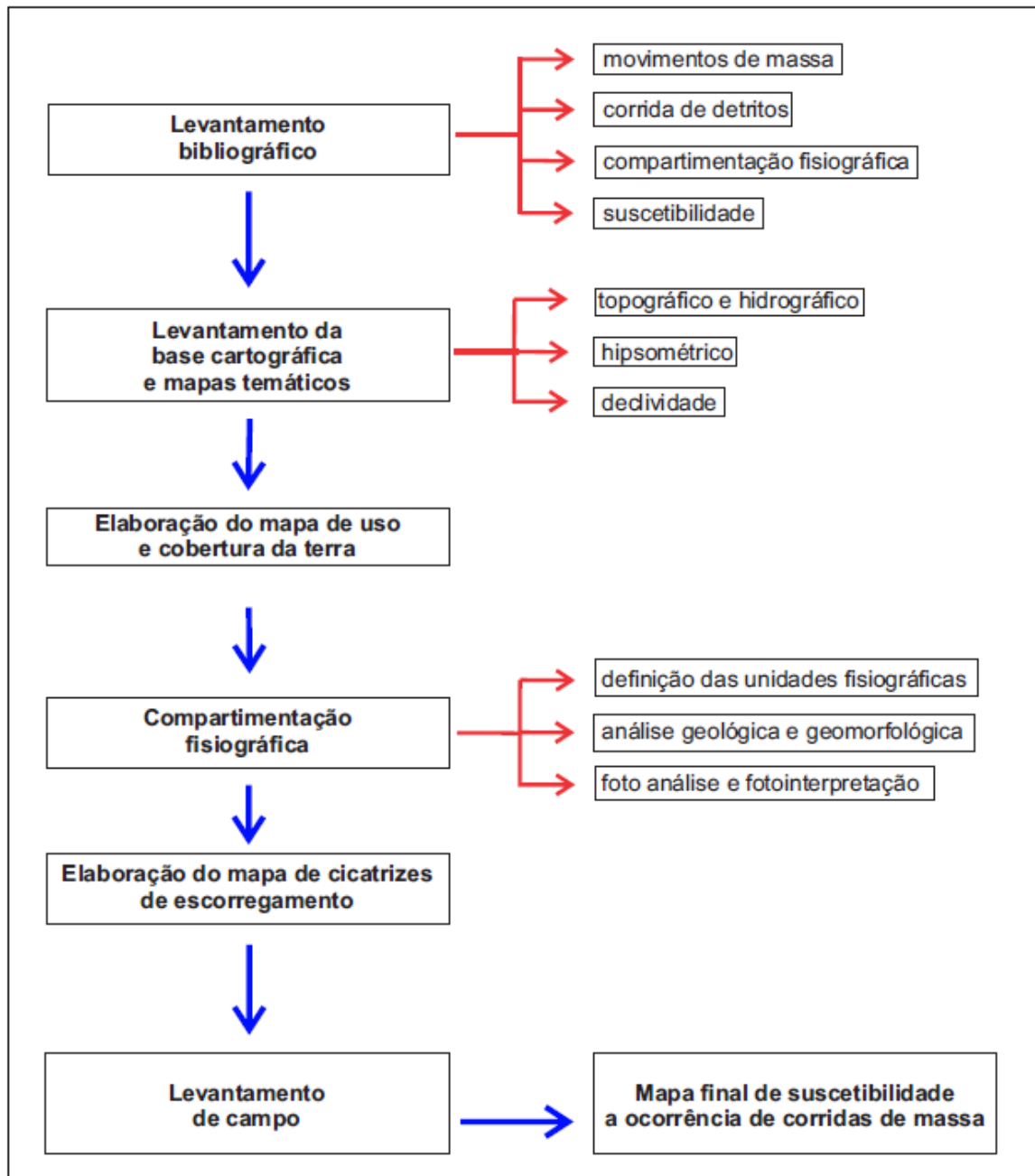


Fonte: (A) Acervo do Arquivo Municipal de Caraguatatuba; (B) Gramani (2001)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta os materiais e métodos utilizados para elaboração deste trabalho de conclusão de curso. O fluxograma (Figura 7) a seguir apresenta as etapas do processo.

Figura 7 – Fluxograma das etapas do trabalho



3.1. Levantamento bibliográfico

Nesta primeira etapa foi realizado um levantamento bibliográfico relacionado à temática do trabalho. Para a realização da pesquisa foram selecionadas palavras-chave, sendo as principais: movimentos de massa, corrida de detritos, compartimentação fisiográfica, suscetibilidade a corrida de massa e detritos e cicatrizes de escorregamentos.

Para realizar a busca de teses, dissertações, trabalhos acadêmicos e livros foram utilizados os bancos de dados bibliográficos de universidades, como UNESP (catálogo Athena), USP, UNICAMP, UFRJ, entre outras; Scientific Electronic Library Online (SciELO) e GeoScienceWorld.

3.2. Levantamento da base cartográfica e mapas temáticos da área de estudo

A segunda etapa do trabalho foi o levantamento da base cartográfica e elaboração dos mapas temáticos da área. Primeiro foram adquiridas as cartas topográficas correspondentes a área de estudo em escala 1:50.000 no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As duas cartas utilizadas foram Pico do Papagaio (FOLHA SF-23-Y-D-V-2) e Caraguatatuba (FOLHA SF-23-Y-D-VI-1). Utilizando o *software ArcGIS® 10.2.2*, as cartas foram georreferenciadas e vetorizadas. Para realizar o georreferenciamento, é necessário determinar, no mínimo, quatro pontos de controle em cada canto da carta.

O primeiro mapa elaborado foi o topográfico e hidrográfico, vetorizando as curvas de nível, pontos cotados e a rede de drenagens da Bacia do Rio Camburu, em escala 1:50.000. Em seguida, foi confeccionado o mapa hipsométrico utilizando a ferramenta *create TIN* no *software ArcGIS® 10.2.2*, adicionando os *shapes* de curvas de nível, pontos cotados e o limite da bacia. Foram criadas 17 classes de elevação do terreno, variando de 5 até 1300 metros.

O mapa de declividade foi elaborado a partir do *TIN* utilizado no mapa hipsométrico, adicionando a classe “*slope*” nas propriedades do *shape*. Foram definidas cinco classes de declividade do terreno, em graus, representadas por suas respectivas cores no mapa: 0 a 5° (verde escuro), 5° a 15° (verde claro), 15° a 30° (amarelo), 30° a 45° (laranja) e maior que 45° (vermelho).

Todos os mapas foram elaborados em escala 1:50.000, utilizando o sistema de coordenadas planas UTM (Universal Transversal de Mercator), *datum* SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas)

3.3. Elaboração do mapa de uso e cobertura da terra

O mapa de uso e cobertura da terra (Apêndice D) foi elaborado nessa etapa da pesquisa, onde foi realizada uma análise visual, utilizando imagens de satélite obtidas com o *software Google Earth 7.1* e as ortofotos de 2011, em escala 1:25.000. Para a classificação do uso e cobertura da terra foram utilizadas as classes definidas pelo Manual técnico de uso da terra (IBGE, 2013). A área de estudo apresenta quatro classes de uso e cobertura da terra: pastagem, distrito industrial, mineração e floresta.

3.4. Compartimentação fisiográfica da área de estudo em escala 1:50.000

Segundo Oliveira (2004), a compartimentação fisiográfica é um procedimento onde os elementos do meio físico são agrupados de acordo com suas semelhanças e diferenças. Os elementos devem apresentar características em comum para serem agrupados em uma mesma unidade, portanto, a compartimentação deve ser precedida por um processo classificatório. Vedovello e Mattos (1998) afirmam que a compartimentação fisiográfica divide uma determinada região em áreas que apresentem características fisiográficas homogêneas e que sejam distintas das áreas adjacentes.

Os trabalhos de Guy (1966), Riverau (1972) Soares e Fiori (1976) apresentam um método lógico de fotointerpretação para realização da compartimentação fisiográfica. Neste método, a fotointerpretação é dividida em três etapas: fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação. De acordo com Soares e Fiori (1976) as etapas são definidas da seguinte maneira:




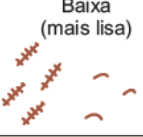
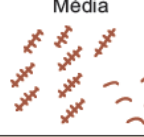
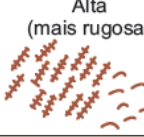

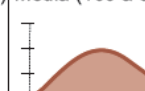
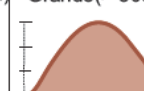
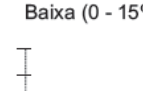
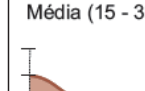
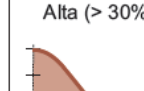












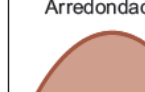
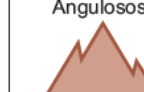
- **fotoleitura:** reconhecimento e identificação dos elementos das imagens com os objetivos correspondentes e suas repartições;
- **foto-análise:** estudos das relações entre as imagens, associação e ordenação das partes de imagens;
- **fotointerpretação:** estudo da imagem fotográfica visando à descoberta e avaliação, por métodos indutivos, dedutivos e comparativos do significado, função e relação dos objetos correspondentes às imagens. (SOARES; FIORI, 1976, p. 01)

A compartimentação fisiográfica foi realizada utilizando as imagens de satélite obtidas pelo *software Google Earth 7.1* como material principal, além de auxílio das ortofotos da Emplasa, em escala 1:25.000, e dos mapas gerados na etapa 3.2 da pesquisa. Assim que as unidades foram identificadas, foi elaborado um mapa de compartimentação fisiográfica

(Apêndice F) no software *ArcGIS® 10.2.2*, em escala 1:50.000, coordenadas UTM e *datum* SIRGAS2000.




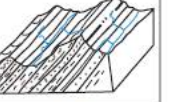


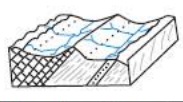


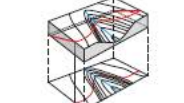
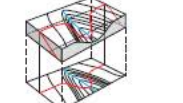
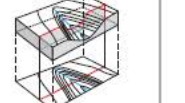




Junto com o mapa de compartimentação fisiográfica foi elaborado um quadro com as características principais de cada unidade, reunindo os dados obtidos pela fotoanálise e fotointerpretação. A fotoanálise e fotointerpretação foram baseadas no Quadro 6 proposto por Zaine (2011).

Quadro 6 - Análise e interpretação fotogeológica da densidade textural, formas e características do relevo e estruturas geológicas.

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km ²) 	Média (5 a 30/10 km ²) 	Alta (> 30/ km ²) 
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)
2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande (> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al, (1995)</small>		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel	Média	Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise Registros de processos geológicos	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto	

Fonte: Zaine (2011)

Continuação do Quadro 6.

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Tropa				
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)				
	c) Regra dos Vs				
	d) Sinuosidade* (drenagem)				
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)</small>			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espaçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Homogênea	Mista	Heterogênea	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Baixo	Médio	Alto	
Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta		
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	

4. Análise complementar		CLASSES		
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos			
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilosas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos	
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d'água**
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reforestamento)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Solo exposto	Presente		Ausente
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)

Fonte: Zaine (2011)

3.5. Elaboração de mapa de cicatrizes com áreas afetadas por escorregamento

Nesta etapa da pesquisa foi elaborado um mapa de cicatrizes de escorregamento da bacia (Apêndice E). Para confeccionar o mapa foram utilizadas ortofotos obtidas pela Emplasa (Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano AS), correspondentes ao ano de 2012, em escala 1:10.000, e imagens de satélite obtidas com o *software Google Earth 7.1*. A ortofoto é uma representação fotográfica de uma área, onde os elementos encontram-se todos em uma mesma escala, sem a presença de erros.

Os critérios adotados para reconhecimento das cicatrizes foram a ausência de vegetação, tonalidade, cor, posição na vertente, forma, dimensão e orientação na vertente (FERREIRA et al., 2008). O registro das cicatrizes foi feito através da análise visual das imagens, com auxílio do mapa topográfico e hipsométrico. Junto com o mapa, foi elaborado uma tabela com dados de cada cicatriz, como área, altitude, geologia, forma de encosta e bacia hidrográfica.

Assim como na etapa 3.2, o mapa foi elaborado no *software ArcGIS® 10.2.2*, na escala 1:50.000, em sistema de coordenadas UTM e *datum* SIRGAS2000.

3.6. Levantamento de campo

Durante a pesquisa, foram realizados três trabalhos de campo para a região de Caraguatatuba e São Sebastião, municípios localizados no litoral norte do estado de São Paulo. A primeira etapa de campo teve o propósito de reconhecimento da área de estudo e suas vias de acesso. A bacia do Rio Camburu apresenta apenas uma via de acesso, sendo de extrema dificuldade o acesso à área. Por esse motivo muitos pontos de campo foram feitos em outras bacias próximas da área, no município de Caraguatatuba e São Sebastião.

Foram preenchidas fichas de campo durante os levantamentos, onde foram registradas as coordenadas dos pontos e suas respectivas altitudes, utilizando um GPS, as características do meio físico e do meio antrópico, a geologia e geomorfologia da área e se foram feitas coletas de amostras deformadas e/ou indeformadas. Os registros de movimentos de massa, como depósitos de corrida de massa e detritos e cicatrizes de escorregamento também são descritos na ficha. Além das anotações, a coleta de dados também é feita através de fotografias.

Os dados coletados em campo são utilizados para complementar e ajustar a caracterização das unidades fisiográficas delimitadas no mapa e na tabela elaborada durante a etapa 3.4.

3.7. Mapa final de suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa e detritos

O mapa de suscetibilidade integra todos os dados obtidos nas etapas anteriores da pesquisa, principalmente os mapas hipsométrico, de declividade e compartimentação fisiográfica. Para elaboração dos mapas foi atribuído pesos aos fatores do meio físico e do meio antrópico. Primeiro, os mapas foram convertidos para o formato *raster* no software *ArcGIS® 10.2.2*, utilizando a ferramenta *Polygon to Raster*. Após a conversão, foi utilizada a ferramenta *Reclassify* para alterar os valores do arquivo *raster*, atribuindo diferentes valores para as classes dos fatores. Para sobreposição dos mapas, foi utilizada a ferramenta *Weighted Overlay* onde foram definidos pesos para cada fator do meio físico e meio antrópico, 75% e 25%, respectivamente, e resultando no mapa de suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa (Apêndice B). O mapa de compartimentação fisiográfica determinou a classe predominante de cada fator do meio físico para cada unidade. A declividade predominante do relevo de cada unidade é um fator de grande influência para ocorrência de corridas de massa, visto que os escorregamentos se desenvolvem nas encostas e podem, posteriormente, se desenvolver para um processo de corrida de massa, portanto, foi definido como fator com o maior peso do meio físico. Quanto maior for a declividade predominante na unidade, a ocorrência do processo de corrida de massa será mais favorável. O quadro (Quadro 7) a seguir apresenta os fatores, classes e pesos utilizados para elaboração do mapa final.

Quadro 7 – Critérios, fatores, classes e pesos utilizados para avaliação e classificação da suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa.

Critérios	Fatores	Pesos	Classes	Nota parcial
Meio Físico	Tipo e espessura das rochas, solo e materiais inconsolidados	0,10	Solo argiloso bastante coeso	1
			Solo areno-argiloso e areno-siltoso	2
			Solos aluvionares, depósitos com materiais inconsolidados e colúvio	3
	Amplitude do relevo	0,10	Baixa (0 a 100m)	1
			Média (100 a 300m)	2
			Alta (>300m)	3
	Declividade do relevo	0,20	Baixa (0 a 15°)	1
			Média (15 a 30°)	2
			Alta (>30°)	3
	Forma dos vales	0,15	Vales abertos em planícies aluviais e baixos topográficos	1
			Vales abertos	2
			Vales fechados e encaixados	3
	Forma de encosta/vertente	0,10	Convexas e superfícies planas	1
			Retilíneas	2
			Côncavas	3
Densidade textural	0,10	Baixa	1	
		Média	2	
		Alta	3	
Meio Antrópico	Uso e cobertura da terra	0,25	Floresta	1
			Pastagem	2
			Mineração e distrito industrial	3

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo da pesquisa é a Bacia do Rio Camburu, sub-bacia da Bacia hidrográfica do Rio Juqueriquerê (formada pelos rios Claro, Camburu e Piraçununga). Está localizada no município de Caraguatatuba, fazendo divisa com o município de São Sebastião.

O município de Caraguatatuba está situado no Litoral Norte do Estado de São Paulo, distando 173 km da capital paulista. Segundo a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE), a área do município é de 483,95 km², distribuída em uma linha de costa de 29 km. O acesso ao município pode ser feito a partir da Rodovia dos Tamoios (SP-99) e Rodovia Rio-Santos (BR-101).

4.1.1. Geomorfologia

Caraguatatuba é caracterizada pela presença da serra do mar, morros isolados e pequenos maciços nas proximidades das praias. Encontra-se inserida em dois compartimentos geomorfológicos: a Província Costeira e o Planalto Atlântico (ALMEIDA, 1964; IPT, 1981). A maior parte da área de estudo está localizada no Planalto Atlântico, na zona do Planalto do Juqueriquerê.

A Província Costeira é a área do Estado de São Paulo drenada diretamente para o mar, formando o rebordo do Planalto Atlântico, apresentando os limites nas escarpas da Serra do Mar e Serra de Paranapiacaba. Segundo Almeida (1964), a Província Costeira é caracterizada por uma região serrana contínua, que passa a ser ocupada por uma sequência de planícies costeiras, de diversas extensões, à beira-mar.

O Planalto Atlântico corresponde à área acima da Província Costeira, caracterizada por grandes amplitudes topográficas, entre as serras e as planícies. É composta predominantemente por rochas cristalinas pré-cambrianas, cortadas por intrusivas básicas e alcalinas mesozoicas-terciárias e pela cobertura das bacias sedimentares de São Paulo e Taubaté (IPT, 1981).

4.1.2. Geologia

O contexto geológico regional está inserido na Província Mantiqueira, caracterizada pelo Orógeno Ribeira, no domínio de rochas do embasamento cristalino do Complexo Costeiro (HASUI et al., 1981). De acordo com Hasui et al. (1978), o município de Caraguatatuba encontra-se delimitado pelas falhas de Cubatão e Taxaquara, inserido no Compartimento Litorâneo e pertence à Zona de Transcorrência São Paulo, caracterizada por uma estrutura em blocos de falha, com falhamentos estabelecendo fronteiras entre os blocos com características litológicas estratigráficas próprias.

As rochas do Complexo Costeiro correspondem a terrenos metamórficos intensamente deformados e paralelizados (HASUI et al., 1981). Morais et al (1999) individualizou cinco conjuntos litológicos predominantes no Complexo Costeiro: migmatitos com estruturas diversas; granito-gnaiss porfiroclásticos e/ou biotita + hornblenda migmatito; biotita gnaisses gradando para migmatitos estromáticos; quartzitos e gnaisses peraluminoso; gnaisses peraluminoso passando para migmatito, com boudins de calciossilicáticas, quartzitos e anfíbolitos. A formação destes terrenos metamórficos ocorreu no período entre 650 e 600 Ma, baseado e dados obtidos pelo método Rb-Sr em gnaisses e migmatitos (TASSINARI, 1988).

Na região da Planície Costeira estão presentes os sedimentos cenozoicos inconsolidados, compostos por areias, siltes, argilas e cascalhos de deposição fluvial; sedimentos coluviais; areias de deposição praial; areias quartzosas, siltes e argilas de deposição marinha e areias marinhas recobertas por areias, siltes e argilas de deposição fluvial. Nas porções inferiores das serras há a presença de rampas de colúvios e depósitos de talus, associados aos cones de dejeção nos vales (HASUI et al., 1978)

4.1.3. Clima

O litoral paulista localiza-se em uma faixa de transição climática, onde atuam dois sistemas atmosféricos, causando climas controlados pelos sistemas tropicais e extratropicais, e os fenômenos frontais (TAVARES et al., 2005).

O clima no litoral paulista é controlado por massas equatoriais e tropicais, sujeitas a uma menor participação das massas polares (MONTEIRO, 1973). O clima da região é definido como tropical quente superúmido, com temperaturas médias anuais em torno de 21°C e precipitação média anual variando em torno de 2500 mm.

As altitudes variadas das escarpas da Serra do Mar são consideradas de grande influência no clima de Caraguatatuba, pois são responsáveis pela pluviosidade intensa, mesmo no inverno, devido ao efeito orográfico e à maior exposição à massa tropical atlântica. (MONTEIRO, 1973). Os índices pluviométricos mais altos estão concentrados nas altitudes mais elevadas das encostas, com valores de até 3000 mm; já na planície os valores atingem até 1700 mm de precipitação anual. O período com maior índice de chuvas em Caraguatatuba é o verão, principalmente no mês de janeiro, considerado o mês mais chuvoso. Os meses com menores índices pluviométricos são maio, junho, julho e agosto, correspondendo à época de outono e inverno.

4.2. Mapas temáticos da área de estudo

Os produtos são os mapas topográfico e hidrográfico, hipsométrico, declividade e uso e cobertura da terra. Esses produtos serviram de auxílio para elaboração do mapa e da tabela de compartimentação fisiográfica.

O primeiro produto é o mapa topográfico e hidrográfico que foi elaborado a partir da vetorização das curvas de nível e drenagens da área. A cota máxima da área de estudo é 1280 metros. Com esse mapa é um produto importante do trabalho, pois a partir dele foi possível a elaboração dos mapas de hipsometria e declividade.

O mapa hipsométrico (Figura 8) apresenta a amplitude altimétrica do terreno, representando o relevo por curvas de nível, onde as elevações são representadas por cores. Os tons de verde representam altitudes mais baixas, sendo as médias altitudes representadas pela cor marrom e as altas pelo tom acinzentado a branco. A Bacia do Rio Camburu apresenta 17 classes de elevação.

Verifica-se que a maior parte da área de estudo apresenta altitudes médias a altas, sendo o setor sul da área apresenta elevações no intervalo de 400 a 600 metros. O setor noroeste da área possui elevações maiores, com elevação variando de 1000 a quase 1300 metros. As áreas que apresentam menor elevação (tons esverdeados) estão localizadas próximas a planície.

O mapa de declividade (Figura 9) apresenta 5 classes de declividade, em graus, de acordo com o Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Classes de declividade.

Declividade (graus)	Classe
0 - 5	Muito baixa
5 - 15	Baixa
15 - 30	Média
30 - 45	Alta
Maior que 45	Muito alta

Na área de estudo há um predomínio de declividade baixa a média, representando 76,55% da área (106,24 km²). A Tabela 2 a seguir apresenta as classes de declividades e suas respectivas porcentagens e área total.

Tabela 2 – Declividades da Bacia do Rio Camburu e suas respectivas áreas e porcentagens.

Declividade	Porcentagem (%)	Área (km ²)
Muito baixa	7,75	10,34
Baixa	23,65	32,82
Média	52,90	73,42
Alta	14,33	19,90
Muito alta	1,67	2,32
	Total: 100	Total: 138,8

As áreas de encosta apresentam uma declividade alta a muito alta, apresentando risco de ocorrência de movimentos de massa. A planície e o setor sul do mapa apresentam declividade muito baixa a baixa, sendo consideradas regiões com pequena suscetibilidade a ocorrência de movimentos de massas.

O último produto desse item é o mapa de uso e cobertura da terra (Figura 10). A área de estudo apresenta quatro classes, definidas pelo Manual técnico de uso da terra (IBGE, 2006): pastagem, distrito industrial, mineração e floresta. A análise do mapa permite observar que a maior parte da área é representada por floresta e mata nativa, devido à falta de vias de acesso e por estar localizada, em parte, em uma região de serras. Na porção leste do mapa observa-se a presença de um distrito industrial, próximo a uma mineração, além das áreas de pastagem, localizadas na planície.

Figura 8 – Mapa hipsométrico da Bacia do Rio Camburu.

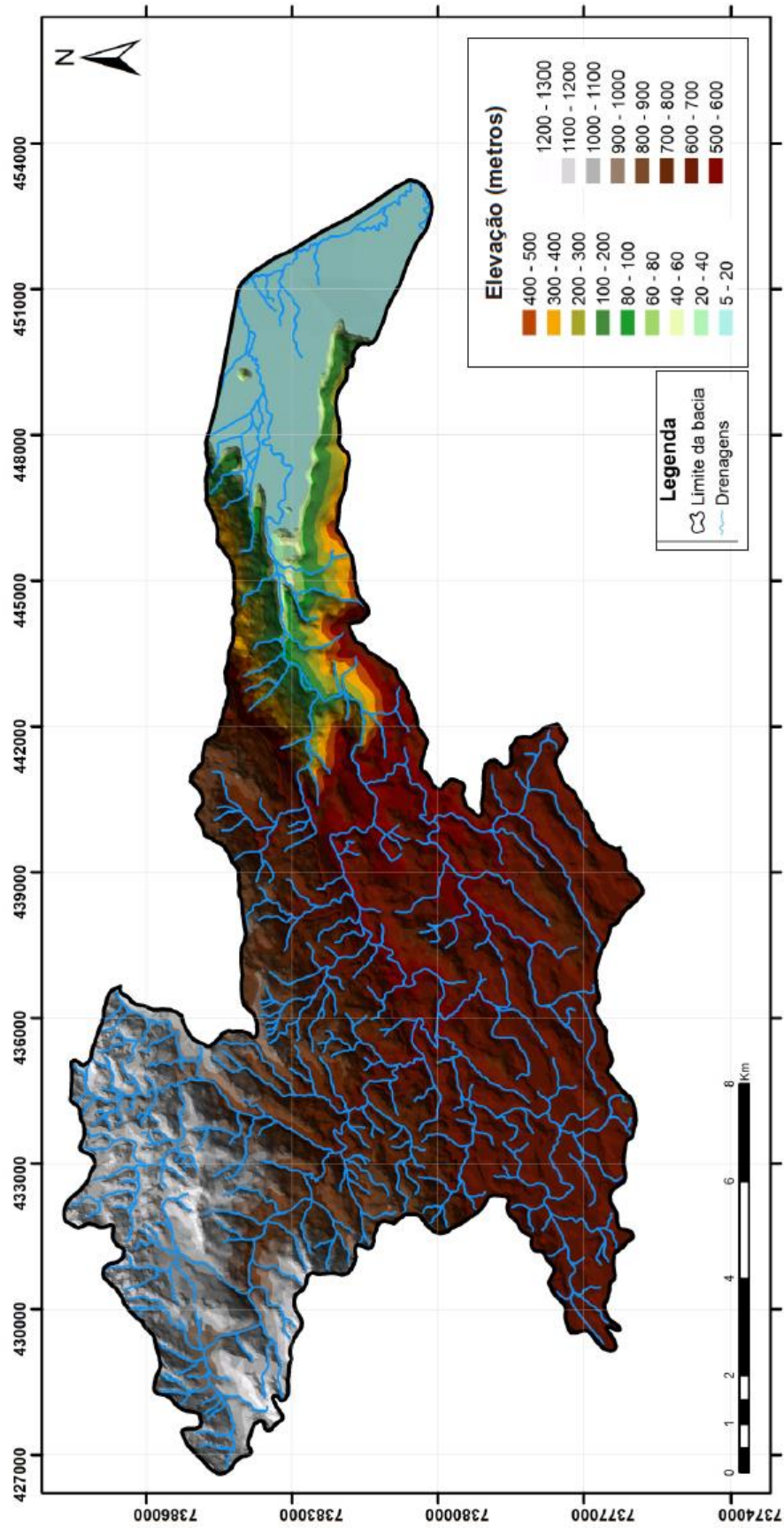


Figura 9 – Mapa de declividade da Bacia do Rio Camburu.

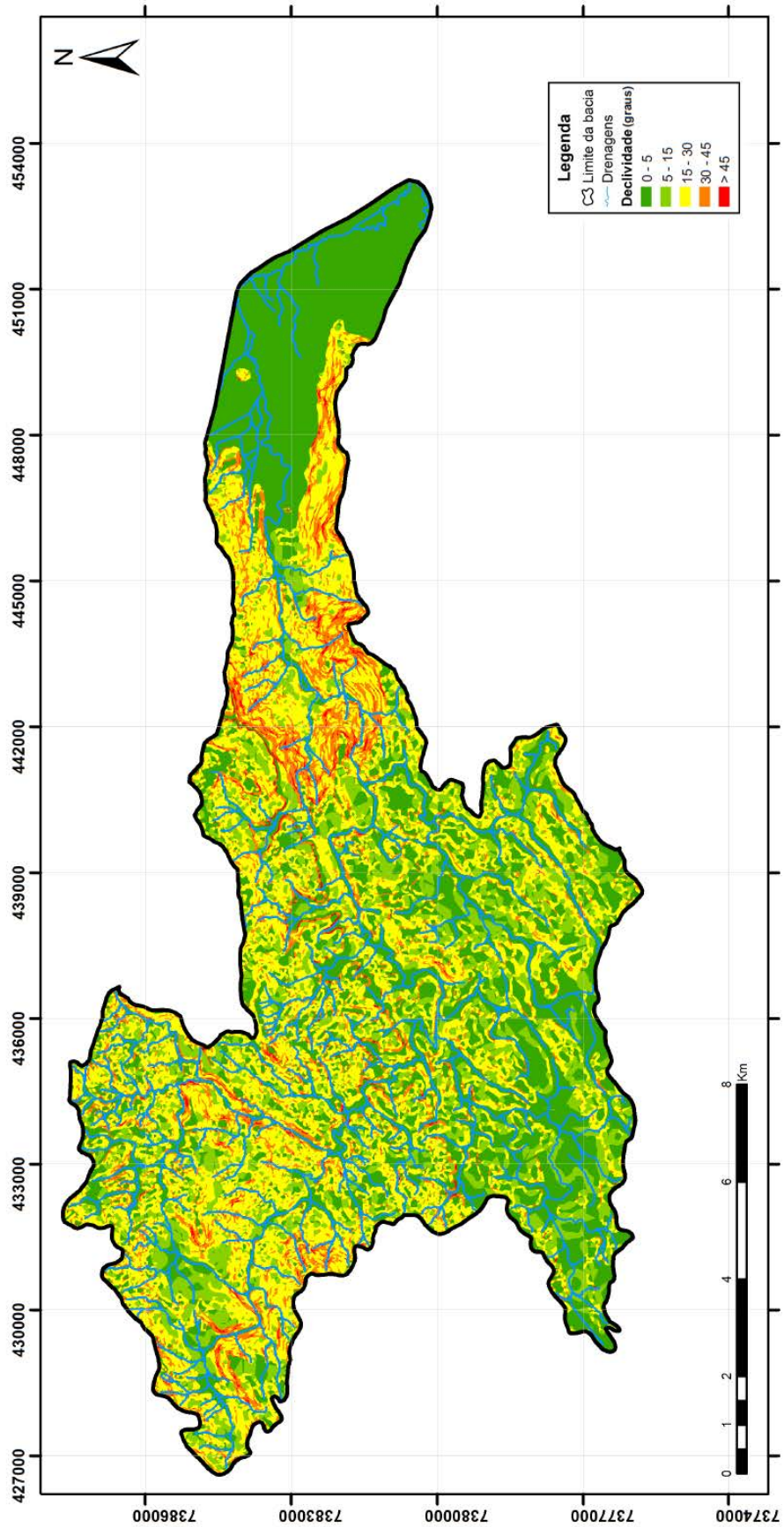
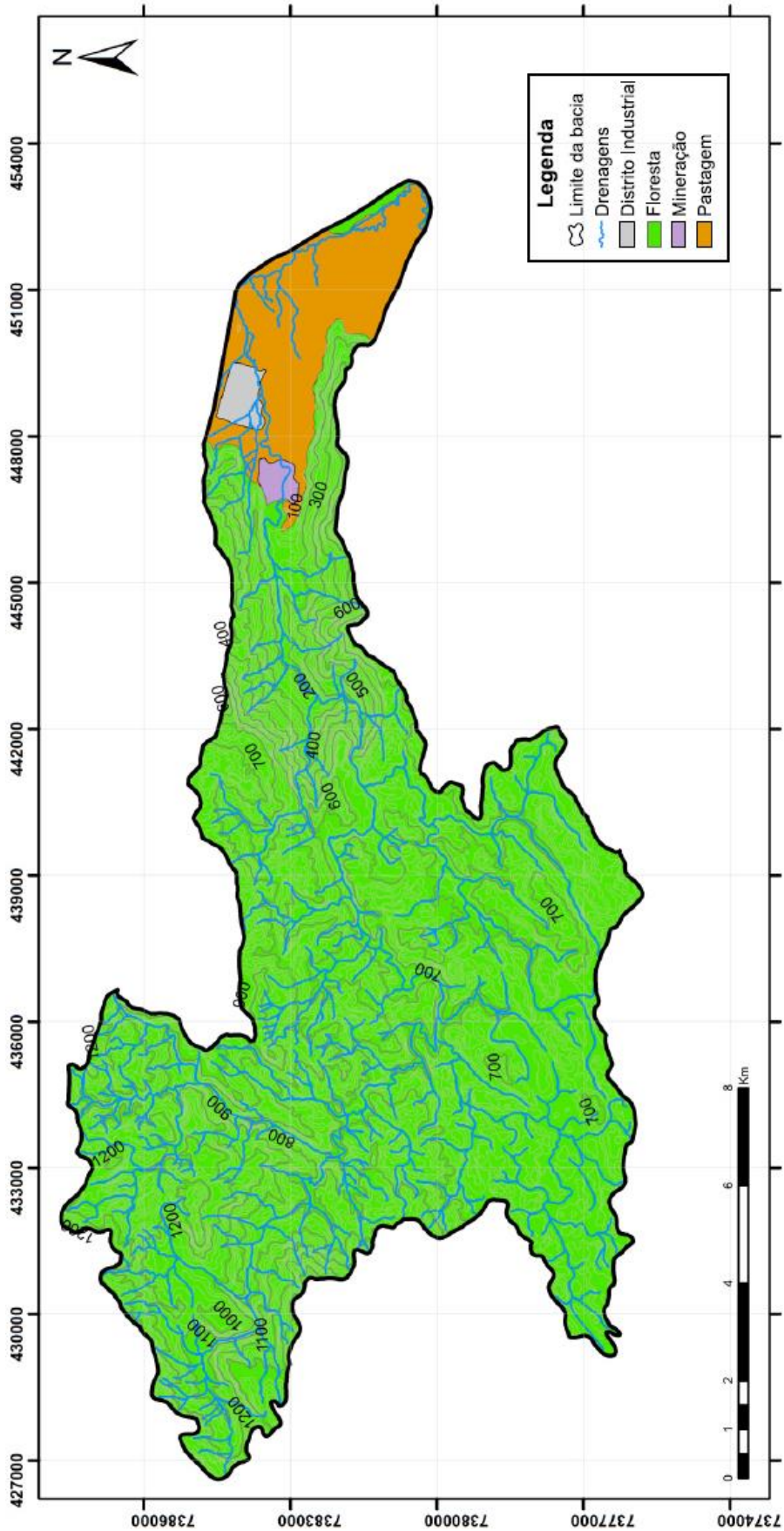


Figura 10 – Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia do Rio Camburu.



4.3. Mapa de cicatrizes de escorregamentos

As cicatrizes de escorregamentos apresentam as áreas que foram afetadas no passado e estão representadas no Apêndice A, junto com o mapa de compartimentação fisiográfica. A Bacia do Rio Camburu apresenta pouquíssimas cicatrizes, em comparação com a Bacia do Rio Santo Antônio (bacia mais afetada no desastre de 1967). O mapa de uso e cobertura da terra e as imagens de satélite obtidas pelo *software Google Earth 7.1* mostram que grande parte é coberta por uma mata densa.

A sobreposição do mapa de declividade com o mapa de cicatrizes de escorregamento permite observar que as regiões afetadas apresentam altos ângulos de declividade, sendo classificados como alta e muito alta declividade, representando áreas com alta suscetibilidade a ocorrência de escorregamentos. A curvatura de encostas predominante nas áreas de cicatrizes é convexa.

4.4. Compartimentação fisiográfica da Bacia do Rio Camburu

O mapa de compartimentação fisiográfica (Apêndice A) e a tabela de fotoanálise e fotointerpretação foram elaborados utilizando imagens de satélite, com o auxílio dos mapas de hipsometria, declividade, geológico e geomorfológico da área. Devido à dificuldade e falta de acessos a área, a única unidade visitada em levantamentos de campo foi a unidade I, localizada na Província Costeira.

A Bacia do Rio Camburu foi dividida em sete unidades de compartimentação fisiográfica, sendo que duas unidades se encontram na Província Costeira e as outras cinco, no Planalto Atlântico.

4.4.1. Unidade I – Planície de deposição flúvio-marinha

A unidade I está localizada na Planície Costeira, na zona das Baixadas Litorâneas, apresentando o modelado de planície costeira. A unidade está localizada no setor leste da Bacia do Rio Camburu. A geologia predominante é composta por areias marinhas recobertas por areias, siltes e argilas de deposição fluvial.

Na etapa de fotoanálise foi possível determinar que a unidade I apresenta baixa densidade de elementos de drenagem e relevo. A amplitude da área é pequena, com baixa declividade.

A fotointerpretação determinou características geotécnicas da área, que apresenta alta permeabilidade e uma baixa relação de escoamento/infiltração. A suscetibilidade a ocorrência de escorregamentos e corridas de massa e detritos na unidade I é baixa.

Na unidade I está localizada a Mineração da Fazenda Pecuária Serramar, responsável pela exploração de areia, situada na parte interna da planície, próxima das escarpas da Serra do Mar (Figuras 11 e 12).

Figura 11 – Mineração da Fazenda Pecuária Serramar.



Figura 12 – Transição da planície fluvial do Rio Camburu e escarpas da Serra do Mar.



4.4.2. Unidade II – Granitos e gnaisses em escarpas

A unidade II está localizada na Província Costeira, logo ao lado da planície costeira, na zona de Serrania Costeira, na Serra do mar, apresentando como modelado escarpa com espigões digitados. A geologia predominante da unidade II é composta pelos granitóides de Caraguatatuba, apresentando piroxênio-hornblenda granitos, hornblenda granito e biotita-granito, com granulação fina à media e estrutura gnáissica frequente.

A densidade dos elementos de drenagem e relevo são médias, apresenta uma amplitude média a grande (até 700m, aproximadamente), com declividade média a alta. As encostas são retilíneas, com topos angulosos e vale fechado.

A fotointerpretação determinou que a unidade II apresenta média permeabilidade e relação de escoamento/infiltração. A suscetibilidade a ocorrência de escorregamento e corridas de massa é alta.

4.4.3. Unidade III – Granitos e gnaisses em morros arredondados

A unidade III está localizada no Planalto Atlântico, na zona do Planalto do Juqueriquerê, apresentando morros arredondados como modelado. A geologia predominante da unidade também é representada pelos granitóides de Caraguatatuba, composta por biotita-granito gnáissico com texturas glamero-porfiroblástica, augen-gnaisse e migmatitos oftalmiticos com associação subordinada de granito andesítico.

Observou-se pela fotoanálise a alta densidade de elementos de drenagem e relevo na área, com grande amplitude e média declividade. Apresenta encostas convexas e retilíneas, com topos arredondados e vale aberto. A fotointerpretação definiu baixa permeabilidade com alta relação de escoamento/infiltração, com intermediária profundidade do topo rochoso. A suscetibilidade a ocorrência de escorregamentos e corrida de massa da unidade III é média.

4.4.4. Unidade IV – Granito e gnaisse em morros paralelos

A unidade IV faz parte do Planalto Atlântico, no Planalto do Juqueriquerê, apresentando morros paralelos como modelado. A geologia predominante é composta por piroxênio-hornblenda granitos, hornblenda granito e biotita-granito, com granulação fina à media e estrutura gnáissica frequente.

Assim como a unidade anterior, a unidade IV apresenta alta densidade textural. Seu relevo tem uma grande amplitude, com declividade baixa a média. As encostas da área são convexas com topo arredondado, em vales abertos.

A fotointerpretação da área determinou baixa permeabilidade e alta relação de escoamento/infiltração. A suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa e escorregamentos na área é média.

4.4.5. Unidade V – Granito e gnaisse em relevo montanhoso.

A unidade está localizada no Planalto do Juqueriquerê e seu modelado é de montanhas com vales profundos. A geologia predominante da unidade V é composta pelos granitóides de Caraguatatuba, que apresenta biotita-granito gnáissico com texturas glamero-porfiroblástica, augen-gnaisse e migmatitos oftalmiticos com associação subordinada de granito andesítico.

A análise da densidade textural determina uma média densidade dos elementos de drenagem e relevo na área. O relevo apresenta grande amplitude e média declividade, com encostas retilíneas e vales fechados com topo anguloso.

Apresenta média permeabilidade e relação de escoamento/infiltração, profundidade do topo rochoso rasa a subaflorante e alta suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa e escorregamentos.

4.4.6. Unidade VI – Granito e gnaiss em média declividade

A unidade VI localiza-se no Planalto Atlântico, na zona do Planalto do Paraitinga, subzona Morraria de Paraibuna e apresenta montanhas com vales profundos. A geologia predominante é composta pelos granitóides de Caraguatatuba, que apresenta biotita-granito gnáissico com texturas glamero-porfiroblástica, augen-gnaiss e migmatitos oftalmíticos com associação subordinada de granito andesítico.

A análise da densidade textural da unidade VI mostra que a área apresenta alta densidade de elementos de relevo e drenagens. A área apresenta grande amplitude e baixa a média declividade do terreno. O relevo da unidade VI é formado por encostas convexas em vales abertos, com topo arredondado.

A suscetibilidade a ocorrência de escorregamento é média e, corridas de massa, alta. Apresenta baixa permeabilidade e alta relação de escoamento/infiltração.

4.4.7. Unidade VII – Granito e gnaiss com afloramentos rochosos

A unidade VII está no Planalto do Juqueriquerê, com modelado de montanhas com vales profundos e apresenta uma geologia predominante de granitóides de Caraguatatuba, semelhante a unidade VI.

Apresenta alta densidade textural, com relevo de grande amplitude e média declividade. A forma de encosta varia de retilínea a convexa, vales abertos e forma de topo arredondado.

Em relação as características geotécnicas, a unidade VII apresenta suscetibilidade a ocorrência de escorregamento média e corridas de massa alta.

4.5. Mapa de suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa

A integração dos fatores do meio físico (tipos e espessuras das rochas, solo e materiais inconsolidados, amplitude, declividade, forma dos vales, forma de encostas/vertentes e densidade textural) com os fatores do meio antrópico (uso e cobertura da terra) gerou o mapa de suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa (Apêndice B), em escala 1:50.000, na Bacia do Rio Camburu.

O mapa apresenta três classes de suscetibilidade (baixa, média e alta) e a classe que representa a maior parte da área de estudo é a média. A planície é representada pela cor verde no mapa, indicando baixa suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa, pois os fatores e classes do meio físico apresentam notas parciais baixa e um peso mais representativo (0,75) que o uso e cobertura da terra. A planície apresenta áreas com mineração, distrito industrial e pastagem, o que aumentaria o grau de suscetibilidade, mas devido ao baixo peso (0,25), a classe de suscetibilidade definida para área foi baixa.

As áreas representadas pela classe alta correspondem às unidades fisiográficas II e V. A alta suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa ocorre em áreas de montanhas com vales profundos e escarpas com espigões digitados, com vales fechados e encostas retilíneas e convexas. As declividades predominantes nessas regiões variam de média a alta, sendo maiores que 15°, e as amplitudes são grandes, variando em um intervalo de 500 a 600 metros de diferença.

A maior parte da área, representada pela cor amarela, foi definida com média suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa e é associada a regiões de vales abertos, com declividade baixa a média e encostas convexas. O fator antrópico de uso e cobertura na área é baixo, sendo representado pela área de florestas.

5. CONCLUSÕES

O objetivo do presente trabalho de conclusão de curso foi atingido, uma vez que foi possível analisar as regiões mais suscetíveis a ocorrência de corridas de massa na Bacia do Rio Camburu, no município de Caraguatatuba.

Para obtenção do resultado final foram realizados levantamentos de campo, elaboração de mapas de hipsometria, declividade, uso e cobertura da terra, compartimentação fisiográfica e cicatrizes de escorregamento, e atribuição de pesos para os fatores do meio físico e antrópico para definição das classes de suscetibilidade.

A elaboração do mapa de compartimentação fisiográfica foi de grande contribuição para o trabalho, pois foi possível obter uma melhor compreensão da área de estudo em relação ao meio físico. Os elementos foram analisados e individualizados em sete unidades fisiográficas.

Devido à dificuldade e falta de vias de acesso, não foi possível realizar a entrada em grande parte da área de estudo, sendo que a planície (unidade fisiográfica I) foi a única área onde foi possível obter dados de campo, pois está localizada em uma área de pequena amplitude. A Bacia do Rio Camburu está localizada em uma área marcada, em sua maioria, por escarpas e montanhas com vales profundos, com grandes amplitudes, portanto, apresentando extrema dificuldade para acesso.

Para o mapa de suscetibilidade foram escolhidos fatores do meio físico (tipos e espessuras das rochas, solo e materiais inconsolidados, amplitude, declividade, forma dos vales, forma de encostas/vertentes e densidade textural) e do meio antrópico (uso e cobertura da terra), definindo pesos de influência e notas para cada classe desses fatores. Para o presente trabalho de conclusão de curso foi considerado 75% de peso de influência para os fatores do meio físico e 25% de peso de influência para os fatores do meio antrópico. A Bacia do Rio Camburu apresenta uma área muito homogênea em termos de uso e ocupação da terra, com uma grande área de floresta, portanto, seu peso foi diminuído para evitar que suscetibilidade ficasse muito baixa na área.

Com os resultados obtidos no mapa de suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa foi possível observar a predominância de áreas com média suscetibilidade à ocorrência de corridas ao longo da bacia. A planície é classificada com baixa suscetibilidade, não apresentando risco de ocorrência de corridas de massa. As áreas mais suscetíveis estão

localizadas nos vales fechados, em encostas retilíneas e convexas, correspondentes às unidades fisiográficas II e V.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos futuros na área, priorizando as áreas que apresentam maior suscetibilidade, principalmente a unidade II, que encontra-se próxima do distrito industrial e mineração, visto que as corridas de detritos podem causar acidentes com proporções catastróficas, principalmente em uma área serrana com altos índices pluviométricos, utilizando diferentes métodos para analisar e definir a suscetibilidade à ocorrência de corridas de massa e detritos, como o uso de *softwares* de simulação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. F. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico. São Paulo, 1964

AUGUSTO FILHO, O. **Caracterização geológico-geotécnica voltada à estabilização de encostas: uma proposta metodológica**. In: Conferência Brasileira sobre Estabilidade de Encostas, 1, Rio de Janeiro. ABMS/ABGE/PCRJ. v.2, 1992. p. 721-733.

AUGUSTO FILHO, O. O estudo das corridas de massa em regiões serranas tropicais: um exemplo de aplicação no município de Ubatuba, SP. In: **Anais VII Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, ABGE**. 1993. p. 63-71.

CRUZ, O. **A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba-SP – contribuição à geomorfologia litorânea tropical**. Tese (Doutorado) Geografia, Universidade de São Paulo. 1974 181p.

FERREIRA, M. V.; RIEDEL, P. S.; LOPES, E. S. S.; MERINO, E. R. Comparação entre diferentes critérios para elaboração de mapas de suscetibilidade aos escorregamentos. Exemplo do município de Cubatão, Serra do Mar Paulista. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília, n. 60/04, p. 385-400, dez. 2008.

GOMES, C.L.R.; OGURA, A.T.; GRAMANI, M.F.; CORSI, A.C.; ALAMEDDINE, N. Retroanálise da corrida de massa ocorrida no ano de 1967 nas encostas da Serra do Mar, vale dos rios Camburu, Pau D' Alho e Canivetal, município de Caraguatatuba - SP: quantificação volumétrica dos sedimentos depositados nas planícies de inundação. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 12, Recife, 2008. **Anais...** Recife: ABGE, 2008.

GRAMANI, M. F. **Caracterização geológica-geotécnica das corridas de detritos (“Debris Flows”) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Solos), EPUSP – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2001. 372p.

GUIDICINI, G.; NIEBLE, C. M. **Estabilidade de taludes naturais e de escavação**. 2. ed. São Paulo: Edgar Blücher Ltda, 1984. 194 p.

GUY, M. Quelques principes et quelques expériences sur la methodologie de la photointerpretation. In: Symposium International de Photointerpretation, 2., Paris, 1996. **Acte ... Paris**, v. 1, p. 21-41, 1966.

HASUI, Y. et al. Geologia da região administrativa 3 (Vale do Paraíba) e parte da região administrativa 2 (Litoral) do Estado de São Paulo. **IPT/DMGA. 78p. (Monografia IPT, 1)**. São Paulo, 1978.

HASUI, Y. et al. O embasamento pré-cambriano e eopaleozóico em São Paulo. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. p. 12-45, São Paulo, 1981.

HUNGR, O.; MORGAN, G. C.; KELLERHALS, R. Quantitative analysis of debris torrent hazards for design of remedial measures. **Canadian Geotechnical Journal**, v. 21, n. 4, p. 663-677, 1984.

HUTCHINSON, J. N. Mass movement. In: FAIRBRIDGE, R. W. (ed.). **Encyclopedia of Geomorphology (Encyclopedia of earth sciences series, Volume III)**. Nova York: Reinhold Book, 1968. p. 688-695.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha de Caraguatatuba**. São Paulo: IBGE, 1974a. SF-23-Y-D-VI-1. Escala 1:50.000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha do Pico do Papagaio**. São Paulo: IBGE, 1974b. SF-23-Y-D-VI-2. Escala 1:50.000.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 3 ed. IBGE: Rio de Janeiro, 2013.

INTANTI JR, N.; FORNASARI FILHO, N. Processos da Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (eds). **Geologia de Engenharia**. ABGE, 1998. P.131-152.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: IPT, 1981.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Estudos das instabilizações das encostas da Serra do Mar na região de Cubatão, objetivando a caracterização do fenômeno “corridas de lama” e a prevenção de seus efeitos.** São Paulo: IPT, 1988. Relatório n. 25636.

KANJI, M. A. et al. Basic and common characteristics of debris flows. In: **2nd Panamerican Symposium on Landslides.** 1997. p. 223-231.

KANJI, M. A.; CRUZ, P. T.; MASSAD, F. Debris flow affecting the Cubatão oil refinery, Brazil. **Landslides**, v. 5, n. 1, p. 71-82, 2008.

MARETTI, C. C. Exemplos de geologia aplicada a um processo de planejamento costeiro: cartas geológico-geotécnicas da região estuarino-lagunar de Iguape e Cananéia e da Ilha Comprida. 1998. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo.** São Paulo: IG/USP, 1973. 130 p.

MORAIS, S. M.; RODRIGUES, J. B.; SACHSI, L. L. B.; DEHLER, N. M. **Integração Geológica da Folha Santos SF-23-Y-D, Escala 1:250.000, Estado de São Paulo.** Ministério das Minas e Energia. CPRM - Serviço Geológico do Brasil. 1999.

NERY, T. D. **Dinâmica das corridas de detritos no Litoral Norte de São Paulo.** Tese (Doutorado em Geografia Física), Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2016. 170p.

OLIVEIRA, T. A. de. **Compartimentação fisiográfica aplicada à avaliação de terrenos – subsídio ao planejamento territorial do município de Cananéia – SP.** Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2004.

POLANCO, L. S. E. **Correlações empíricas para fluxo de detritos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2010. 110p.

REIS, F. A. G. V.; CERRI, L. E. (Coords.). **Metodologia para avaliação de áreas sujeitas à ocorrência de ondas de cheia e corridas de massa/detritos: Estudo piloto no duto OSBRA no Estado de São Paulo**. Relatório final de pesquisa. Rio Claro: UNESP; PETROBRAS, 2014.

RIVERAU, J. C. **Notas de aula do curso de fotointerpretação. In: Semana de estudos, 11. Ouro Preto. Fotografia aérea e aplicações técnicas**. Ouro Preto: SICEG, 1972. p. 75-121.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo**, n. 9, 1995.

SEADE – IMP. **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – Informações dos Municípios Paulistas**. Disponível em <<http://imp.seade.gov.br/frontend/#/tabelas>>. Acesso em: 30 de outubro de 2016.

SHARPE, C. F. S. **Landslides and related phenomena**. Nova York: Columbia University Press, 1938. 137p.

SOARES, P. C.; FIORI, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 32, p. 71-104, 1976.

TAKAHASHI, T. **Mechanics and Countermeasures for the Debris Flows**. Curso ministrado pelo Professor T. Takahashi, Convênio Escola Politécnica com o Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University. Junho, 1998. 103p.

TAVARES, R.; ARMANI, G.; BRIGATTI, N.; ROCHA, B. N. Hidroclimatologia. In: FERREIRA, C. J. (coord). **Diretrizes para a regeneração sócio-ambiental de áreas degradadas por mineração de saibro (caixas de empréstimo), Ubatuba**. 2º Relatório Técnico Parcial, Instituto Geológico, São Paulo, 2005.

TASSINARI, C. C. G. **As idades das rochas e dos eventos metamórficos da porção sudeste do Estado de São Paulo e sua evolução crustal**. 1988. Tese (Doutorado em Geologia Geral e de Aplicação) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1988

TERZAGHI, K. Mecanismos dos escorregamentos de terra. (Tradução de Mechanics of landslides, 1950, 167 p.). In: **Revista Politécnica, USP, São Paulo**, 1950. 41 p.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; DO AMARAL, R. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. Instituto geológico, São Paulo, 2011. 196p.

USGS. **Landslide types and processes**. 2004. Fact Sheet 2004-3072. Disponível em: <<http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>>. Acesso em: 29 de agosto de 2016.

VARNES, D. J. Landslides types and processes. **Highway Research Board**, Special Report, v. 29, p.20-47. 1958.

VARNES, D. J. Slope movements types and processes. In: SCHUSTER, R. L.; KRIZEK, R. J. (Eds.). **Landslides analyses and control**. Washington: National Academy of Science, 1978. P. 11-33.

VEDOVELLO, R. **Zoneamentos geotécnicos por sensoriamento remoto, para estudos de planejamento do meio físico - aplicação em expansão urbana**. 1993. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1993.

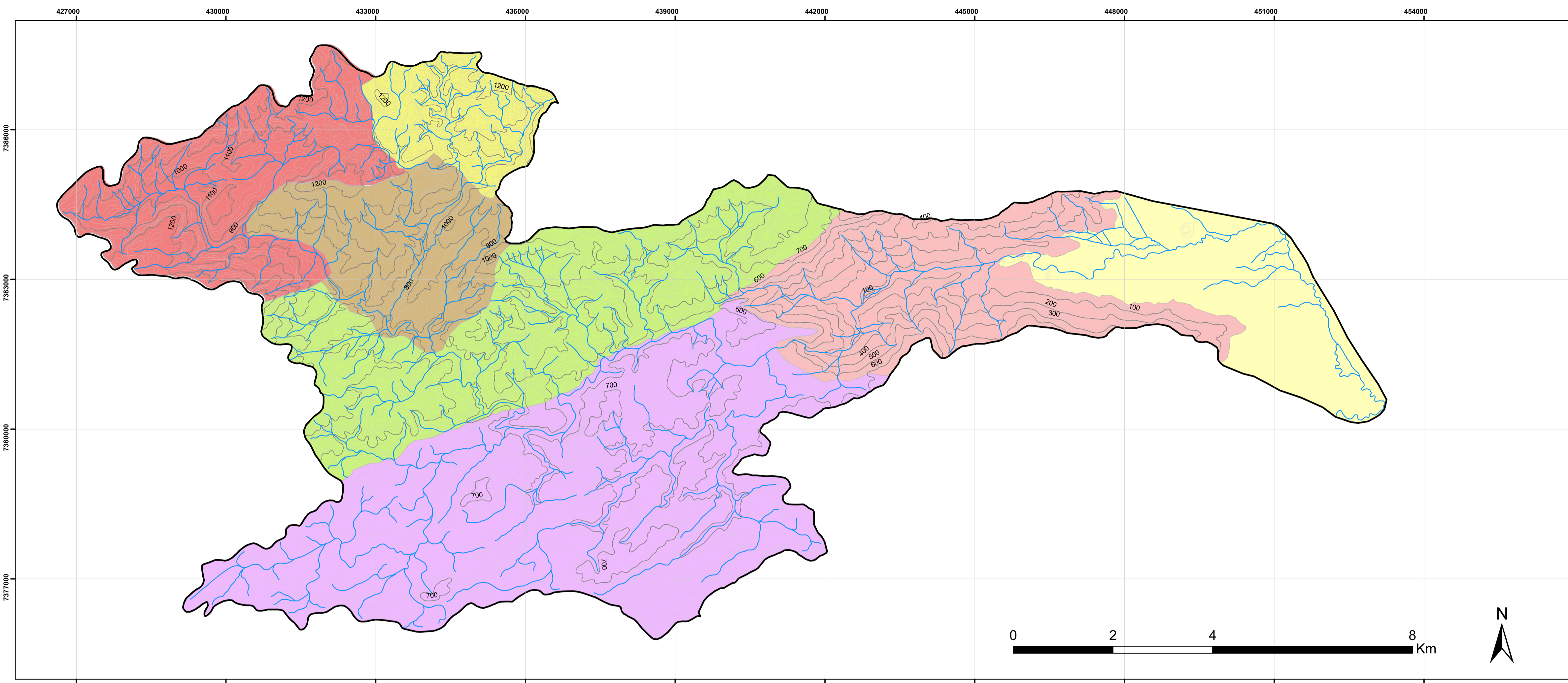
VEDOVELLO, R.; MATTOS, J. T. de. A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a definição de Unidades Geotécnicas. Uma abordagem a partir do Sensoriamento Remoto. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA geotécnica, 3, Florianópolis, 1998. **Anais ...** Florianópolis: ABGE, 1998. CD-ROM.

ZAINE, J. E. **Método de fotogeologia aplicado a estudos geológico-geotécnicos: ensaios em Poços de Caldas, MG**. Tese (Livre docência em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Mapa de compartimentação
fisiográfica



Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum: SIRGAS2000 Zona: 23 S

Escala 1:50.000

Legenda

- ☒ Limite da bacia
- ~ Drenagens
- Cicatrizes de escorregamento
- Curvas de nível

Compartimentação Fisiográfica

Unidades

- I - Planície de deposição fluvio-marinha
- II - Granitos e gnaisses em escarpas
- III - Granitos e gnaisses em morros arredondados
- IV - Granito e gnaisses em morros paralelos
- V - Granito e gnaisses em relevo montanhoso
- VI - Granito e gnaisses em média declividade
- VII - Granito e gnaisses com afloramentos rochosos



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Geociências e Ciências Exatas

Trabalho de Conclusão de Curso

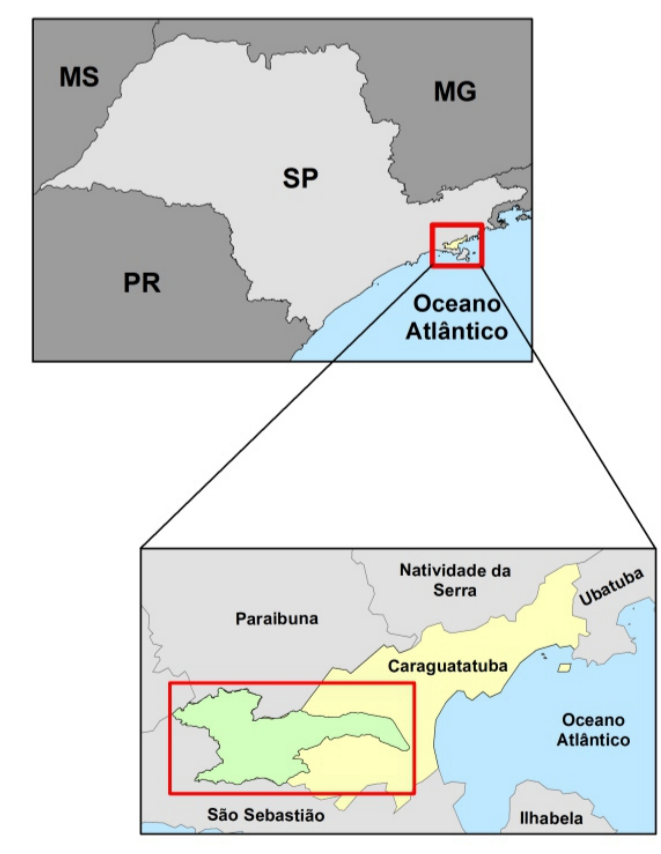
Avaliação da suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa na Bacia do Rio Camburu, Caraguatatuba - SP

APÊNDICE A

MAPA DE COMPARTIMENTAÇÃO FISIOGRÁFICA

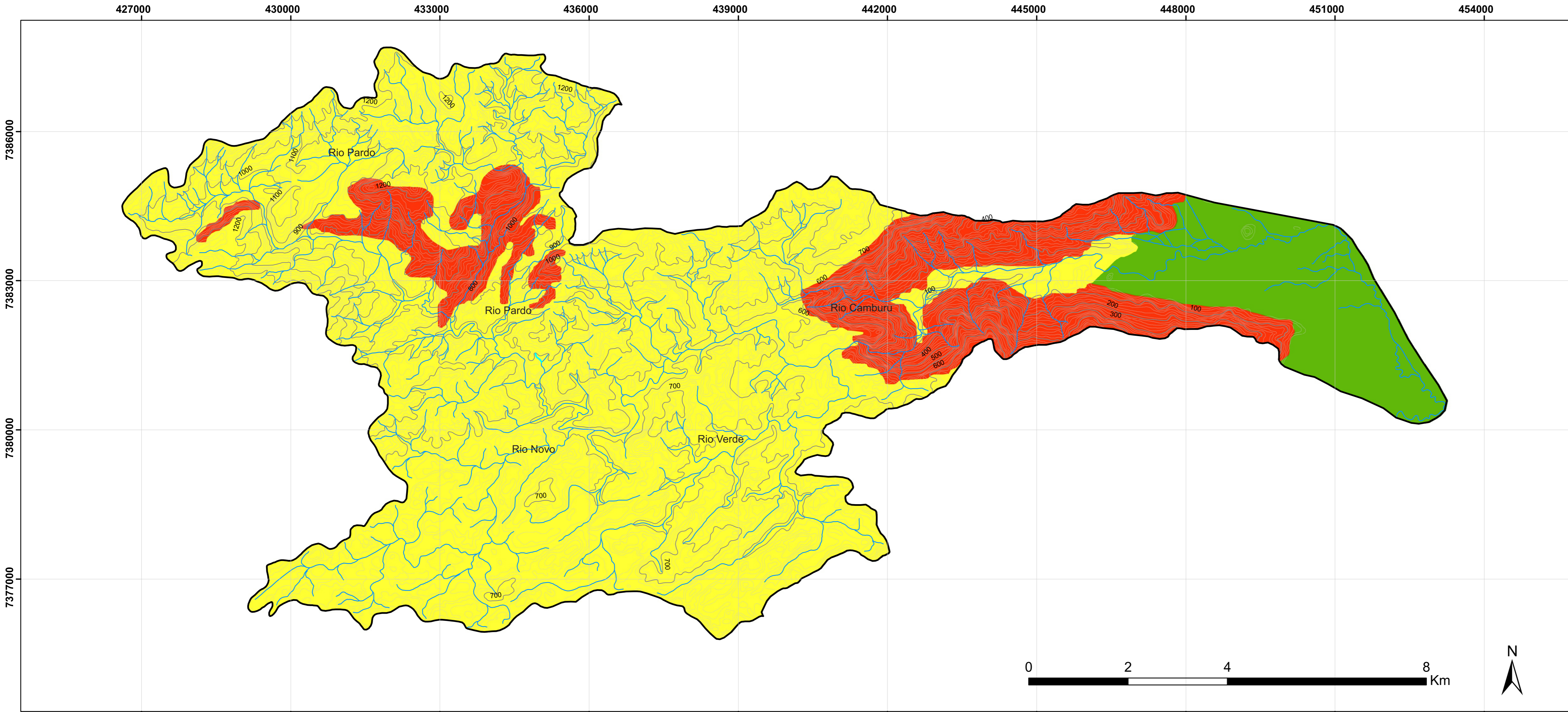
Marina Mendes Coura
Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis

Unidade Fisiográfica	Nomenclatura da Unidade	Geologia predominante	Geomorfologia			Fotoanálise							Fotointerpretação							Uso e ocupação da terra	
			Unidade morfoescultural	Zonas/Subzonas	Modelado	Análise da densidade textural		Análise das formas e características do relevo					Características geotécnicas								
						Densidade dos elementos de drenagem	Densidade dos elementos de relevo	Amplitude	Declividade	Formas de encosta	Forma do vale	Forma dos topos	Permeabilidade	Relação escoamento/infiltração	Espessura e características do manto de alteração	Profundidade do topo rochoso	Espessura do material inconsolidado	Grau de escavabilidade	Suscetibilidade		
Erosão linear (induzida)	Corrida de massa																				
1	Planície de deposição fluvio-marinha	Areias marinhas recobertas por areias, siltes e argilas de deposição fluvial	Provincia Costeira	Baixas Litorâneas	Planície costeira	Baixa	Baixa	Pequena	Baixa	-	-	-	Alta	Baixa	Grande	Profundo	Espesso	Pouco resistente	Médio a alto	Baixa	Pastagem, distrito industrial, mineração
2	Granitos e gnaisses em escarpas	Granitóides de Caraguatatuba	Provincia Costeira	Serrania Costeira/Serra do Mar	Escarpa com espigões digitados	Média	Média	Média a grande	Média a alta	Retilínea	Fechado	Angulosos	Média	Média	Média	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Muito resistente	Médio a baixo	Alta	Mata nativa
3	Granitos e gnaisses em morros arredondados	Granitóides de Caraguatatuba	Planalto Atlântico	Planalto do Juqueriquerê	Morros arredondados	Alta	Alta	Grande	Baixa a média	Convexa a Retilínea	Aberto	Arredondados	Baixa	Alta	Pequena	Intermediário	Intermediário	Resistência média	Médio a alto	Média	Mata nativa
4	Granito e gnaisses em morros paralelos	Granitóides de Caraguatatuba	Planalto Atlântico	Planalto do Juqueriquerê	Morros paralelos	Alta	Alta	Grande	Baixa a média	Convexa	Aberto	Arredondados	Baixa	Alta	Pequena	Intermediário	Intermediário	Resistência média	Médio a alto	Média	Mata nativa
5	Granito e gnaisses em relevo montanhoso	Granitóides de Caraguatatuba	Planalto Atlântico	Planalto do Juqueriquerê	Montanhas com vales profundos	Média	Média	Grande	Média	Retilínea	Fechado	Angulosos	Média	Média	Média	Raso a sub aflorante	Delgado a inexistente	Muito resistente	Médio a baixo	Alta	Mata nativa
6	Granito e gnaisses em média declividade	Granitóides de Caraguatatuba	Planalto Atlântico	Planalto do Paraitinga/Morraria do Paraíbauna	Montanhas com vales profundos	Alta	Alta	Grande	Baixa a média	Convexa	Aberto	Arredondados	Baixa	Alta	Pequena	Intermediário	Intermediário	Resistência média	Médio a alto	Alta	Mata nativa
7	Granito e gnaisses com afloramentos rochosos	Granitóides de Caraguatatuba	Planalto Atlântico	Planalto do Juqueriquerê	Montanhas com vales profundos	Alta	Média	Grande	Média	Convexa a Retilínea	Aberto	Arredondados	Média	Média	Média	Raso a sub aflorante	Intermediário	Resistência média	Médio a alto	Alta	Mata nativa



APÊNDICE B

Mapa de suscetibilidade a
ocorrência de corridas de
massa



Projeção: Universal Transversa de Mercator (UTM)
 Datum: SIRGAS2000 Zona: 23 S

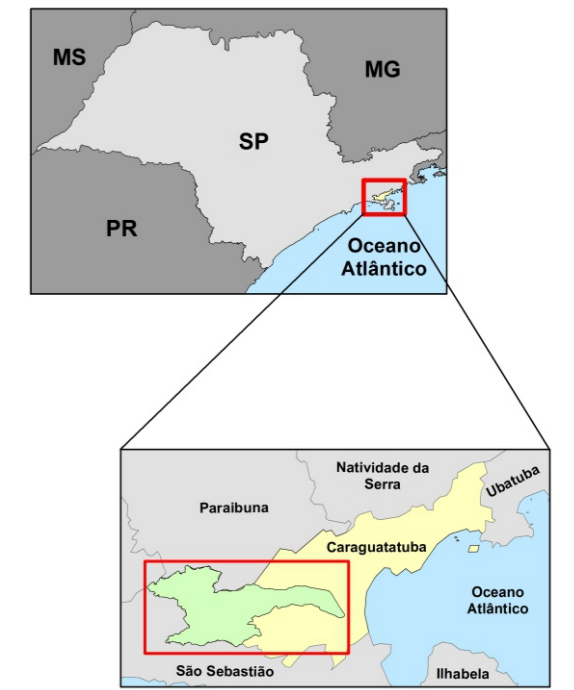
Escala 1:50.000



Legenda

- Curvas de nível
- ~ Drenagens
- ☒ Limite da bacia

Classes de Suscetibilidade

- Baixo
- Médio
- Alto



 **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**
 "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
 Instituto de Geociências e Ciências Exatas 

Trabalho de Conclusão de Curso

Avaliação da suscetibilidade a ocorrência de corridas de massa na Bacia do Rio Camburu, Caraguatatuba - SP

APÊNDICE B
 MAPA DE SUSCETIBILIDADE À OCORRÊNCIA DE CORRIDAS DE MASSA
 Marina Mendes Coura
 Orientador: Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis