

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Campus de Rio Claro

**TALES DE DEUS DINIZ**

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DO  
NÚCLEO URBANO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE  
ILHABELA-SP**

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas do Campus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Geociências e Meio  
Ambiente

**ORIENTADOR: PROF. DR. JOSÉ EDUARDO ZAINÉ**

**RIO CLARO  
2015**

TALES DE DEUS DINIZ

MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DO  
NÚCLEO URBANO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE  
ILHABELA-SP

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Instituto de Geociências e Ciências  
Exatas do Câmpus de Rio Claro, da  
Universidade Estadual Paulista Júlio  
de Mesquita Filho, como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
Mestre em Geociências e Meio  
Ambiente

Comissão Examinadora

Prof. Dr. José Eduardo Zaine - Orientador  
Departamento de Geologia Aplicada / Instituto de Geociências e Ciências Exatas –  
UNESP, Câmpus Rio Claro

Prof. Dr. Fábio Augusto Gomes Vieira Reis  
Departamento de Geologia Aplicada / Instituto de Geociências e Ciências Exatas –  
UNESP, Câmpus Rio Claro

Prof. Dr. Oswaldo Augusto Filho  
Departamento de Geotecnia / Escola de Engenharia de São Carlos  
Universidade de São Paulo, EESC - USP

Aprovado em: 17 de abril de 2015.  
Rio Claro, SP.

624.151 Diniz, Tales de Deus  
D585m Mapeamento geológico-geotécnico do núcleo urbano  
central do município de Ilhabela-SP / Tales de Deus Diniz. -  
Rio Claro, 2015  
122 f. : il., figs., tabs., quadros, fots., mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Instituto de Biociências de Rio Claro  
Orientador: José Eduardo Zaine

1. Geologia de engenharia. 2. Planejamento urbano. 3.  
Análise integrada. I. Título.

## RESUMO

O processo de urbanização no Brasil ocorre, predominantemente, de maneira desordenada, sem a correta consideração das potencialidades e limitações do meio físico, o que se traduz numa forma de ocupação que pode expor a população e o equipamento urbano a processos geológicos exógenos como inundações e movimentos de massa. Isso é observado no município de Ilhabela – SP, onde a alta taxa de crescimento populacional, somada ao relevo acidentado, intensificam esse problema, evidenciando a necessidade de uma orientação adequada da expansão urbana. Dentro deste contexto, os mapas geológico-geotécnicos configuram-se como instrumentos apropriados para o planejamento da ocupação ordenada do meio físico. Assim, o objetivo da presente pesquisa é o mapeamento geológico-geotécnico da região mais densamente urbanizada de Ilhabela, utilizando a análise integrada de imagens aéreas da área de estudo. A fotoanálise e fotointerpretação das mesmas, somadas a informações obtidas em campo, subsidiaram a divisão e classificação da área de estudo em unidades geológico-geotécnicas, que apresentam uniformidade em relação à morfologia e propriedades geotécnicas. Esse procedimento resultou na identificação de unidades geológico-geotécnicas que foram representadas em 3 escalas com diferentes níveis de detalhes (1:50.000, 1:20.000 e 1:10.000), acompanhados de fichas e tabelas descritivas contendo as características físicas, de uso e ocupação e principais processos atuantes nas unidades, além da representação de seus perfis de alteração e relevos característicos. Os produtos obtidos permitiram uma compreensão abrangente acerca das características do meio físico da Ilha, bem como dos principais fatores condicionantes da ocupação antrópica no mesmo, mostrando-se ferramentas eficazes e adequadas ao planejamento territorial urbano do município-arquipélago.

**Palavras-chave:** Ilhabela, Planejamento Urbano, Mapeamento Geológico-Geotécnico, Análise Integrada.

## **ABSTRACT**

The urbanization process in Brazil occurs mainly in a non-ordered way, not considering properly the potentials and limitations of the physical environment, what results in a form of urban development that may expose the population and the urban equipment to external geological processes such as floods and mass movements. It happens in Ilhabela-SP, where the high rates of population growth, combined with its rough topography, increase this issue, highlighting the need of an adequate orientation to the urban expansion. In this context, the geological-geotechnical maps happen to be appropriate tools for the planning of the urban expansion in the physical environment. So the aim of this research is the geological-geotechnical mapping of the most densely urbanized area of Ilhabela, through the integrated analysis of the region's aerial images. The photo analysis and photo interpretation, combined with field data, subsidized the section and classification of the study area in geological-geotechnical units that show similar morphological and geotechnical properties. This procedure resulted in the identification of geological-geotechnical units, which were represented in 3 scales, each with a different level of details (1:50.000, 1:20.000, 1:10.000), and accompanied of profiles and description tables containing its physical and land use characteristics and main acting processes, besides the representation of its alteration profile and characteristic relief. The products obtained allowed a wide ranged comprehension of the island's physical environment characteristics, as well as the main conditioning aspects of it's human occupation, so happening to be useful tools that are appropriate to the urban planning of the archipelago city.

**Key words:** Ilhabela, Urban Planning, Geological Geotechnical Mapping, Integrated Analysis.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. OBJETIVOS.....	12
3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO .....	13
3.1 Levantamento Bibliográfico.....	14
3.2 Aquisição de cartas temáticas e imagens aéreas .....	15
3.3 Aquisição de imagens a partir do Google Earth .....	15
3.4 Aquisição e vetorização da base topográfica .....	17
3.5 Elaboração dos Mapas Hipsométrico, de Relevo Sombreado e de Declividades (1:50.000).....	18
3.6 Compartimentação fisiográfica e análise das fotos aéreas .....	19
3.7 Levantamentos de Campo .....	22
3.8 Elaboração dos Produtos Finais .....	23
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	24
4.1 Planejamento urbano .....	24
4.2 Compreensão da geomorfologia e dos processos superficiais .....	26
4.3 Solos e Perfil de Alteração.....	29
4.4 Cartografia Geotécnica .....	33
4.4.1 Avaliação de terrenos e análise integrada .....	35
4.4.2 Compartimentação fisiográfica .....	39
5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	42
5.1 Caracterização Física .....	42
5.1.1 Gênese .....	43
5.1.1 Geologia .....	46
5.1.2 Geomorfologia .....	49
5.1.3 Pedologia.....	51
5.1.4 Clima.....	53
5.2 Contexto social.....	54

5.2.1	Histórico da ocupação humana .....	55
5.2.2	Ocupação desordenada.....	57
5.2.3	Atuação do poder público .....	61
6.	RESULTADOS .....	67
6.1	Mapas Hipsométrico e de Declividades (1:50.000).....	67
6.2	Unidades Fisiográficas (1:50.000).....	70
6.3	Unidades Geológico-Geotécnicas (1:20.000) .....	73
6.3.1	Unidade 1 – Sedimentos quaternários em relevo de planícies marinhas e fluviais.....	74
6.3.2	Unidade 2 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros e morrotes arredondados.....	78
6.3.3	Unidade 3 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros alongados ..	82
6.3.4	Unidade 4 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros altos .....	86
6.3.5	Unidade 5 – Depósitos de colúvio e tálus em fundos de vales e sopés de encostas .....	89
6.3.6	Unidade 6 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de montanhas .....	92
6.4	Bairro do Camarão (1:10.000) .....	94
6.4.1	a) Fundos de vales .....	97
6.4.2	b) Encostas de morros.....	98
6.4.3	c) Topos de Morros.....	99
6.4.4	d) Morros com vegetação .....	100
7.	CONCLUSÕES.....	102
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	105
	APÊNDICE A – PONTOS DE CAMPO .....	114
	APÊNDICE B – FICHA DE CAMPO.....	120
	APÊNDICE C –MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO (1:20.000).....	121

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização e delimitação da área de estudo. ....	10
Figura 2: Áreas mapeadas e suas respectivas escalas .....	11
Figura 3: Fluxograma com a sequência das etapas de trabalho.....	13
Figura 4: Ajuste da altitude para a obtenção de um frame na escala de 1:50.000. Em destaque, a medida do comprimento da linha traçada, e, abaixo, a altitude obtida. .	16
Figura 5: Utilização da ferramenta Marcador para definição do centro aproximado e limite superior e inferior das imagens obtidas. ....	17
Figura 6: Modelo de perfil de alteração: classificações e comportamentos. ....	31
Figura 7: Tipos e disposições de solos transportados.....	32
Figura 8: Níveis hierárquicos e classificações de terreno .....	36
Figura 9: Fases de evolução tectono-magmática da borda da Bacia de Santos, que deu origem ao arquipélago de Ilhabela. ....	45
Figura 10: Mapa geológico de Ilhabela .....	48
Figura 11: Mapa pedológico da área de estudo. ....	52
Figura 12: Precipitação em Ilhabela, em função da altitude.....	54
Figura 13: Área antropizada até 1950, e atuais áreas urbana e preservada.....	56
Figura 14: Morro Santa Tereza: residências de alto padrão socioeconômico em encostas de morros altos. ....	59
Figura 15: Morro dos Mineiros: residências de baixo padrão socioeconômico em encostas de morros altos. ....	59
Figura 16: Principais vetores de crescimento urbano, associados a estabelecimentos turísticos (azul), ou à população local (vermelho). ....	61
Figura 17: Localização e abrangência do Parque Estadual de Ilhabela.....	62
Figura 18: Zoneamento Ecológico Econômico da área de estudo. ....	65
Figura 19: Mapa hipsométrico (1:50.000).....	68
Figura 20: Mapa de declividades (1:50.000). ....	69
Figura 21: Unidades Fisiográficas (1:50.000).....	71
Figura 22: Processo de inundação em área de planície no bairro da Barra Velha. Fev. de 2011. ....	75
Figura 23: Assoreamento do córrego da Água Branca (ponto 40). ....	76
Figura 24: Operação de desassoreamento de outro trecho mais a montante do córrego da Água Branca (ponto 57). ....	76

Figura 25: Feições erosivas nas encostas dos morros, neste caso cicatrizes, .....	79
Figura 26: Voçoroca em área urbanizada (prox. ao ponto 26). .....	79
Figura 27: Erosão linear em estrada de terra (ponto 61).....	80
Figura 28: Ocupação residencial em topo e encosta de morro (prox. ao ponto 10). .	80
Figura 29: Escorregamento em encosta de morro na beira da estrada (ponto 18). ..	83
Figura 30: Evidência de escorregamento e queda de blocos em área de corte na estrada. À direita, obra de contenção (pontos 1 e 2).....	83
Figura 31: Residência em área de risco de escorregamento. No detalhe, trinca no piso da casa em função do início deste processo (ponto 3).....	84
Figura 32: Voçoroca na face norte do Morro dos Mineiros (ponto 46) .....	87
Figura 33: Obra para estabilização de bloco rochoso no Morro dos Mineiros (ponto 37) .....	87
Figura 34: Processo de erosão marginal em área urbanizada (ponto 26).....	90
Figura 35: Enxurrada em córrego após intensa chuva de verão (prox. ao ponto 29)	90
Figura 36: Unidades presentes no bairro do Camarão (ponto 55). .....	95
Figura 37: Bairro do Camarão e Unidades de análise (1:10.000). .....	96
Figura 38: Curso d'água característico da Unidade (ponto 60). .....	97
Figura 39: Concentração de blocos rochosos junto às drenagens (ponto 60). .....	98
Figura 40: Processos erosivos lineares atuantes em encosta de morro (ponto 63). .	99
Figura 41: Topo de morro, local onde se iniciam os processos superficiais observados nas encostas ponto (64). .....	100
Figura 42: Panorama da Unidade, com topos e encostas dos morros cobertos por vegetação (ponto 62). .....	101
Figura 43: Vegetação densa que cobre a Unidade d (ponto 60).....	101

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Proposta de Zaine (2011) de procedimento de fotoanálise e fotointerpretação. ....	20
Quadro 2: Níveis hierárquicos de mapeamento e suas Unidades.....	70
Quadro 3: Características geológicas e geomorfológicas das Unidades fisiográficas (1:50.000).....	72

## 1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização no Brasil, como nos demais países subdesenvolvidos, ocorre de maneira desordenada, historicamente sem um planejamento adequado por parte do poder público. Esse processo se agravou nas últimas décadas, com a urbanização em ritmo acelerado impulsionada pelo crescimento econômico observado no país, processo no qual se observa uma tendência da população em abandonar o meio rural e adensar os centros urbanos, que concentram atualmente 84% da população brasileira (IBGE, 2012). Esse adensamento desordenado dos meios urbanos no país acaba resultando, direta ou indiretamente, em impactos sobre todos os sistemas naturais: no solo, na atmosfera, na vegetação e nos recursos hídricos (COELHO, 2004).

Com isso observa-se a necessidade de um planejamento adequado do crescimento urbano, que permita que o estabelecimento do equipamento urbano tenha impacto mínimo nos recursos naturais, bem como garanta a segurança da população e da integridade de sua própria estrutura.

Um meio de lograr esses resultados é o planejamento norteado pelos aspectos físicos do ambiente, pela capacidade de sustentação do meio frente aos diferentes tipos de uso do solo presentes. Para tanto, é eficaz seguir os preceitos da Geologia de Engenharia, o que garantiria os objetivos acima citados na medida em que se teria como base as características geológicas e geomorfológicas do meio estudado, que determinam o comportamento geotécnico do mesmo. Esse comportamento é um dos fatores determinantes na ocorrência de processos de dinâmica superficiais agravados pela urbanização mal planejada, como erosão, escorregamentos e inundações.

Nesse contexto, como uma resposta a essa problemática, a cartografia geotécnica prova-se uma ferramenta eficaz na classificação e representação do meio físico em função de diferentes demandas de planejamento. As cartas geológico-geotécnicas configuram-se como instrumentos apropriados ao delineamento do desenvolvimento urbano, considerando propriamente as potencialidades e limitações do meio físico e assim podendo reduzir a exposição da população aos riscos geológicos.

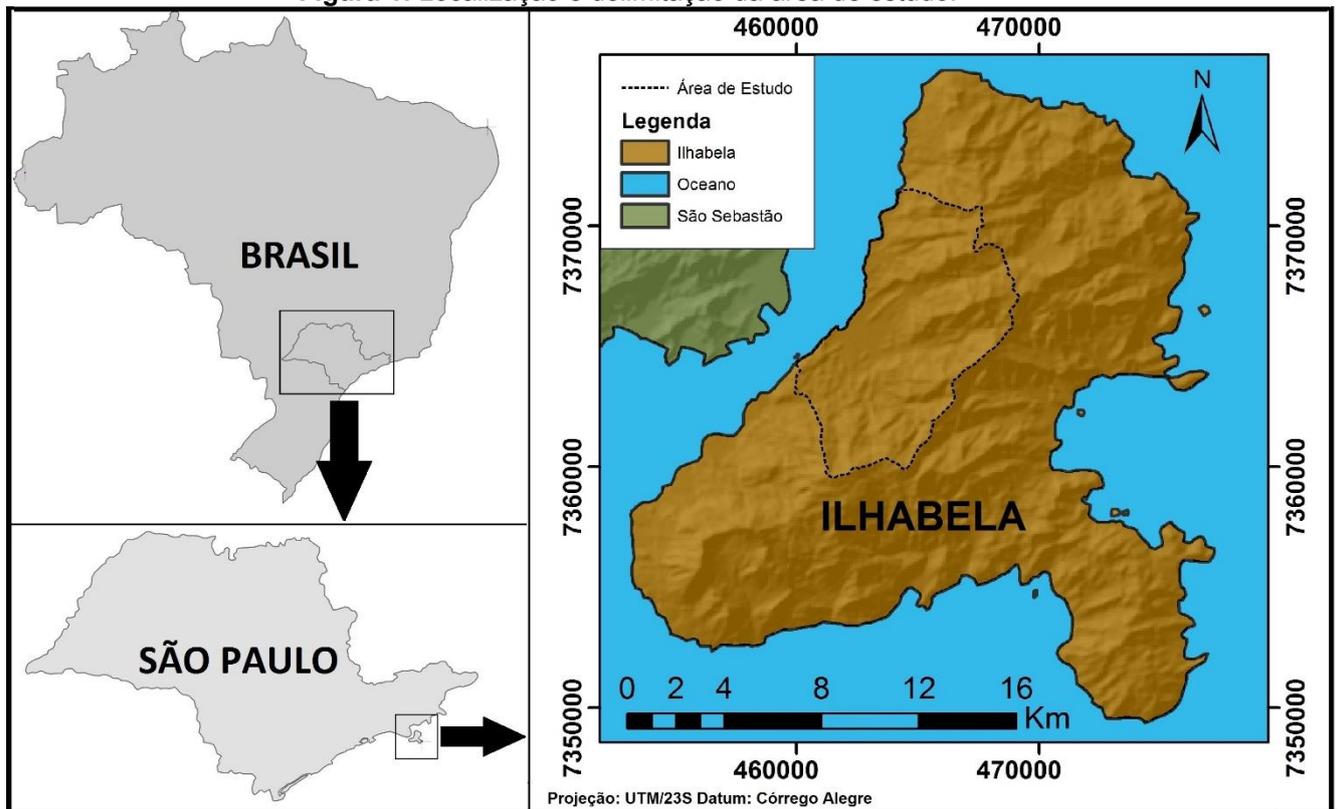
Ilhabela é a segunda maior ilha do litoral brasileiro, com aproximadamente 336 km<sup>2</sup> de área. Um de seus mais relevantes aspectos é apresentar uma grande área contínua de Mata Atlântica, além de um relevo com grandes variações altimétricas

(podendo chegar a 1.379 m de altitude), no qual predominam os morros e montanhas com altos valores de declividade, e que compõe um local de alta relevância ambiental, e com alto potencial turístico, este último representando o principal fator econômico do município. Cerca de 85% da área do município está inserida no Parque Estadual de Ilhabela, configurando-se como área protegida, e assim restringindo a ocupação urbana para a área restante.

A ilha faz divisa com o município de São Sebastião, onde se encontra o Terminal Marítimo Almirante Barroso (TEBAR), da Transpetro (subsidiária da Petrobras), no qual circula mais de 60% do petróleo utilizado nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país (POLIS, 2013). Está em andamento sua ampliação, e em função da mesma também vêm sendo concluída a duplicação da rodovia dos Tamoios (SP-99), entre São José dos Campos e Caraguatatuba, e a construção do Contorno viário Sul, entre Caraguatatuba e São Sebastião. Essas grandes obras de infraestrutura, quando concluídas, terão um grande impacto socioeconômico e urbanístico, e implicarão num aumento do afluxo de pessoas para o litoral norte e para Ilhabela, intensificando os problemas atualmente observados causados pela urbanização desordenada, e aumentando assim a necessidade de instrumentos para o planejamento. Soma-se a isso o corrente processo de revisão dos dois principais instrumentos de zoneamento urbano do município, o Plano Diretor Municipal e o Zoneamento Ecológico-Econômico, pondo em destaque a importância do direcionamento adequado da ocupação urbana na Ilha.

Portanto, a intenção do presente projeto é a aplicação de uma metodologia de mapeamento geotécnico direcionada ao núcleo urbano principal do município de Ilhabela - SP, localizado na porção centro-oeste da Ilha (Figura 1), e no qual se concentra cerca de 80% da população (INSTITUTO ILHABELA SUSTENTÁVEL, 2013), portanto onde o processo de urbanização é mais intenso. Foi utilizada como base a compartimentação fisiográfica (realizada a partir da análise integrada de fotos aéreas), posteriormente complementada com estudos em campo, de forma a identificar na área de estudo unidades homogêneas em suas características físicas, possibilitando assim um direcionamento do planejamento adequado às propriedades de cada unidade.

**Figura 1:** Localização e delimitação da área de estudo.

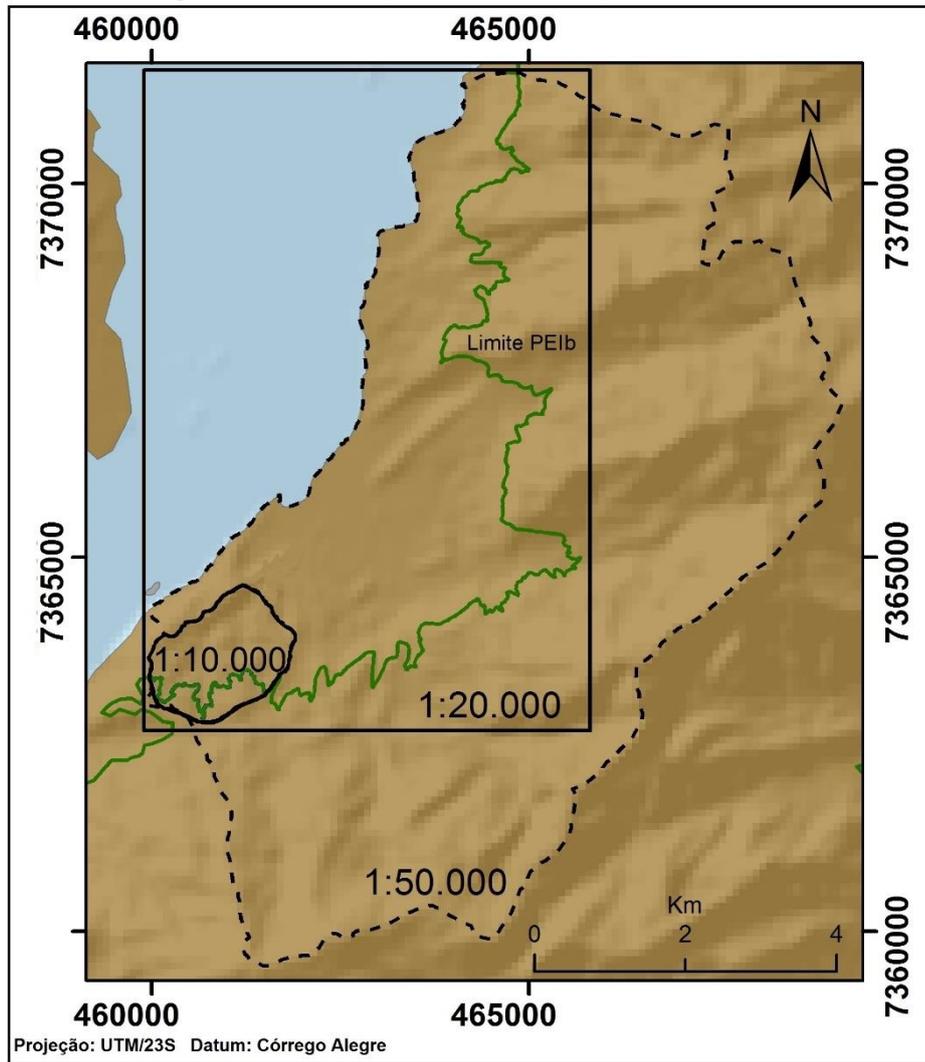


Fonte: Modificado de Fundação Florestal (2011)

Foi feito o mapeamento em diferentes escalas, propiciando o detalhamento progressivo da área de estudo, com a intenção de obter produtos cartográficos que permitam ao usuário ter um panorama das diferentes áreas de crescimento urbano na Ilha, para efeito de comparação, sob o enfoque geológico-geotécnico; portanto produtos que demonstrem de forma simples e clara as limitações e potencialidades do meio físico insular, e que possam servir como subsídio para o planejamento adequado da organização urbana sobre o mesmo.

A definição das áreas a serem mapeadas está explicitada na figura 2: para a escala de 1:50.000 a área é delimitada pelas sub bacias do Paquera/Cego e do Ilhabela/Cachoeira; para a escala de 1:20.000 a área mapeada abrange a zona urbanizável dentro dessas sub bacias, portanto delimitada pelos limites do Parque Estadual de Ilhabela; para o mapa de maior detalhe, na escala de 1:10.000 foi delimitado o bairro do Camarão, pelo fato do mesmo se encontrar no limite do crescimento urbano, fazendo divisa ao mesmo tempo com os bairros mais populosos da cidade e com o Parque Estadual de Ilhabela, e também por se encontrar em um local muito sujeito a processos superficiais, em função de suas características físicas e de uso e ocupação do solo.

Figura 2: Áreas mapeadas e suas respectivas escalas



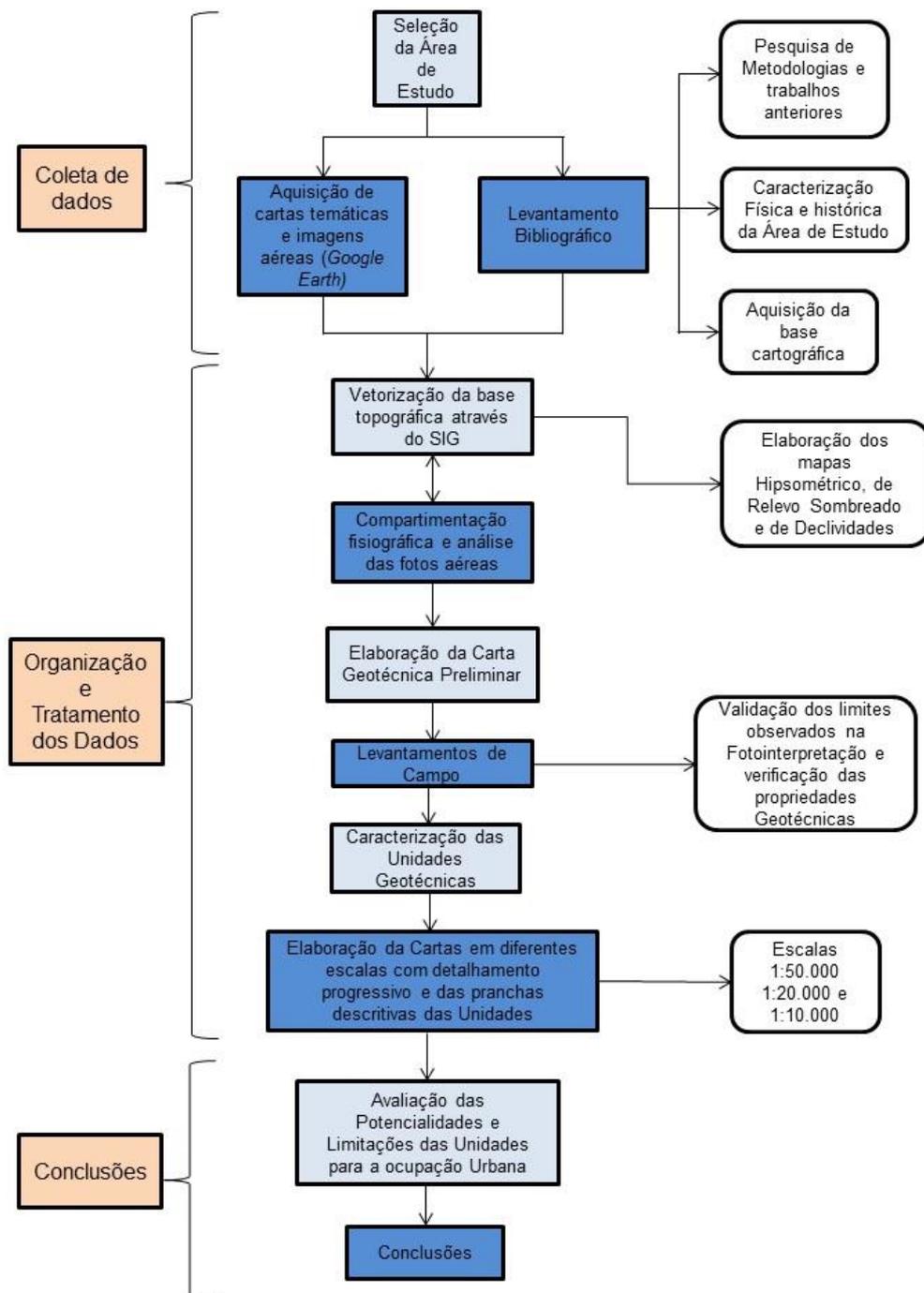
## **2. OBJETIVOS**

O objetivo principal da dissertação é o mapeamento geológico-geotécnico da região central do município de Ilhabela – SP. O mapeamento foi feito em diferentes escalas (1:50.000, 1:20.000 e 1:10.000) em um detalhamento progressivo e é acompanhado de pranchas, imagens e tabelas descritivas das principais características físicas e de uso e ocupação de cada unidade. A intenção é que esses produtos permitam uma compreensão do meio físico e possam servir de subsídio para o planejamento adequado da expansão urbana, caracterizando geotecnicamente diferentes regiões de crescimento urbano.

### 3. MÉTODOS E ETAPAS DE TRABALHO

Para a pesquisa proposta, a metodologia adotada consistiu nas etapas discutidas detalhadamente nos sub-itens a seguir, e esquematizadas no fluxograma da Figura 3, que expõe as 3 principais fases do trabalho (coleta, organização e tratamento dos dados e conclusões), destacando em azul escuro as principais etapas de cada fase:

**Figura 3:** Fluxograma com a sequência das etapas de trabalho.



### 3.1 Levantamento Bibliográfico

Com o objetivo de se obter uma fundamentação teórica pertinente à pesquisa proposta, foi realizada a pesquisa bibliográfica, tomando como base teses, dissertações, artigos, livros e publicações referentes à região de estudo, tanto ao município de Ilhabela quanto a outras áreas onde podem ocorrer dinâmicas e processos semelhantes, como os demais municípios do Litoral Norte de São Paulo ou da região da Serra do Mar. Os temas atentados foram sua caracterização geológica e geomorfológica, aspectos do desenvolvimento urbano desses locais, bem como os principais impactos ambientais a eles relacionados, a situação dos recursos naturais e as respostas das políticas públicas a essas questões. A pesquisa também tomou como base publicações relacionadas com os aspectos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, climáticos e da vegetação da área de estudo.

Da mesma forma, também foram utilizados materiais bibliográficos que tratam da Cartografia Geotécnica de temas afins, como zoneamento geotécnico, análise integrada, compartimentação fisiográfica, interpretação de fotos aéreas, geomorfologia, planejamento urbano e geologia de engenharia, e aplicações e metodologias desse tipo de mapeamento.

Como plataforma para pesquisa, foram utilizados principalmente trabalhos disponíveis na Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (livros, dissertações e teses), do campus de Rio Claro. De bancos de dados da Internet obtiveram-se outros materiais bibliográficos, com destaque para sites de instituições públicas, como o Instituto Geológico (IG), o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a fundação SEADE, etc. Também contribuíram para o embasamento bibliográfico dessa pesquisa, materiais disponibilizados pelo Parque Estadual de Ilhabela.

Nessa etapa de trabalho, destacam-se como base para a fundamentação metodológica e compreensão regional os trabalhos de Hennies e Hasui (1968, 1977), Almeida (1974), Soares e Fiori (1976), Hasui (1983), Hasui et. al. (1989, 1994), Cruz (1986, 1990), Zuquette e Gandolfi (1987, 2004), Ross (1992, 1995, 1996), Vedovello (1993), Zuquette (1993), Augusto Filho (1994), Falconi e Negro (1994), Lollo (1995), Vaz (1996), Diniz (1998, 2012), Infanti Jr. e Forsanari Filho (1998), Oliveira e Brito (1998), Vedovello e Matos (1998), Zaine (2000, 2011), Farah (2003), Rocha e Silva (2009), Fundação Florestal do Estado de São Paulo (2011) e POLIS (2013).

### **3.2 Aquisição de cartas temáticas e imagens aéreas**

O trabalho utilizou os seguintes mapas, presentes no Plano de Manejo do Parque Estadual de Ilhabela:

- Mapa Geológico (PERROTA et. al., 2005);
- Mapa Pedológico (OLIVEIRA et. al., 1999);
- Mapa Geomorfológico (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2011);

Todas essas cartas foram derivadas de mapeamentos regionais compiladas na escala de 1:50.000, e contribuíram para a compreensão do contexto físico da área de estudo, sua evolução e fatores condicionantes, e também serviram como um complemento posterior à compartimentação das unidades de terreno.

Para a presente pesquisa, destaca-se a utilização de fotografias e imagens aéreas, que permitiram a visão estereoscópica da área de estudo, e com isso, sua compartimentação fisiográfica e posterior análise, seguindo a metodologia de fotointerpretação adotada.

Foram utilizadas fotos aéreas do município de Ilhabela, produtos do Levantamento Aerofotogramétrico de 2010/2011, reativo ao Projeto Mapeia São Paulo, do Sistema Cartográfico Metropolitano da Emplasa, na escala de 1:5.000. Não foi possível obter a estereoscopia dessas imagens, elas foram aproveitadas como suporte para a delimitação dos limites das áreas urbanas, identificação dos padrões de uso e ocupação do solo e dos processos de dinâmica superficiais pretéritos e presentes, bem como para a análise dos padrões de drenagem do terreno.

### **3.3 Aquisição de imagens a partir do Google Earth**

Para a geração dos pares estereoscópicos que permitiram a análise fisiográfica da área de estudo, foram extraídas imagens aéreas pelo software *Google Earth Pro 7.1*. Optou-se pela obtenção das imagens por meio do referido software devido ao fato do mesmo ser de livre acesso e de simples utilização (sem recursos muito avançados que limitam seu uso a especialistas). Grabler (2011) e Rodrigues (2012) exemplificam como tal procedimento provou-se eficaz para a análise da paisagem na forma de subsídio para a elaboração de cartas Geológico-Geotécnicas.

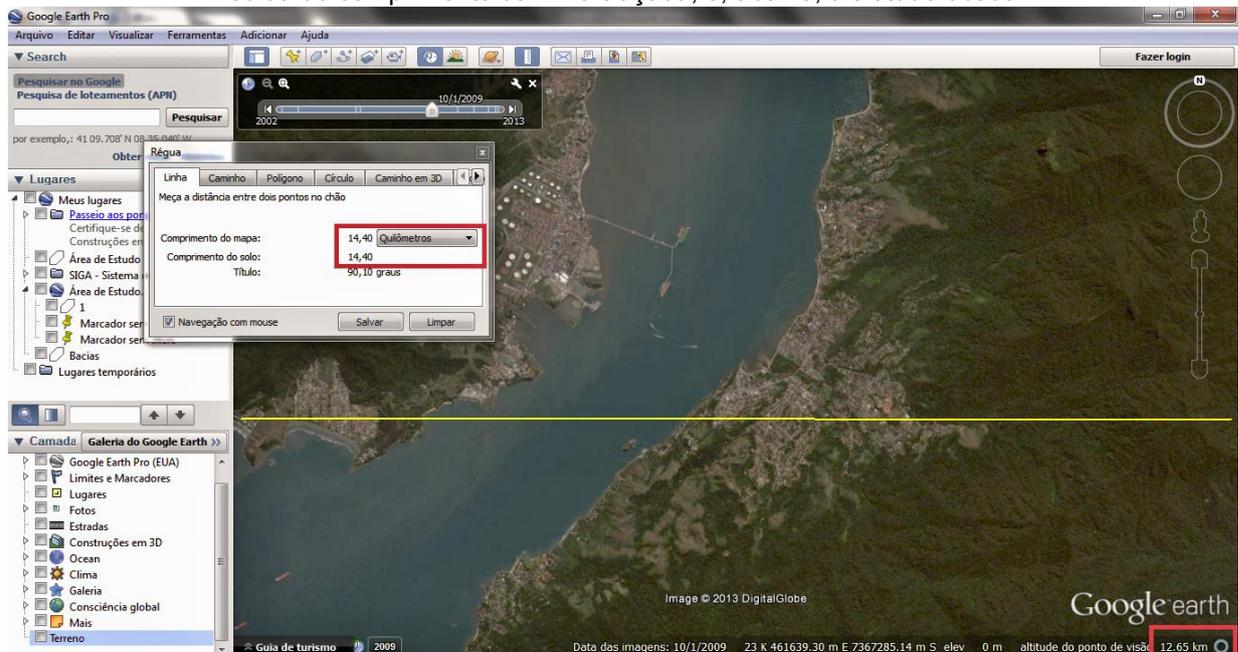
A obtenção das imagens seguiu o seguinte procedimento: a princípio, optou-se, com o recurso de habilitar imagens históricas, por utilizar-se imagens aéreas do ano de 2009, pelo fato das mesmas apresentarem maior qualidade e clareza, e pela ausência de nuvens nas mesmas.

Em seguida, definiu-se a altitude das imagens, para que as mesmas se configurassem na escala desejada. Os pares estereoscópicos seriam impressos em folhas A4, em formato paisagem, nas quais a largura das imagens é de 28,8 cm. Portanto a partir dessa informação, utilizando a ferramenta “**Régua**” do *software*, traçou-se uma linha reta que ocuparia toda a extensão da imagem impressa no tamanho referido.

No caso, para a escala de 1:50.000, a medida da linha que ocupasse toda a extensão do *frame* capturado foi de 14,4 km (50.000 x 28,8 cm). A altitude ajustada para que essa linha ocupasse toda a extensão do *frame* foi de 12,65km (Figura 4).

O mesmo procedimento foi realizado para as imagens obtidas na escala de 1:20.000 e de 1:10.000, obtendo suas respectivas medidas de comprimento da régua e de altitude.

**Figura 4:** Ajuste da altitude para a obtenção de um frame na escala de 1:50.000. Em destaque, a medida do comprimento da linha traçada, e, abaixo, a altitude obtida.



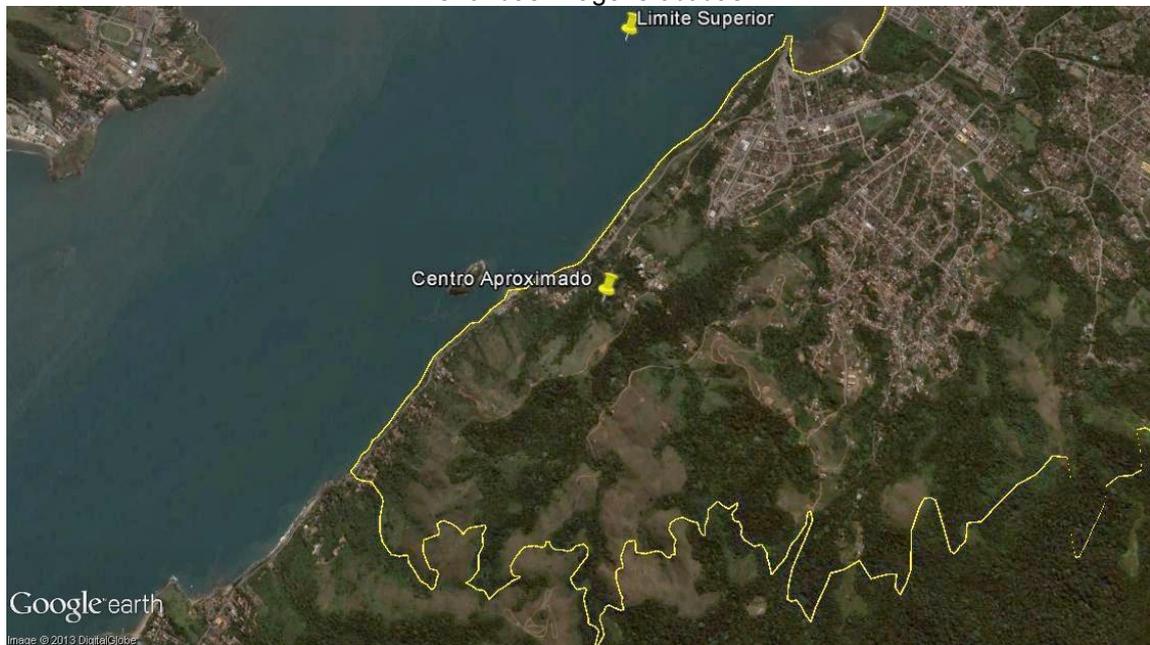
Fonte: Google Earth. Extraída em: 07/2013.

Após o ajuste da altitude, e com a inclinação e a bússola fixadas (em “**Visualizar > Redefinir > Inclinação e Bússola**”), foi enquadrada a área de estudo, e a linha do plano de voo foi mantida utilizando a seta direcional para a direita (→).

Para a definição dos limites superiores e inferiores dos *frames*, de modo a permitir a sobreposição latitudinal de cerca de 10% dos mesmos, foi utilizada a ferramenta “**Marcador**” do *software*. A mesma foi utilizada para definir o centro de cada imagem, para permitir sua sobreposição lateral de 60% (Figura 5).

Ressalta-se que a opção “**Terreno**” foi habilitada antes da captura das imagens, pois a mesma causa uma distorção tridimensional na imagem, acompanhando o formato do relevo, possibilitando a estereoscopia entre os pares das imagens orbitais obtidas.

**Figura 5:** Utilização da ferramenta Marcador para definição do centro aproximado e limite superior e inferior das imagens obtidas.



**Fonte:** Google Earth. Extraída em: 07/2013.

### 3.4 Aquisição e vetorização da base topográfica

O *software* ArcGIS 10 foi utilizado na formação de um banco digital de dados no qual se armazenaram as informações espaciais georreferenciadas que foram utilizadas na elaboração dos mapas.

Por meio dele foram vetorizadas as curvas de nível, pontos cotados e drenagens da área de estudo, e assim estabelecidas as bases topográficas e hidrográficas. Para tanto, foram georreferenciadas e digitalizadas cartas topográficas elaboradas em 1978 pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo

(IGC). As cartas usadas, que estão na escala 1:10.000, e com equidistância de 5 metros entre as curvas de nível, foram as seguintes:

- SF-23-Y-D-VI-3-NE-A
- SF-23-Y-D-VI-3-NE-B
- SF-23-Y-D-VI-3-NE-C
- SF-23-Y-D-VI-3-NE-D
- SF-23-Y-D-VI-3-NE-E
- SF-23-Y-D-VI-3-NO-D
- SF-23-Y-D-VI-3-NO-F

As curvas de nível foram vetorizadas na equidistância de 25 metros para melhor representação das mesmas nas escalas desejadas. Em função das grandes variações de amplitude e grandes declividades encontradas na área de estudo, não seria possível uma boa representação de uma equidistância de menor valor.

### **3.5 Elaboração dos Mapas Hipsométrico, de Relevo Sombreado e de Declividades (1:50.000)**

Com as curvas de nível, os pontos cotados e a base hidrográfica vetorizados e georreferenciados, foi possível a elaboração do Modelo Digital de Terreno (MDT), com a utilização da ferramenta *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Interpolation > Topo to Raster* do ArcGIS. O MDT gerado foi então transformado na Carta Hipsométrica.

A partir do MDT, com a ferramenta *Spatial Analyst Tools > Surface > Hillshade*, foi gerado o mapa com o relevo sombreado, e com a ferramenta *Spatial Analyst Tools > Surface > Slope*, foi gerado o Mapa de Declividades da área. Esses mapas foram elaborados na escala de 1:50.000.

Esses três modelos gerados foram utilizados em complemento às imagens fotointerpretadas e compartimentadas, aos outros mapas e dados citados anteriormente, e às informações de campo, na identificação e definição dos limites das unidades geológico-geotécnicas encontradas na área.

### 3.6 Compartimentação fisiográfica e análise das fotos aéreas

Tomando como base pares de fotos aéreas verticais obtidas, pode-se, com o auxílio de um estereoscópio, realizar a observação de uma área com uma visão em três dimensões, o que permite ao usuário identificar com clareza formas e texturas do relevo, densidade da drenagem, feições geomorfológicas, entre outros aspectos que tornam a interpretação das fotos aéreas um instrumento prático e eficiente de análise do meio físico.

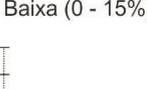
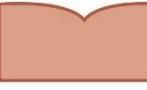
Com as imagens aéreas obtidas no *Google Earth* pelo procedimento exposto, foram realizadas a fotoanálise e fotointerpretação das imagens extraídas nas diferentes escalas. Com base nas semelhanças e diferenças entre as regiões e aspectos observados, identificadas zonas homólogas, e, portanto delimitados compartimentos fisiográficos das regiões escolhidas.

Seguindo os procedimentos propostos e sistematizados por Zaine (2011), e esquematizados no Quadro 1, baseando-se na análise integrada dos elementos do meio físico, as regiões que apresentaram características fisiográficas semelhantes foram agrupadas e classificadas nos mesmos compartimentos.

Essa metodologia observa os elementos texturais do relevo e padrões de drenagem, amplitude local, formas de encosta, topo e fundos de vale, orientação e simetria na definição dos compartimentos, seguindo uma sequência de complexidade crescente. Para cada um dos aspectos estudados, são definidas classes para efeito de comparação quantitativa e/ou qualitativa, por exemplo: densidade de drenagem alta, média ou baixa. Cada uma dessas classes se reflete nas características geotécnicas da unidade em questão, conforme exposto no quadro, como por exemplo: uma unidade com baixa densidade de drenagem apresenta alta permeabilidade intergranular, portanto baixa relação escoamento superficial/infiltração, e um manto de alteração espesso.

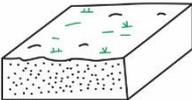
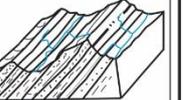
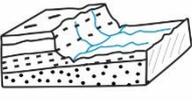
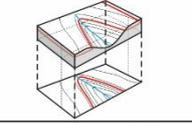
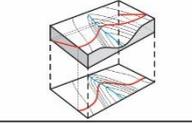
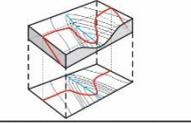
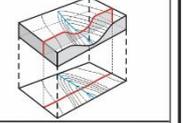
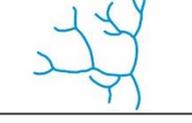
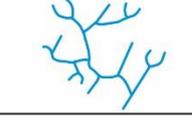
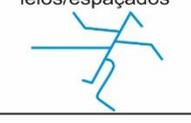
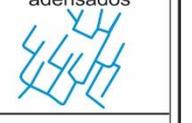
Cabe ressaltar que nesta aplicação, os limites entre os compartimentos foram estabelecidos principalmente em função das rupturas de declives visíveis.

**Quadro 1:** Proposta de Zaine (2011) de procedimento de fotoanálise e fotointerpretação.

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo	Baixa (0 a 5/10 km <sup>2</sup> )	Média (5 a 30/10 km <sup>2</sup> )	Alta (> 30/10 km <sup>2</sup> )
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem			
	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		Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	Média (Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	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
Registros de processos geológicos	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

Fonte: Zaine (2011)

Quadro 1: continuação

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	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada 
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico 
	c) Regra dos Vs	Horizontal a sub 	Mergulho p/ montante 	Mergulho p/ jusante 	Vertical a sub 
	d) Sinuosidade* (drenagem)	Curvos/dendríticos 	Mistos 	Retilíneos não paralelos/espaçados 	Retilíneos paralelos/adensados 
	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 reflorestamento)
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)

\* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo.  
\*\* Corpos d' água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.

Fonte: Zaine (2011)

### 3.7 Levantamentos de Campo

Após a compartimentação do terreno foram realizadas visitas de campo com o intuito de obter a confirmação da interpretação e análise fisiográfica realizadas. No campo, foi possível o reconhecimento e a identificação das características físicas da área e das unidades geológico-geotécnicas apontadas pela interpretação das fotos aéreas, bem como a verificação da conformidade entre o observado nas fotos e sua ocorrência no campo.

Para a escolha dos pontos do campo, procurou-se englobar todas as unidades obtidas, focando principalmente locais onde há solo exposto e é possível a observação do perfil de alteração local, locais de ocorrência de processos geológicos exógenos, e locais onde ocorrem e são observáveis os limites entre as unidades.

Com o auxílio de material técnico adequado, como fichas de campo (APÊNDICE B), martelo geológico, enxada, fita métrica, GPS e câmera fotográfica, para cada unidade geológico-geotécnica delimitada foram analisadas e registradas suas características físicas, seu perfil de alteração, e as formas de uso ocorrentes; também foi possível a observação da paisagem e os aspectos geomorfológicos de seu relevo, como a forma, declividade e amplitude, bem como os limites entre as unidades, validando ou corrigindo as informações obtidas na interpretação das imagens.

No campo foi possível a representação gráfica dos perfis de alteração, bem como das seções esquemáticas dos relevos característicos de cada unidade. Essas informações foram posteriormente digitalizadas pelo *software* Corel Draw X7.

No campo também foram identificados e analisados pontos onde há o risco ou a ocorrência (atual ou pretérita) de processos geológicos exógenos na área estudada, e qual o tipo ocorrente. Também, com o estudo *in loco*, melhorou-se concepção em relação a como se dá o processo de ocupação e desenvolvimento urbano na Ilha.

Foram realizadas 4 campanhas: em Janeiro, em Maio e em Julho de 2014, e Janeiro de 2015, nas quais totalizaram 66 pontos (APÊNDICE A), obedecendo a recomendação de Zuquette e Gandolfi (1990) de densidade de pontos de campo em relação à escala adotada: de 3 pontos por quilômetro quadrado para mapeamentos em escalas regionais (1:50.000 e 1:25.000, no caso) e 5 pontos para escalas de detalhe (1:10.000, neste caso). As campanhas permitiram a caracterização de 6 unidades geológico-geotécnicas, expostas no presente trabalho, e mais 4 subunidades no mapeamento de maior detalhe.

### 3.8 Elaboração dos Produtos Finais

Com as informações obtidas nas etapas anteriores foi possível a elaboração, no *software ArcGIS 10*, sobre a base vetorizada e georreferenciada, dos produtos finais, que são os mapas temáticos nas diferentes escalas. Nas escalas regionais foram feitos o mapa de unidades fisiográficas (1:50.000) das sub-bacias do Paquera/Cego e do Ilhabela/Cachoeira e o mapa geológico-geotécnico da área urbana da Ilha (1:20.000). Na escala de detalhes (1:10.000) foi elaborado o mapa geológico-geotécnico do bairro do Camarão. Esses mapas foram acompanhados da descrição das principais propriedades e características geomorfológicas, geológicas, geotécnicas e de uso e ocupação de cada unidade, obtidas pela interpretação das imagens aéreas pela metodologia de Zaine (2011), e em campo, conforme já citado. Essas informações foram expostas na forma de textos acompanhados de tabelas, quadros (elaboradas em *Microsoft Excel* e *Microsoft Word*) e figuras dos perfis de alteração, seção do relevo e substrato geológico de cada unidade (elaboradas com o uso do *Core/DRAW X7*).

A atenção aos aspectos de uso e ocupação do solo de cada unidade obtida permitiu uma compreensão da relação da densidade urbana e tipo de ocupação predominante com as características do meio físico e processos ocorrentes nas mesmas. Assim foi possível notar o efeito da pressão antrópica e os processos aos quais a população e o equipamento urbano estão sujeitos nos diferentes locais/unidades presentes no meio urbano da Ilha.

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1 Planejamento urbano

A urbanização acelerada observada no país, principalmente a partir da década de 70, evidenciou diversos problemas que o crescimento urbano desordenado pode acarretar. Focando-se no meio físico, Seignemartin (1979) destacou as grandes e muitas vezes irreversíveis alterações que a instalação e desenvolvimento de aglomerados urbanos causa na superfície natural do terreno e nas condições locais. Zuquette et. al. (2009), focalizando os processos observados na cidade de Poços de Caldas – MG, listam diversos impactos negativos que a urbanização desordenada ocasiona, como aumento nas taxas de erosão, intensidade e frequência de inundações, contaminação de águas subterrâneas, poluição dos solos, entre outros.

Um dos principais impactos negativos da urbanização sobre o meio físico se dá na mudança do regime hidrológico, entre outras formas, com a impermeabilização dos solos, retirada da cobertura vegetal, exposição do solo ou ocupação de cabeceiras e margens de rios, alterando as relações naturais de infiltração e escoamento superficial.

Nas cidades brasileiras, por exemplo, vê-se um padrão de ocupação irregular, influenciado por uma atuação ineficaz do poder público e pela dinâmica econômica do mercado imobiliário (BARBOSA, 2010). Nota-se no país a população predominantemente de baixa renda ocupando as áreas mais suscetíveis a processos de dinâmica superficiais, como encostas íngremes, suscetíveis a movimentos de massa; ou margens de rios, suscetíveis a inundações, portando sendo um tipo de ocupação que ocasiona riscos e prejuízos econômicos e sociais (FARAH, 2003). Este autor afirma ainda que a ocupação desordenada promove incomensuráveis prejuízos à sociedade, criando espaços urbanos problemáticos, cuja solução envolve altos custos, destruindo a paisagem e construindo péssimas cidades para as próximas gerações.

Assim, fica explícita a importância da compreensão do meio físico no desenvolvimento urbano adequado, norteado por conhecimentos da área de geologia e geotecnia (FARAH, 2003). Esse desenvolvimento deve ser aplicado pelo Estado na forma de instrumentos de planejamento urbano. Seignemartin (1979) sublinhou a

necessidade de planejamento da ocupação do meio físico segundo uma visão geológica, num contexto no qual a representação das informações geológicas deve ser feita em um formato compreensível para usuários leigos, como em cartas geológico-geotécnicas, que servem então como instrumentos do planejamento urbano.

O planejamento urbano está relacionado com o ato de antever as modificações sociais, econômicas e ambientais que podem vir a ocorrer no processo de crescimento de uma cidade, para assim possibilitar uma estratégia de direcionamento desse crescimento, no sentido de minimizar impactos negativos e potencializar os impactos positivos decorrentes desse crescimento (DUARTE, 2011). Esse planejamento permite o reconhecimento e localização das tendências ou propensões naturais para o desenvolvimento, e:

*“... estabelece regras de ocupação do solo, define as estratégias e políticas do município e explicita restrições, proibições e limitações que deverão ser observadas para manter e aumentar a qualidade devida para seus munícipes.” (REZENDE & CASTOR, 2006).*

Duarte (2011) afirma ainda que o Plano Diretor é o principal instrumento legal do planejamento urbano. Obrigatório, pela Constituição de 1988, a todos os municípios brasileiros com mais de 20 mil habitantes. Saboya (2007, p. 39) assim o define:

*“Plano diretor é um documento que sintetiza e torna explícitos os objetivos consensuados para o Município e estabelece princípios, diretrizes e normas a serem utilizadas como base para que as decisões dos atores envolvidos no processo de desenvolvimento urbano convirjam, tanto quanto possível, na direção desses objetivos.”*

Esses parâmetros são aplicados pelo Plano Diretor na forma de um zoneamento, que define classes de atuação e aplicação dos mesmos para áreas delimitadas conforme critérios estabelecidos, como por exemplo o conjunto de princípios, diretrizes e normas de ocupação urbana para áreas da cidade que apresentam valores médios de declividade acima de 45%, ou para áreas que apresentam mais de 80% da cobertura vegetal original inalterada, etc. Pelo

zoneamento, regula-se a altura dos edifícios, o tamanho mínimo dos lotes e sua taxa de ocupação, etc.

## **4.2 Compreensão da geomorfologia e dos processos superficiais**

O conhecimento sistematizado da geomorfologia nos permite, a partir da análise das formas do relevo, compreender os processos que atuaram e atuam em uma determinada área e que são responsáveis pela modelagem da superfície. Tendo em vista que o meio físico condiciona as características do meio biológico; que o relevo e os processos nele atuantes são os fatores mais influentes na ocupação do terreno; e que a sociedade humana se estrutura e se organiza em função desse ambiente natural, a compreensão da geomorfologia é de suma importância em um planejamento adequado da ocupação do meio.

Griffiths et. al. (2012) demonstram a importância do entendimento dos diferentes aspectos (processos geológicos e geomorfológicos) acerca da evolução da paisagem na concepção, edificação e manutenção de projetos de engenharia, que são a base da estrutura urbana. Há assim o reconhecimento de que a paisagem nunca é uma entidade estática ao longo da vida de uma estrutura de engenharia e que prever as mudanças que ocorrerão não só é possível como fundamental na concepção qualquer projeto.

Nesse contexto, tomando como base os conceitos de Davis (1899), Penck (1953) e Hack (1960), acerca dos processos que atuam na modelagem da superfície terrestre, chega-se a uma visão que se apoia no conceito do equilíbrio dinâmico do processo morfogenético, estando o relevo em constante evolução, segundo a interação dos eventos climáticos sobre a superfície erosiva, modelando o relevo superficial, em relação à estrutura geológica base e os processos tectônicos internos, ao longo do tempo geológico. O relevo atual resulta do antagonismo das forças endógenas e exógenas. Um exemplo é o domínio de mares de morros observado no sudeste do Brasil, que é resultado de uma reativação tectônica terciária (endógena), que posteriormente sofreu processos erosivos (exógenos) que resultaram no padrão morfológico observado hoje (CASSETI, 1994).

Assim, a dinâmica superficial é responsável pela modelagem da paisagem, em um direcionamento que tende ao equilíbrio. Os **processos geológicos exógenos** ou **de dinâmica superficial** são eventos que atuam nessa modelagem, e são provocados por agentes como a chuva, os rios, etc., que, ao excederem as resistências dos sistemas naturais, rompem o equilíbrio e desencadeiam modificações nos terrenos da superfície terrestre (INFANTI JR. & FORSANARI FILHO, 1998). Cabe informar que os **riscos geológicos** são as probabilidades de ocorrência de perdas (econômicas, sociais, ambientais) além de um valor limite, para um determinado lugar em um intervalo de tempo, em decorrência de um processo geológico exógeno (ZUQUETTE, 1993).

Infanti Jr. e Forsanari Filho (1998) exemplificaram e caracterizaram os principais processos superficiais atuantes no Brasil. Seguem alguns exemplos dos processos por eles descritos e que são encontrados na área de estudo da presente pesquisa:

- **Erosão:** remoção de partículas do solo pela ação combinada da gravidade com a água. Ela pode se desenvolver de diferentes formas em função da forma que se dá o escoamento superficial, podendo ser **erosão laminar**, quando o escoamento das águas é difuso e provoca uma remoção progressiva e uniforme dos horizontes de solo; ou **erosão linear**, quando o escoamento é concentrado em linhas de fluxo, e resulta em **sulcos** e **ravinas**. Quando esses sulcos e ravinas se desenvolvem mais, e atingem o nível de escoamento das águas subsuperficiais, se tornam **voçorocas**, que movimentam um grande volume de material e são de difícil contenção.

- **Movimentos de Massa:** instabilizações em encostas, que podem ser **rastejos**, quando são movimentos descendentes, lentos e contínuos, com vários planos de deslocamento e sem uma geometria ou superfície de ruptura definidos e que afetam os horizontes superficiais do solo; podem evoluir para **escorregamentos**, que são movimentos rápidos de grandes volumes de solo ou rocha, com poucos planos de deslocamento e geralmente ocorrem após períodos de grande pluviosidade; **movimentos de blocos**, quando implicam em quedas, tombamento, deslocamento ou rolamento de blocos rochosos; ou **corridas**, quando são movimentos de grandes dimensões com escoamento rápido e dinâmica híbrida, regida pela mecânica dos sólidos e dos fluidos, geralmente desenvolvidos ao longo das drenagens.

- **Assoreamento:** acumulação acima do normal de sedimentos em um corpo d'água, quando o volume de material acumulado passa a ser maior do que o transportado pelo rio, por exemplo. Os processos erosivos em torno de um curso d'água têm influência, pois os sedimentos provenientes da erosão depositam-se nos fundos de vales, assoreando cursos d'água e reservatórios (KERTZMAN et. al., 1995).

- **Inundação:** extravasamento das águas de um curso d'água para as áreas marginais, quando a vazão a ser escoada é superior à capacidade de descarga da calha.

Como agentes de influência do desencadeamento de processos exógenos pode-se citar a gravidade, e principalmente a pluviosidade: após um período chuvoso, a elevação do lençol freático e saturação do solo ocasiona pressão em seus materiais, diminuindo sua coesão interna e sua resistência ao cisalhamento, tornando o terreno instável e mais suscetível a movimentos de massa (FINLAYSON & STATHAN, 1980, CANUTI et. al., 1985). Guidicini e Iwasa (1977) analisaram nove locais no Brasil que apresentam altos índices anuais de pluviosidade e ocorrência de escorregamentos. Foi observado que em todos os casos as instabilidades ocorreram após um estado crítico de saturação do solo, decorrente de eventos pluviométricos extremos. Cruz (1990) aponta que na região da Serra do Mar, por seus altos índices pluviométricos, movimentos de massa são comuns, sendo a alta sensibilidade erosiva de suas escarpas um fator que evidencia a exigência de cuidados permanentes para sua preservação, portanto sendo fundamental a manutenção da estabilidade dos materiais superficiais e da cobertura vegetal.

Os outros principais fatores condicionantes dos processos superficiais são a morfologia do relevo (declividade ou inclinação dos taludes), as propriedades do solo e do substrato rochoso, e a ação antrópica: a atividade humana tem influência decisiva no desencadeamento e intensificação dos processos geológicos exógenos (KERTZAMAN ET. AL., 1995). No processo de urbanização em uma sub-bacia, por exemplo, o regime de escoamento superficial e a drenagem natural do meio são alterados substancialmente, principalmente em função da impermeabilização da superfície, que acaba acelerando a velocidade de escoamento e aumentando os picos de vazões.

Por sua vez, a retirada da cobertura vegetal é o mais relevante impacto antrópico de influência no desencadeamento e intensificação processos superficiais,

principalmente em regiões tropicais (DE PLOEY, 1991; AUGUSTO FILHO, 1994, CERRI & AMARAL, 1998). As copas e o dossel das árvores impedem o impacto direto da água no solo, retardam e diminuem a quantidade de água que penetra no mesmo e as raízes da vegetação aumentam sua resistência ao cisalhamento (GRAY & LEISER, 1982). Nesse aspecto é importante notar que para garantir a estabilidade dos solos de um determinado local são mais eficazes espécies de árvores nativas, pois certos tipos de espécies exóticas podem até contribuir na instabilização de encostas (NILAWEERA & NUTALAYA, 1999).

Kertzman et. al. (1995) observaram que, no estado de São Paulo, áreas que apresentam condições favoráveis ao desenvolvimento de erosão laminar e erosão linear também são extremamente suscetíveis à ocorrência de voçorocas, e esses processos são deflagrados após a remoção da cobertura vegetal, independente da forma de ocupação do solo. Isso ocorre com destaque em áreas de colinas médias e morrotes, com um solo de textura arenosa/ média. Para áreas menos suscetíveis, os processos são condicionados em grande medida pelo padrão de ocupação e sua influência na concentração do escoamento das águas superficiais. Da mesma forma Ab'Sáber (2000) ressaltou, na região sudeste do país, em especial no domínio morfológico dos *mares de morros*, a fragilidade do terreno frente aos processos erosivos superficiais, vista a ocorrência pronunciada de voçorocas algum tempo após a quebra do equilíbrio natural causada pela ação antrópica.

### **4.3 Solos e Perfil de Alteração**

Os aspectos geomorfológicos observados na paisagem ou na análise de imagens aéreas se refletem nos aspectos pedológicos observados *in situ*; ex: locais com um relevo suave, que nas imagens apresentam pouca rugosidade, possuem um manto de alteração espesso, sendo que conforme esse relevo fica mais acidentado, com mais rugosidade, ele localmente apresenta solos mais rasos e um comportamento diferente frente aos processos superficiais (ESPINDOLA, 2010). Assim, a compreensão pedológica sistematizada tem grande importância, pois complementa e valida a compreensão geomorfológica.

Os solos são, a partir dos conceitos de Dokuchaev (1893), considerados material inconsolidado em evolução, originários de uma rocha mãe (ou material de

origem) sujeita à ação intempérica do clima e dos organismos, que atuam na adição, remoção, transformação ou transporte de materiais ao longo do tempo geológico, configurando sua composição. Essa evolução, também denominada pedogênese, é gradativa, e se dá em intensidade e velocidade diferentes em função da profundidade, o que acaba gerando diferentes camadas de solo, justapostas horizontalmente (daí a denominação *horizontes de solo*), nas quais os processos pedogenéticos atuam de diferentes formas (ESPINDOLA, 2010). Essa sucessão vertical de materiais gerados tem o nome de *perfil de alteração* do solo.

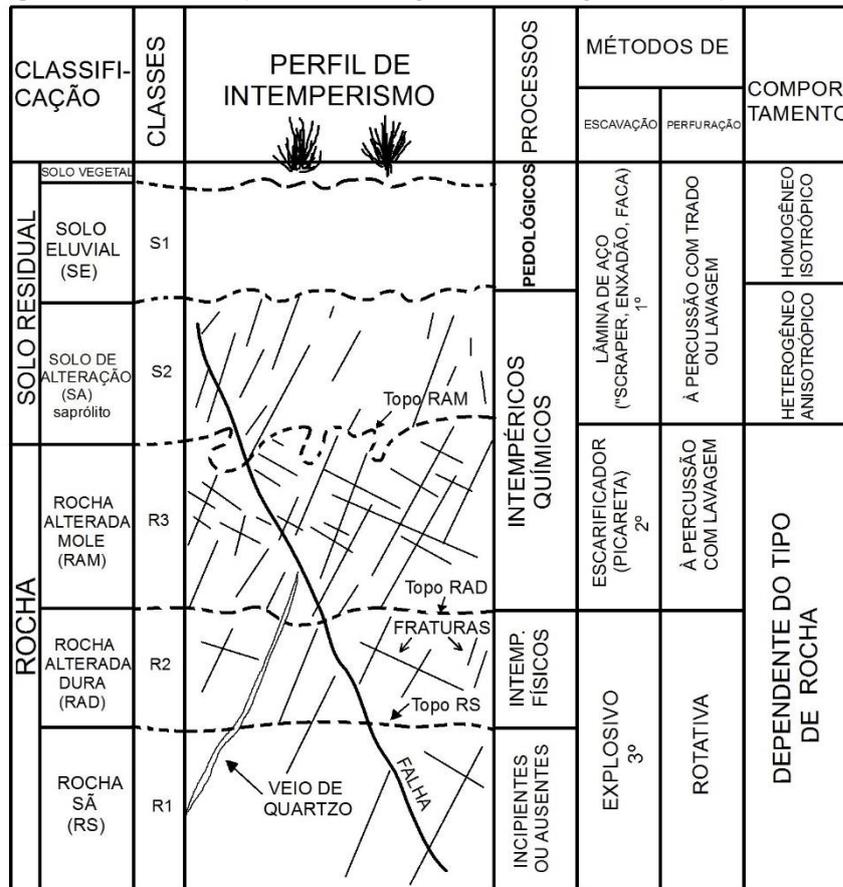
A caracterização geotécnica de solos tem grande importância na definição de unidades mapeadas para propósitos de engenharia (NOGAMI & VILLIBOR, 1979). Da mesma forma, no mapeamento geotécnico, Diniz (2012) considera a utilização de perfis de alteração de materiais inconsolidados como um dos critérios de classificação das Unidades de Terreno. Segundo Pastore & Fontes (1998), caracterizar e classificar os solos serve de auxílio para a prevenção de seu comportamento mecânico, hidráulico, e frente a obras de engenharia, sendo indispensável no planejamento. Essa caracterização é feita em função dos aspectos físicos do solo, como sua textura, cor, plasticidade, etc.

Com relação à diferenciação dos tipos de solos, a classificação geológica utiliza duas classes: **solos residuais** ou **autóctones**, que são formados *in situ*, sob os processos de desagregação e decomposição decorrentes do intemperismo; e **solos transportados** ou **alóctones**, provenientes de outros locais e transportados por processos superficiais sob a influência de agentes geológicos atuantes em sua área de origem, como rios ou a gravidade. Espindola (2010) salienta a relevância da natureza transportada de solos em regiões tropicais, em função da ausência de glaciações e grande alternância entre períodos secos e de chuvas intensas, característicos desses ambientes, o que influencia na complexidade da pedogênese nesses contextos.

Vaz (1996) apresentou uma classificação da gênese de solos residuais e transportados, juntamente com um modelo de um perfil de intemperismo para regiões tropicais, determinado segundo métodos de perfuração e escavação (Figura 6). Os critérios de campo apontados pelo autor para a identificação dos horizontes desse perfil foram adotados na presente pesquisa.

Sua classificação se baseia na rocha origem e no processo de formação do solo. Em regiões tropicais, onde o intemperismo químico tem maior força de atuação, os solos residuais têm grande espessura, geralmente da ordem de dezenas de metros (PASTORE & FONTES 1998), o que, juntamente com a grande disponibilidade de água, facilitam sua deposição e transporte.

**Figura 6:** Modelo de perfil de alteração: classificações e comportamentos.



Fonte: Vaz (1996)

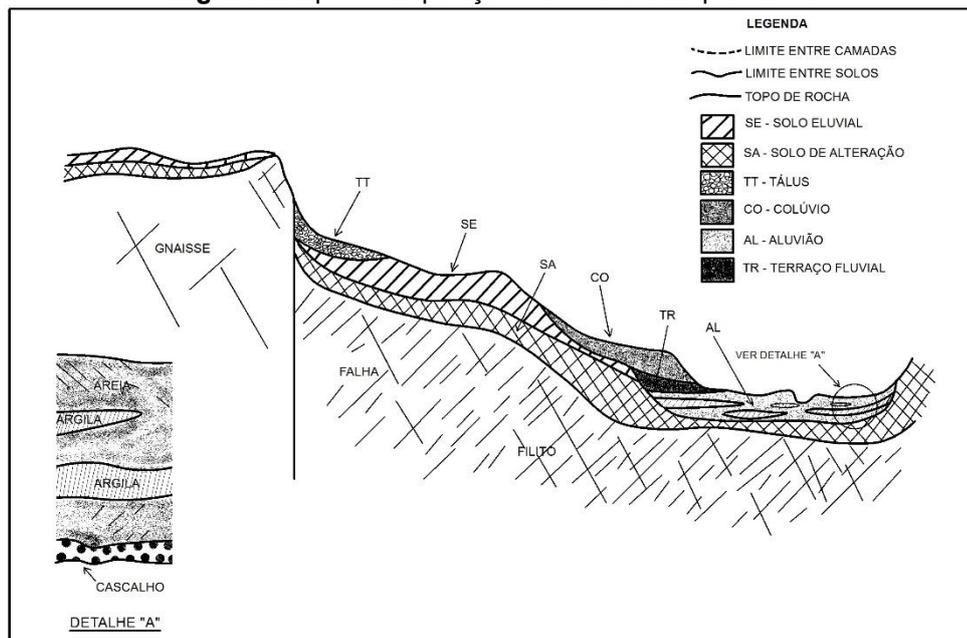
A classificação de Vaz (1996), exposta na Figura 6, divide o perfil de alteração do solo em 5 classes: 2 horizontes de solo, o **Solo Eluvial (SE)**, e o **Solo de Alteração ou saprólito (SA)**; e 3 horizontes de rocha, a **Rocha Alterada Mole (RAM)**, a **Rocha Alterada Dura (RAD)**, e a **Rocha Sã (RS)**.

Entre os dois horizontes de solo, as principais diferenças se dão na homogeneidade (no SE) ou não (no SA) em relação à sua cor, textura e composição mineralógica, além da ausência ou presença (no SA) de estruturas reliquiares da rocha matriz.

Entre os horizontes de Rocha, a diferenciação se dá nos graus de escavabilidade e perfuração, sendo a Rocha Alterada Mole escavável manualmente com picareta, por exemplo, enquanto que a Rocha Alterada Dura ou a Rocha Sã são escaváveis somente com o uso de explosivos. O horizonte de Rocha Sã se difere dos demais por apresentar os minerais praticamente sãos, sem alteração na sua coloração ou resistência originais

Para solos transportados (Figura 7), sua gênese e disposição é definida em função do contexto geomorfológico no qual estão inseridos. Também com base em Vaz (1996), os **aluviões** (AL) estão associados aos leitos e margens de rios e lagoas, e se apresentam com uma composição altamente heterogênea. Os **Terraços Fluviais** (TR) são aluviões antigos, originados quando o nível de base local se encontrava em uma cota superior à atual.

**Figura 7:** Tipos e disposições de solos transportados.



Fonte: Vaz (1996)

Já os **Colúvios** (CO) têm sua origem nos processos gravitacionais, e se encontram nas encostas (em maior medida nas bases das mesmas), portanto em relevos no mínimo colinosos. Apresentam grande homogeneidade e alta porosidade, o que resulta em solos mais suscetíveis a processos superficiais como erosão e movimentos de massa. Os depósitos de **Tálus** (TT) são compostos de blocos

rochosos transportados, são encontrados principalmente adjacentes a encostas com maior declividade, em relevos montanhosos.

#### **4.4 Cartografia Geotécnica**

Segundo Zuquette e Gandolfi (2004), os termos *mapa* e *carta* referem-se a documentos cartográficos que podem ser utilizados para diversos fins e que reúnem informações pertinentes a um ou mais aspectos do meio. Enquanto os mapas são registros de dados obtidos de um determinado aspecto do ambiente em questão, as cartas apresentam uma interpretação e associação dos dados expostos nos mapas.

A Lei 12.608, de abril de 2012, que institui a Política Nacional de Defesa Civil, pelo Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil e autoriza a criação de sistema de informação e monitoramento de desastres, dispõe que as cartas geotécnicas são um dos instrumentos de gestão municipal e prevenção de riscos, e que os municípios, cadastrados no Governo Federal, que têm áreas suscetíveis a deslizamentos, inundações, ou processos correlatos de grande impacto, têm por obrigação sua elaboração (artigos 22, 26 e 27). Assim, os municípios se destacam como importantes usuários desse tipo de produto cartográfico, que idealmente seria incorporado na gestão pública das cidades (DINIZ, 2012), norteando a urbanização. Como exemplos pode-se citar sua utilização como um referencial para o parcelamento do terreno proposto pelo Plano Diretor, ou como subsídio para estudos de avaliação de impactos ambientais (como EIA-RIMAS).

O mapeamento geotécnico é o conjunto de procedimentos que visa obter e representar informações geotécnicas de um meio. Diniz (1998) considera a cartografia geotécnica uma técnica de integração, síntese e representação de informações temáticas da área de geologia de engenharia voltada para o planejamento e gestão ambiental urbana e territorial.

Zuquette e Gandolfi (2004), descrevem o mapeamento geotécnico como um procedimento que busca avaliar e retratar os componentes do meio físico e possíveis comportamentos frente às diferentes formas de ocupação e uso do solo, processos naturais e induzidos, analisando o meio físico de modo a entender suas limitações e potenciais.

O zoneamento geotécnico se destaca, segundo Vedovello (1993), como um procedimento adequado para embasar o planejamento urbano sobre o meio físico. Com ele delimitam-se zonas que apresentam similaridades em suas características geotécnicas, constituindo assim as unidades geotécnicas. Essas unidades definem regiões nas quais o comportamento geotécnico frente ao uso e à ocupação do solo é semelhante (DIAS, 1995). Empregam-se dados reunidos e interpretados em um trabalho cartográfico para delimitar zonas com solos de perfis de alteração e características físicas e morfológicas semelhantes.

Para Varnes (1974), a carta geotécnica deve facilitar a resolução de problemas referentes à engenharia ou planejamento, e suas informações devem poder ser utilizadas por usuários não especializados que necessitem de informações do meio físico, portanto no produto final devem prevalecer o interesse, a exatidão, a criatividade e a profundidade técnica.

A cartografia geotécnica pode ser utilizada para diversos propósitos, identificando, caracterizando e representando elementos conforme sua finalidade: locais de risco de ocorrência de processos geológicos naturais ou induzidos para cartas de suscetibilidade; carta de aptidão urbana, para planejamento da ocupação, avaliação da viabilidade para implementação de empreendimentos, etc.

A finalidade do uso da carta a ser elaborada também é um fator que define a escala adotada no mapeamento. Para trabalhos destinados ao planejamento metropolitano, por exemplo, recomenda-se o mapeamento no mínimo na escala regional, de 1:100.000 (PEJON & ZUQUETTE, 1995). Escalas menores são destinadas para mapeamentos gerais e têm significado como documentos síntese e para fins didáticos (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004). Produtos em escalas de maior detalhe, segundo Pires Neto e Yoshinaga (1995), têm geralmente o objetivo de apontar soluções para a mitigação de um problema já existente ou esperado, como exemplos: recuperação de áreas degradadas por mineração, identificação de processos erosivos em estágio avançado ou contenção da contaminação de águas subterrâneas.

Nesse contexto, a adoção do mapeamento de uma mesma área em diferentes escalas, com um detalhamento progressivo, é uma alternativa interessante, pois permite uma maior compreensão do meio físico e direcionamento adequado da ocupação urbana para casos ou regiões mais críticas, conforme demonstrado por

Zaine (2000) e Ridente Júnior (2008). Em trabalhos com diferentes escalas, Cerri et. al. (1996) afirmam que cada etapa funciona como um complemento ou aprofundamento das informações obtidas nas etapas anteriores.

Zuquette e Gandolfi (1987), apontaram que uma das dificuldades na realização de mapeamentos geotécnicos é a definição dos atributos a serem representados. Esses autores afirmam que os atributos selecionados devem se inter-relacionar com os demais atributos, conforme a finalidade da carta. Assim, quanto maior a quantidade de elementos representados aos quais um determinado atributo se inter-relaciona, maior sua importância e a relevância de sua representação. Complementarmente, Pejon e Zuquette (1995) afirmam que a apresentação das informações é um dos pontos de maior importância do mapeamento geotécnico, pois é nos produtos cartográficos gerados que se dará a transmissão da informação aos usuários.

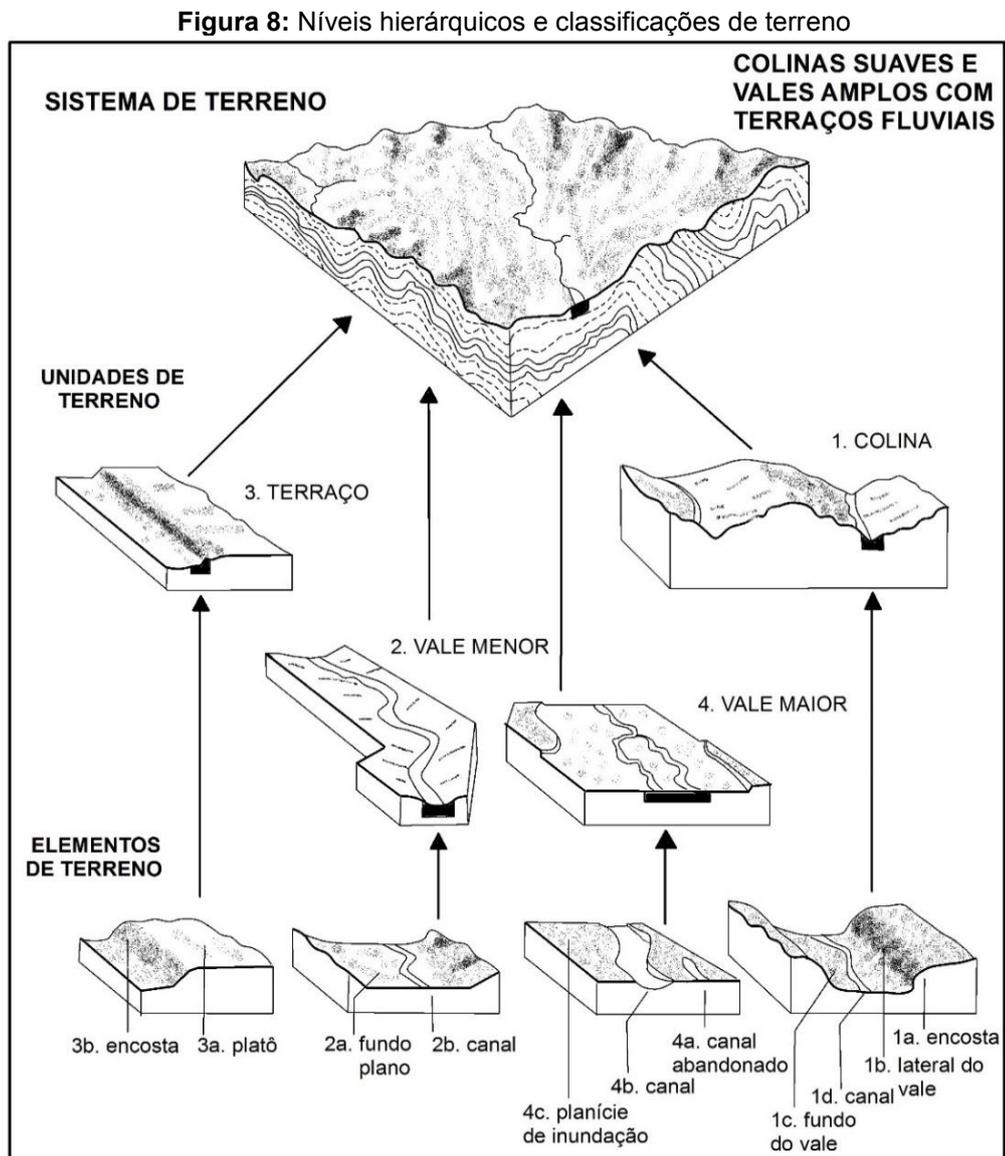
#### **4.4.1 Avaliação de terrenos e análise integrada**

A avaliação de terrenos direcionada para o zoneamento geotécnico pode ser realizada de formas variadas, em função das características da área de estudo, escala de trabalho ou finalidade da aplicação do produto. Classicamente podem ser utilizadas duas abordagens diferentes: a abordagem fisiográfica ou integrada e a abordagem paramétrica ou multitemática. Cendero (1989) faz a mesma distinção entre abordagens na interpretação e avaliação de terrenos, porém denominando-as respectivamente de sintética ou analítica.

A primeira abordagem, utilizada nesta pesquisa, analisa a imagem de forma integrada, relacionando todos os elementos identificáveis, como relevo, padrão de drenagem e de encostas, amplitudes locais, vegetação, etc. É a abordagem por Sistemas de Terreno ou *Land Systems* (ROSS, 1995). Trata-se de um método sintético, que se baseia nos padrões de fisionomia do terreno, e analisa integralmente os elementos ambientais (solo, relevo, hidrografia, vegetação, uso do solo) para identificar e classificar as unidades com padrões de semelhança física e genética, e que conseqüentemente respondem de forma semelhante a fenômenos e processos que nelas ocorrem.

Pela integração dos diversos atributos acima citados, a análise integrada tem vasto campo de aplicação, podendo se adequar a diferentes finalidades para o produto desejado. Fontes e Pejon (2008) dão um exemplo da aplicação da análise integrada no zoneamento geoambiental da bacia do Rio Pardo, na região nordeste do estado de São Paulo, identificando as zonas prioritárias para proteção ambiental.

Lollo (1995) realiza o zoneamento geotécnico utilizando o método de avaliação do terreno (*Terrain Evaluation*), utilizando níveis hierárquicos de classificação do terreno: **Sistemas de Terreno** (Land Systems), **Unidades de Terreno** e **Elementos de Terreno** (Figura 8). O autor considera esse método como fundamental para um zoneamento eficaz do terreno, e muito útil para o mapeamento geotécnico.



Fonte: Lollo (1995)

De acordo com este autor, simplificada, Sistemas de Terreno são uma associação de feições de relevo, como um relevo composto por colinas e vales; a Unidade de Terreno é uma forma individual que compõe o sistema, como uma colina; e o Elemento de Terreno é uma porção que compõe a unidade, como o topo da colina.

Essa hierarquização taxonômica no mapeamento segue a mesma direção abordada por Ross (1992), que apoia a compreensão do relevo na individualização e taxonomia de suas formas conforme diferentes níveis de complexidade, detalhamento e abrangência territorial, desde Unidades Morfoestruturais (ex: Cinturão Orogênico do Atlântico) e Morfoesculturais (planaltos, serras e depressões), até formas lineares (como feições erosivas ou voçorocas).

Semelhantemente, Diniz (1998) trabalha com Unidades de Terreno (UTs), que compõe uma síntese de associação natural homogênea, em termos de comportamento geológico-geotécnico, que é representado por propriedades, parâmetros e atributos qualitativos e quantitativos da geologia, geomorfologia e distribuição de solos.

A metodologia australiana PUCE (GRANT, 1974), baseada em Sistemas de Terreno, também utiliza a análise sintética integrada, baseada numa divisão taxonômica hierárquica dos componentes do relevo (dividindo os terrenos nas classes: província, padrão de terreno, unidades e componente do terreno), em última instância definindo os padrões geomórficos de cada unidade de terreno.

Ademais, Pires Neto e Yoshinaga (1995), revisando experiências do Instituto Geológico sobre estudos integrados do meio físico, consideram que, para o planejamento e avaliação do uso da terra, estudos utilizando a abordagem geológico-geotécnica e de Sistemas de Terreno, em uma análise integrada, propiciam ao técnico planejador uma visão holística e dinâmica dos componentes, atributos e processos internos e externos do meio físico, aumentando a eficácia na resolução de eventuais problemas. Assim, o mapa-síntese tem a função de demonstrar os aspectos citados, transmitindo uma visão integrada do espaço estudado.

Por outro lado, a abordagem paramétrica ou analítica geralmente se baseia em diversos produtos cartográficos de diferentes temas (mapa geológico, mapa geomorfológico, mapa pedológico, etc.), que são cruzados ou associados sucessivamente, segundo algum critério (método de soma ou sobreposição), para chegar a um mapa síntese final.

Como um exemplo temos o trabalho de Rossi et. al. (2005), que, com sobreposição de *layers*, realizou o mapeamento da fragilidade do meio físico de Ilhabela. Foram cruzados mapas de litologia, densidade de lineamento de fraturas, classes de declive, tipologias de vertentes, tipos de solo, etc., resultando em um mapa que demonstra que a maior parte da ilha apresenta um grau alto ou muito alto de fragilidade do meio físico, em função principalmente da declividade, e em menor medida, da estrutura e da litologia.

Augusto Filho (1994), também trabalhando em Ilhabela, utilizou mapas temáticos da geologia, hipsometria, geotecnia, declividade, cicatrizes de escorregamento, e grupos de uso do solo, acrescidos de informações de campo e retroanálises de escorregamentos locais, para a elaboração de uma carta de suscetibilidade a escorregamentos na escala de 1:10.000. O resultado foi a divisão da área em 4 níveis de suscetibilidade a escorregamentos (3 relativos ao solo e um à rocha) e 3 níveis de suscetibilidade a corridas de massa, sendo cada uma dessas zonas ainda subdivididas em relação ao risco atual (áreas urbanizadas) e ao risco potencial (áreas não urbanizadas), definindo assim áreas prioritárias para ações imediatas e corretivas num âmbito de planejamento.

A abordagem paramétrica, portanto, é um processo mais demorado e trabalhoso. Um outro aspecto dessa abordagem que pode suscitar problemas é a definição dos limites entre as unidades. Eles podem apresentar grande variação, em função da grande quantidade de informação utilizada como base, e isso pode acarretar em uma confusão na divisão das unidades e na definição da homogeneidade dentro delas, que é um critério fundamental (ZUQUETTE & GANDOLFI, 2004). A diferença de escalas nos produtos cartográficos associados também contribui na ocorrência desse tipo de confusão.

Além disso, essa quantidade excessiva de informações quando cruzada faz com que alguns atributos não sejam considerados, aumentando o desperdício de tempo e recursos (SOUZA, 1992). A abordagem fisiográfica, por refletir limites existentes e visíveis do terreno, minimiza esse problema, facilitando o planejamento (VEDOVELLO, 1998).

Por fim, Vedovello (1998) aponta ainda que no zoneamento geotécnico há três etapas: a compartimentação fisiográfica, a caracterização geotécnica, e a cartografia

temática final. A primeira trata da divisão da área apresentada em unidades com aspectos fisiográficos semelhantes. A segunda etapa consiste na determinação das propriedades e características dos materiais encontrados nas unidades delimitadas. A última etapa trata da conclusão do produto final que representa e classifica as unidades obtidas nas etapas anteriores.

#### **4.4.2 Compartimentação fisiográfica**

Dentro deste contexto do mapeamento geotécnico por meio da análise integrada, a utilização de técnicas de fotointerpretação de imagens aéreas se mostra uma abordagem de grande praticidade e eficácia. Zuquette e Gandolfi (2004) definem a fotointerpretação, com o uso da classificação baseada em atributos e padrões predeterminados, como a ferramenta inicial na elaboração de um mapa geotécnico.

A compartimentação fisiográfica consiste na divisão de uma região representada em uma imagem de sensor remoto em unidades distintas, que apresentam dentro delas características fisiográficas semelhantes, e limites observáveis. Essa análise pode ser utilizada em fotos de diferentes escalas, o que amplia seu campo de abordagem.

Vedovello (1998), sintetizou que o princípio para a compartimentação fisiográfica baseia-se na constatação que:

*“Os elementos fisiográficos interagem de maneira diferente de área para área em função de variações nos fatores (clima, tectônica, etc.) que regem a sua evolução. Isso faz com que esses elementos apresentem-se sob formas particulares em cada região, determinando assim diferentes paisagens. Essas paisagens específicas refletem na imagem texturas também específicas e que são resultado da organização espacial dos diferentes tipos de elementos texturais.”*

Dessa forma, zonas homogêneas na imagem são também zonas que apresentam homogeneidade em seus aspectos físicos.

Conforme já exposto, Lollo (1995) usa a identificação fisiográfica de “landforms” (formas de relevo) na classificação dos níveis hierárquicos, considerando esse

procedimento essencial em um zoneamento eficaz do terreno. As landforms são porções do terreno originadas de processos naturais e distinguíveis fisiograficamente das porções vizinhas. Por exemplo: no nível hierárquico de Sistema de Relevo, a associação de colinas e vales forma é uma landform, enquanto que no nível de Unidade de Terreno, a colina individualmente é uma landform. Em níveis de maior detalhe, Lollo e Gandolfi (1995) ainda reforçaram a importância do estudo das formas de vertentes como um critério preliminar na classificação dos materiais presentes em uma área.

Vedovello (1993), na análise dos elementos de relevo e classificação das unidades, trabalha com níveis de hierarquia entre esses elementos, tendo em vista que os elementos interagem entre si formando paisagens distintas, que se apresentam na imagem com texturas distintas.

Assim, trabalha em níveis hierárquicos de acordo com a escala dos elementos estudados. Esses níveis são:

- **Província**, de nível regional, corresponde a compartimentos tectônicos atuais, submetidos às mesmas condições climáticas que definem sua evolução;
- **Zona**, elementos relacionados à variações tectono-estruturais de idade geológica;
- **Subzona**, formas de ocorrência delimitados por diferenças litoestruturais e de morfologia de relevo;
- **Unidade**, associada a “geoformas”, parte do terreno onde as formas foram definidas pela ação de elementos exógenos ao meio físico, conjugados com as propriedades físico químicas dos elementos.

Trabalha-se assim, com o conceito de **Unidades Básicas de Compartimentação** (UBCs), agrupados os elementos texturais homólogos, no nível mais básico da hierarquização. As UBCs dessa forma sevem como base para a determinação das unidades geotécnicas.

Com a obtenção das UBCs, e sua posterior caracterização geotécnica, Vedovello (1993) pôde relacionar cada Unidade com os processos nela atuantes, determinando, assim, classes para cada unidade, em relação a adequabilidade para a ocupação urbana.

Soares & Fiori (1976) propuseram uma sistemática para o estudo de fotografias aéreas com o objetivo de definir uma orientação para o desenvolvimento de pesquisas com imagens fotográficas, segundo uma sequência de fotoleitura, fotoanálise e fotointerpretação.

Esses autores indicaram que os elementos texturais, sua densidade, orientação, formato e estruturação são as características fundamentais na análise da imagem, pois indicam feições com os mesmos significado e propriedades geológicas e geomorfológicas. Disso trata a fotointerpretação, traduzindo as propriedades da imagem nas propriedades físicas e até químicas do objeto, como resistência à erosão, permeabilidade ou solubilidade.

Nesse contexto de sistematização da análise de imagens, Zaine (2011) desenvolveu um procedimento metodológico de fotointerpretação de imagens aéreas direcionado para trabalhos de cartografia geotécnica, em uma sequência de etapas de análise e interpretação de produtos de sensoriamento remoto baseando-se na análise integrada dos elementos locais, identificando feições e densidade textural de relevo e de drenagem, estruturas geológicas, uso do solo e processos geológicos ocorrentes. Essa metodologia foi aplicada no mapeamento geológico-geotécnico do município de Poços de Caldas (MG).

O mesmo autor afirma em seu estudo que as interpretações fotogeológicas e as consequentes inferências geotécnicas devem ser realizadas a partir da associação de elementos de análise. Portanto, a sistematização da coleta de informações, com a aplicação dos quadros de análise fotogeológica (Quadro 1), com classificações qualitativas e quantitativas pode impedir equívocos, validando a importância desse tipo de análise em trabalhos geológico-geotécnicos.

## **5. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

O arquipélago município de Ilhabela está localizado no litoral norte do Estado de São Paulo e é constituído pelas ilhas de São Sebastião (onde se encontra a maior concentração urbana do município), de Búzios e da Vitória, além de outras ilhotas, somando uma área de cerca de 350 km<sup>2</sup>. Seu acesso se dá somente por balsa, à partir da cidade de São Sebastião. Possui atualmente 29.837 habitantes, com uma densidade de 85,85 habitantes por km<sup>2</sup> (SEADE, 2013). A área urbanizada ocupa pouco mais de 7% da área total da ilha (POLIS, 2013) e se concentra na porção centro-oeste da Ilha.

No presente capítulo será abordada a caracterização física do ambiente insular (geologia, geomorfologia, pedologia e clima) e, em seguida, como ocorreu o processo de ocupação no arquipélago de Ilhabela, e como se dá essa dinâmica atualmente, discutindo-se os fatores mais relevantes que influenciam a ocupação urbana, como os mercados turístico e imobiliário e a atuação do poder público.

### **5.1 Caracterização Física**

O litoral paulista apresenta uma morfologia diversificada, que está relacionada principalmente à formação da Serra do Mar, das bacias oceânicas e às flutuações do nível do mar no período quaternário (SUGUIO, 1987). Na zona do litoral norte do estado, onde a Serra do Mar se encontra mais próxima do oceano, pode ser observado um litoral mais recortado, com a presença de diversas pequenas baías delimitadas por esporões da Serra do Mar, resultando em planícies de pequena abrangência territorial e em um grande número de praias de pequenas extensões e largura (em Ilhabela, a maior praia, a de Castelhanos, a leste da ilha, possui menos de 1,8 km de comprimento e a faixa de areia não chega a ter mais de 100 m de largura). Nesses aspectos observa-se o contraste entre o norte e o sul do litoral paulista, onde a Serra do Mar se distancia da costa oceânica, e observam-se extensas planícies e praias de dezenas de quilômetros de comprimento.

### 5.1.1 Gênese

São Paulo possui um litoral no qual se encontram 149 ilhas, ilhotas e lajes, e a Ilha de São Sebastião é a maior delas. Trata-se de uma ilha continental, e seu surgimento está relacionado com os processos tectônicos que deram origem às serras do Mar e da Mantiqueira, com os processos de erosão e sedimentação, e com as variações do nível do mar ocorrentes no quaternário, nas quais se alternaram períodos glaciais com períodos mais quentes, e a linha do oceano pode ter chegado a até cerca de 100 metros abaixo do nível atual, bem como dezenas acima, nos períodos mais quentes (SÃO PAULO, 1989).

No que concerne à evolução tectônica do litoral de São Paulo, Hasui et. al. (1994) aponta quatro episódios: o **primeiro episódio tectônico** ocorreu no pré-cambriano e envolveu o desmembramento de litotipos, deslocamento e empilhamento de lascas, resultando num sistema imbricado de um cinturão compreensivo que fez com que o alívio das tensões passasse a se dar por transcorrências de direção SW-NE, seguidos de ondulações e formação de juntas. O **segundo episódio tectônico** se deu do início do Paleozóico até o Triássico, e nele se deu a geração de intrusões granitóides e da bacia que acolheu a Formação Quatis. No **terceiro episódio tectônico**, entre o Triássico e o Mioceno, houve a Reativação Sul-Atlântica, com a abertura do Oceano Atlântico e suas consequências no continente, com grandes soerguimentos, alçamentos e abatimentos de blocos por falhas com formação de altos e depressões, e possibilitando intrusões magmáticas, derrames vulcânicos, sedimentação e grandes traços do relevo. O **quarto episódio tectônico** se estende do Mioceno a atualidade e corresponde à Neotectônica. O regime tectônico vigente é do tipo transcorrente.

Já a evolução geológica do Litoral de São Paulo, também segundo Hasui et. al. (1994), pode ser dividida em três grandes fases, sintetizadas a seguir:

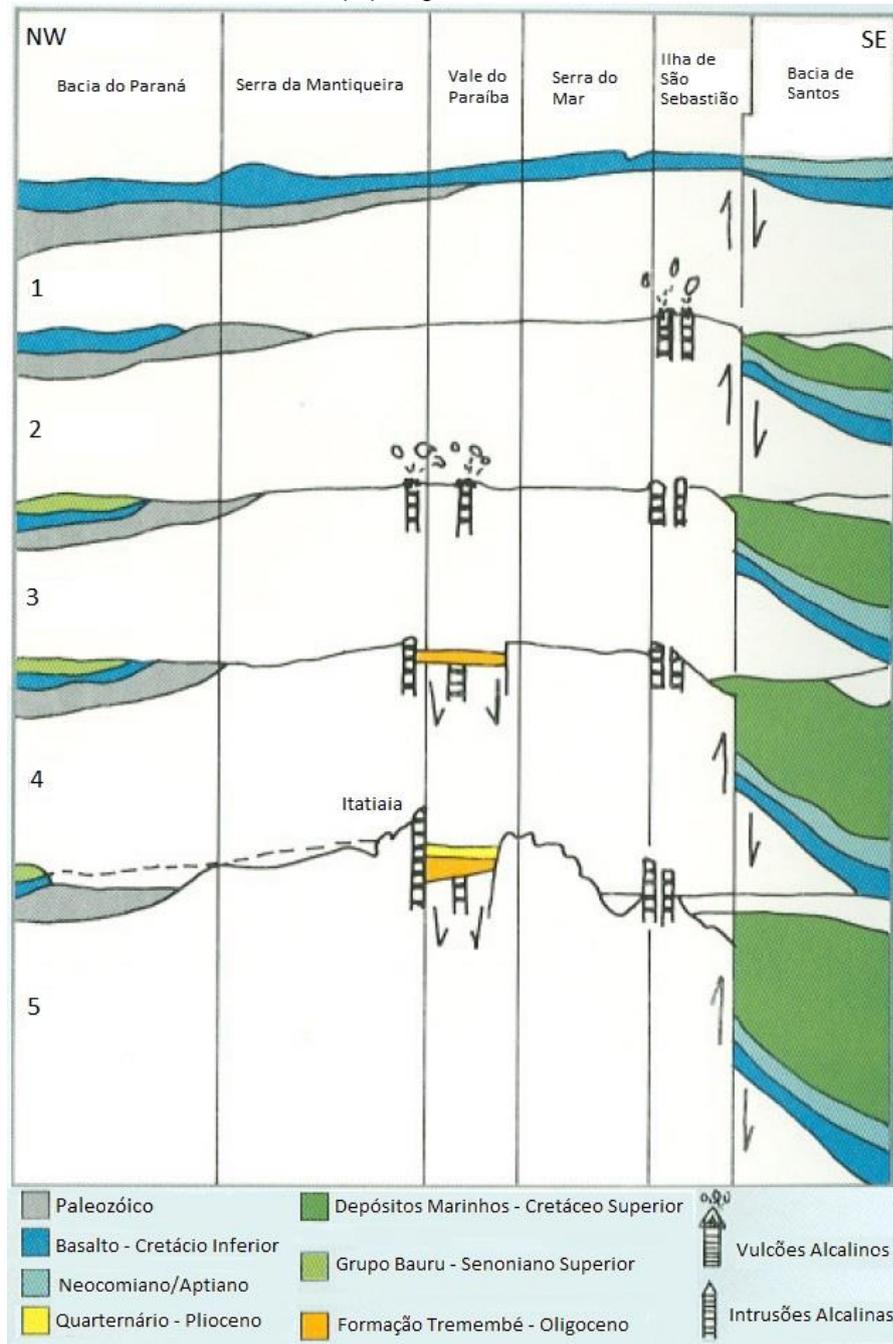
1 – Desenvolvimento das crostas inferior (rochas de alto grau metamórfico), superior (gnaiesses de médio grau) e supracrustais no Pré-Cambriano, compondo blocos crustais.

2 – Convergência e colisão dos blocos crustais, formando uma grande massa continental.

3 – Reativação da massa continental nos eventos tectônicos fanerozoicos.

A Figura 9 mostra como se deram os processos mais recentes que resultaram na a formação da bacia de Santos e das serras do Mar e da Mantiqueira. Nela está exposta a evolução que se deu entre o Jurássico superior e o Cretáceo médio, quando ocorreu a abertura do Oceano Atlântico, e até o Cretáceo superior e o Eoceno e na qual ocorreram os vulcanismos associados a falhamentos escalonados paralelos à linha da costa. Posteriormente, ciclos erosivos provocaram o recuo da borda do Planalto Atlântico, isolando uma porção continental que hoje corresponde a Ilhabela. Durante o Quaternário as feições morfológicas presentes na Ilha foram configuradas, seguindo os períodos de glaciação e os processos de erosão e sedimentação (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2011). Portanto, a origem e morfologia atual da Ilha foi influenciada pelas intrusões alcalinas que entraram em contato com as rochas pré-cambrianas encaixantes.

**Figura 9:** Fases de evolução tectono-magmática da borda da Bacia de Santos, que deu origem ao arquipélago de Ilhabela.



**Fonte:** Modificado de Almeida (1975).

O arquipélago de Ilhabela, então, está inserido no contexto morfológico da Serra do Mar, na qual nota-se abundante a ocorrência de escarpas com as vertentes alongadas e com grande amplitude topográfica entre os topos e fundos de vales (CRUZ, 1986). Essas escarpas, à montante, possuem frequentemente segmentos retilíneos longos e declivosos, com afloramentos rochosos, enquanto que à jusante se encontram degradadas, sob um processo intempérico que provoca a convexização-

mamelonização das mesmas, que passam a apresentar maior espessura no material de alteração (AB'SABER, 2000).

Outro aspecto característico é o recuo paralelo das escarpas, em alinhamento à faixa litorânea. Os depósitos piemônticos são produto desse recuo, e, conforme apontado por Cruz (1990), não são coesos, sendo muito suscetíveis a movimentos de massa.

### 5.1.1 Geologia

Tomando como base Hennies & Hassui (1968, 1977), o arquipélago de Ilhabela constitui-se por rochas granito-gnáissicas pré-cambrianas do embasamento cristalino, com foliação orientada no sentido SW - NE, constituindo terrenos metamórficos deformados e paralelos ao litoral (CPRM, 1999), cuja formação se deu entre 600 e 650 milhões de anos atrás. Os mergulhos variam de praticamente horizontais a verticais, estando os maiores mergulhos relacionados a rotações ligadas a zonas de cisalhamento subverticais. (HASUI et. al., 1994). As zonas de cisalhamento são faixas de deformação concentrada produzidas por deslocamento diferencial de blocos.

Há ainda na Ilha a presença de *stocks* e diques de rochas alcalinas e básico alcalinas que juntos formam o chamado “Complexo Plutônico Alcalino de São Sebastião” (PERROTTA et. al., 2005), e estão associados às falhas, fraturas e áreas de incidência de distensão do embasamento cristalino.

As rochas básicas são diabásios com textura porfirítica, e se apresentam como diques de espessura variável e de grande extensão, que datam do cretáceo inferior/jurássico superior, e seguem a orientação NE (paralelos à foliação), podendo ser vistos desde o sul da ilha, se dirigindo ao *stock* da Serraria, ao norte (HENNIES & HASUI, 1977).

Os corpos alcalinos, segundo Alves & Gomes (2001), representam intrusões ocorrentes no cretáceo superior, associadas a anomalias térmicas no manto, estando ligados à evolução tectônica mesozóica da porção sudeste do Brasil. Os ciclos magmáticos nos quais se ocasionou essa formação estão relacionados com o

vulcanismo da bacia do Paraná (HENNIES & HASSUI, 1968). A Figura 10 expõe o contexto geológico da região.

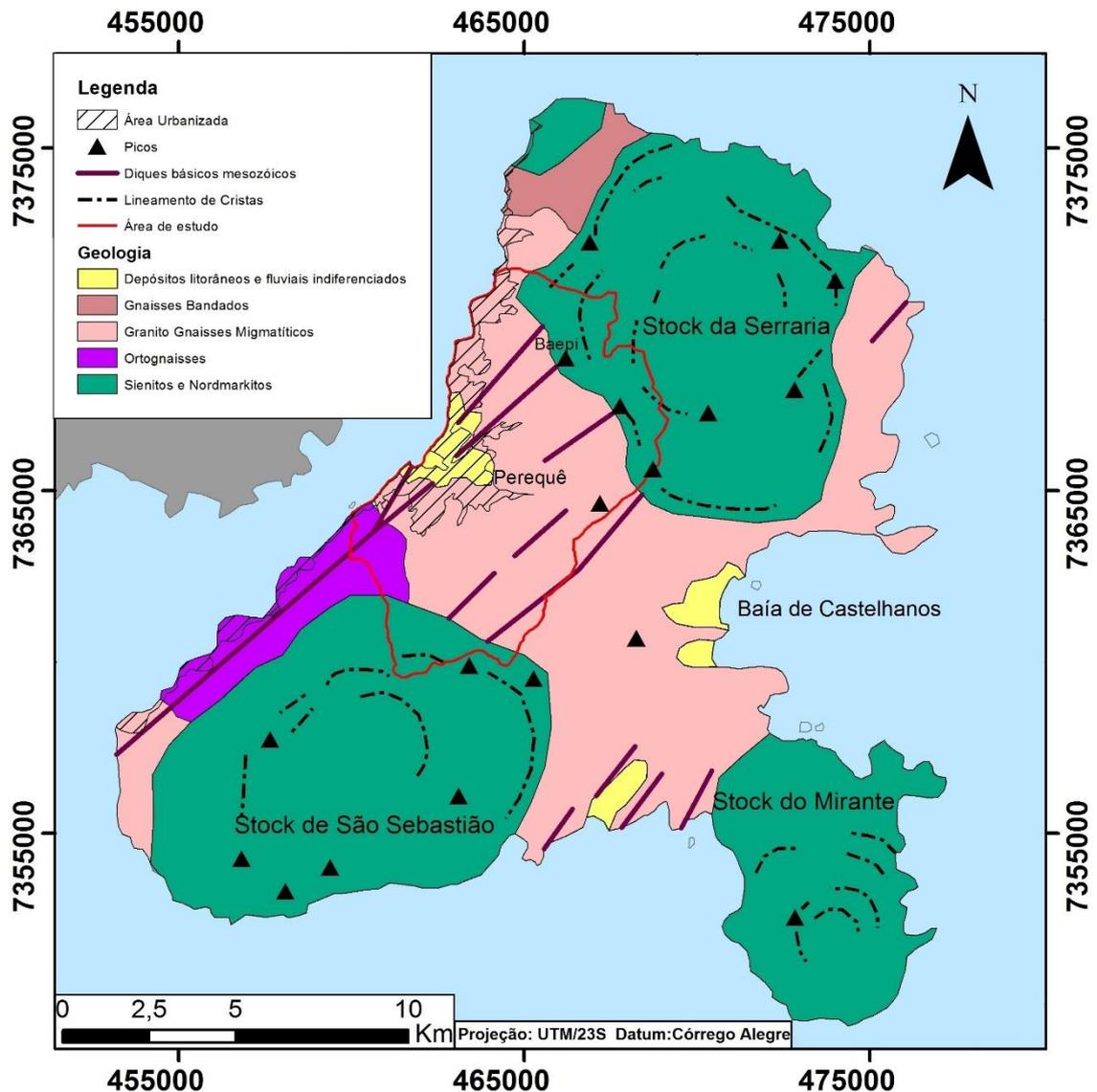
Na ilha de São Sebastião, a maior do arquipélago, os *stocks* alcalinos são compostos principalmente por sienitos, com a ocorrência de nordmarkitos em suas bordas. Os *stocks* se configuram como as maiores elevações presentes na Ilha: o *stock* da Serraria, a norte, com 1.200 m de altitude e 65 km<sup>2</sup> de área aflorante; a sudoeste o *stock* de São Sebastião, que chega a 1.379 m de altitude (o ponto mais alto da ilha) e 65km<sup>2</sup> de área aflorante; e a sudeste, sustentando a península do Boi, o *stock* do Mirante, com 600m de altitude e 38km<sup>2</sup> de área exposta. Hennies & Hassui (1977) ainda apontam um *stock* menor a noroeste da ilha. Esses maciços alcalinos tiveram sua origem no Cretáceo Superior e possuem uma idade aproximada de 80 milhões de anos (PERROTTA *et. al.*, 2005).

As rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino hospedam as rochas alcalinas, com a predominância de gnaisses graníticos migmatíticos com idade de 578 a 647 milhões de anos (ALMEIDA, 1974, PERROTTA *et. al.*, 2005), constituídos por hornblenda-biotita e/ou gnaisses porfiroclásticos. Essas rochas constituem o chamado “Complexo Costeiro” (IPT, 1981b). Esses gnaisses migmatizados, predominantes na ilha, são rochas metamorizadas, deformadas, apresentando em geral médio grau de fraturamento, com as falhas geralmente direcionadas também a NE.

A foliação é uma feição estrutural marcante (HASUI, 1983, HASUI *et. al.*, 1989), condicionando a partição preferencial das rochas ao longo de planos paralelos e representando as discontinuidades das rochas pré-cambrianas, que têm grande influência na estruturação do relevo, entalhe da rede de drenagem e instabilização de rochas e solo, com forte imposição da direção SW-NE no entalhamento das formas.

A gnaissificação, produzida pela recristalização metamórfica das rochas em contextos dinâmicos, influi na orientação planar dos componentes ao longo de planos paralelos ou subparalelos pervasivos observados nas mesmas. Outros tipos de feições estruturais observados são o Bandamento composicional e a Foliação milonítica (HASUI *et. al.*, 1994). Essa foliação tem grande influência na geomorfologia da Ilha e na estabilidade das encostas, portanto no comportamento dos processos superficiais na ilha (AUGUSTO FILHO, 1994).

Figura 10: Mapa geológico de Ilhabela



Fonte: Modificado de Hennies e Hasui (1977)

Além das unidades citadas anteriormente, segundo Perrotta et. al.(2005), vê-se na Ilha, em áreas restritas, depósitos litorâneos compostos por sedimentos marinhos e fluviais arenosos e argilo-arenosos, que datam do Quaternário (possuem 1,8 milhões de anos ou menos) e são relativos principalmente às flutuações no nível do mar.

Há 120.000 anos, no máximo da Transgressão Cananéia o nível do mar chegou ao sopé da Serra do Mar; há 18.000 anos, ao final de um período regressivo, ele chegou a estar no seu nível mais baixo (100m abaixo do atual); em seguida subiu rapidamente para níveis maiores que os atuais entre 6.000 e 7.000 anos atrás para

depois retornar ao nível atual (SUGUIO & MARTIN, 1994). Os depósitos sedimentares decorrentes dessas flutuações configuram as maiores planícies presentes na ilha de São Sebastião: a do Perequê, a oeste, que é a área mais densamente urbanizada na Ilha, e a de Castelhanos, a leste. Esses ciclos de flutuação, além da sedimentação, foram entremeados por intensos processos erosivos que entalharam a superfície até seu formato atual.

### 5.1.2 Geomorfologia

Suguió e Martin (1994) diferenciaram no litoral paulista uma morfologia de submersão ao norte, e uma de imersão ao sul. No Litoral Norte, o embasamento cristalino atinge quase continuamente o mar, exceto ao longo de planícies restritas formada por depósitos continentais ou marinhos. Essa diferença morfológica observável é explicada por diferenças na dinâmica de sedimentação e por influência tectônica.

Ilhabela está situada no compartimento da *Província Costeira*, que engloba o litoral paulista, constituída pelas zonas da *Serraria Costeira* e *Baixadas Litorâneas* (ALMEIDA, 1974; IPT, 1981a, HASUI et. al., 1994), dentro da Unidade Morfoestrutural do *Cinturão Orogênico Atlântico* (ROSS & MOROZ, 1996). A predominância geomorfológica em sua área é a de morros e montanhas e relevos de denudação, com pequenas áreas de planícies e praias de pequena extensão encaixadas em seus contornos, nas quais concentra-se a malha urbana. Como nos outros municípios do litoral norte e em contraste com os da baixada santista, em Ilhabela nota-se uma expressiva fragmentação urbana em função do relevo.

A zona de Baixadas Litorâneas ocupa não mais que 5% da área total da Ilha, e se concentra principalmente na parte centro-oeste e centro-leste da ilha (nos depósitos litorâneos expostos na Figura 10). Nela observa-se um tipo de relevo de Planícies Flúvio-Marinhas ou Praias Arenosas, os quais apresentam terrenos baixos e planos, onde predominam os processos agradacionais. Nas planícies, veem-se vales amplos com canais meandrantés, com uma densidade de drenagem bastante baixa e a presença do lençol freático a uma baixa profundidade (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2011).

Já na zona da Serrania Costeira, vê-se os tipos de relevos de Colinas, Morros, Montanhas, Corpos de Tálus e Cones de Dejeção e Afloramentos Rochosos, que ocupam quase a totalidade da área insular (95%), com a predominância de um relevo montanhoso, com grandes amplitudes e declividades, principalmente nas áreas ocupadas pelos *stocks* alcalinos ou nos morros e montanhas associados aos diques alcalinos e ultrabásicos, conforme exposto anteriormente. Os diques também refletem-se na orientação das cristas lineares e linhas de montanhas na direção NE, com destaque para a região central da ilha, onde esse padrão predomina (HENNIES & HASSUI, 1977).

As rochas granito-gnáissicas, sob a ação dos processos intempéricos, deram origem a um relevo dissecado, com colinas e morros, que no contexto de Ilhabela apresentam menores amplitudes e declividades e que, em seu contato com o oceano, apresentam a ocorrência de praias. Conforme já dito, as intrusões alcalinas se manifestam como as maiores elevações e declividades, e conforme apontado por Hennies & Hasui (1977), as bordas das intrusões se acham salientadas no relevo por elevações destacadas, como no pico do Baepi, que é a 5ª montanha mais alta da ilha, com 1.048m de altitude. Em contato com o oceano, os corpos alcalinos se manifestam na forma predominante de costões rochosos, que compõe 89,5% da linha costeira da ilha (LAMPARELLI, 1998). Isso contribui para o fato de Ilhabela ser o município com a maior concentração de costões rochosos do estado.

Dentro das formações de relevo anteriormente citadas, observa-se também a ocorrência de rampas sub-horizontais e/ou côncavas, que se estendem desde a alta encosta até o fundo dos vales, onde se ampliam formando leques, com depósitos colúvio-aluvionares, os chamados Corpos de Tálus e Cones de Dejeção, que tiveram sua origem nos processos superficiais (escorregamentos, corridas, etc.) atuantes na ilha ao longo do tempo geológico e que transportaram e depositaram material nesses fundos de vales e, em menor expressão, em sopés de encostas.

A rede de drenagem segue predominantemente um padrão radial-dendrítico e dendrítico a sub-dendrítico, e, seguindo o padrão dos falhamentos (que também condicionam sua forma), orientada preferencialmente a NE. Conforme apontado no estudo do instituto Polis (2013), os rios de Ilhabela, como ocorre de forma geral no litoral Norte, possuem pequena extensão e pequeno volume de água, em função da

proximidade do oceano com as formações montanhosas, o que resulta na já apontada ocorrência de planícies de pequena extensão adjuntas a vales abruptos e quedas d'água de regime torrencial na estação chuvosa.

### 5.1.3 Pedologia

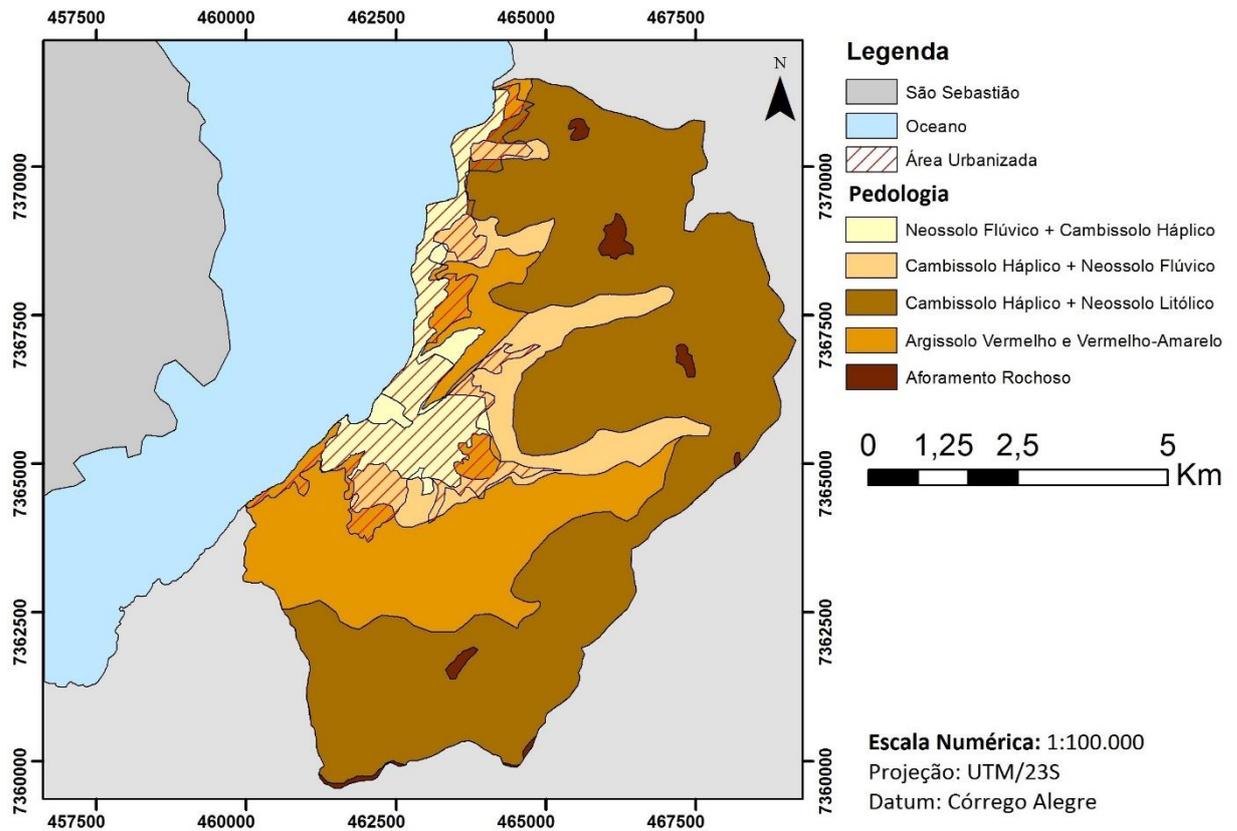
Ainda há uma grande lacuna de conhecimento no que concerne à caracterização pedológica da ilha de São Sebastião, sendo Oliveira *et. al.* (1999) a principal fonte nesse sentido, o que evidencia a falta de um detalhamento maior em relação aos tipos de solos encontrados na Ilha. A Figura 11 expõe os tipos de solo encontrados na área de estudo.

O autor citado observou que em Ilhabela se fazem presentes predominantemente Cambissolos Háplicos distróficos associados a Neossolos Litólicos distróficos, sendo os Cambissolos presentes nos relevos montanhosos, mais jovens e menos desenvolvidos, e caracterizados por um teor elevado de silte, o que favorece processos erosivos como ravinamento ou rastejos (SHINZATO *et. al.*, 2008).

Os Cambissolos associados aos Neossolos Flúvicos estão majoritariamente associados aos depósitos de colúvio, e neles se observam os sedimentos provenientes das rochas das encostas, formando cascalhos com fragmentos arredondados ou angulosos em uma matriz areno-siltoargilosa e lamitos (HASUI, *et. al.*, 1994).

Já os Neossolos se encontram nas planícies flúvio-marinhas e nos depósitos colúvio-aluvionares, onde são Neossolos Flúvicos, expressivamente arenosos. Quando encontrados em encostas mais declivosas de montanhas ou associados a afloramentos rochosos são Neossolos Litólicos.

**Figura 11:** Mapa pedológico da área de estudo.



**Fonte:** Modificado de Oliveira et. al. (1999)

Também se observa no ambiente insular os Argissolos, que ocorrem principalmente em áreas de morros ou colinas, mais especificamente em topos convexos sobre um substrato granito-gnássico, e em sua maioria apresentando uma coloração vermelho-amarelada, com uma textura mais argilosa e com a presença de cascalhos e das fases rochosa e não rochosa. Por apresentarem alta concentração de argila em seu horizonte B textural, esses Argissolos têm uma propriedade geotécnica caracterizada pela baixa condutividade hidráulica, o que se traduz num plano de cisalhamento entre os horizontes A e Bt, favorecendo assim a ocorrência de deslizamentos (OLIVEIRA 2005).

#### 5.1.4 Clima

A chuva é um dos principais agentes deflagradores dos processos de dinâmica superficiais, por ocasionar a elevação do nível da água subterrânea, o preenchimento de fendas, trincas ou estruturas em solos saprolíticos e rochas e a formação de frentes de saturação, reduzindo a resistência dos solos pela perda de coesão aparente (WOLLE, 1988).

O Litoral Norte do estado de São Paulo é uma região que apresenta altos índices pluviométricos em sua média anual, estando na Serra do Mar locais entre os que possuem as maiores pluviosidades do Brasil (FUNDAÇÃO FLORESTAL, 2011). Esses altos valores concentram-se principalmente nos meses de Novembro a Fevereiro, que também é o período no qual a população na ilha aumenta consideravelmente em função do turismo.

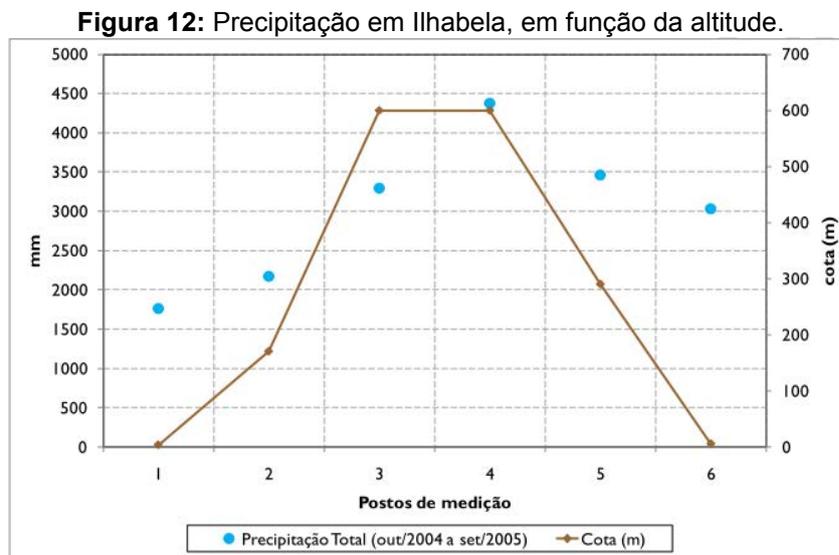
De acordo com Monteiro (1973), Ilhabela está numa zona de transição entre os domínios tropicais e extratropicais, e por sua elevação altimétrica e proximidade com a Serra do Mar, somadas à sua posição oponente às correntes polares, é um local que apresenta valores de pluviosidade que estão entre os maiores do estado, com médias anuais entre 1.500 e 2.500mm, podendo chegar em certas áreas a mais de 4.500mm.

Milanesi (2007) trata da climatologia da ilha de São Sebastião, e, segundo ele, o clima na ilha pode ser classificado como Am (na classificação Köppen), ou seja, um clima tropical chuvoso, porém com o inverno seco, podendo apresentar uma precipitação inferior a 60mm no mês menos chuvoso.

O mesmo autor destaca como a principal característica climática da ilha a diferença de umidade entre suas vertentes leste e oeste, influenciada principalmente pela morfologia do relevo local. Os maciços rochosos associados aos diques alcalinos presentes na ilha agem como uma barreira aos fluxos atmosféricos úmidos, forçando-os a se elevar e se condensar, e provocando a chamada chuva orográfica. Além disso, os vales atuam na forma de canalizar os ventos predominantes, gerando um fluxo turbulento que dinamiza o processo de condensação e precipitação. Por esse fenômeno, a vertente oceânica da ilha apresenta maior umidade que a vertente

continental. O gráfico exposto na Figura 12 evidencia a influência que o relevo tem na precipitação em Ilhabela.

A porção costeira ao sul do arquipélago, por seu lado, está sujeita às massas de ar polares (MONTEIRO, 1973), e mostra maiores índices pluviométricos quando comparada com a porção norte do mesmo. De acordo com o IPT (2000), as chuvas têm maior intensidade nas vertentes mais íngremes.



Fonte: Milanesi (2007)

## 5.2 Contexto social

O município de Ilhabela está inserido na região administrativa de São José dos Campos, parte da região Metropolitana do Vale do Paraíba e do Litoral Norte. A cidade tem sua economia quase totalmente vinculada ao mercado turístico: a participação do setor de serviços (no qual o ramo das atividades turísticas se insere) no PIB municipal é de 83,54%, e a participação dos empregos formais nesse ramo é de 69,80%, sendo outros 26% vinculados ao ramo de comércio e da construção civil, também fortemente vinculados ao mercado turístico no caso de Ilhabela (SEADE, 2013).

Também influenciado pela pungência econômica de seu mercado turístico, o município de Ilhabela apresenta altas taxas de crescimento populacional: no período entre 2010 e 2013, seu valor foi de 1,99% ao ano; valor maior do que o apresentado

pelo município de São Paulo (0,59%), pelo município de São José dos Campos (1,34%), e até em comparação com os municípios vizinhos de Ilhabela, nos quais o mercado turístico também tem grande influência, Caraguatatuba (1,61%), São Sebastião (1,85%) e Ubatuba (1,29%) (SEADE, 2013).

### **5.2.1 Histórico da ocupação humana**

O processo histórico em Ilhabela é reflexo do processo que ocorreu e ocorre no estado de São Paulo, portanto suas mudanças foram todas condicionadas pelo modelo de produção e pelas forças econômicas vigentes, acompanhando os ciclos de desenvolvimento e declínio observados no estado (BERTOLO, 2009).

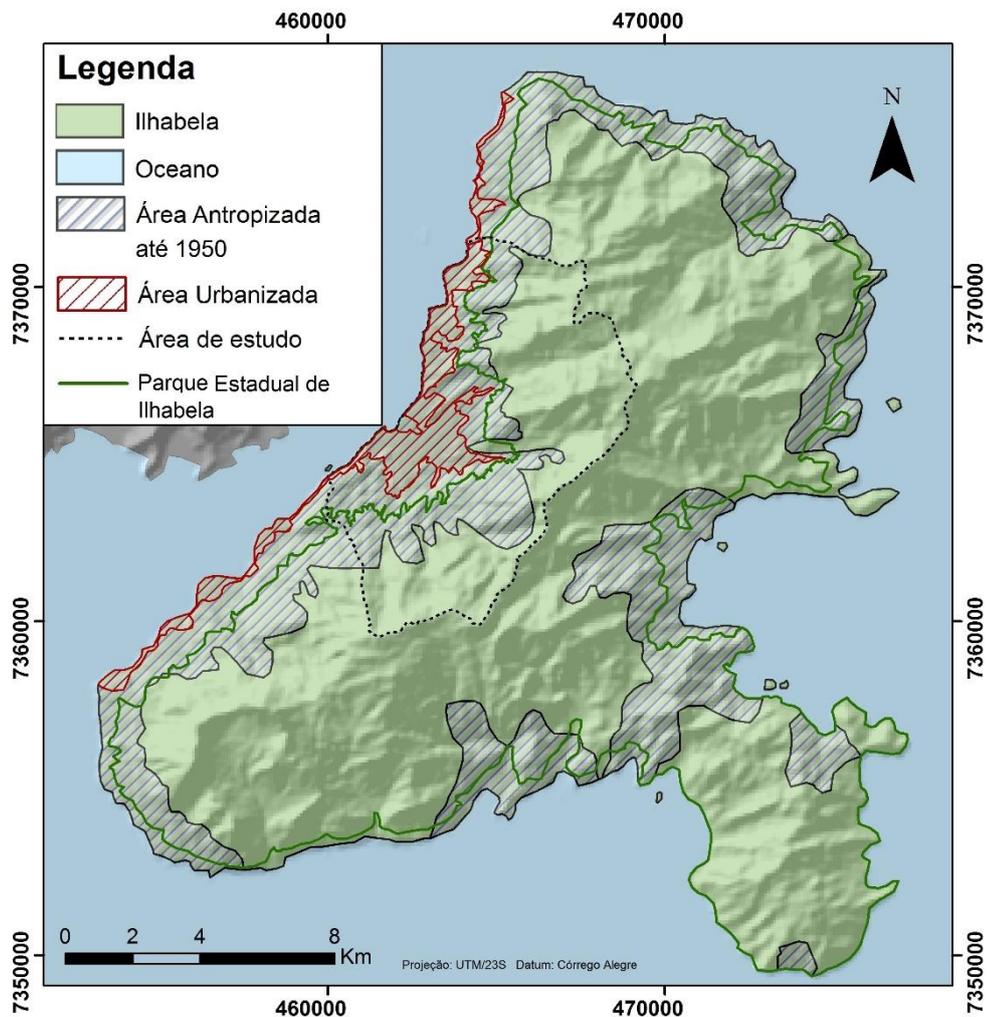
O arquipélago foi descoberto no início do século XVI, e permaneceu inexplorado por mais de cem anos, muito em função de seu relevo acidentado e da presença ocasional de tribos indígenas hostis (CALVENTE, 1997). No início do século XVII, iniciou-se a ocupação da ilha com o estabelecimento do cultivo extensivo de cana-de-açúcar, atividade econômica predominante da colônia no período. A grande abundância de recursos hídricos do local foi um impulso à prática, além de incentivar também outras culturas agrícolas de menor expressão.

O cultivo extensivo de cana deu lugar ao de café, a partir de fins do século XVIII, o que provocou o abandono de diversos engenhos. A nova prática traduziu-se em um grande crescimento populacional do município, com a chegada de escravos que aportavam, em grande medida ilegalmente, pela baía dos Castelhanos, no leste da ilha (SIMÕES, 2005). Nesse período, a cidade chegou a possuir mais de duzentas fazendas, e o cultivo de café podia chegar até a cota de 400 metros de altitude.

O cultivo do café causou grande impacto nos sistemas naturais da região; a remoção da cobertura vegetal, aliada a esse tipo de cultivo extensivo causaram um esgotamento do solo (DEAN, 95; POLIS, 2013), o que contribuiu para a queda da produção de café na ilha, além de dificultar a recuperação da vegetação em diversos locais, aumentando a fragilidade do meio frente aos processos geológicos superficiais. A Figura 13 demonstra a abrangência da interferência antrópica na ilha, desde seu descobrimento até 1950. Grande parte dessa área antropizada, principalmente na

porção centro-oeste da Ilha, era local de plantações de café. Esse mapa também nos permite ver a abrangência atual da área urbana no município, e que grande parte das antigas áreas de interferência humana hoje são locais de preservação, dentro do Parque Estadual de Ilhabela.

**Figura 13:** Área antropizada até 1950, e atuais áreas urbana e preservada.



**Fonte:** Modificado de Bertolo (2009)

O declínio da produção agrícola na ilha veio no fim do século XIX, com a construção das estradas de ferro que ligaram São Paulo a Santos e São Paulo ao Rio de Janeiro (SIMÕES, 2005; POLIS, 2013), somados à abolição da escravidão em 1888. Após esses incidentes, Ilhabela passou por um grande período de estagnação econômica, tendo destaque somente a produção de cachaça, feita em antigos engenhos abandonados, remanescentes do período do ciclo da cana.

Na segunda metade do século XX, deu-se a construção pela Petrobras do porto de São Sebastião, ou Terminal Almirante Barroso (TEBAR), para o transporte do petróleo e derivados. Em função disso, ocorreram a melhoria das estradas entre São José dos Campos, Caraguatatuba e São Sebastião, e a construção da balsa, que faz a ligação entre Ilhabela e o continente. Esses fatores iniciaram o desenvolvimento da malha viária do município e impulsionaram em grande medida o estabelecimento do padrão econômico que predomina até hoje na ilha: o turismo.

Principalmente a partir da década de 1970, a paisagem natural de grande beleza cênica, a abundância de praias e cachoeiras, e a baixa densidade populacional local foram impulsos a esse mercado. Desde então observa-se o crescimento populacional acelerado, principalmente na forma de migrantes atraídos por empregos no mercado turístico; e o aumento da especulação imobiliária, com o estabelecimento de casas de veraneio, condomínios, restaurantes e hotéis em lugares valorizados (mais próximos às praias) e a concentração da população local, em sua maioria de baixa renda, em locais mais afastados, frequentemente de forma tecnicamente irregular (ROCHA E SILVA, 2009).

### **5.2.2 Ocupação desordenada**

A morfologia observada na ilha, com pequenas áreas de planícies, cercadas de áreas elevadas de morros e montanhas, e com costões rochosos delimitando as enseadas, é determinante na estruturação urbana, promovendo uma urbanização fragmentada, com foco na região central, onde estão os locais mais planos e há a ligação da ilha com o continente pela balsa, e ao longo da SP-131, estrada que se estende pelo eixo norte-sul da costa continental da ilha.

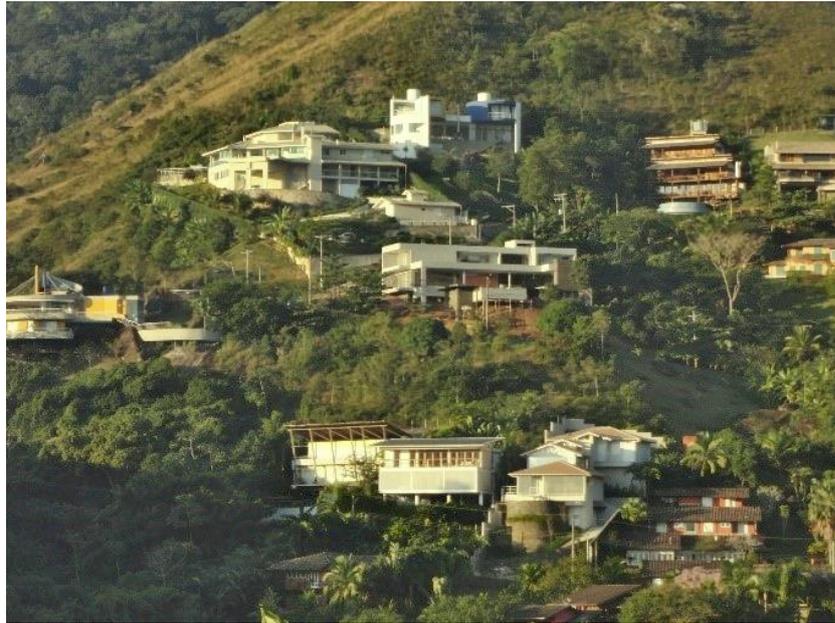
A ocupação urbana sempre se deu de forma não planejada no arquipélago. Até 1950, antes da construção da balsa, o processo se dava de forma espontânea, com cada família de caiçaras ocupando uma área da enseada onde construíam sua casa e seu rancho de pesca, e os deslocamentos eram feitos principalmente pelo mar (ROCHA e SILVA, 2009). A partir da década de 60, o mercado turístico trouxe migrantes, o que provocou um intenso crescimento urbano que se observa até hoje.

Nesse ponto esse processo se assemelhou ao que ocorre de forma geral nas cidades litorâneas brasileiras: um padrão de urbanização fortemente influenciado pelo turismo e apontado por Macedo e Pellegrino (1996) como um fator de grande impacto nos recursos naturais e paisagísticos da linha costeira. Esse padrão apresenta como características uma forte influência da especulação imobiliária, com a disseminação de residências de veraneio, hotéis e pousadas em locais valorizados, e associado a isso um crescimento urbano periférico de alta densidade e baixo padrão socioeconômico, desordenado, e que frequentemente avança em áreas inadequadas, como locais suscetíveis a processos superficiais, sendo insuficiente a atuação do poder público na ordenação da ocupação do meio físico para mitigar impactos sociais e ambientais decorrentes desse tipo de desenvolvimento. O IPT (2001) destacou como uma característica observada no litoral norte de São Paulo a ocupação desordenada se dirigindo áreas de nascentes, margens de rios e mananciais, relacionada ao crescimento da população de baixa renda.

Um aspecto relevante do processo de desenvolvimento urbano de Ilhabela é que ocorre uma modalidade de turismo, vista em todo litoral norte, baseada em “segundas residências”, na qual a infraestrutura urbana é dimensionada e estabelecida em função da população presente nos picos de veraneio, a qual é muito superior à população fixa do município (em até cerca de quatro vezes). Portanto, o que se observa é uma estruturação urbana desigual, muito influenciada pela lógica mercadológica dos ramos turístico e imobiliário, e que não atende à demanda de grande parte da população fixa, em detrimento da população flutuante (ROCHA & SILVA, 2009; POLIS, 2013), tomando parte assim na ocorrência das citadas ocupações irregulares.

Em Ilhabela, onde as planícies são restritas e predominam os morros e montanhas, ocupações irregulares ou de risco ocorrem em bairros de todos os padrões socioeconômicos: podem ser encontrados tanto mansões ou condomínios quanto favelas ocupando encostas e topos de morros, em margens de rios ou em área de Parque (Figuras 14 e 15).

**Figura 14:** Morro Santa Tereza: residências de alto padrão socioeconômico em encostas de morros altos.



**Figura 15:** Morro dos Mineiros: residências de baixo padrão socioeconômico em encostas de morros altos.

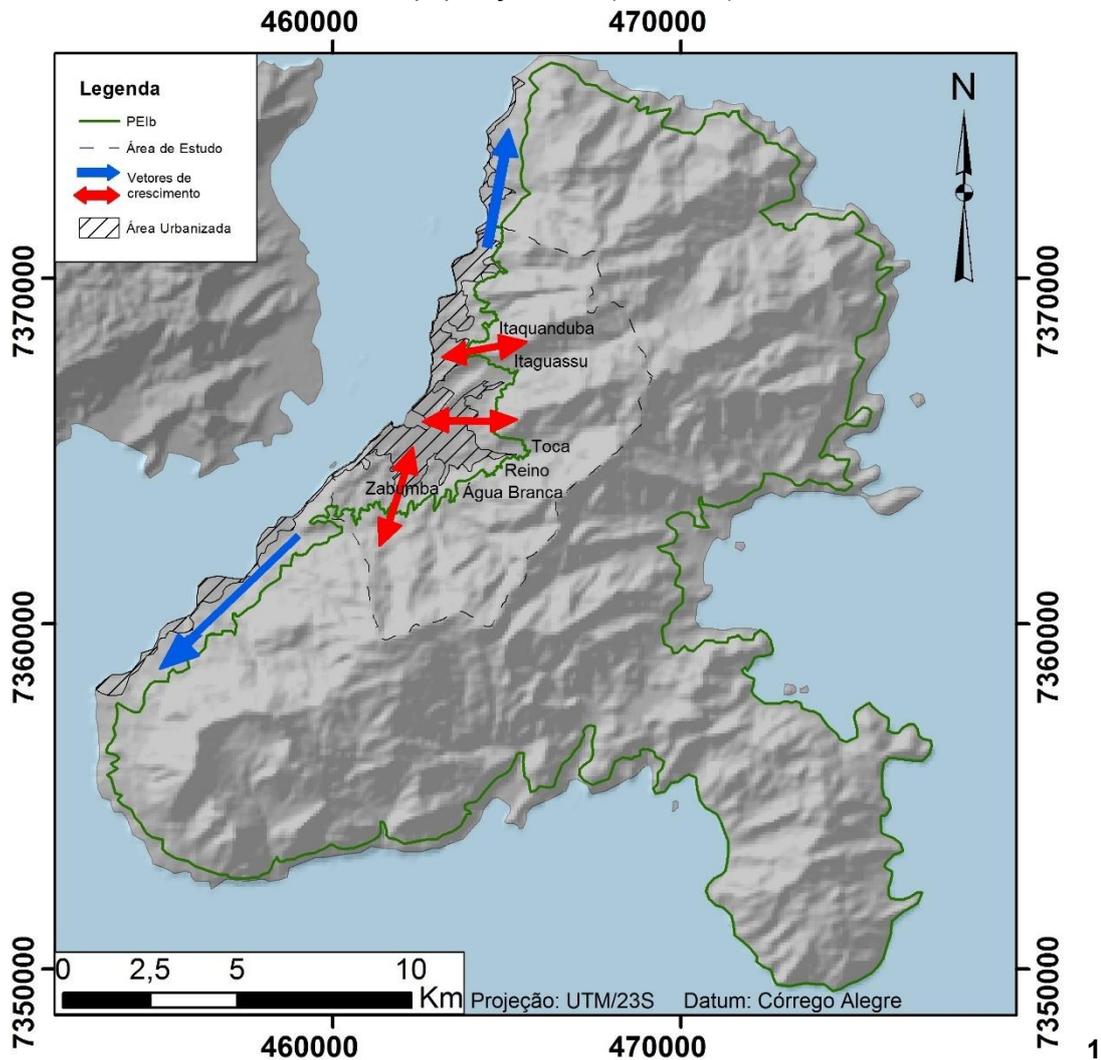


Nesse contexto, é importante ter em foco a maior suscetibilidade do tipo de ocupação de baixo padrão socioeconômico aos processos superficiais abordados nesse texto, em função das características técnicas desse tipo de ocupação. Conforme atentou Farah (2003), as favelas não seguem diretrizes prévias de implantação e o parcelamento decorre da própria dinâmica da comunidade, assumindo configurações regulares ou caóticas.

Entre as características desse tipo de ocupação apontadas por Farah (2003) e que são observadas em Ilhabela destacam-se: cortes e aterros indiscriminados, ocupação de aterros não contidos, taludes com solo exposto, retirada indiscriminada da vegetação e alteração do regime de escoamento superficial natural, ocupação das drenagens, redes informais de água (comumente apresentando vazamentos disseminados que ocasionam infiltrações no terreno), esgoto despejado diretamente no solo, fossas negras, acumulação de lixo nas encostas. Todos esses fatores se somam à suscetibilidade natural do meio frente aos processos superficiais, aumentando o risco ao qual a população e o equipamento urbano estão expostos e justificando a atenção especial a esses locais.

A Figura 16 representa os principais vetores de crescimento urbano de Ilhabela. Os vetores azuis, com eixo paralelo à orla marítima e seguindo a rodovia SP – 131, estão relacionadas principalmente ao mercado turístico, hotéis, casas de veraneio e aos condomínios, buscando áreas valorizadas, próximas à orla, encostas com vista para o canal e longe do centro populoso. Já os vetores vermelhos são relativos principalmente ao crescimento da população local, nos bairros mais populosos e de menor padrão socioeconômico, fortemente decorrente da migração, e predominantemente de forma desordenada. Nesse caso, os bairros dentro da área de estudo que se destacam por estarem se desenvolvendo em locais naturalmente suscetíveis a riscos e por apresentarem alta densidade populacional e um baixo padrão socioeconômico, com construções irregulares e áreas de favelização, são: Zabumba, Água Branca, Reino e Toca ao sul, e Itaguassu e Itaquanduba ao centro.

**Figura 16:** Principais vetores de crescimento urbano, associados a estabelecimentos turísticos (azul), ou à população local (vermelho).



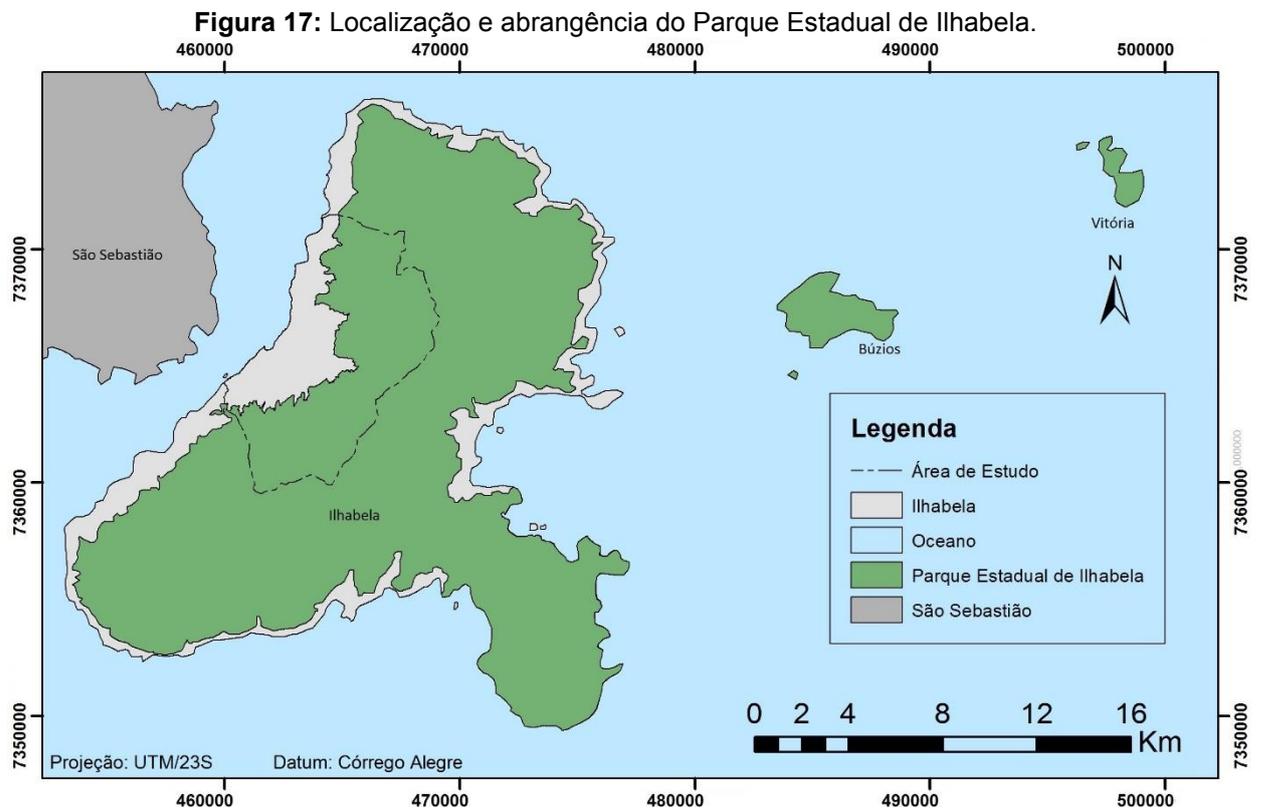
Fonte: Modificado de Rocha e Silva (2009)

### 5.2.3 Atuação do poder público

Nesse contexto, o papel do Parque Estadual de Ilhabela (PEIb) se destaca na contenção e modelação do crescimento urbano. Criado por decreto estadual em 1977 e administrado pela Fundação Florestal, órgão da Secretaria Estadual do Meio Ambiente, ele estabelece como área de preservação toda a área da ilha de São Sebastião acima da cota de 200m de altitude entre a Ponta das Canas, no norte da ilha, e na Ponta da Sela. No restante do perímetro da ilha, seu limite se situa na cota de 100m de altitude, exceto na península do Boi, na porção sudeste da ilha, onde o limite é o nível do mar. Além disso, a área do parque abrange também as demais ilhas,

ilhotas e lajes do arquipélago (Figura 17), contabilizando no total uma área de 27.025 hectares.

Essas fronteiras do parque fazem com que a área da cidade se estenda por uma faixa de pouco mais de 20km de comprimento, que não chega a ter mais de 4km de largura, o que limita as possibilidades da expansão urbana e influencia nos conflitos decorrentes da especulação imobiliária no município (ROCHA e SILVA, 2009; DINIZ, 2011).



Fonte: Fundação Florestal (2011)

O ordenamento do território na cidade é regido principalmente pela lei municipal nº421 de 2006 (ILHABELA, 2006), que estabeleceu o Plano Diretor de Desenvolvimento Socioambiental de Ilhabela, definindo as diretrizes do planejamento urbano, tendo como princípios a valorização do patrimônio sócio-ambiental da cidade e ordenar o crescimento da malha urbana e seus centros principais. A lei exalta, por exemplo, a necessidade da “reversão das tendências predatórias de expansão da cidade que vem pondo em risco as paisagens mais valorizadas do Município que são suas praias, cachoeiras e florestas de encostas” (inciso V).

Essa lei estabeleceu o zoneamento urbano da cidade, utilizando principalmente os valores de declividade como critério para a delimitação das zonas dentro da área urbana. Dentro da área de estudo dessa pesquisa configuram-se as seguintes zonas:

- **Zona de Restrição Total à Ocupação (ZRT):** áreas de costões rochosos, praias e dentro do Parque Estadual de Ilhabela;

- **Zona Urbana de Restrição Geotécnica e Ecológica 2 (ZU2):** áreas com relevo de inclinação entre 0 e 30%, permitindo o parcelamento do solo em módulos de terrenos de tamanho mínimo de 450 m<sup>2</sup>, com taxa de ocupação de 30% e coeficiente de aproveitamento de 0,5;

- **Zona de Alta Restrição 2 (ZR2):** áreas com relevo de inclinação maior que 47%, recobertos com floresta ou não, permitindo o uso em módulos de terrenos de tamanho mínimo de 3.000 m<sup>2</sup>, com taxa de ocupação de 15% e coeficiente de aproveitamento de 0,2.

Entre outros parâmetros urbanísticos, o Plano Diretor ainda estabelece regras para edificações, parâmetros de uso, parcelamento e ocupação do solo, e atividades de impactos ambientais.

O território em Ilhabela também é regido pela política nacional e estadual de gerenciamento costeiro, que estabelece regras de uso e ocupação do solo, bem como classes de parcelamento do solo, em conformidade com o decreto Federal nº 5.300/04, que trata do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), e o Decreto Estadual nº 49.215/04, que trata do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do setor do Litoral Norte.

Os parâmetros para o parcelamento do solo do Zoneamento Ecológico-Econômico, além dos valores de declividade, são as formações vegetais presentes, a presença de comunidades tradicionais ou de áreas de preservação. Dentro da área de estudo deste projeto, demonstrada na Figura 18, encontramos as seguintes zonas, e suas principais características:

**Zona 1 Terrestre (Z1):** áreas com declividade média acima de 47% e/ou com cerca de 10% de cobertura vegetal alterada, áreas de baixadas com drenagem

complexa com alagamentos frequentes ou Unidades de Conservação de Proteção Integral. Nessa zona é obrigatória a conservação de no mínimo 90% da cobertura vegetal nativa e permitidas somente atividades de baixo impacto como pesquisa científica ou ecoturismo. Essa zona funciona como uma subzona ou uma transição para as **Áreas Especialmente Protegidas (Z1AEP)**, que correspondem às áreas englobadas por unidades de conservação, no caso o Parque Estadual de Ilhabela.

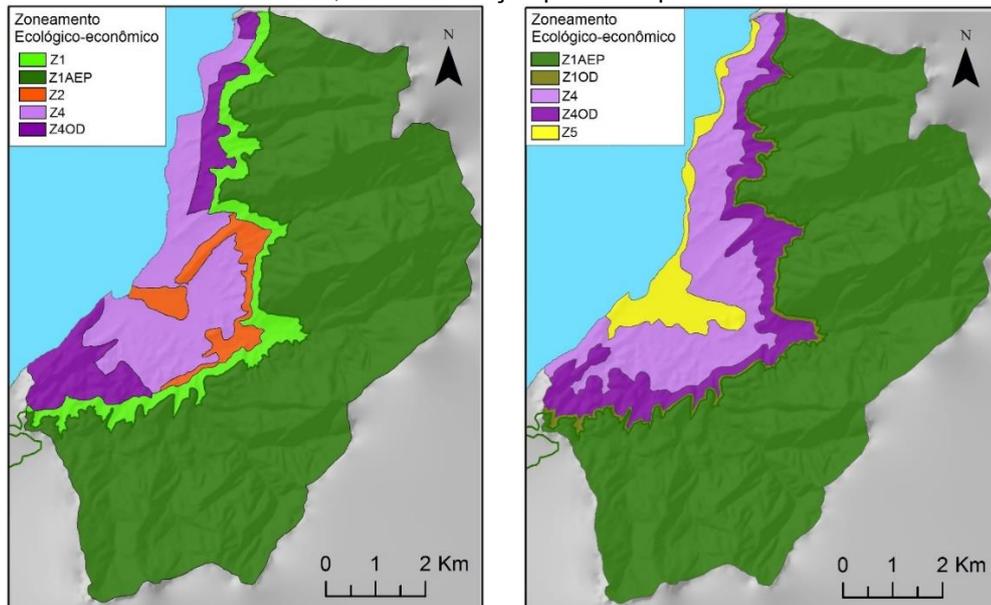
**Zona 2 Terrestre (Z2):** áreas com declividade entre 30 e 47% e/ou com cerca de 30% de cobertura vegetal alterada, apresentando um ecossistema funcionalmente pouco modificado. Nesta zona é obrigatória a preservação de 80% da cobertura vegetal nativa (20% de taxa de ocupação permitida), e são permitidas ainda certas atividades de mineração, aquicultura e beneficiamento de produtos de manejo sustentado.

**Zona 4 Terrestre (Z4):** áreas urbanas, com glebas definidas e sistema de drenagens e vias pavimentadas, apresentando declividade média igual ou inferior a 30% e/ou com até 70% de cobertura vegetal alterada, apresentando ecossistemas primitivos muito modificados. A taxa de ocupação é de 60%, sendo obrigatória a preservação de no mínimo 40% das áreas verdes, além das áreas de preservação permanente e são permitidos equipamentos de infraestrutura urbana.

**Área de ocupação dirigida (Z4OD):** apresenta as mesmas características da Z4T, porém necessita de um ordenamento especial, pela existência de cobertura vegetal nativa e/ou presença de empreendimentos residenciais parcialmente implantados e/ou ocupados. Nessa área é obrigatória a preservação de 60% da área verde (40% de taxa de ocupação), e são permitidos empreendimentos de turismo e lazer, parcelamentos e condomínios.

Esse Zoneamento está em processo de revisão, em atendimento ao que foi definido na Política Estadual de Mudanças Climáticas, e a proposta de 22/03/2013 prevê mudanças nas classes de ocupação, conforme pode se comparar na Figura 18, na carta apresentada pelo Grupo Setorial de Coordenação do Gerenciamento Costeiro do Litoral Norte em audiência pública comparando o zoneamento atual com o novo. Essas mudanças estão previstas para entrar em vigor no ano de 2015, e a revisão do Plano Diretor Municipal, também programada para vigorar no ano de 2015, será baseada na divisão proposta pelo novo Zoneamento Ecológico Econômico.

**Figura 18:** Zoneamento Ecológico Econômico da área de estudo.  
À direita, suas mudanças previstas para 2015.



**Fonte:** Modificado do Governo do Estado de São Paulo (2014)

No novo ZEE, para a **Zona 4 Terrestre (Z4T)**, a preservação mínima obrigatória passará a ser de 30% da cobertura vegetal, sendo permitida a ocupação de 70% da área do terreno; e para a **Área de Ocupação Dirigida (Z4OD)**, a taxa de ocupação permitida passará a ser 50%. Além disso, foram incluídas a **Zona 5 de Ocupação Direcionada (Z5OD)**, que define áreas com o ecossistema primitivo totalmente modificado e um assentamento urbano com rede e área consolidados, e permite uma taxa de ocupação de 70%, e a instalação de indústrias de pequeno porte; e a **Zona 1 de Ocupação Direcionada**, que apresenta os mesmos critérios da Zona 1, porém permitindo edificações de comunidades tradicionais.

Infer-se dessas alterações um direcionamento, por parte do poder público, para um zoneamento menos restritivo, com todas as Zonas de modo geral possibilitando uma maior taxa de ocupação e menor área preservada, como no caso da grande área enquadrada como Zona 2, que exige a preservação de 80% da vegetação original, e que passará a ser enquadrada como Zona 5, que, ao contrário, permite uma taxa de 70% de ocupação e até a instalação de indústrias de pequeno porte. Alterações como estas fundamentam a crença de articulações de cidadãos locais, que apontam que as mudanças legais nos instrumentos de zoneamento intensificarão uma forma de desenvolvimento municipal que acarreta em impactos sociais e ambientais negativos a longo prazo. A menor área de cobertura vegetal

exigida nos terrenos, por exemplo, pode influenciar num aumento na incidência dos processos superficiais abordados neste texto.

Um outro fator de limitação desses dois instrumentos de zoneamento é o fato da delimitação das zonas ter se basear apenas nos critérios de declividade e uso e ocupação do solo (porcentagem de cobertura vegetal, áreas de parque, áreas de comunidades tradicionais), muitas vezes sendo ignorados aspectos relevantes de cada local, como os principais processos incidentes. Essa visão segue a mesma linha da de Farah (2003), que considera falha a legislação urbanística brasileira, por ser concebida para um “mundo plano”, ideal, e que quando trata do zoneamento baseado em faixas de declividades apresenta limites muito vagos.

Assim, acredita-se que um zoneamento urbano baseado no zoneamento geotécnico seria mais condizente com a realidade do meio físico do município e garantiria um processo de urbanização mais apropriado e seguro.

Ademais, por vezes ocorre um conflito entre as leis municipais, estaduais e federais vigentes. O instituto Polis (2013), aponta, por exemplo, casos em que uma mesma área é tratada como zona de expansão urbana por uma lei municipal (nº 185/03, que delimita a zona urbana e as áreas de expansão urbana do município de Ilhabela), entretanto como zona de alta restrição 2 (ZR2) pela lei municipal nº421/06, e zona de interesse específico (ZIE) pelo decreto estadual 49.215/04, que restringem a urbanização nesse local.

Somado a isso, vemos no município uma característica observada no País também anotada por Farah (2003), de que, à ocupação de áreas de risco e de proteção, não se agrega uma máquina de fiscalização proporcional dos critérios e requisitos (tamanho, taxa de ocupação, área de preservação) de cada loteamento, e não se traçam políticas paralelas e eficazes de habitação para população de baixa renda, o que resulta que em áreas de encostas, e em áreas protegidas em geral, seguem em regime expressivo de ocupação, às margens das leis.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Mapas Hipsométrico e de Declividades (1:50.000)

A seguir são apresentados os mapas Hipsométrico e de Declividades da área de estudo, ambos na escala de 1:50.000. Sua elaboração e posterior análise subsidiaram a divisão e classificação das unidades geológico-geotécnicas, servindo como complemento às informações obtidas nas fases de fotointerpretação e fotoanálise, assim como aos dados obtidos em campo e na bibliografia.

O mapa hipsométrico (Figura 19), apresenta a divisão altimétrica da área em intervalos de 25 metros, até a cota 200, de 50 metros até a cota 750, e de 100 metros para altitudes acima de 800 metros. Ele evidencia a grande variação topográfica que é característica do relevo ilhabelense e da região da Serra do Mar, onde nota-se por exemplo, em um espaço de distância de 4km do oceano, uma variação altimétrica desde a cota zero (nível do mar) até mais de 1.300 metros. Nota-se nele a abrangência restrita das áreas baixas e seu avançado grau de urbanização.

Já o mapa de declividade (Figura 20), utilizou cinco classes de intervalos para a divisão, segundo um critério associativo entre as classes de intervalos e os processos superficiais a elas relacionados (RIDENTE JÚNIOR, 2000; AGENA, 2005). Portanto, no caso, os valores de declividade baixa (entre 0 e 5%) estão relacionados a planícies e fundos de vales, onde os processos são de inundação, enchentes e assoreamento de corpos d'água; nos intervalos entre 5 e 15% e 15 e 30%, nos quais a declividade é média, ocorrem os processos de rastejo, sulcos e ravinas; e nos locais de alta declividade, onde os valores são maiores que 30%, ocorrem os processos de maior volume e dimensão, como movimentos de massa, queda e rolamento de blocos e escorregamentos, sendo mais frequentes e intensos nos valores maiores que 60%. Vê-se a partir deste mapa que predominam valores altos de declividade (acima de 30%) na área de estudo, resultado da grande variação altimétrica observada na ilha. As maiores declividades predominam nas regiões montanhosas dentro da área do Parque, mas são também observadas em diversos locais na região urbana e as menores declividades são vistas nas planícies adjacentes ao canal e nos vales entre as montanhas.

Figura 19: Mapa hipsométrico (1:50.000).

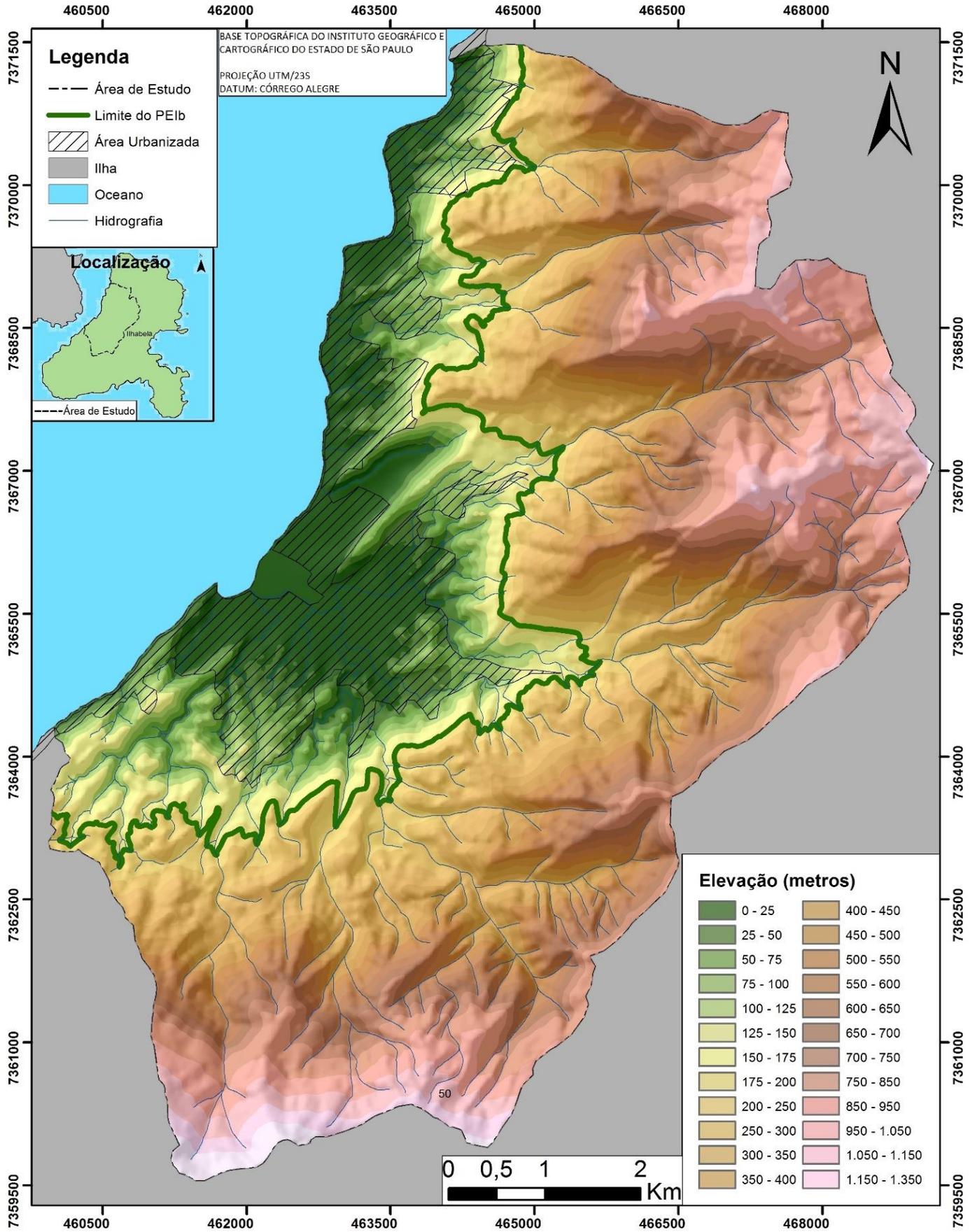
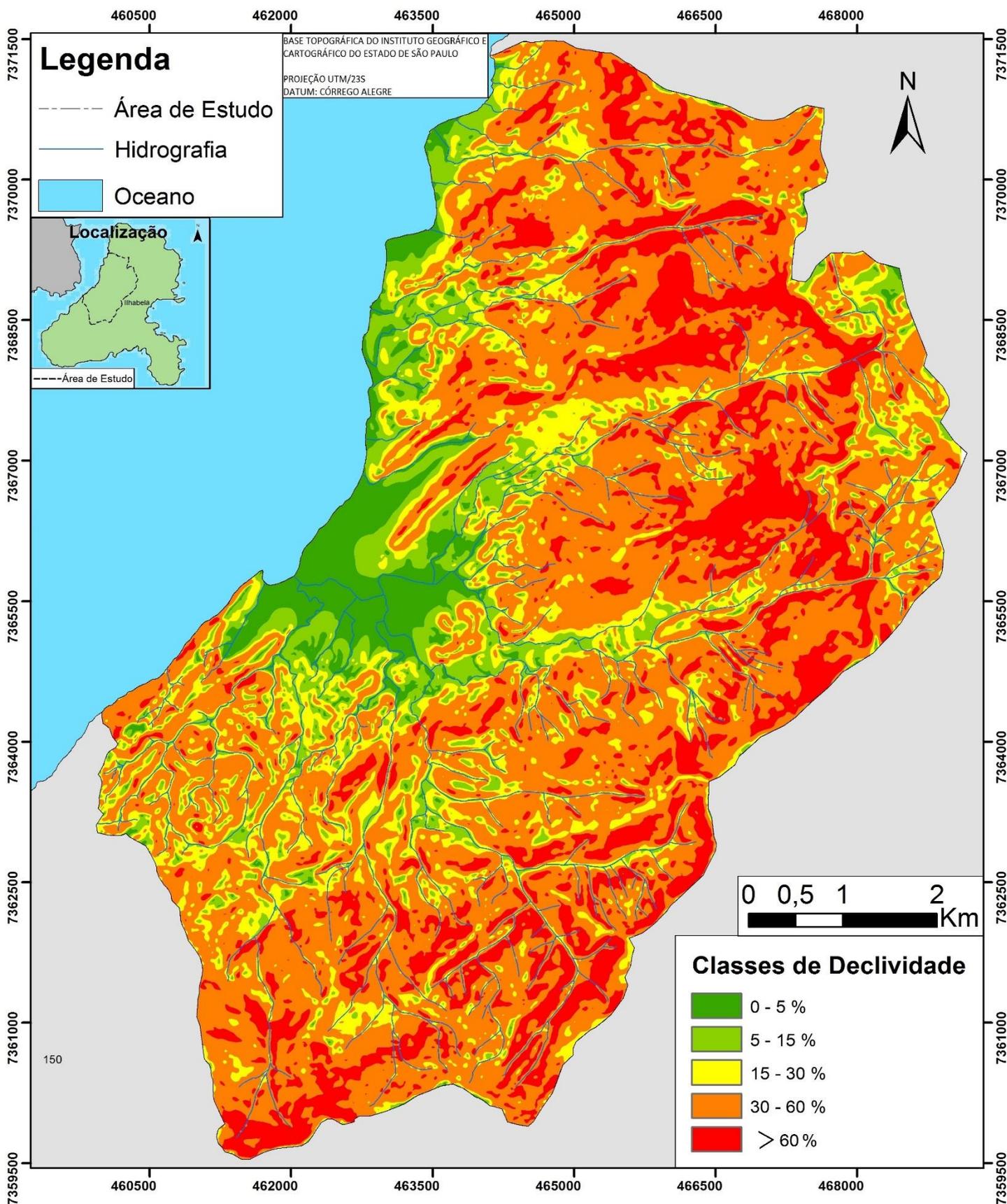


Figura 20: Mapa de declividades (1:50.000).



## 6.2 Unidades Fisiográficas (1:50.000)

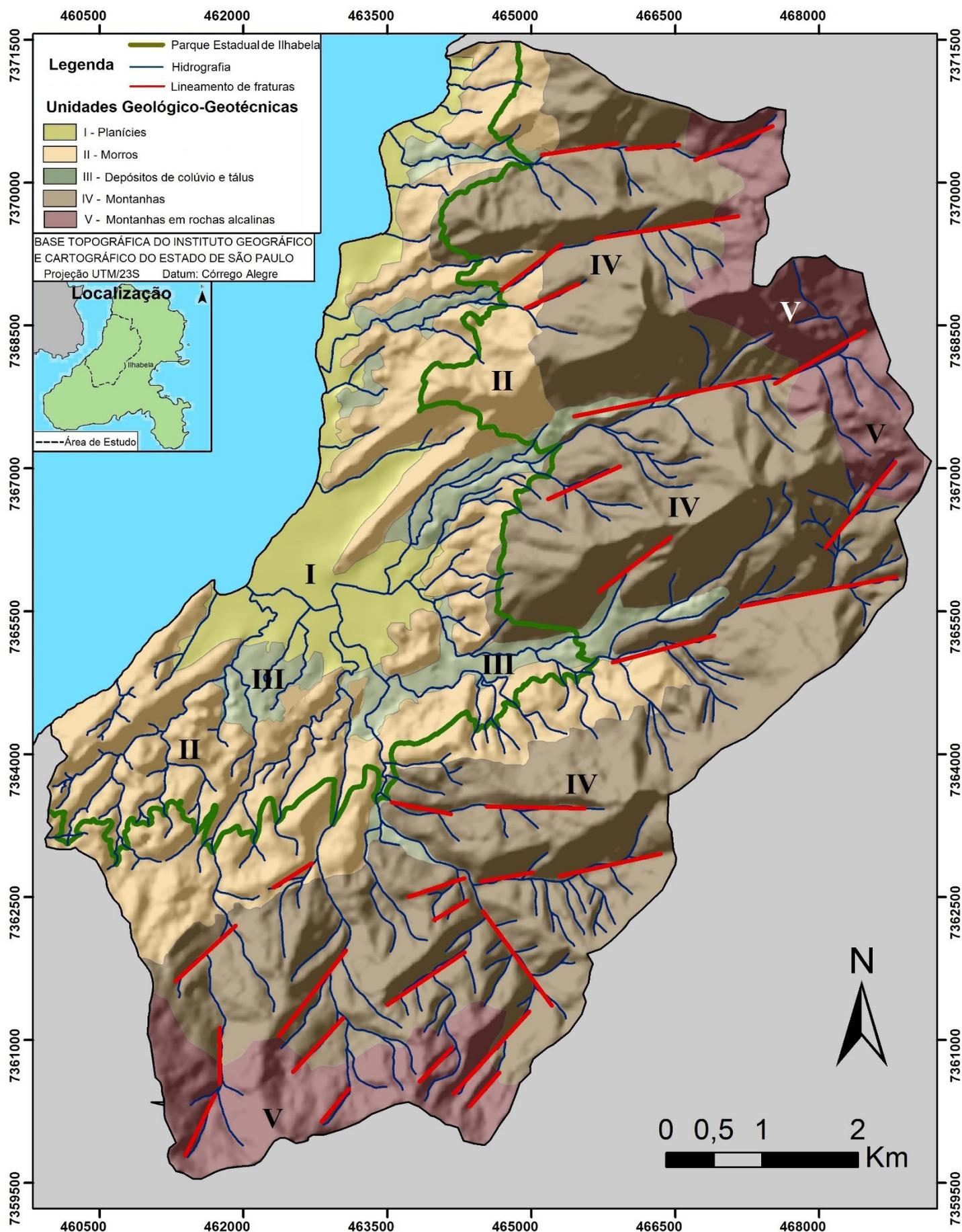
Seguindo a metodologia de fotointerpretação adotada e discutida anteriormente, em adição à informação colhida na literatura, aos mapas hipsométrico e de declividade gerados, e informações de campo, foram obtidas unidades geológico-geotécnicas para cada nível de detalhe do mapeamento. O Quadro 2 demonstra essas unidades, seus níveis hierárquicos e sub-divisões. Baseando-se no padrão hierárquico de análise proposto por Lollo (1995), as Unidades representam desde Unidades de Terreno, representadas nas escalas de 1:50.000 e 1:20.000, até Elementos de Terreno, na escala de 1:10.000.

**Quadro 2:** Níveis hierárquicos de mapeamento e suas Unidades.

Escalas	UNIDADES	
Regional 1:250.000/1:1.000.000 (Literatura)	Baixas Litorâneas	Serraria Costeira
1:50.000	I. Planícies	II. Depósitos III. Morros IV. Montanhas V. Montanhas em rochas alcalinas
1:20.000	5-Depósitos de colúvio e tálus em fundos de vales e sopés de encostas	3-Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros alongados
	1-Sedimentos quaternários em planícies fluviais e marinhas	2-Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros e morrotes arredondados
		4-Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros altos
1:10.000	a) Fundos de vales	b) Encostas de morros
		c) Topos de morros
		d) Morros com vegetação

Assim, para a escala de 1:50.000, cuja área abordada são as sub-bacias do Paquera/Cego e do Ilhabela/Cachoeira, foram obtidas 5 Unidades fisiográficas, que subsidiaram a definição das unidades geológico-geotécnicas das escalas de maior detalhe. Elas estão expostas no mapa da Figura 21 e descritas de forma geral no Quadro 3. Nesse mapa também foi possível representar as fraturas e seus lineamentos, evidenciando sua influência na configuração do relevo e da rede de drenagens. Nota-se também que as fraturas seguem preferencialmente a direção NE.

Figura 21: Unidades Fisiográficas (1:50.000).



**Quadro 3:** Características geológicas e geomorfológicas das Unidades fisiográficas (1:50.000).

<p><b>Unidade I. Planícies</b></p> 	<p>Praias e planícies aluviais. Áreas restritas e predominantemente planas e de reduzida amplitude, apresentando baixa densidade de drenagem e solo sedimentar arenoso profundo.</p>
<p><b>Unidade II. Depósitos</b></p> 	<p>Depósitos de corridas e escorregamentos pretéritos encontrados nos fundos de vales e sopés de encostas. Baixa inclinação e solos profundos com grande concentração de blocos rochosos.</p>
<p><b>Unidade III. Morros</b></p> 	<p>Áreas intermediárias entre o oceano, as planícies e as montanhas. Médias amplitudes locais e declividades médias a altas. Encostas convexas ou retilíneas, topos arredondados e vales fechados. Solos desenvolvidos, sobre o substrato granito-gnáissico e altamente suscetíveis a processos superficiais</p>
<p><b>Unidade IV. Montanhas</b></p> 	<p>Relevo predominante na Ilha. Grandes amplitudes e declividades e solos rasos embasados por rochas granito-gnáissicas que afloram nos topos, angulosos. Os rios correm em vales fechados predominantemente definidos pelo fraturamento do embasamento cristalino.</p>
<p><b>Unidade V. Montanhas em rochas alcalinas</b></p> 	<p>Encontradas nos limites sul e nordeste da área de estudo, apresentam as maiores declividades e amplitudes vistas no contexto insular, com solos delgados em um relevo embasado por rochas alcalinas (sienitos e nordmarkitos). Áreas inacessíveis e ainda muito pouco exploradas ou estudadas.</p>

### **6.3 Unidades Geológico-Geotécnicas (1:20.000)**

Prosseguindo no detalhamento, no mapeamento na escala de 1:20.000 (APÊNDICE C), como na escala anterior ainda representando Unidades de Terreno, foram mantidas 3 Unidades (Planícies, Depósitos e Montanhas). A Unidade de Montanhas em rochas alcalinas não é mais abrangida e a Unidade de Morros foi subdividida em 3 Unidades. O resultado do mapeamento foram as Unidades:

- 1 – Sedimentos quaternários em planícies marinhas e fluviais,**
- 2 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros e morrotes arredondados,**
- 3 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros alongados,**
- 4 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros altos,**
- 5 – Depósitos de colúvio e tálus em fundos de vales e sopés de encostas, e**
- 6 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de montanhas.**

Esse mapa focaliza a parte urbana e urbanizável do núcleo central do município, sob os limites do Parque Estadual de Ilhabela. O maior detalhamento da escala nesse caso resultou na representação de mais aspectos relevantes, como a malha viária urbana, os diques alcalinos e os anfiteatros, permitindo uma maior compreensão da composição do meio físico e da estruturação urbana sobre ele.

Informações acerca das características físicas e de uso e ocupação do solo de cada uma das 6 Unidades representadas no mapa na escala de 1:20.000 foram expostas na forma de fichas, mostradas a seguir, com os quadros resultantes da fotoanálise e fotointerpretação, perfis de alteração, seções esquemáticas do relevo, e imagens representativas das unidades e seus principais processos atuantes, além dos textos complementando ainda mais sua caracterização geológico-geotécnica.

### **6.3.1 Unidade 1 – Sedimentos quaternários em relevo de planícies marinhas e fluviais**

A primeira unidade corresponde às planícies marinhas e fluviais, encontradas a oeste da área de estudo, e inseridas no contexto geomorfológico das Baixadas Litorâneas. Ela é constituída principalmente pela Planície do Perequê, que é o local onde grande parte da população da cidade se concentra (nos bairros Perequê, Barra Velha e Água Branca), e nela se encontram as praias, principal atrativo turístico do município, o que se traduz no alto valor de mercado dos terrenos dessa área. A densidade populacional é alta, um dos motivos pelos quais quase 100% da cobertura vegetal original dessa planície já foi suprimida (SOUZA & LUNA, 2008), ainda assim, é nesta unidade onde se encontram os últimos remanescentes de vegetação mangue da face oeste da Ilha.

O relevo característico não ultrapassa os 20m de altitude e é plano, levemente inclinado em direção ao oceano ou aos canais fluviais. A drenagem apresenta baixa densidade, rios de pequeno porte com vales abertos e amplos, seguindo um padrão meandrante, e com planícies de inundação restritas. O Córrego da Água Branca é o rio de maior extensão e volume, os córregos de menor porte que correm nesta unidade se encontram em grande parte canalizados.

A Unidade é composta por uma espessa camada arenosa e argilo-arenosa com a mistura de sedimentos marinhos e depósitos fluviais, relativos às variações do nível do mar que ocorreram ao longo do Quaternário. Além disso, podem ser encontrados no aluvião seixos predominantemente arredondados de quartzo, rochas básica, alcalinas e de granito, originados da decomposição e erosão das rochas presentes nos morros e montanhas da ilha e transportadas pela drenagem. Predomina a sedimentação mista alúvio-coluvial, marinha e coluvial (SOUZA & LUNA, 2008).

Os solos presentes são neossolos flúvicos, compostos de areias de granulometria média a grossa. Nas áreas mais próximas ao canal a profundidade do lençol freático fica em torno de 1m (SOUZA & LUNA, 2008). A profundidade exata do substrato rochoso é desconhecida, no caso sendo necessárias técnicas geofísicas como sondagens elétricas ou sísmica de refração para obtenção desse e de outros atributos, numa caracterização mais detalhada e precisa (ELIS & ZUQUETTE, 1995).

Em função das baixas declividades presentes, os principais processos superficiais que ocorrem na unidade são a inundação e o alagamento (Figura 22), que ocorrem principalmente no período chuvoso (de Novembro a Março) e de forma pontual. Também notam-se processos de erosão marginal em alguns pontos e o assoreamento dos cursos d'água, como se observa de forma pronunciada em diversos trechos do Córrego da Água Branca, rio de maior porte visto nessa unidade (Figuras 23 e 24). Todos esses processos vêm se intensificando com a urbanização do município.

**Figura 22:** Processo de inundação em área de planície no bairro da Barra Velha. Fev. de 2011.



**Fonte:** Diniz (2011)

**Figura 23:** Assoreamento do córrego da Água Branca (ponto 40).



**Fonte:** Diniz (2011)

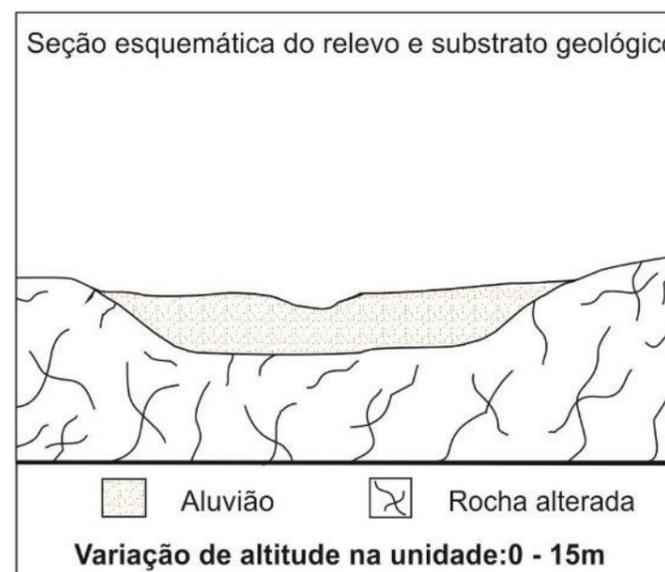
**Figura 24:** Operação de desassoreamento de outro trecho mais a montante do córrego da Água Branca (ponto 57).



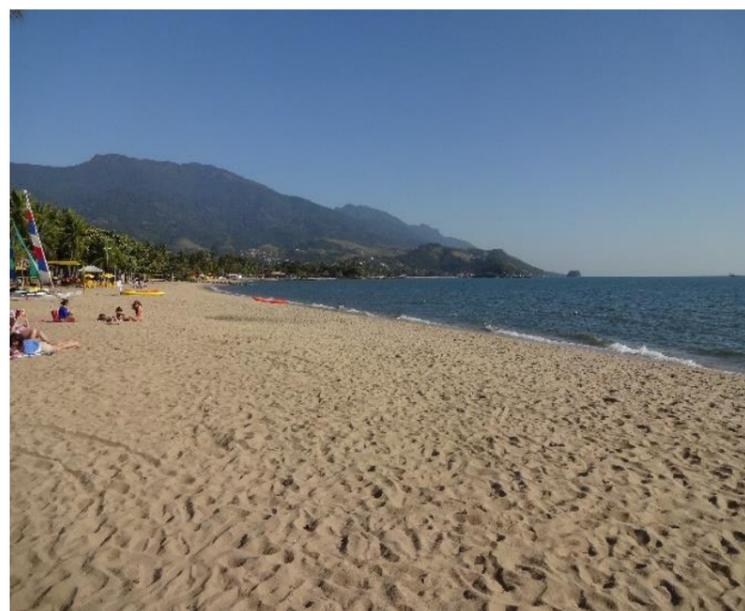
## FICHA 1 – UNIDADE 1: SEDIMENTOS QUATERNÁRIOS EM PLANÍCIES MARINHAS E FLUVIAIS



(ponto 57)



(ponto 41)



Praia do Pereque (prox. ao ponto 45)



Vista panorâmica da Unidade (ponto 21)



Córrego da Água Branca (ponto 40)

Unidade Geológica-Geotécnica <b>1</b>	Geologia	Solo	Análise fotogeológica							
			Relevo	Densidade de drenagem	Amplitude local de relevo	Declividade dominante	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Tropia
	Depósitos Marinhas e Fluviais Quaternários	Solo arenoso e argilo arenoso com areias de granulometria média a grossa com seixos e fragmentos de rochas de variada composição.	Planícies marinhas e fluviais	Baixa	Baixa (0 - 15m)	Baixa (0 - 5%)	----	----	Abertos	----
<b>Interpretação fotogeológica e caracterização geológico-geotécnica</b>										
			Permeabilidade intragranular	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura do manto de alteração	Resistência natural à erosão	Grau de fraturamento	Permeabilidade fissural	Profundidade do topo rochoso	
			Alta	Baixo	Grande	Baixa	----	----	Profundo	

### **6.3.2 Unidade 2 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros e morrotes arredondados**

Esta Unidade está relacionada aos morros e morrotes subnivelados da serraria costeira, com uma amplitude local média, da ordem de 100m, e associados principalmente a um relevo mais dissecado e desenvolvido se em comparação com os morros alongados e os morros altos observados nas Unidades 3 e 4. É nesta Unidade onde nota-se mais avançado o processo de convexização-mamelonização dos morros.

Nela predomina uma morfologia de encostas convexas e topos restritos e arredondados, embasados por rochas granito-gnáissicas migmatíticas, e com uma drenagem de padrão dendrítico com média densidade e vales fechados. A declividade varia de média a alta, preferencialmente entre os valores de 20 e 50%.

Pelo fato de apresentar um relevo mais desenvolvido, nesta Unidade o manto de alteração se mostra mais espesso, com a ocorrência mais acentuada de material coluvionar (1 a 3 metros de espessura), principalmente nas bases das encostas, e apresentando laterização em alguns pontos. Há a presença ocasional de blocos de rocha transportados nas camadas superiores do perfil de alteração, e o Saprólito, avermelhado, pode chegar a 7 metros de espessura e apresenta preservada a estrutura da rocha matriz, com padrões de fratura, núcleos rochosos e veios de quartzo.

Grande parte da cobertura vegetal dessa Unidade se encontra alterada (uma porção expressiva da mesma era antiga área de cultivo de café), e veem-se diversas encostas e topos cobertos apenas por gramíneas. Isso, associado aos solos mais espessos e desenvolvidos, com bastante material coluvionar, faz com que nessa Unidade se note pronunciada a ocorrência de processos geológicos exógenos. Em todos os morros observados onde a cobertura vegetal foi suprimida foram observados pontos de rastejo, sulcos, ravinamento, escorregamentos ou voçorocas (Figuras 25, 26 e 27), sendo estes dois últimos processos associados às encostas com maior declividade. Esses aspectos representam um risco à população e ao equipamento urbano que ocupam e podem ocupar a Unidade (Figura 28).

**Figura 25:** Feições erosivas nas encostas dos morros, neste caso cicatrizes, sulcos e ravinas (ponto 63).



**Figura 26:** Voçoroca em área urbanizada (prox. ao ponto 26).



**Figura 27:** Erosão linear em estrada de terra (ponto 61).



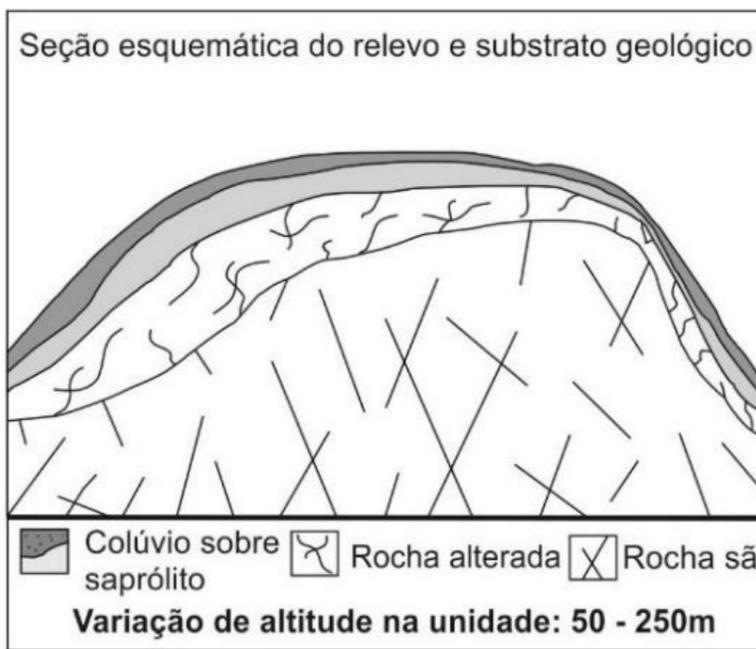
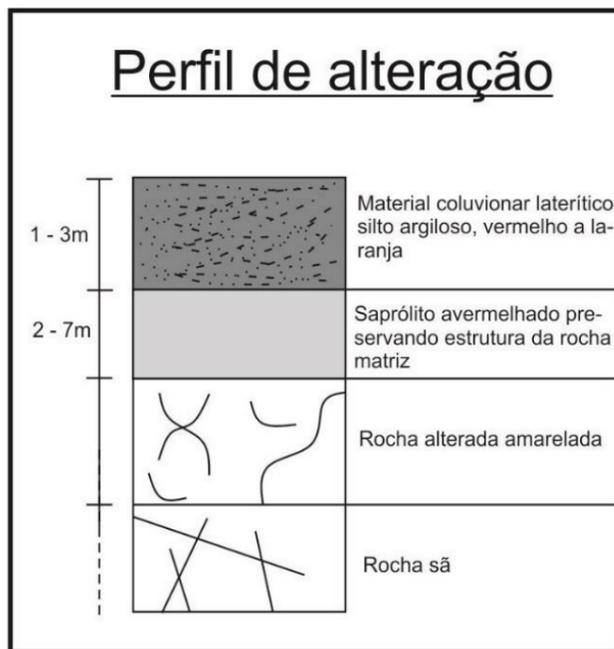
**Figura 28:** Ocupação residencial em topo e encosta de morro (prox. ao ponto 10).



**FICHA 2 – UNIDADE 2: ROCHAS GRANITO-GNÁISSICAS EM RELEVO DE MORROS E MORROTOS ARREDONDADOS**



(ponto 21)



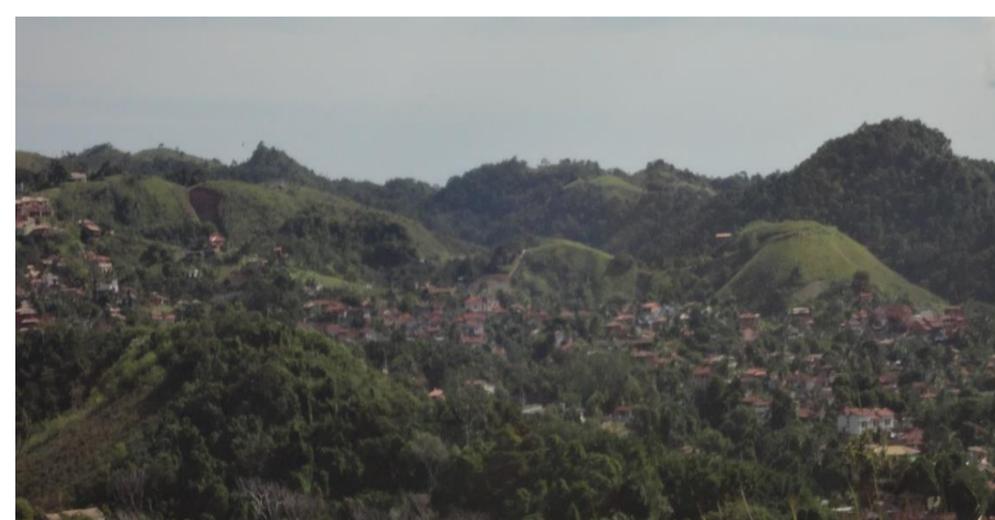
(ponto 25)



Vista panorâmica da unidade (ponto 5)



(ponto 17)



(ponto 22)

Unidade Geológico-Geotécnica <b>2</b>	Geologia	Solo	Análise fotogeológica							
			Relevo	Densidade de drenagem	Amplitude local de relevo	Declividade dominante	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Tropia
			Morros, Morrotes e Colinas	Média	Média (50 – 200m)	Média a alta (20% a 50%)	Convexas	Arredondados	Fechados	Não Orientada
Interpretação fotogeológica e caracterização geológico-geotécnica										
	Granito - Gnaiss	Material coluvionar vermelho alaranjado sobre saprólito vermelho amarelado preservando a estrutura da rocha matriz.	Permeabilidade intragranular	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura do manto de alteração	Resistência natural à erosão	Grau de fraturamento	Permeabilidade fissural	Profundidade do topo rochoso	
			Média	Média	Média a grande	Baixa	Baixo	Baixa	Intermediário a profundo	

### **6.3.3 Unidade 3 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros alongados**

Esta unidade corresponde aos morros alongados e orientados, dentro do contexto geomorfológico da Serraria Costeira, e é caracterizada por um relevo estruturado por rochas granito-gnáissicas migmatíticas e gnaisses bandados. A densidade de drenagem é média, seguindo um padrão subparalelo e com vales fechados.

Nota-se nessa unidade que os morros seguem a orientação característica da foliação do embasamento cristalino, na direção NE, com um grau de fraturamento médio e média permeabilidade fissural. Os diques alcalinos subverticais se apresentam em diferentes espessuras (de menos de um metro até próximas a dez metros), e penetram as rochas do embasamento, seguindo a orientação NE. Nota-se que esses diques têm influência no condicionamento da drenagem, em função da menor resistência à erosão das rochas alcalinas em relação ao granito-gnaisse. Sua associação com as rochas metamórficas também pode estar sustentando o relevo, em vista da orientação preferencial das cristas dos morros, bem como dos formatos das encostas nas quais ocorrem, em comparação com o observado nas unidades nas quais não foi notada presença expressiva dos diques, como na Unidade 2.

A amplitude local é média, variando de 100 a 300m em geral, e predominam as encostas convexas e retilíneas, com alta declividade (no geral, entre 30 e 60%). Os topos são arredondados, e, nele e nas encostas, encontram-se blocos de rochas transportadas, de tamanhos variados.

O manto de alteração possui espessura média, variando de tamanho nos topos e nas encostas, sendo as encostas com vertente mais convexa apresentando maior espessura, enquanto que as com vertente mais retilínea e maior declividade têm a rocha mais próxima à superfície. O horizonte saprolítico apresenta coloração amarelada, e preservando a estruturas da rocha matriz, vista nas fraturas e pontos de quartzo, e recoberto por material coluvionar silto argiloso de coloração vermelho amarelada. Observa-se material coluvionar proveniente das rochas graníticas e dos diques.

Os processos potenciais observados são o escorregamento (Figura 29), associado às encostas com maior declividade, e erosão linear e rastejo nos topos e áreas de menor declividade onde não há a cobertura vegetal original.

Nesta unidade podem ocorrer também em taludes de corte processos de queda de blocos, rolamento e deslocamento, como visto na SP 131 sentido sul, no bairro da Barra Velha (Figura 30), onde inclusive em função disso houve a necessidade de uma obra de contenção no corte.

**Figura 29:** Escorregamento em encosta de morro na beira da estrada (ponto 18).



**Figura 30:** Evidência de escorregamento e queda de blocos em área de corte na estrada. À direita, obra de contenção (pontos 1 e 2).



**Figura 31:** Residência em área de risco de escorregamento. No detalhe, trinca no piso da casa em função do início deste processo (ponto 3).

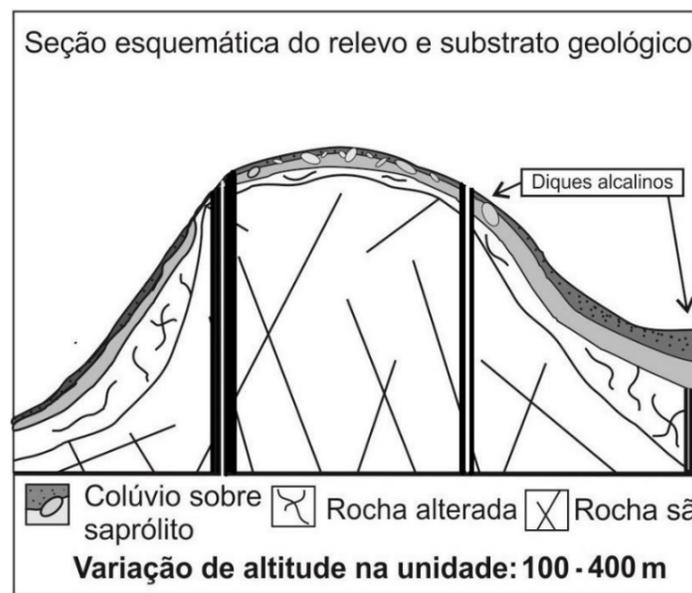
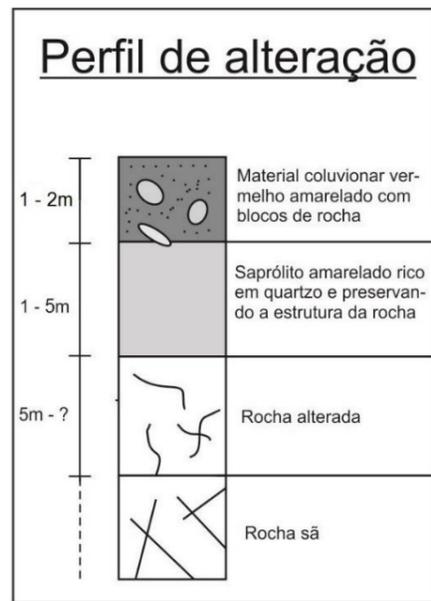


A ocupação urbana nessa unidade ainda não é muito densa, sendo que grande parte dela, na área de estudo, se encontra dentro de área do Peib. Nas áreas fora do Peib, nota-se um padrão de ocupação de alto nível socioeconômico, por sua localização próxima à orla e apresentando bons locais para visualização da paisagem como atrativo e valor de mercado. No entanto, podem ser observadas ocupações em área de risco, conforme exposto na Figura 31, acima.

### FICHA 3 – UNIDADE 3: ROCHAS GRANITO-GNÁISSICAS EM RELEVO DE MORROS ALONGADOS



(ponto 4)



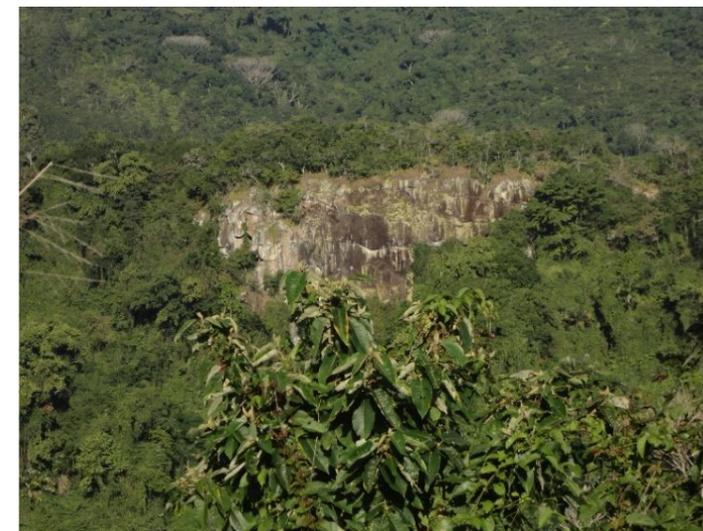
(ponto 21)



(ponto 5)



Vista panorâmica da unidade (ponto 21)



Dique estruturando o morro (ponto 30)



Dique alcalino cortando o solo, acima, e a rocha, abaixo (ponto 16)

Unidade Geológico-Geotécnica <b>3</b>	Geologia	Solo	Análise fotogeológica							
			Relevo	Densidade de drenagem	Amplitude local de relevo	Declividade dominante	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Tropia
			Morros e Morrotes	Média	Média (100 - 300m)	Alta (30 - 60%)	Convexas e Retilíneas	Arredondados	Fechados	Orientada
Interpretação fotogeológica e caracterização geológico-geotécnica										
	Granito - Gnaisse	Material coluvionar silto argiloso e vermelho amarelado, com blocos de rocha nos topos, sobre saprólito amarelado com estrutura reliquiar preservada.	Permeabilidade intragranular	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura do manto de alteração	Resistência natural à erosão	Grau de fraturamento	Permeabilidade fissural	Profundidade do topo rochoso	
			Média	Média	Intermediário	Média	Médio	Média	Intermediário a raso	

#### **6.3.4 Unidade 4 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros altos**

A Unidade 4 também engloba o contexto geomorfológico dos morros modelados em rochas granito-gnáissicas do embasamento cristalino, e se diferencia das Unidades 2 e 3 principalmente em função das maiores amplitudes e declividades predominantes, em comparação com aquelas, o que acaba influenciando também na diferença ou magnitude dos processos característicos desta unidade.

Observa-se nela morros com grandes amplitudes locais (cerca de 300 metros), e altas declividades, em média entre 30 e 60%. Seus topos são predominantemente arredondados e suas encostas, convexas ou retilíneas.

O solo é composto por uma camada coluvionar de 1 a 2 metros sobre 1 a 4 metros de saprólito amarelado, e há uma pronunciada ocorrência de blocos rochosos, residuais ou transportados, e tanto de rochas alcalinas como de rochas granito-gnáissicas. Eles se apresentam em dimensões variadas, mas são comuns blocos grandes com até 15 metros de diâmetro.

Diques alcalinos, subverticais e orientados a aproximadamente 45° a NE, também se fazem presentes nessa unidade, ocorrendo com maiores espessuras (chegando a mais de 10 metros) em comparação com os presentes na Unidade 3, e aqui também têm influência na orientação e no formato das encostas dos morros.

Os processos superficiais nesta unidade também são fortemente potencializados pela retirada da cobertura vegetal, sendo notado nas encostas antropizadas a erosão linear, desde sulcos até formas mais evoluídas como voçorocas (Figura 32). Alguns setores da Unidade 4 apresentam como feição característica lajedos e campos de matacões, alguns “in situ” e outros rolados. Assim, registram o processo de rolamento de grandes blocos e blocos instáveis, até sendo observado em alguns pontos obras de estabilização dos mesmos (Figura 33).

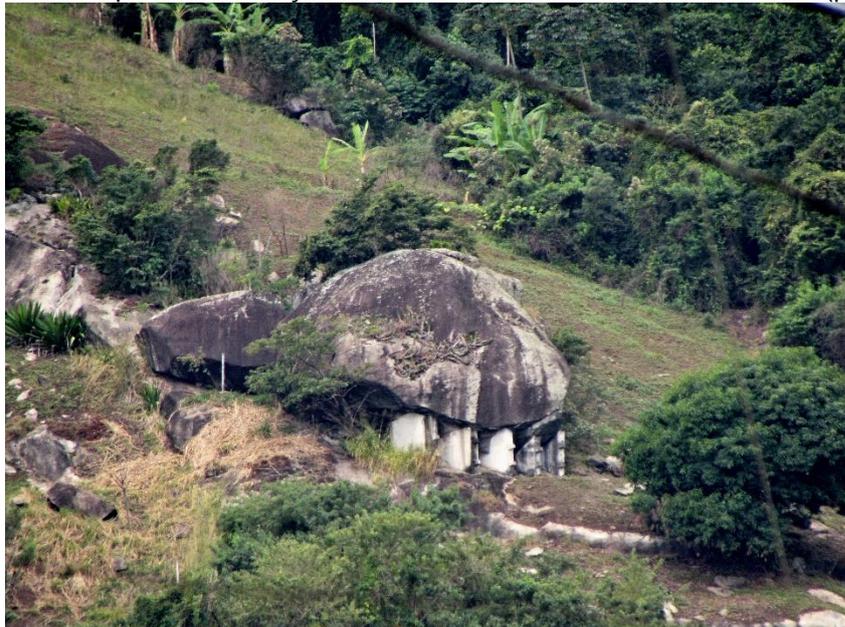
A morfologia predominante nessa unidade restringe uma ocupação urbana de grande densidade, ainda assim a mesma ocorre nas encostas dos morros, estando sujeita à incidência dos processos acima citados. A vista do canal de São Sebastião é um atrativo que ocasiona a ocupação de alto padrão socioeconômico vista no morro

de Santa Tereza, a norte da área de estudo. Já no Morro dos Mineiros, ao centro, a ocupação predominante nas encostas é de baixo padrão socioeconômico.

**Figura 32:** Voçoroca na face norte do Morro dos Mineiros (ponto 46)



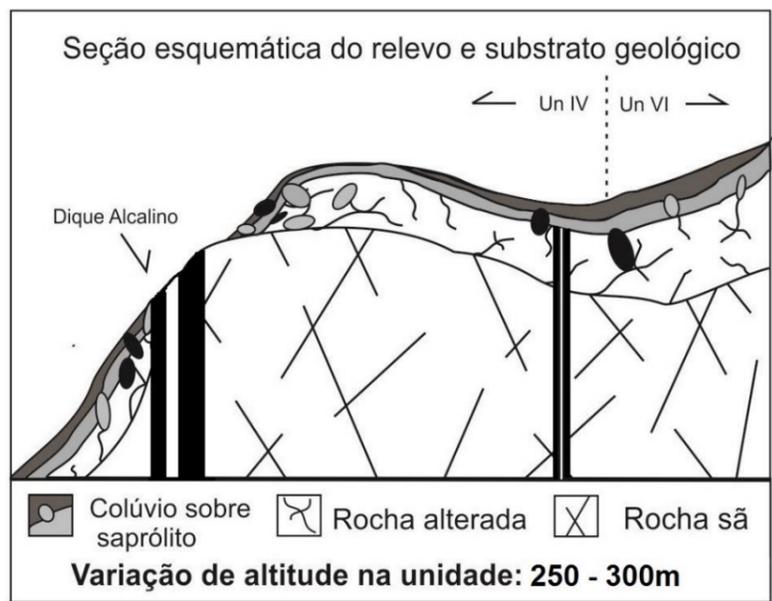
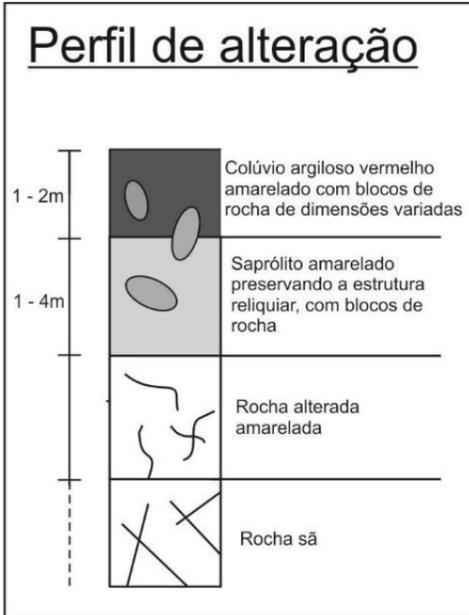
**Figura 33:** Obra para estabilização de bloco rochoso no Morro dos Mineiros (ponto 37)



**FICHA 4 – ROCHAS GRANITO-GNÁISSICAS EM RELEVO DE MORROS ALTOS**



(ponto 30)



(ponto 36)



(ponto 59)



Morro característico da unidade (ponto 48)



(ponto 44)

Unidade Geológico-Geotécnica <b>4</b>	Geologia Granito - Gnaíse	Solo Solo coluvionar vermelho amarelado sobre saprólito preservando a estrutura reliquiar; presença de blocos rochosos médios a grandes; presença de diques alcalinos de média a grande espessura.	Análise fotogeológica							
			Relevo	Densidade de drenagem	Amplitude local de relevo	Declividade dominante	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Tropia
			Morros	Média	Média (300m)	Alta (30 - 60%)	Retilíneas e Convexas	Arredondados	Fechados	Pouco Orientada
Interpretação fotogeológica e caracterização geológico-geotécnica										
			Permeabilidade intragranular	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura do manto de alteração	Resistência natural à erosão	Grau de fraturamento	Permeabilidade fissural	Profundidade do topo rochoso	
			Média	Média	Intermediário	Baixa	Baixo	Baixa	Intermediária	

### **6.3.5 Unidade 5 – Depósitos de colúvio e tálus em fundos de vales e sopés de encostas**

Esta unidade compreende às rampas sub-horizontais de até 15% de inclinação encontradas nos sopés das encostas e nos fundos dos vales entre os morros e montanhas das Unidades 2, 3, 4 e 6. Ela pode ser observada desde áreas com baixa cota, próxima às planícies, até altitudes de mais de 300 metros, nos vales das montanhas, e é constituída por depósitos resultantes de processos gravitacionais pretéritos, como corridas e escorregamentos, que ao longo do tempo transportaram e assentaram material coluvionar e blocos rochosos nesses locais.

A declividade predominante em geral é baixa (até 15%, conforme dito), e o solo apresenta uma camada de grande espessura (5 ou mais metros de espessura, em média) de material transportado de composição variada mas com a predominância de uma massa de material argiloso avermelhado e blocos rochosos (de rochas alcalinas e granito-gnáissicas), de diferentes dimensões, dispostos de forma não orientada e em maior ocorrência adjacentes às drenagens e nos contatos imediatos entre as unidades. Os depósitos têm idades variadas, fato observado por diferenças nos graus de alteração das rochas depositadas nos diferentes locais.

Em função das baixas declividades predominantes, a incidência de processos não é pronunciada, sendo a maioria dos observados relacionados aos cursos d'água, como assoreamento e erosão marginal (Figura 34), e enxurradas após eventos de alta pluviometria (Figura 35). Processos erosivos lineares são observados em alguns pontos onde a cobertura vegetal foi retirada, bem como na forma de sulcos e ravinas em estradas de terra sem um sistema de drenagem adequado. Além disso, porções com blocos acumulados, quando expostos a processos erosivos podem gerar processos de instabilização e rolamento.

Também em função dessa morfologia de rampa sub-horizontal, essa é a unidade mais densamente urbanizada depois das planícies, sendo uma das fronteiras de expansão do crescimento urbano. Nos bairros do Reino e Toca, a sul da área de estudo, esse crescimento está relacionado predominantemente com a população local, de baixo padrão socioeconômico, enquanto que nos bairros Engenho d'água,

Vila e Santa Tereza, a expansão urbana em áreas de depósito está mais associada à população flutuante, hotéis e residências de veraneio de alto padrão socioeconômico.

**Figura 34:** Processo de erosão marginal em área urbanizada (ponto 26)



**Figura 35:** Enxurrada em córrego após intensa chuva de verão (prox. ao ponto 29)

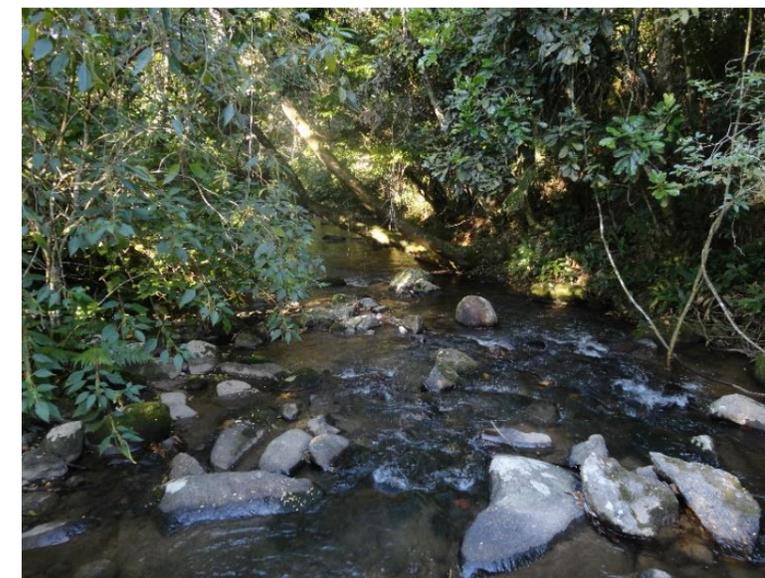
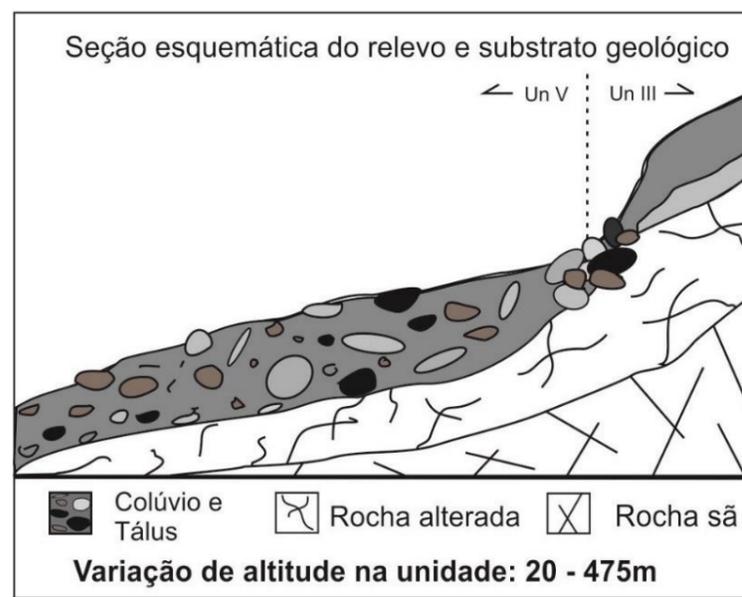
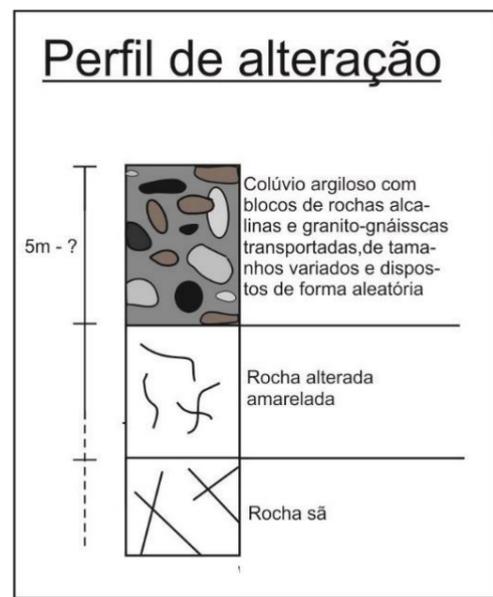


**Fonte:** Tamoios News (2014)

## FICHA 5 – DEPÓSITOS DE COLÚVIO E TÁLUS EM FUNDOS DE VALE E SOPÉ DE ENCOSTAS



(ponto 11)



(prox. ao ponto 29)



(ponto 29)



Vista panorâmica da unidade (ponto 10)



Concentração dos matacões na superfície (ponto 29)

Unidade Geológico-Geotécnica <b>5</b>	Geologia	Solo	Análise fotogeológica							
			Relevo	Densidade de drenagem	Amplitude local de relevo	Declividade dominante	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Tropia
			Meia encosta	Baixa	Baixa	Baixa a Média (5 - 15%)	----	----	Fechados	Não Orientada
Interpretação fotogeológica e caracterização geológico-geotécnica										
			Permeabilidade intragranular	Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura do manto de alteração	Resistência natural à erosão	Grau de fraturamento	Permeabilidade fissural	Profundidade do topo rochoso	
			Média	Média a alta	----	Média	Médio	Baixa	Intermediária a alta	

### 6.3.6 Unidade 6 – Rochas granito-gnáissicas em relevo de montanhas

A Unidade 6 é constituída pelas montanhas sustentadas por rochas granito-gnáissicas, que compõe a maior parte do relevo da Ilha de São Sebastião.

Ela apresenta em média as maiores altitudes (até mais de 1.000 metros) e declividades (entre 60 e 100%) observadas na área de estudo, com as montanhas escarpadas tendo as vertentes no formato predominantemente retilíneo ou côncavo, e com alta densidade de drenagem, em vales fechados, fortemente influenciados pelo fraturamento. Esta unidade faz divisa com a Unidade V. Montanhas em rochas alcalinas, e, conforme já apontado, o limite das unidades é coincidente com o contato dos *stocks* alcalinos com as rochas do embasamento cristalino, onde se observam as maiores altitudes da unidade, como no Pico do Baepi, de 1.048 metros.

O perfil de alteração nessa unidade é pouco espesso, em muitas áreas não chegando a ter mais de 1 metro de espessura, e sendo essa menor proporcionalmente à altitude (nos sopés das montanhas o manto é mais espesso). Ele é composto por uma camada coluvionar argilosa rica em matéria orgânica sobre um saprólito preservando a estrutura reliquiar, como núcleos rochosos. Nas suas encostas ainda são vistos blocos rochosos de variados tamanhos, formatos e procedência (rochas granito-gnáissicas ou alcalinas). Os topos das montanhas são angulosos e restritos e neles a rocha aflora. Também é possível notar a presença dos diques alcalinos subverticais orientados a NE em diferentes espessuras.

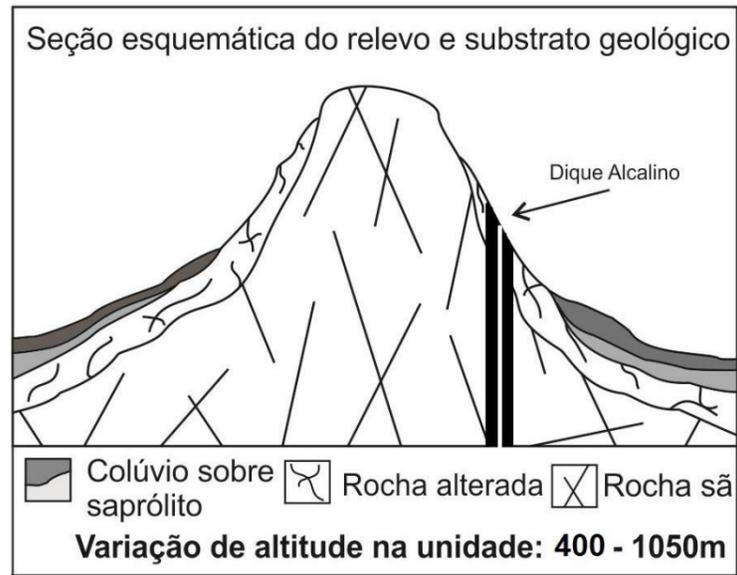
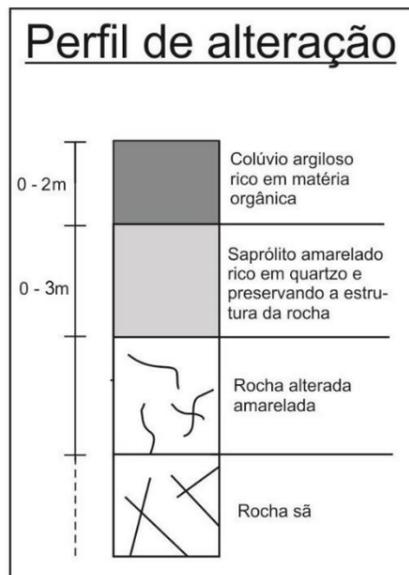
A maior parte da cobertura vegetal nessa unidade ainda está em estágio primário, inalterada. Isso contribui para a contenção dos processos erosivos nas montanhas. Ainda assim, em função das altas declividades e alta relação escoamento superficial/infiltração, essas montanhas estão sujeitas a processos naturais de escorregamento, queda e rolamento de blocos.

Pelo fato da totalidade dessa unidade estar dentro dos limites do Parque Estadual de Ilhabela, a ocupação urbana não se faz presente, sendo seu acesso restrito às trilhas turísticas, o que faz desta unidade a que menor oferece riscos à população e ao equipamento urbano pela incidência dos processos superficiais, bem como a que menos é influenciada pela ação antrópica.

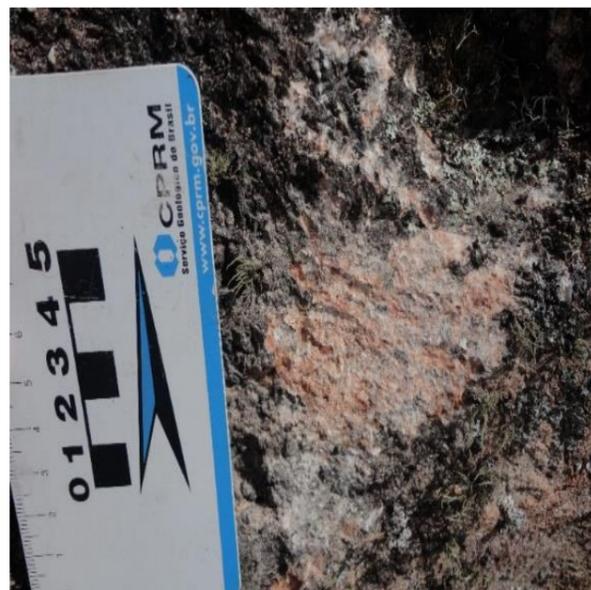
## FICHA 6 – ROCHAS GRANITO-GNÁISSICAS EM RELEVO DE MONTANHAS



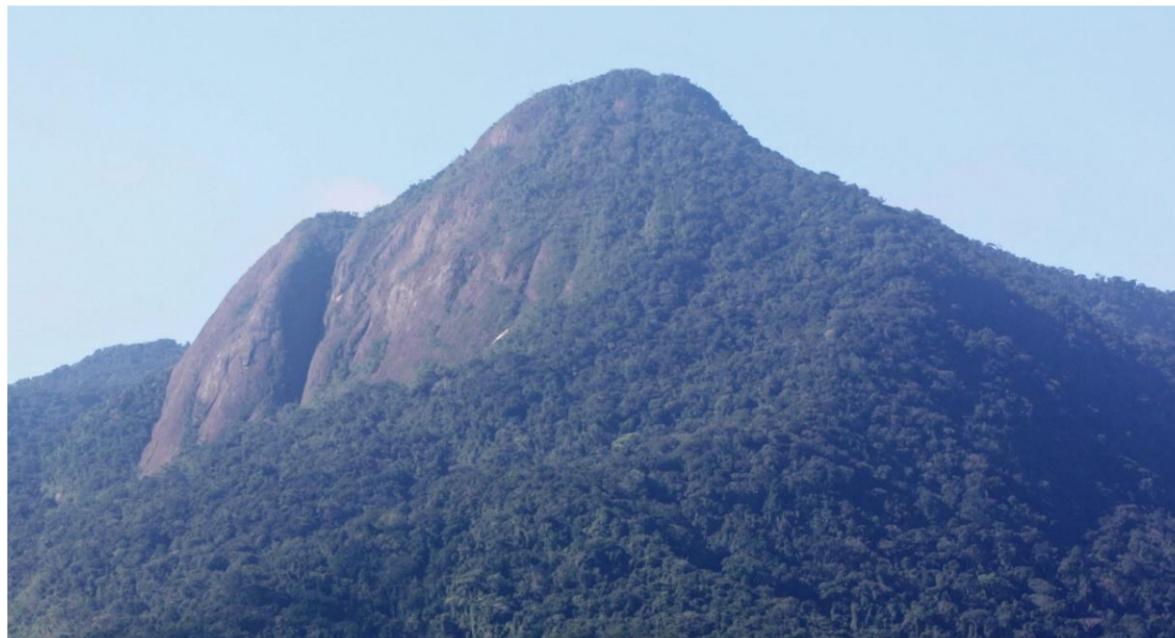
(ponto 33)



(ponto 59)



Rocha aflorante em topo de montanha (ponto 34)



Pico do Baepi



Dique de pequena espessura cortando topo rochoso (ponto 33)

Unidade Geológica-Geotécnica <b>6</b>	Geologia	Solo	Análise fotogeológica							
			Relevo	Densidade de drenagem	Amplitude local de relevo	Declividade dominante	Perfil das encostas	Forma dos topos	Forma dos vales	Tropia
	Granito - Gnaisse	Camada pouco espessa de solo coluvionar argiloso rico em matéria orgânica sobre saprólito; afloramento de rocha sã nos topos.	Montanhas	Alta	Alta (400 – 1.000m)	Muito alta (60 – 100%)	Retilíneas	Angulosos	Fechados	Não Orientada
Interpretação fotogeológica e caracterização geológico-geotécnica										
Permeabilidade intragranular				Relação escoamento superficial/infiltração	Espessura do manto de alteração	Resistência natural à erosão	Grau de fraturamento	Permeabilidade fissural	Profundidade do topo rochoso	
Baixa	Alta	Raso a sub aflorante	Alta	Alto	Média a Alta	Aflorante				

#### 6.4 Bairro do Camarão (1:10.000)

O bairro do Camarão, selecionado para o mapeamento de maior detalhe (1:10.000), é um bairro que faz divisa com o Parque Estadual de Ilhabela, ao mesmo tempo que é lindeiro aos bairros do Zabumba e Barra Velha, os mais populosos do município. Trata-se portanto de uma região na extremidade de um dos principais vetores de crescimento urbano do município, e que num futuro próximo deve sofrer grande pressão da urbanização.

Sendo a cultura de café adequada a encostas de morros, essa região historicamente foi um local de fazendas de plantações desse tipo no século XVIII. Em decorrência disso, grande parte da cobertura vegetal original da área foi suprimida e até hoje não está recuperada. Isso, associado ao fato de este ser um contexto geotécnico de morros e morrotes desenvolvidos, com um manto de alteração espesso, no qual se observa a ocorrência de altas declividades e de diversas cabeceiras de drenagens, faz dessa uma área muito suscetível a processos erosivos, os quais são de fato observados ao longo de toda área, conforme exposto no mapa.

Outro fato que não pode ser ignorado é que esse bairro, como os bairros vizinhos da Barra Velha e do Zabumba, é e tem a tendência a ser ocupado por uma população de baixo padrão socioeconômico, na forma de residências muitas vezes construídas sem critérios técnicos apropriados como por exemplo de aterramento ou de cortes de taludes, ou de dimensionamento e adequação de um sistema de drenagem. Isso também se soma às características físicas e de dinâmica urbana mencionados, expondo o risco acentuado ao qual a população e o equipamento urbano estão sujeitos nesse contexto espacial.

Neste nível de detalhe, as Unidades representadas correspondem ao nível hierárquico de Elementos de Terreno, sendo as porções ou sub-unidades que compõe as unidades de morros, conforme o Quadro 2 explicitou. A Figura 36 dá um bom panorama do contexto da área mapeada, pois ela demonstra as 4 Unidades que foram definidas: **a) Fundos de vales, b) Encostas de morros, c) Topos de morros e d) Morros com vegetação**, e além disso na imagem podemos ver a ocupação urbana nos topos e encostas dos morros, inclusive, no morro em primeiro plano, as residências estão em topo de morro, ao lado de uma cabeceira de drenagem e

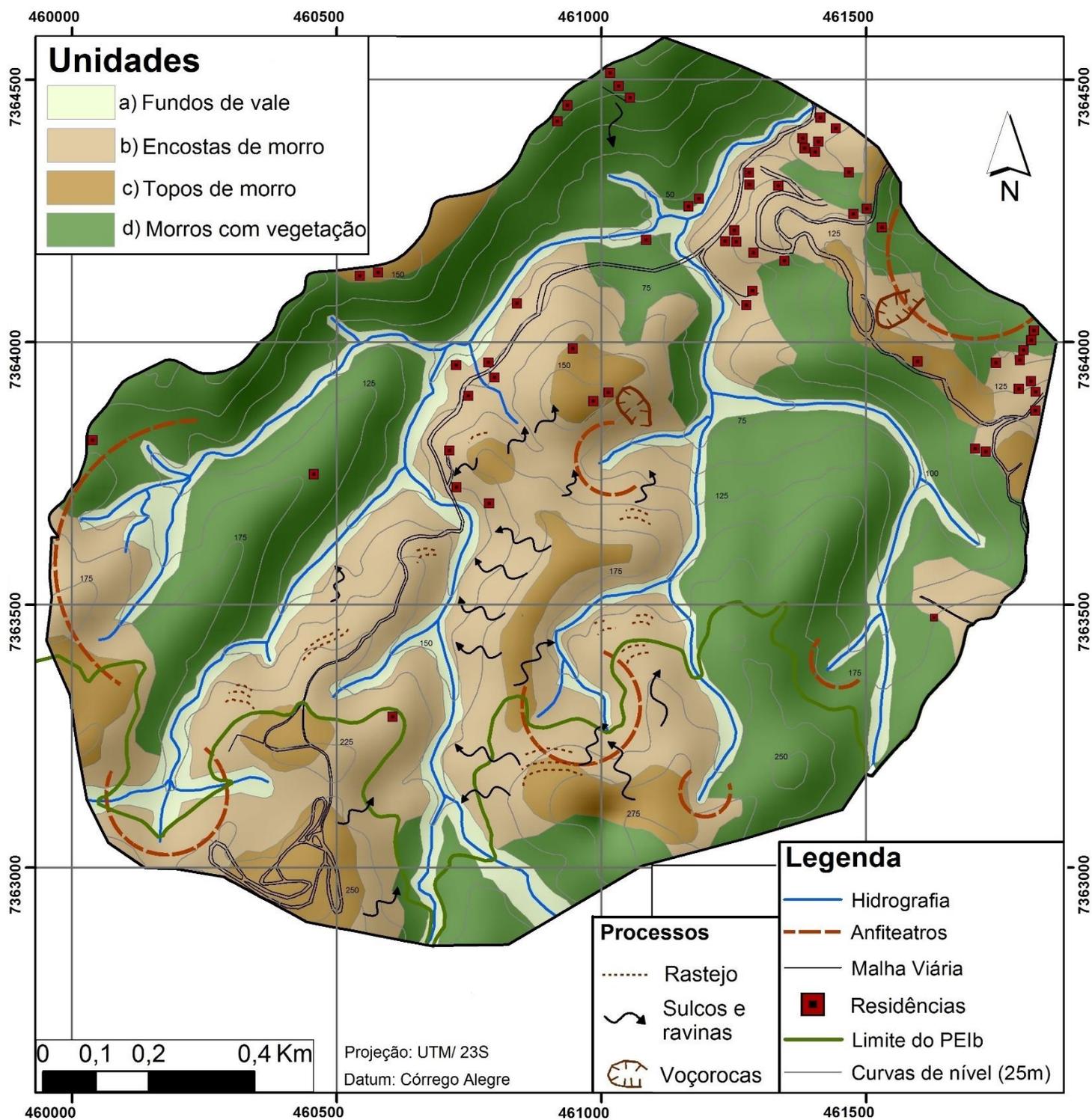
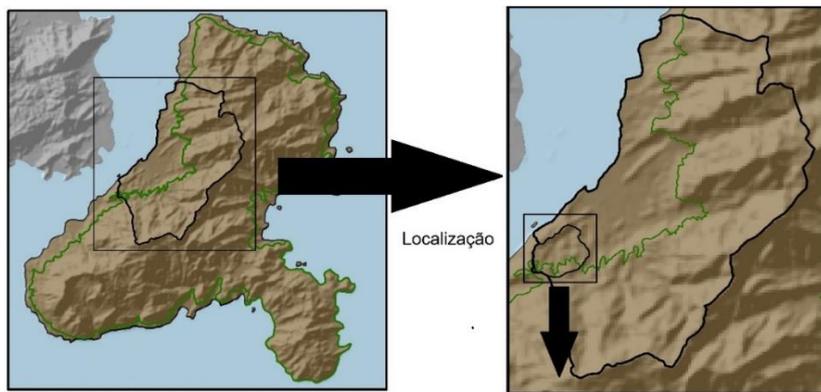
adjacente a uma encosta com alta declividade na qual já está desenvolvida uma voçoroca.

**Figura 36:** Unidades presentes no bairro do Camarão (ponto 55).



Em seguida à carta do bairro do Camarão (Figura 37) estão as descrições das principais características de cada Unidade, juntamente com fotos representativas de cada uma delas.

Figura 37: Bairro do Camarão e Unidades de análise (1:10.000).



**6.4.1 a) Fundos de vales** – São as áreas adjacentes às drenagens (que têm um padrão dendrítico), entre as encostas dos morros, encontradas distribuídas ao longo de toda a área. São locais que apresentam baixos valores de declividade (0 – 15% lateral e longitudinalmente) e um regime de agradação, de confluência. Nota-se grande concentração de blocos de rocha granito gnáissica junto aos cursos d'água, que são pouco caudalosos e de pequena largura (Figuras 38 e 39).

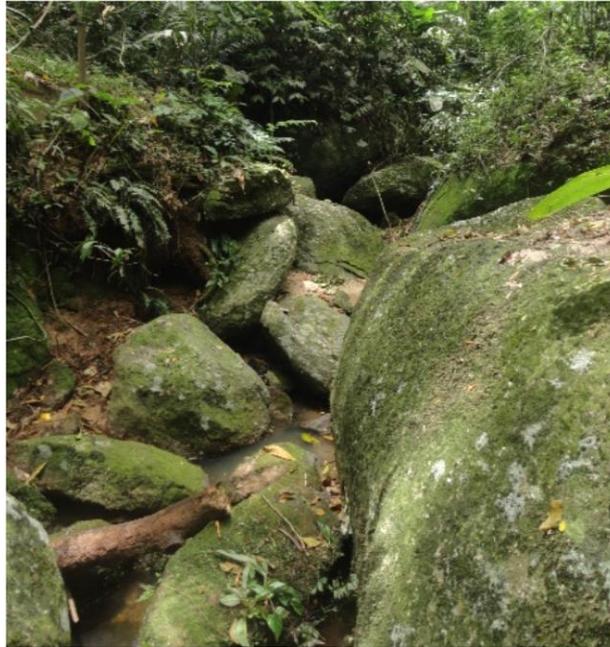
A camada superficial do solo é composta por sedimentos arenosos inconsolidados e os processos aos quais essa unidade está sujeita são a erosão marginal e enxurradas após eventos pluviométricos de grande magnitude. As cabeceiras das drenagens (anfiteatros) são os locais que apresentam maiores declividades (20 a 50%) e maior suscetibilidade aos processos erosivos.

Essa unidade compreende à área de preservação permanente (APP de margem de rios), não está ocupada e sua cobertura vegetal se encontra preservada, o que ajuda na proteção das margens, garantindo a integridade dos cursos d'água (não se observam pontos de assoreamento, por exemplo).

**Figura 38:** Curso d'água característico da Unidade (ponto 60).



**Figura 39:** Concentração de blocos rochosos junto às drenagens (ponto 60).



**6.4.2 b) Encostas de morros** – São as áreas de média a alta declividade (20 – 75%), que correspondem às encostas dos morros embasados por rochas granito gnáissicas. Conforme já descrito na caracterização da unidade de morros e morrotes arredondados, predominam encostas convexas com um perfil de alteração desenvolvido, composto por uma camada de solo coluvionar argilo arenoso de 1 a 3 metros de espessura sobre saprólito avermelhado (de 2 a 7m), laterizado, com feições reliquiares como veios de quartzo. Em alguns pontos encontram-se blocos grandes de rocha granito gnáissica.

Ao longo de toda essa unidade nota-se a ocorrência de processos erosivos (Figura 40), e vê-se que são fortemente condicionados pela declividade local: de modo geral observamos os processos de rastejo e erosão laminar à 30 ~ 40% de declividade; sulcos e ravinas à 40 ~ 60% (convém destacar que os sulcos são muito presentes nas estradas de terra desse bairro, que de modo geral não possuem sistema de drenagem, conforme já demonstrado na Figura 27); e as voçorocas encontradas na área estão associadas aos maiores valores de declividade notados (50 ~ 75%).

Em função dessa grande suscetibilidade a processos erosivos, torna-se necessário nessa unidade uma atenção diferenciada no direcionamento da ocupação urbana, conforme Augusto Filho (1994) já considerou: cuidados na

realização de cortes e aterros, sendo recomendável a construção das edificações sobre estruturas de apoio como pilotis; adoção de sistemas de drenagem mais complexos utilizando mecanismos como caixas de dissipação ou transição, escadas d'água, canaletas, etc.; o dimensionamento dos lotes e da malha viária e do lado mais extenso das residências de forma paralela às curvas de nível, com guias e sarjetas apropriadas, etc. Nas encostas que apresentam maiores valores de declividade (50 a 75%), a ocupação deve ser evitada, exceto em casos específicos, nos quais os cuidados especiais são atentados na elaboração e execução dos projetos. Também são recomendáveis obras de recuperação das encostas que apresentam processos desenvolvidos.

Como podemos observar na Figura 37, essa é a Unidade mais ocupada por residências, o que é mais um fator que salienta a importância da adoção de critérios apropriados ao adensamento urbano.

**Figura 40:** Processos erosivos lineares atuantes em encosta de morro (ponto 63).



**6.4.3 c) Topos de Morros** – Compreende aproximadamente ao terço superior dos morros e morrotes, que são restritos e arredondados, e nos quais as declividades são baixas (até 15%). O perfil de alteração é menos espesso que nas encostas, tendo 2 – 5m de espessura de um solo argilo arenoso laterizado.

Em função da topografia suave, trata-se de áreas favoráveis à ocupação urbana, sendo recomendados os cuidados básicos no dimensionamento dos sistemas viário e de drenagem, bem como nos cortes e aterros (AUGUSTO FILHO, 1994). Nessa unidade foram observados em alguns pontos processos de rastejo e o início de processos erosivos lineares. Apesar de não mais serem considerados área de preservação permanente pelo novo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012), que considera APP apenas topos de morros de no mínimo 100 metros de altura (distância do sopé ao topo), essa unidade merece atenção especial por ser na interação entre ela e a unidade de encostas onde se iniciam os processos superficiais (Figura 41).

**Figura 41:** Topo de morro, local onde se iniciam os processos superficiais observados nas encostas ponto (64).



**6.3.4 d) Morros com vegetação** – Essa unidade consiste nos morros e morrotes que estão presentes no bairro mas que não sofreram excessiva pressão antrópica e se encontram ainda associados à cobertura vegetal, em sua maioria em estado primário (Figuras 42 e 43).

As características físicas dessa unidade são as mesmas das duas unidades descritas anteriormente, portanto semelhantes em relação à morfologia e perfil de alteração. A diferença é que a presença da cobertura vegetal inibe a ocorrência dos processos citados.

Ainda assim vale notar que, em áreas de maior declividade, a mínima interferência humana, se realizada sem os critérios técnicos adequados pode desencadear a ocorrência de processos. Isso ocorre com a residência mostrada

na Figura 32 (que é uma das residências a norte do mapa da Figura 37), e que está em um local sujeito a escorregamento, mesmo sendo uma área com a maior parte da cobertura vegetal preservada. Nesse caso, a retirada da vegetação somente da área do lote, aliada ao fato da construção ter sido feita de forma tecnicamente imprópria, e em um local de alta declividade já foi o suficiente pra expô-la ao risco do processo.

**Figura 42:** Panorama da Unidade, com topos e encostas dos morros cobertos por vegetação (ponto 62).



**Figura 43:** Vegetação densa que cobre a Unidade d (ponto 60).



## 7. CONCLUSÕES

O método adotado de análise integrada das imagens aéreas da área de estudo, aliado à pesquisa bibliográfica e aos estudos de campo foram adequados para a divisão e classificação da região em Unidades Geológico-Geotécnicas. O mapeamento foi feito nas escalas de 1:50.000, 1:20.000 e 1:10.000 e o detalhamento progressivo permitiu que certas Unidades fossem subdivididas, permitindo uma maior compreensão das mesmas.

O procedimento de extração de pares estereoscópicos para fotointerpretação por meio do *software* livre *Google Earth Plus* provou-se prático e funcional. Apesar de apresentar imperfeições gráficas, principalmente nos limites das unidades, topos e cristas de morros e montanhas e em fundos de vales, nesse primeiro passo já foi possível a identificação e delimitação de todas as unidades nas imagens, confirmadas posteriormente em campo, sendo apenas corrigidos ou validados seus limites com os dados coletados *in loco*, o que ressalta a validade deste procedimento expedito.

As diferentes cartas geradas, aliadas às fichas das unidades, são produtos que permitem um entendimento da realidade do meio físico de Ilhabela, que é um município inserido num contexto geomorfológico naturalmente bastante suscetível a processos superficiais. A compreensão aprofundada de cada Unidade e seus processos atuantes permite uma compreensão abrangente do ambiente como um todo e da inter-relação entre as Unidades (por exemplo, os processos erosivos observados nas Unidades de morros têm influência na ocorrência de processos de assoreamento na Unidade de planícies). Vale ressaltar que o estudo das Unidades reforçou a constatação da importância da cobertura vegetal na contenção dos processos superficiais: em todas as unidades caracterizadas viu-se que a maioria dos processos ocorrem em locais onde essa cobertura foi suprimida ou significativamente alterada.

Ademais, foi possível ter um panorama de como se deu e como se dá atualmente o processo de urbanização no ambiente insular, suas características e fatores condicionantes. Destacam-se aí predominantemente a influência da morfologia insular e da dinâmica do mercado turístico na ocupação e desenvolvimento urbanos, estabelecendo as áreas mais ou menos densamente ocupadas e o padrão

socioeconômico dessas ocupações. Também vale notar o papel do Parque Estadual de Ilhabela na contenção e condicionamento do desenvolvimento urbano da ilha.

As cartas geológico-geotécnicas mostraram-se, portanto como instrumentos adequados ao norteamento do desenvolvimento urbano, com um zoneamento mais condizente com a realidade do meio físico do que, por exemplo, o zoneamento apresentado pelo Plano Diretor Municipal e pelo Zoneamento Ecológico-Econômico, os dois principais instrumentos atualmente utilizados para esse fim em Ilhabela. A comparação pesa a favor das cartas geológico-geotécnicas principalmente em função da versatilidade da sua aplicação e da clareza com que são representados seus elementos e seu zoneamento, permitindo a compreensão até por usuários leigos. Assim, contribuem para uma gestão urbana e territorial mais transparente e acessível aos cidadãos.

As cartas geológico-geotécnicas permitem um planejamento direcionado para cada unidade geológico-geotécnica componente da área abordada, minimizando a exposição da população e do equipamento urbano ao risco dos processos atuantes em cada Unidade e citados aqui. Como exemplo podemos citar o caso da Unidade 4: as informações obtidas na presente pesquisa identificaram e delimitaram essa unidade, que é de Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros altos, sinalando suas principais características, como a predominância de altas declividades em um solo menos espesso do que o das outras zonas delimitadas (exceção à zona de montanhas) e que possui como um dos principais processos atuantes o rolamento de blocos grandes. Tendo em vista essas características (entre outras), que são próprias desta unidade e não das outras identificadas, pode-se ter um planejamento mais adequado à realidade do meio físico local, na forma de diretrizes e parâmetros de ocupação específicos para cada unidade. Evitam-se assim casos como o da virada do ano de 1999 para 2000, quando, na madrugada do 1º de janeiro, um bloco de rocha grande rolou sobre uma residência no morro de Santa Tereza (a norte da área de estudo) durante um evento de alta pluviosidade (era verão, quando esses episódios predominam). A residência foi completamente destruída, mas felizmente não houve vítimas, pois em função da data festiva toda a família se encontrava fora de casa.

Por fim, o detalhamento progressivo se mostrou adequado para regiões específicas nas quais se demanda um entendimento mais aprofundado de

determinados locais mais críticas, como foi o caso do Bairro do Camarão. As informações obtidas na etapa de maior detalhe, aplicada nesse local, validaram e complementaram as informações já obtidas nas etapas anteriores, aumentando sua compreensão. Recomenda-se que o mesmo procedimento seja realizado nos outros bairros de Ilhabela com alta densidade populacional, nos quais predomina a ocupação de baixo padrão socioeconômico, e que estão em locais mais suscetíveis a processos, como é o caso, apenas citando locais dentro da área de estudo da presente pesquisa, do Morro dos Mineiros, no bairro de Itaquanduba, dos bairros do Reino, Toca e Água Branca ou do Morro do Cantagalo, no bairro da Vila.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SÁBER, A. N. The Natural organization of Brazilian inter and subtropical landscapes. **Revista do Instituto Geológico**. 21 (1/2), p. 57 – 70. São Paulo. 2000.

AGENA, S. S. **Carta Geotécnica para o planejamento do uso das terras rurais**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. Área de concentração: Gestão Ambiental. São Paulo, 2005.

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Boletim Instituto Geográfico e Geológico**, São Paulo, v. 41, p.167-263, 1974.

ALMEIDA, F. F. M. **The system of continental rifts bordering the Santos basin, Brazil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 48 (suplemento): 15 – 26, Rio de Janeiro. 1975.

ALVES, F. R.; GOMES, C. B. Ilha dos Búzios, litoral norte do Estado de São Paulo: aspectos geológicos e petrográficos. **Revista do Instituto de Geociências - USP: Geologia Série Científica**, São Paulo, v. 1, n. 1, p.101-114, ago. 2001.

AUGUSTO FILHO, O. **Cartas de Risco de Escorregamentos: Uma Proposta Metodológica e sua Aplicação no Município de Ilhabela**, SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Politécnica da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

BARBOSA, C. **Planejamento urbano sustentável: diretrizes de urbanização embasadas nas características geomorfológicas/pedológicas das vertentes**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2010.

BERTOLO, L. S. **Medida de mudança espaço-temporal como fonte de identificação das linhas de evolução de paisagem costeira. Estudo de Caso: Ilha de São Sebastião - SP** . 2009. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP. Campinas - SP. 2009.

CALVENTE, M. DEL C. M. H. Ilhabela: Turismo e Território. In: DIEGUES, A. C. **Ilhas e Sociedades Insulares**. São Paulo: NPAUB-USP. 1997.

CANUTI, P.; FOCARDI, P.; GARZONIO, C. A. Correlation between landslides and rainfall. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. Springer Publishing. Vol 32, p. 49 – 54, 1985.

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia**: CEGRAF-UFG. Goiania, 1994.

CENDERO, A. Mapping and evaluation of coastal areas for planning. **Ocean & Shoreline Management**, v. 12, p. 427 – 462. Holanda, 1989.

CERRI, L. E. S.; AKIOSSI, A.; AUGUSTO FILHO, O.; ZAINE, J. E. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 8, Rio de Janeiro, 1996. **Anais...** Rio de Janeiro, ABGE, v.2, p. 537 – 548. 1996.

CERRI, L. E.S.; AMARAL, C. P. Riscos Geológicos. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (coords.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, Cap. 17, p. 283-300, 1998.

COELHO, M. C. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Nota Explicativa da Carta Geológica da Folha de Santos**. São Paulo, 1999.

CRUZ, O. A Serra do Mar e a preservação de suas vertentes. **Orientação**, São Paulo. (7):39-75, 1986.

CRUZ, O. Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da Serra do Mar. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo. Jan/jun, p. 9-20, 1990.

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. **Geogr. Journal**. London, v. 14, n. 5, p. 481 – 504, 1899.

DEAN, W. **With broadax and firebrand: The destruction of the brazilian Atlantic forest**. London: University of California Press. 1995.

DE PLOEY, J. Concernig factors of soil erosion, with special reference to tropical areas. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, n. 12(1/2), p. 79-85, 1991.

DIAS, R. D. Proposta de metodologia de definição de carta geotécnica básica em regiões tropicais e subtropicais. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, Volume especial. p. 51 – 55, 1995.

DINIZ, N.C. **Automação da cartografia geotécnica: uma ferramenta de estudos e projetos para avaliação ambiental**. Tese de Doutorado. Departamento de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2v. 1998.

DINIZ, N. C. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, p. 29-77, 2012.

DINIZ, T. D. **Urbanização, turismo e seus impactos nos recursos naturais no município de Ilhabela – SP**. 2011. 46p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Instituto de Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro – SP. 2011.

DOKUCHAEV, V.V. **The Russian steppes and study of the soil in Russia, its past, and present.** St Petersburg, Dept Agric. Min. Crown Domains. 1893.

DUARTE, F. **Planejamento Urbano.** 2ª ed. Paraná: Ibpex, 2011.

ELIS, V. R.; ZUQUETTE L. V. Aplicação de geofísica na obtenção de informações para mapeamento geotécnico. **Revista do Instituto Geológico.** São Paulo, Volume especial. p. 91 – 97, 1995.

ESPINDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens. **Revista do Instituto Geológico.** São Paulo, p. 67-92, 2010.

FARAH, F. **Habitação e encostas.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). 312p. 2003.

FINLAYSON, B. & STATHAM, I. **Hillslope Analysis.** London, Butterworths. 1980.

FONTES, S. B.; PEJON, O. J. Proposal of a geo-environmental zoning method based on Ottobasin compartmentation. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment.** Springer Publishing. Vol. 67, Issue 4. p. 555 – 563, 2008.

FUNDAÇÃO FLORESTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Ilhabela:** Fase Diagnóstico. Parque Estadual de Ilhabela. Ilhabela, 2011.

GRABLER, G.G.; ZAINÉ, J.E.; MARTINS, S. C. Ensaio de utilização de imagens do Google Earth em mapeamento geológico-geotécnico da rodovia SP-063 (Bragança Paulista a Itatiba -SP). In: 13º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. **Anais...** São Paulo, 2011.

GRANT, K. The PUCE Programme for terrain calculation for engineering purposes. Part 2. Procedure for terrain classification. Victoria: CSIRO –Division of Applied Geomechanics, **Technical Paper**, n. 19, 1974.

GRAY, D. H.; LEISER, A. J.. Role of vegetation in stability and protection of slopes. In: **Biotechnical slop protectional and erosion control.** New York: Van Nortrand Reinhold Company. P. 37- 65. 1982

GRIFITHS, J.; STOKES, M.; STEAD, D.; GILES, D. Landscape evolution and engineering geology: results from IAEG Comission 22. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment.** Springer Publishing. Vol. 71, Issue 4. p. 605 – 636, 2012.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Audiência Pública referente à proposta de Zoneamento Ecológico-Econômico do município de Ilhabela.** Conselho estadual do meio ambiente. Disponível em <http://www.ambiente.sp.gov.br/consema/files/2013/07/Audiencia-P%C3%BAblica.pdf> Acesso em 30/06/2014.

GUIDICINI, G.; IWASA, O.Y. Tentative correlation between rainfall and landslides in a humid tropical environment. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. Springer Publishing. Vol. 16, Issue 1. p. 13 -20, 1977.

HACK, J. T. Interpretation of Erosional Topography in Humid-Temperate Regions. **Amer. Journ. Sci.**, New Haven, Conn.v. 258-A, p. 80-97, 1960.

HASUI, Y. **Aspectos essenciais da seção Caconde-Caraguatatuba e suas implicações na reconstituição da organização e evolução do Pré-Cambriano do leste paulista**. Ata da Jornada da Carta Geológica do Estado de São Paulo em 1:50.000, p. 227-252. Programa de Desenvolvimento de Recursos Minerais do Estado de São Paulo. São Paulo, 1983.

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

HASUI, Y.; MIOTO, J. A.; MORALES, N. Geologia do Pré-Cambriano. In: FALCONI, F. F.; NEGRO JR., A. (coords.) **Solos do Litoral de São Paulo**. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos – ABMS. p. 1-16, cap. 1, 1994.

HENNIES, W.T. e HASUI, Y. Geocronologia das rochas intrusivas da Ilha de São Sebastião In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 22, 1968, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: SBG, p. 145-148. 1968.

HENNIES, W. T.; HASUI, Y. Contribuição ao reconhecimento da ilha de São Sebastião. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 1, 1977, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBG, p. 613-654, 1977.

ILHABELA. Câmara Municipal de Ilhabela. **Plano Diretor de Desenvolvimento Socioambiental do Município de Ilhabela**. Lei nº 421/2006. Ilhabela: Prefeitura Municipal. 2006.

INFANTI JR. N.; FORNASARI FILHO, N. Processos de Dinâmica Superficial. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S.N.A. (coords.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, Cap. 17, p. 283-300, 1998.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados: Cidades**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em 11 de Setembro de 2012.

INSTITUTO ILHABELA SUSTENTÁVEL. **Biblioteca**. Disponível em [www.nossailhamaisbela.org.br](http://www.nossailhamaisbela.org.br). Acesso em 20 de Agosto de 2013.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. São Paulo, 1981a.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:1.000.000. São Paulo, 1981b.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Diagnóstico da Situação atual dos recursos hídricos da unidade de gerenciamento de recursos hídricos do Litoral Norte** – Relatório Final. São Paulo: Comitê das Bacias Hidrográficas do Litoral Norte – CBH – LN, v.1, 2000.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Plano de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Litoral Norte**. Relatório N° 57.540. 2001.

KERTZMAN, F. F. et. al. Mapa de erosão do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, Volume especial. p. 91 – 97, 1995.

LAMPARELLI, C. C. et.al. **Mapeamento dos Ecossistemas Costeiros do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, CETESB, 1998.

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula Campinas**. 1995. 2 v. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

LOLLO, J. A.; GANDOLFI, N. Tentativa de utilização de variáveis morfométricas de perfis de vertentes para o zoneamento preliminar do meio físico: o caso da folha de Leme, São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, Volume especial. p. 107 – 114, 1995.

MACEDO, S. S. PELLEGRINO, P. R. M. Do éden à cidade – transformação da paisagem litorânea brasileira. In: YÁZIGI, E. et. al. **Turismo: espaço, paisagem e cultura**. Hucitec. São Paulo, p. 156 – 160, 1996.

MILANESI, M.A. **Avaliação do Efeito Orográfico na Pluviometria de Vertentes Opostas da Ilha de São Sebastião (Ilhabela – SP)**. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MONTEIRO, C A de F. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de Atlas**. São Paulo: Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, 1973.

NICOLAU, M. C. (Org.) **Plano de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte - 2009**. Osasco: Cooperativa de Serviços e Pesquisas Tecnológicas e Industriais – CPTI, Dez. 2009.

NILAWEEERA, N. S.; NUTALAYA, P. The role of tree roots in slope stabilization. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. Springer Publishing. Vol. 57, Issue 4. p. – 337 – 342, 1999.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. Soil characterization of mapping units for highway purposes in a tropical area. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. Springer Publishing. Vol. 19. p. 196 – 199, 1979.

OLIVEIRA, J.B.; CAMARGO, M.N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. Acompanha legenda expandida. Campinas: IAC, 1999.

OLIVEIRA, J. B. **Pedologia aplicada**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 2005.

PASTORE, E.L.; FONTES, R.M. Caracterização e Classificação de Solos. In: **Geologia de Engenharia**, OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. Cap. 12, p. 419 – 430. São Paulo – ABGE, 1998.

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Mapeamento geotécnico regional na escala 1:100.000 – Considerações metodológicas. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, Volume especial. p. 23 – 29, 1995.

PENCK, W. **Morphological Analysis of Land Forms**. Londres: Macmillian and Co. 1953.

PERROTTA, M. M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA FILHO, J.V. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:750.000. São Paulo: Programa Geologia do Brasil - PGB, CPRM, 2005.

PIRES NETO, A. G.; YOSHINAGA, S. O planejamento territorial no instituto geológico: Revisão e avaliação da experiência. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, Volume especial. p. 37 – 43, 1995.

POLIS: Projeto Litoral Sustentável – Desenvolvimento com Inclusão Social. **Diagnóstico Urbano Socioambiental de Ilhabela**. Disponível em: [www.litoralsustentavel.org.br](http://www.litoralsustentavel.org.br). Acesso em Março de 2013.

REZENDE, D.; CASTOR, B. V. J. **Planejamento estratégico municipal**. Rio de Janeiro: Brasport, 2006.

RIDENTE JÚNIOR, J. L. **Prevenção e controle da erosão urbana: bacia do córrego do Limoeiro e bacia do córrego do Cedro, municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP**. DISSERTAÇÃO DE MESTRADO, Instituto de Geociências e Ciências Exatas - IGCE - UNESP. Rio Claro 2000.

RIDENTE JÚNIOR, J.L. **Análise da Utilização de Cartas Geotécnicas em Diferentes Escalas para Gestão Ambiental de Rodovia em Operação**. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Meio Ambiental. Universidade Estadual Paulista Rio Claro, SP, 2008.

ROCHA E SILVA, C. **Mercado imobiliário, turismo e desenvolvimento urbano em Ilhabela**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

RODRIGUES, F. H. **Análise integrada aplicada ao mapeamento geológico-geotécnico na escala de 1:20.000 da estrada de Castelhanos, Ilha Bela – SP**.

Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2012.

ROSS, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. Geografia**. São Paulo, IG-USP, 1992

ROSS, J.L.S. **Análise e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental**. Rio Claro, v. 9, n.1, p.65-75, 1995.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.10, p. 41-56, 1996.

ROSSI, M.; MENK, J.R.F.; MATTOS, I.F. de A.; CATURICCI, A.F.M. Análise da fragilidade do meio físico para as ilhas de São Sebastião e dos Búzios: estudo de caso. In: **Revista do Instituto Florestal**, v. 17, n. 2, p. 161-181. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo: Instituto Florestal. São Paulo, 2005.

SABOYA, R. **Concepção de um sistema de suporte à elaboração de planos diretores participativos**. Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

SALOMÃO, F. X. T.; ANTUNES, F. S. Solos em Pedologia. In: OLIVEIRA, A.M.S.; BRITO, S.N.A. (coords.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: ABGE, p. 283-300, Cap. 17, 1998.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Ilhas do Litoral Paulista**. São Paulo. 52p. 1989.

SEADE (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados). **Memória das Estatísticas Demográficas** - município de Ilhabela. <http://www.seade.gov.br>. Acessado em 17/12/2013.

SEIGNEMARTIN, C. L. **Geologia de áreas urbanas: o exemplo de Ribeirão Preto, SP**. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 1979.

SHINZATO, E.; CARVALHO FILHO, A.; TEIXEIRA, W.C. Solos Tropicais. In: Silva, C.R. (ed.). **Geodiversidade do Brasil**: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro: CPRM, 2008.

SIMÕES, N. **Uma viagem pela história do arquipélago de Ilhabela**. São Paulo: Noovha America. 2005.

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.

SOUZA, C. R. G.; LUNA, G. C. Unidades quaternárias e vegetação nativa de planície costeira e baixa encosta da Serra do Mar no Litoral Norte do estado de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**. São Paulo, Vol. 29 (1/2), p. 1-18, 2008.

SOUZA, N.C.D.C. de. **Mapeamento geotécnico regional da Folha de Aguai: com base na compartimentação por formas de relevo e perfis típicos de alteração.** Dissertação (Mestrado) EESC/USP, São Carlos. 2v. 1992.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. Classificação das costas e evolução geológica das planícies litorâneas do sudeste e sul do Brasil. In: *Simpósio sobre ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: síntese dos conhecimentos*, ACIESP. **Anais...** v. 1, p. 1- 28. 1987.

SUGUIO, K.; MARIN, L. Geologia do Quaternário. In: FALCONI, F. F.; NEGRO JR., A. (coords.) **Solos do Litoral de São Paulo**. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos – ABMS. p. 1-16, cap. 1, 1994.

TAMOIOS NEWS. **Alagamentos, quedas de árvores e barreira preocupam moradores do litoral norte.** <http://www.tamoiosnews.com.br> Acessado em 15/01/2015.

TRICART, J. **Principes et méthodes de la geomorphologie.** Paris: Masson Ed., 1965.

VARNES, D. J. The logic of engineering geological and related maps. A discussion of the definition and classification of map units, with special references to problems presented by maps intended for uses in civil engineering. U. S. **Geological survey.** Professional paper 837. 1974.

VAZ, L.F. Classificação genética dos solos e dos horizontes de alteração de rocha em regiões tropicais. **Solos e Rochas**, São Paulo, 19, (2): p.117-136, 1996.

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

WERNICK, E.; SINELLI, O. Análise estrutural em Geomorfologia. **Notícia Geomorfológica**, Vol. 10 (20) p. 39 – 54, 1970.

WOLLE, C. M. **Análise dos escorregamentos translacionais numa região da Serra do Mar no contexto de uma classificação de mecanismos de instabilização de encostas.** Tese (Doutorado) Escola Politécnica/ USP. São Paulo, 1988.

ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP).** Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2000.

ZAINE, J.E. **Método de Fotogeologia Aplicado a Estudos Geológico-Geotécnicos**: Ensaio em Poços de Caldas, MG. Tese (Livre-docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamento e guia para elaboração**. São Carlos. 2v. (Tese de livre-docência apres. EE São Carlos/USP). 386p. 1993.

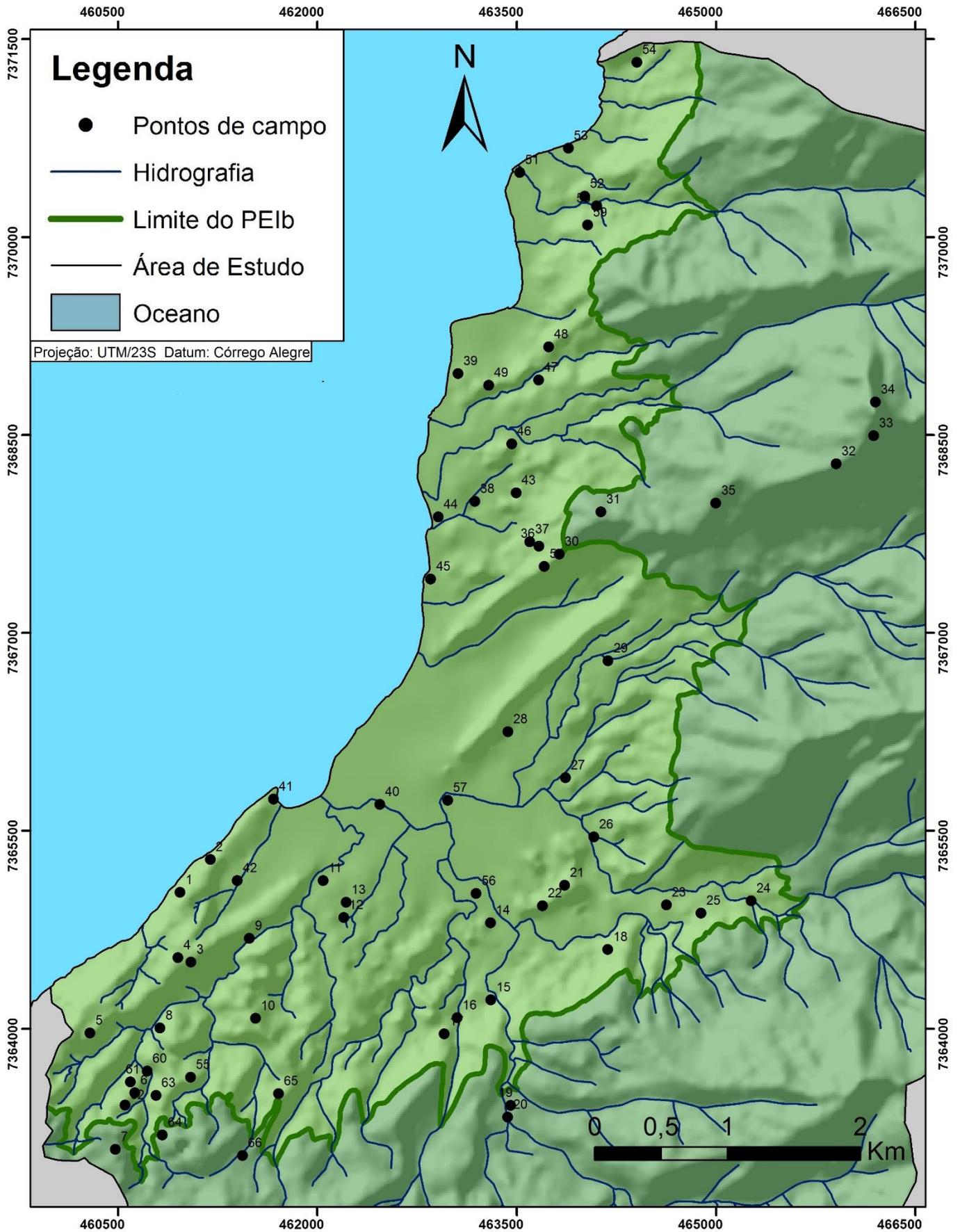
ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. Proposta de sistemática para mapeamento geotécnico regional em pequenas escalas. In: 6º Simpósio Regional de Geologia, 1987. **Anais...** Rio Claro/SP. 2, 1987. v. 2. p. 431-436, 1987.

ZUQUETTE, L. V.; GANDOLFI, N. Geotechnical mapping: a basic document to urban planning. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 6, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: IAEG. V.1, p. 273 – 278, 1990.

ZUQUETTE, L.V.; GANDOLFI, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J.; FERREIRA, M. D.; PALMA, J. B. Environmental degradation related to mining, urbanization and poluente sources: Poços de Caldas, Brazil. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**. Springer Publishing. Vol. 68, Issue 3. p. 317 – 329, 2009.

### APÊNDICE A – PONTOS DE CAMPO



<b>Ponto</b>	<b>Coordenada X</b>	<b>Coordenada Y</b>	<b>Unidade</b>	<b>Principais Características</b>
1	460967	7365034	3	Corte na rocha por onde passa a estrada, evidências de quedas de blocos e escorregamento sobre rocha.
2	461194	7365284	3	Obra de contenção em corte na rocha; presença de diques básicos.
3	461048	7364505	3	Residências em área com risco de escorregamento.
4	460950	7364538	3	Perfil de solo exposto em topo de morro, presença de blocos rochosos e de processo de rastejo.
5	460288	7363967	3	Diques básicos expostos no solo, limite entre as unidades 2 e 3.
6	460626	7363515	2	Solo exposto, processos de erosão linear na estrada de terra.
7	460487	7363099	2	Mesmos aspectos do ponto anterior.
8	460816	7364005	2	Perfil de solo exposto em sopé de morro, rocha alterada exposta.
9	461488	7364685	2	Vale assimétrico, contato entre as unidades 2 e 3.
10	461534	7364080	2	Voçoroca em anfiteatro.
11	462043	7365123	5	Solo exposto, evidência de depósito de blocos transportados alterados.
12	462198	7364844	5	Solo exposto, blocos rochosos.
13	462217	7364959	5	Mesmos aspectos do ponto anterior.
14	463303	7364804	2	Contato entre as unidades 2 e 5, solo exposto rico em quartzo.

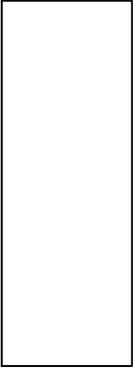
15	463360	7364219	3	Rio correndo sobre a rocha sã, depósito de blocos junto às drenagens.
16	463052	7364084	3	Rio correndo sobre a rocha, presença de diques alcalinos e básicos.
17	462954	7363962	2	Vista panorâmica do padrão geomorfológico da unidade.
18	464186	7364602	3	Escorregamento em corte da estrada.
19	463455	7363419	5	Água correndo sobre a rocha, depósito de blocos.
20	463433	7363330	5	Evidência de escorregamento, presença de areia e seixos junto à drenagem.
21	463861	7365088	2	Solo laterítico exposto em topo de morro.
22	463694	7364431	2	Solo exposto na encosta do morro.
23	464627	7364938	5	Solo coluvionar exposto, em área de favela.
24	465265	7364970	5	Cachoeira no contado das unidades 2 e 5.
25	464887	7364877	2	Solo exposto em área com a cobertura vegetal retirada, processos erosivos lineares.
26	464080	7365454	5	Rio apresentado processo de erosão marginal, ocupação urbana às suas margens.
27	463867	7365902	2	Solo exposto, escorregamento na beira da estrada.
28	463434	7366251	3	Solo exposto em depósito de corrida.
29	464188	7366788	5	Depósito de blocos encontrados sobre e sob o solo.

30	463814	7367594	4	Solo exposto no sopé do morro, com diques e blocos de rochas alcalinas.
31	464134	7367918	4	Topo de morro, área sem a cobertura vegetal original com voçoroca e sulcos.
32	465905	7368282	6	Blocos de granito-gnaiss na encosta da montanha.
33	466186	7368496	6	Blocos sobre solo rico em matéria orgânica.
34	466214	7368681	6	Granito-gnaiss aflorando em topo de montanha, vista panorâmica da área de estudo e das unidades.
35	464999	7367985	4	Limite entre as unidades 4 e 6, predominância de blocos angulosos, maior espessura de solo.
36	463668	7367657	4	Presença de blocos grandes de rocha alcalina, alguns rolados.
37	463598	7367690	4	Solo exposto, presença de blocos grandes de granito-gnaiss.
38	463186	7367998	1	Contato entre as unidades 1 e 5, córrego canalizado.
39	463058	7368965	1	Contato entre as unidades 1 e 3, rocha são exposta.
40	462469	7365701	1	Processo de assoreamento no rio sobre a planície.
41	461671	7365740	1	Foz do córrego da Água Branca, área de praia e remanescente de manguezal.
42	461398	7365124	1	Curso d'água canalizado, contato entre as unidades 1 e 3.
43	463497	7368061	2	Perfil de solo exposto, vista do fim do perímetro urbano e da quebra de declividade que indica o início da unidade 4.

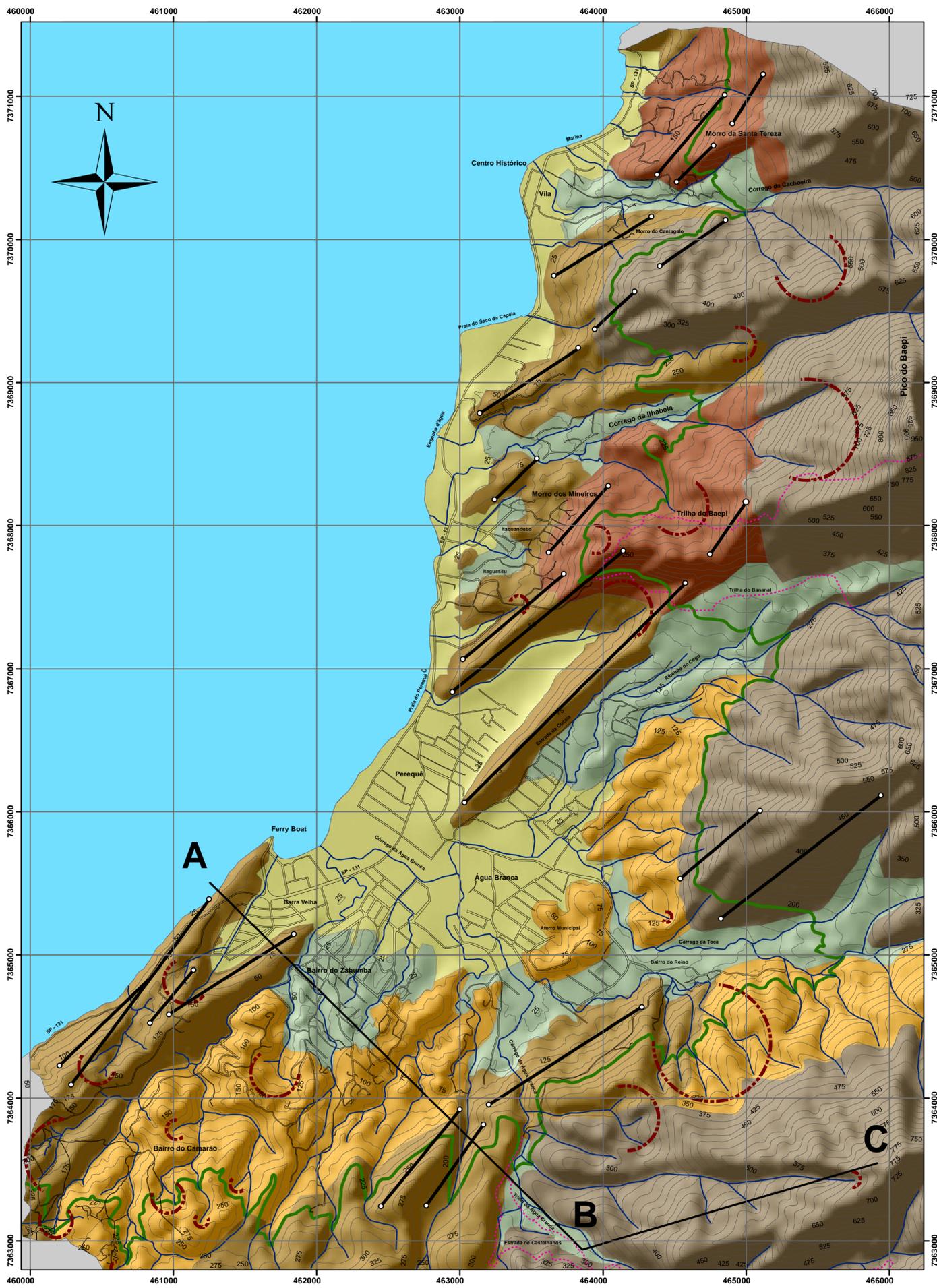
44	462910	7367879	1	Vista panorâmica da unidade 4, identificação de risco de processo de rolamento de blocos.
45	462853	7367409	1	Contato entre as unidades 1 e 3, rocha e solo expostos.
46	463462	7368432	2	Voçoroca em encosta com a cobertura vegetal retirada.
47	463665	7368918	3	Perfil de solo exposto com linha de quartzo.
48	463741	7369168	3	Blocos grandes de granito-gnaise, vista panorâmica da planície e morros em volta.
49	463290	7368877	3	Corte na estrada expondo solo amarelado.
50	464100	7370237	4	Solo amarelado exposto, vista da ocupação de alto padrão à frente, em direção ao topo do morro.
51	463522	7370491	1	Foz do rio canalizado, estação de tratamento de efluentes.
52	464012	7370310	5	Presença de blocos grandes de granito-gnaise, próximo a curso d'água.
53	463890	7370674	1	Vista do morro desmatado à frente, identificação de processos de ravinamento e risco de rolamento de blocos.
54	464404	7371325	3	Solo amarelado exposto, presença de blocos grandes de granito gnaise.
55	461046	7363632	2	Voçoroca em encosta de morro, com residências em sua proximidade.
56	463195	7365025	1	Rio em planície com as margens aterradas.
57	462980	7365732	1	Obra de desassoreamento do rio em planície.

58	463708	7367505	4	Colúvio com blocos de rochas graníticas e alcalinas.
59	464034	7370093	4	Corte na estrada, presença de diques.
60	460719	7363680	2	Pequeno curso d'água, concentração de blocos.
61	460595	7363597	2	Feição de escorregamento, veios de quartzo.
62	460553	7363421	2	Concentração de blocos grandes em encosta de morro.
63	460786	7363494	2	Sulcos e ravinas em encosta de morro.
64	460834	7363194	2	Sulcos e ravinas, feições de rastejo.
65	461708	7363509	2	Limite do perímetro urbano, área de loteamento.
66	461437	7363040	2	Residências em área de Parque.

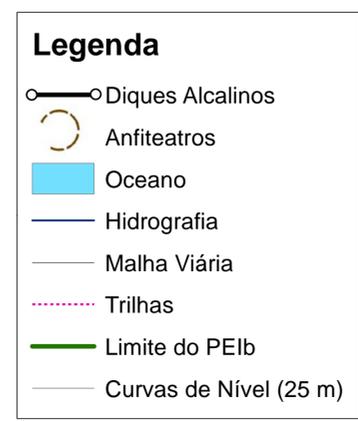
## APÊNDICE B – FICHA DE CAMPO

<b>Equipe:</b>		<b>Data:</b>	
<b>Localização:</b>		PONTO	
<b>GPS:</b>			
<b>Caracterização geológica:</b>			
<b>Caracterização geomorfológica</b> ( ) Topo ( ) Meia-encosta ( ) Sopé de encosta ( ) Cabeceira de drenagem ( ) Terraço ( ) Planície aluvial ( ) Planície aterrada			
<b>Caracterização do terreno</b>			
	<b>ROCHA</b>	<b>SOLO/SEDIMENTO</b>	<b>FEIÇÕES TECNOGÊNICAS</b>
( ) Aflorante/ sub-aflorante	( ) Residual	( ) Laterítico	( ) Aterro ( ) C/ blocos
( ) Matakão	( ) Aluvionar	( ) Saprolítico	( ) Talude de corte
( ) Alterada	( ) Coluvionar	( ) Matéria Orgânica	( ) Caixa de empréstimo( ) Bota-fora
( ) Sã	( ) Tálus	( ) Outros:	( ) Outros: *detalhar no verso
<b>Evidências de comportamento geotécnico:</b>			
( ) solo plástico; ( ) N.A. raso/aflorante; ( ) solo colapsível; ( ) Dificuldade para escavação ( ) Outro.....			
<b>Processos Geológicos e Feições de Instabilidade</b>			
( ) Erosão linear acelerada: ( ) Sulco (nas saias dos aterros laterais ( ) Ravina ( ) Boçoroca ( ) Erosão Laminar ( ) Escorregamento Potencial ( ) Escorregamento em Solo ( ) Escorregamento em Rocha ( ) Rastejo ( ) Blocos Potencial ( ) Queda ( ) Rolamento ( ) Desplacamento ( ) Tombamento ( ) Erosão fluvial/ solapamento de margens ( ) Inundação ( ) Alagamento ( ) Depósito de Assoreamento			
Gravidade (Magnitude e Frequência):			
Uso e ocupação do solo e intervenções:			
Causa provável:			
Possibilidade de causar danos (consequência):			
Avaliação preliminar de risco:			
Perfil esquemático do relevo com seção geológica e de solos (desenhar o perfil de relevo: geral e feições localizadas)			
			
Observações e Fotos			

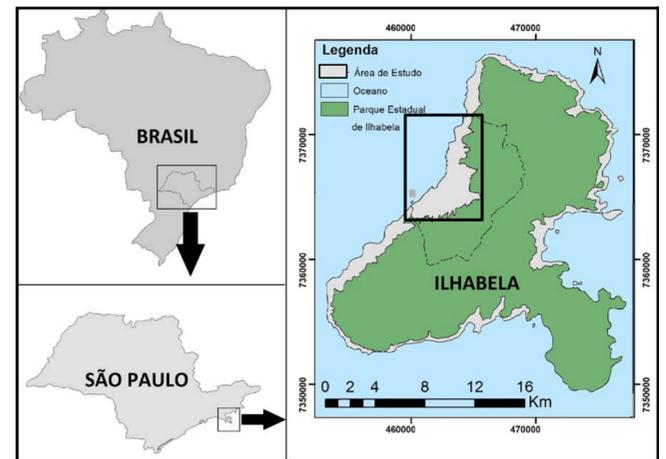
**APÊNDICE C –MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO (1:20.000)**



Unidades	Caracterização Geológico-Geotécnica	Processos Geológicos Exógenos
1 - Sedimentos quaternários em planícies marinhas e fluviais	Baixas declividades e altitude geral, baixa densidade de drenagem, com rios de pequeno porte com padrão mandrante, solo aluvionar arenoso com seixos e fragmentos de rochas de variadas composições. Mistura de sedimentos marinhos e depósitos fluviais.	Assoreamento dos rios e erosão marginal. Inundações e alagamentos são comuns nos períodos chuvosos. Esses processos são potencializados pelo alto grau de urbanização observado na unidade.
2 - Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros e morrotes arredondados	Média amplitude local, relevo mais dissecado e desenvolvido com morros com encostas convexas e topos arredondados, com declividade média a alta (entre 20 e 50%). Manto de alteração de médio a espesso, com material coluvionar sobre saprólito com estruturas da rocha matriz (granito-gnaíse).	Processos de rastejo, sulcos e ravinas são observados em toda unidade, podendo evoluir para voçorocas, condicionados principalmente pela supressão da cobertura vegetal original. Alto potencial a escorregamentos. Ocupação urbana em áreas de risco.
3 - Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros alongados	Média amplitude local, encostas retilíneas/convexas com topos alongados e orientados e vales fechados. Nota-se a presença de diques alcalinos que influenciam na orientação do relevo. Manto de alteração de média espessura, material coluvionar vermelho amarelado com blocos de rochas nos topos e nas encostas.	Deslocamento, queda e rolamento de blocos em taludes de corte. Escorregamento em encostas com maior declividade, erosão laminar e linear nos topos e encostas com menor declividade, onde a cobertura vegetal foi alterada.
4 - Rochas granito-gnáissicas em relevo de morros altos	Alta amplitude local, com altas declividades em encostas retilíneas a convexas. Os topos são arredondados e levemente orientados para NE. Os diques alcalinos podem ter grande espessura e influenciam a orientação do relevo e sua morfologia. O solo é coluvionar com a presença de blocos pequenos a grandes de rochas graníticas e alcalinas, e o manto de alteração tem média espessura.	Queda e rolamento de blocos grandes. Erosão linear que pode evoluir para voçorocas, principalmente em anfiteatros, influenciados pela retirada da cobertura vegetal.
5 - Depósitos de colúvio e tálus em fundos de vale e sopé de encostas	Baixas declividades, solo composto por depósitos de composição variada, de depósitos de corridas ou colúvio de encostas a blocos de rochas graníticas e alcalinas bastante alterados. Depósitos recantos de blocos dispostos de forma aleatória encontrados principalmente nos sopés das encostas (transição entre as unidades) ou adjacentes às drenagens.	Processos erosivos lineares que podem gerar instabilização de blocos rochosos. Assoreamento dos rios e erosão marginal. Enxurradas em eventos de alta pluviosidade.
6 - Rochas granito-gnáissicas em relevo de montanhas	Altas declividades e alto grau de fraturamento. Encostas predominantemente retilíneas; alta densidade de drenagem, de padrão dentríctico subparalelo. Topos restritos e com a rocha (granito-gnaíse) aflorando. Vales fechados. Presença de diques alcalinos orientados para NE. Manto de alteração de espessura intermediária a baixa, com solo coluvionar argiloso, com fragmentos de rochas graníticas e alcalinas nas encostas.	Queda e rolamento de blocos rochosos. Processos de ravinamento e escorregamento associados às maiores declividades.



Localização da área de estudo



APÊNDICE C

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Câmpus de Rio Claro

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

---

**MAPEAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO DO NÚCLEO URBANO CENTRAL DO MUNICÍPIO DE ILHABELA -**

**MAPA GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO**

---

Escala Numérica: 1:20.000

---

Equidistância das curvas de nível: 25 metros

---

Projeção: Universal Transversa de Mercator  
Fuso: 23 S  
Datum: Córrego Alegre  
Base Topográfica do Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (Equidistância das curvas de nível: 5 metros)

---

Tales de Deus Diniz  
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

---

Rio Claro, Março de 2015

Escala Gráfica

