

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

FLÁVIO HENRIQUE RODRIGUES

**ESTUDO DA GEODIVERSIDADE DA REGIÃO NORTE DA ILHA  
DE SÃO SEBASTIÃO (SP): UMA PROPOSTA DE MAPEAMENTO  
GEOAMBIENTAL APLICADO À ESTRATÉGIA DE  
GEOCONSERVAÇÃO**

Tese de Doutorado 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 Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Co-orientador: Prof. Dr. Diamantino M. I. Pereira

Rio Claro - SP  
2018

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

FLÁVIO HENRIQUE RODRIGUES

ESTUDO DA GEODIVERSIDADE DA REGIÃO NORTE DA ILHA DE  
SÃO SEBASTIÃO (SP): UMA PROPOSTA DE MAPEAMENTO  
GEOAMBIENTAL APLICADO À ESTRATÉGIA DE  
GEOCONSERVAÇÃO

Tese de Doutorado 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 Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Co-orientador: Prof. Dr. Diamantino M. I. Pereira

Rio Claro - SP  
2018

550  
R696e

Rodrigues, Flávio Henrique

Estudo da geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião (SP): uma proposta de mapeamento geoambiental aplicado à estratégia de geoconservação / Flávio Henrique Rodrigues. - Rio Claro, 2018

273 f.: il., figs., gráfs., tabs., quadros, fots., mapas + 1 mapa

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro

Orientador: José Eduardo Zaine

Co-orientador: Diamantino M. I. Pereira (Universidade do Minho)

1. Geologia ambiental. 2. Conservação da natureza. 3. Ilhabela (SP). 4. Sítios de geodiversidade. 5. Mapeamento da geodiversidade. 6. Geoturismo. I. Título.

Flávio Henrique Rodrigues

Estudo da geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião  
(SP): uma proposta de mapeamento geoambiental aplicado à estratégia  
de geoconservação

Tese de Doutorado 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 Doutor em Geociências e Meio Ambiente.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. José Eduardo Zaine (orientador)

Departamento de Geologia Aplicada – Universidade Estadual Paulista

Profa. Dra. Kátia Leite Mansur

Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dra. Maria da Glória Motta Garcia

Departamento de Mineralogia e Geotectônica – Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Maria Inez Pagani

Departamento de Ecologia – Universidade Estadual Paulista

Prof. Dr. George Luiz Luvizotto

Departamento de Petrologia e Metalogenia – Universidade Estadual Paulista

Resultado Final: APROVADO

Rio Claro, SP, 07 de Fevereiro de 2018

a meus avós, Auzelino de Castro Gama e José Theóphilo, pelos sábios ensinamentos passados, mais por atitudes que por palavras.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Parque Estadual de Ilhabela, por entender a proposta deste trabalho e apoiar integralmente os trabalhos de campo, por meio dos guarda-parques Betinho, Bicudo e Agnaldo, sem os quais não seria possível acessar locais tão remotos na ilha.

À Pousada Sambaqui em Ilhabela, na pessoa do Alex, o qual apoiou igualmente a realização dos trabalhos de campo, disponibilizando hospedagem e embarcação.

Ao Instituto Florestal do Estado de São Paulo, pelo apoio institucional (processo SMA nº. 260108 – 003.474/2015) e à Fundação Florestal do Estado de São Paulo, pelo acesso à base cartográfica georreferenciada do plano de manejo do Parque Estadual de Ilhabela.

À Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A., por disponibilizar gratuitamente as fotografias aéreas e ortofotos (CLU nº.018/15).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de doutorado e taxa de bancada (processo nº 165800/2014-3).

Ao Instituto Brasileiro de Pesquisa – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo apoio financeiro, através das bolsas de doutorado no Brasil (processo nº 165800/2014-3) e doutorado sanduíche em Portugal (processo nº 88881.134213/2016-01).

Os agradecimentos são direcionados também a tantas outras pessoas que, formal ou informalmente, ajudaram na conclusão desta jornada: professores José Eduardo Zain, Diamantino Pereira, George Luvizotto, Glória Garcia, José Brilha, Mariselma Zaine e Fábio Reis, e colegas André Gurjão, Rodrigo Cerri, André Kolya, Victor Valle, Cássia Lemos e Zoyo.

De forma especial, agradeço a Anke Schwarz!

Finalmente, agradeço à minha família, sem a qual nada disso teria sentido, meus pais, Maria Aparecida Ribeiro Gama e Antônio Carlos Rodrigues e irmãos, Mariana Gama Rodrigues e Fábio Henrique Rodrigues.

## LIBERDADE

Ai que prazer  
Não cumprir um dever,  
Ter um livro para ler  
E não o fazer!  
Ler é maçada,  
Estudar é nada.  
O sol doura sem literatura.  
O rio corre, bem ou mal,  
Sem edição original.  
E a brisa, essa,  
De tão naturalmente matinal,  
Como tem tempo não tem pressa.

Livros são papéis pintados com tinta.  
Estudar é uma coisa em que está indistinta  
A distinção entre nada e coisa nenhuma.

Quanto é melhor, quando há bruma,  
Esperar por D. Sebastião,  
Quer venha ou não!

Grande é a poesia, a bondade e as danças...  
Mas o melhor do mundo são as crianças,  
Flores, música, o luar, e o sol, que peca  
Só quando, em vez de criar, seca.

O mais do que isto  
É Jesus Cristo,  
Que não sabia nada de finanças  
Nem consta que tivesse biblioteca...

(Fernando Pessoa)

## RESUMO

Este trabalho é um contributo aos estudos da natureza abiótica em unidades de conservação, tendo como motivação o manejo integrado dos atrativos turísticos naturais e o desenvolvimento sustentável de comunidades locais. Para tanto, partiu-se da hipótese de que o mapeamento geoambiental pode caracterizar e avaliar qualitativamente a geodiversidade de uma região e gerar conteúdos adequados a sua interpretação, bem como do patrimônio natural associado. Paralelamente ao mapeamento da geodiversidade, realizaram-se o inventário sistemático dos sítios de geodiversidade, e a avaliação quantitativa de seus potenciais usos turísticos convencional e de aventura, uso educacional, risco de degradação e potencial valor científico. Foi definida a região norte da Ilha de São Sebastião, com 164 km<sup>2</sup>, situada no município-arquipélago de Ilhabela, SP. A escolha da área se justifica por estar inserida em uma unidade de conservação de proteção integral, apresentar uma variabilidade significativa em termos litológicos, estruturas geológicas, tipos de relevo e solo, e condições hidrológicas, e possuir um volume razoável de informações anteriores acerca do meio físico. Dentre os resultados obtidos, o mapa da geodiversidade, na escala de 1:20.000, permitiu caracterizar e integrar os atributos analisados em 12 unidades de geodiversidade. Foram também identificados os sítios de geodiversidade com maior potencial à implementação de projetos geoturísticos, além daqueles com significativo valor científico, de relevância estadual. A partir do volume de dados gerado, foi elaborada uma proposta de conteúdo interpretativo destinada à promoção do geoturismo em Ilhabela. Por fim, concluiu-se que a proposta de aplicação do mapeamento geoambiental na estratégia de geoconservação se mostra adequada, à medida que seus resultados otimizam: (1) a obtenção do conteúdo científico referente aos sítios visitados; (2) a definição dos temas representativos da geodiversidade local; (3) o reconhecimento de novos sítios com valor científico, não citados na literatura; (4) a avaliação dos processos geológicos que podem colocar os sítios em risco, e (5) a criação de um banco de dados georreferenciados destinado às fases de interpretação e implementação de projetos geoturísticos.

**Palavras-chave:** conservação da natureza; Ilhabela (SP); sítios de geodiversidade; mapeamento da geodiversidade; geoturismo.



## ABSTRACT

This work is a contribution to studies of the abiotic nature in protected areas, motivated by the integrated management of natural tourist attractions and the sustainable development of local communities. In order to do so, it was based on the hypothesis that geoenvironmental mapping can characterize and qualitatively evaluate the geodiversity and associated natural heritage of a region, and generate contents appropriate to its interpretation. Alongside, a systematic inventory of the geodiversity sites was carried out, as well as a quantitative evaluation of their potential touristic uses, in the categories of conventional and adventure tourism, educational use, risk of degradation and potential scientific value. The northern region of São Sebastião Island, located in the city-archipelago of Ilhabela, in the state of São Paulo, Brazil, with an area of 164 km<sup>2</sup>, was defined as the study area. The choice of this area due to its inclusion in the State Park of Ilhabela, its significant variability in terms of lithology, geological structures, types of relief and soil, and hydrological conditions, and the reasonable amount of previous information about of the physical environment available. Among the results obtained, the 1:20.000 scale geodiversity map contains characterized and integrated attributes analyzed for 12 units of geodiversity. Geodiversity sites with the greatest potential for the implementation of geoturistic projects were identified, in addition to those with a scientific value in terms of state relevance. From the volume of data generated, a proposal of interpretive material was made aimed at the promotion of geotourism in Ilhabela. Finally, it was concluded that the proposal of geoenvironmental mapping in the geoconservation strategy is adequate as its results optimize: (1) obtaining scientific content about the visited sites, (2) the definition of representative themes of local geodiversity, (3) the recognition of new sites with scientific value, not mentioned in the literature, (4) the assessment of geological processes which may put the sites at risk, and (5) the creation of a georeferenced database for the phases of interpretation and implementation of geotourism projects.

**Key words:** nature conservation; Ilhabela (São Paulo, Brazil); geodiversity sites; geodiversity mapping; geotourism.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do Município de Ilhabela.....	29
Figura 2 - Etapas de Trabalho e Atividades da Pesquisa.....	35
Figura 3 - Mapa de Situação da Área de Estudo.....	42
Figura 4 - Fotoanálise e compartimentação fisiográfica.....	44
Figura 5 - Modelo da ficha de campo utilizada.....	45
Figura 6 - Mapa dos Pontos de Campo.....	47
Figura 7 - Etapas do inventário e avaliação qualitativa dos sítios de geodiversidade .....	49
Figura 8 - Cartograma da distribuição dos locais de interesse geológico na área de estudo .....	50
Figura 9 - Recorte de um dos painéis interpretativos sobre a geodiversidade da Ilha de São Sebastião.....	65
Figura 10 - Tipos de documentos cartográficos, escalas mais frequentes e potencial de uso no Planejamento Territorial.....	69
Figura 11 - Componentes ecossistêmicas do geoambiente.....	71
Figura 12 - Níveis hierárquicos de avaliação do terreno .....	74
Figura 13 - Relação entre o ciclo das rochas, processos geomorfológicos e landforms .....	79
Figura 14 - Enquadramento da área de estudo no primeiro mapa geológico da Ilha de São Sebastião.....	80
Figura 15 - Enquadramento da área de estudo no mapa geológico da Ilha de São Sebastião mais recente.....	81
Figura 16 - Ilustração da sequência de diferenciação da suíte alcalina da Ilha de São Sebastião .....	84
Figura 17 - Primeiro mapa geomorfológica da Ilha de São Sebastião .....	90
Figura 18 - Seção geológica com indicação de capeamentos gnáissicos localizados (rosa) sobre os terrenos alcalinos (verde).....	91
Figura 19 - Enquadramento da área de estudo no mapa geomorfológico da Ilha de São Sebastião.....	92
Figura 20 - Seção geológica através do Stock da Serraria (referência da seção na Figura 14).....	93

Figura 21 - Contato da pluma mantélica com a litosfera e processos geológicos endógenos associados.....	94
Figura 22 - Alguns dos principais dos principais corpos ígneos.....	95
Figura 23 - Modelo teórico de corpos plutônicos e diques circulares associados.....	96
Figura 24 - Ilustração de diques sin plutônicos observados em afloramentos.....	97
Figura 25 - Relação entre estrutura de corpos ígneos e textura das rochas.....	98
Figura 26 - Ilustração esquemática de correlção dos níveis de denudação e os corpos ígneos.....	99
Figura 27 - Costão rochoso formado por erosão diferencial marinha em rochas muito fraturadas e diques máficos de espessuras variadas (um com ~10m no centro da foto e outro escalonado no canto direito inferior). A biodiversidade se manifesta pela presença de vegetação pioneira sobre rocha e solo pouco desenvolvido e árvores de grande porte, além da biota marinha existente no costão.....	100
Figura 28 - Carta de Relevos Sombreado e dos Grandes Alinhamentos Estruturais da Região Norte da Ilha de São Sebastião.....	101
Figura 29 - Cartas de Declividade e de Hipsometria da Região Norte da Ilha de São Sebastião.....	102
Figura 30 - Pico do Baepi e quebras positivas de declive terreno pré-cambriano adjacente.....	103
Figura 31 - Contexto Geológico e Distribuição das Unidades de Terreno na Área de Estudo.....	104
Figura 32 - Destaque da Unidade 1 na Área de Estudo.....	105
Figura 33 - Landform – morros baixos alinhados com topos arredondados e vertentes convexas. Unidade sob intensa urbanização, com intervenções como taludes de corte e remoção da vegetação nativa (em primeiro plano), em contraste com relevos íngremes ao fundo (Foto tirada do ferry boat).....	106
Figura 34 - Landform – Morros com encostas convexas e espessos perfis de alteração (CAPGPK11).....	107
Figura 35 - Perfil de alteração com solo coluvionar argiloso avermelhado, e blocos de quartzo sobre solo de alteração acinzentado argilo-siltoso e material saprolítico de um dique e na base, material saprolítico amarelado e rocha gnáissica alterada.....	107
Figura 36 - Diques alcalinos e fraturas (310/70) em granito-gnaiss leucocrático com foliação (310/74) (Pnt7).....	107

Figura 37 - Erosão acelerada e generalizada por remoção da vegetação nativa (Pnt43) .....	107
Figura 38 - Destaque da Unidade 2 na Área de Estudo.....	108
Figura 39 - Visão panorâmica do relevo (Pnt9-barco).....	109
Figura 40 - Landform - relevo escalonado com cristas alinhadas e topo rochoso subaflorante (Foto tirada do Pnt12).....	109
Figura 41 - Solo coluvionar muito argiloso vermelho amarelado sobre rochas gnáissicas (Pnt10).....	110
Figura 42 - Gnáisse muito alterado em material saprolítico (Pnt10) .....	110
Figura 43 - Destaque da Unidades 3 na Área de Estudo .....	111
Figura 44 - Landform – encostas retilíneas e rupturas de declive formando superfícies estruturais (Pnt12-barco).....	112
Figura 45 - Gnaisse com foliação (310/65) muito alterado, com pelo menos, dois planos de fraturas (Pnt15).....	112
Figura 46 - Destaque da Unidades 4 na Área de Estudo .....	113
Figura 47 - Landform – Morros altos com encostas retilíneas e facetas triangulares (tirada do Pnt6).....	113
Figura 48 - Dique alcalino (136/90) muito fraturado (210/90, 136/90, 312/90) condicionando curso d'água (Pnt 62) .....	114
Figura 49 - Processos erosivos generalizados decorrentes da remoção da vegetação nativa (foto tirada do Pnt46, voltada para sul) .....	114
Figura 50 - Escorregamento rotacional em mobilizando material saprolítico e rocha alterada .....	114
Figura 51 - Quebra positiva de declive marcada por bloco aflorante de rocha alcalina (CAPMIN1) .....	114
Figura 52 - Destaque da Unidades 5 na Área de Estudo .....	115
Figura 53 - Landform – encostas íngremes (1º plano) associadas ao relevo montanhoso alcalino (Pnt 42-foto voltada para sul) .....	116
Figura 54 - Escarpas sustentadas por diques básicos e alcalinos com direção NE, entre os Stock da Serraria (esq.) e São Sebastião (dir.), com chuvas orográficas na vertente oceânica (Pnt24) .....	117
Figuras 55 e 56 - Diques máfico (esquerda) e alcalino (direita) intrudido no gnaisse facoidal, marcados por descontinuidades, possivelmente associado à uma zona de cisalhamento local (Pnt61) .....	117

Figura 57 - Cachoeira em laje gnáissica muito fraturada, e diques alcalinos e máficos (Pnt61) .....	117
Figura 58 - Destaque da Unidades 6 na Área de Estudo .....	118
Figura 59 - Landform – morros baixo com cristas alongadas, fortemente orientadas. Unidade caracterizada pela ocupação caiçara, com supressão da mata nativa e agravamento dos processos erosivos. ....	119
Figura 60 - Ponta da Cabeçuda - cristas alinhadas subparalelas com escalonamento da linha de costa, terreno orientado por fraturas, falhas e (foto voltada para leste-Pnt66).....	119
Figura 61 - Costão rochoso com diques muito fraturados cinza escuro (~4 e 20m) subverticais (Pnt119-barco).....	120
Figura 62 - Destaque da Unidades 7 na Área de Estudo .....	120
Figura 63 - Landform – encostas com quebras de declive associadas a alinhamentos circulares de relevo, com topos rochosos subaflorantes (foto voltada para leste-Pnt49) .....	122
Figura 64 - Costão rochoso alcalino muito fraturado – detalhe para caneluras no topo (Pnt34-barco) .....	122
Figura 65 - Xenólito de rocha gnáissica em dique máfico (Pnt 33) .....	122
Figura 66 - Destaque da Unidades 8 na Área de Estudo .....	123
Figura 67 - Landforms – Crista subparalela a vale assimétrico encaixado em falha e topo rochoso sustentado intrusões circulares (foto voltada para NW-Pnt24).....	124
Figura 68 - Landforms – alinhamento circular das cristas escarpadas com topos rochosos angulosos e morros altos com campo de matações (Pnt46-barco) .....	125
Figura 69 - Escarpa sustentada por intrusões sieníticas (Pnt-114).....	125
Figura 70 - Solo de alteração de rocha alcalina (sienito) (Pnt 49).....	125
Figura 71 - Costão formado por rocha alcalina (sienito) intrudido por dique máfico, paralelamente a linha de costa (Pnt 49).....	125
Figura 72 - Destaque da Unidades 9 na Área de Estudo .....	126
Figura 73 - Relevo serrano característico da unidade (foto voltada para leste-Pnt24) .....	127
Figura 74 - Landforms – Picos, cristas e escarpas (Pnt99-barco).....	128
Figura 75 - Alteração esferoidal no sienito (Pnt42) .....	128
Figura 76 - Vegetação pioneira montana sobre perfil de alteração raso (Pnt42) ....	128
Figura 77 - Destaque da Unidades 10 na Área de Estudo .....	129

Figura 78 - Landform – Montanha com encostas retilíneas e quebra negativa de declive definindo possível contato com o embasamento pré-cambriano. (Pnt 26-barco) .....	130
Figura 79 - Visão da costeira da Ponta das Canas em direção ao vale encaixado. Topo anguloso e restrito e crista anelar formando grande anfiteatro de cabeceira (Pnt18-barco) .....	130
Figura 80 - Destaque da Unidades 11 na Área de Estudo .....	132
Figura 81 - Landform - Rampas de deposição coluvionar e acúmulo de blocos rochosos (Pnt 51) .....	132
Figura 82 - Leito rochoso em meio a blocos transportados, com drenagem correndo encaixada em fraturas (Pnt52) .....	133
Figura 83 - Grande bloco gnáissico depositado em fundo de vale (Pnt47) .....	133
Figura 84 - Depósito de encosta - material coluvionar argiloso com muitos blocos rochosos (próximo ao ponto CAPGPK) .....	133
Figura 85 - Cachoeira da Escada - depósitos rudáceos em planície alveolar associada à superfície estrutural (Pnt4) .....	133
Figura 86 - Drenagem em vale entulhado por blocos de rochas alcalinas (pnt52)..	134
Figura 87 - Casa construída em depósito de tálus (Pnt48) .....	134
Figura 88 - Destaque da Unidades 12 na Área de Estudo .....	135
Figura 89 - Praia da Barra Velha - maior planície flúvio-marinha da Ilha de São Sebastião (Pnt40).....	136
Figura 90 - Itaquanduba - urbanização da planície flúvio-marinha (Pnt17) .....	136
Figura 91 - Bloco de rochas alcalinas na praia do Viana (Pnt 8).....	136
Figura 92 - Foz do Rib. Jabaquara - rompimento da barra indicado pela marca do nível da areia nos bloco de rochas alcalinas .....	136
Figura 93 - Sedimentos fluviais da planície do Rib. das Tocas - cascalhos arredondados e sub-angulosos em meio à matriz arenosa.....	136
Figura 94 - Cartograma da distribuição dos sítios de geodiversidade finais na área de estudo .....	139
Figura 95 - Cachoeira da Água Branca e o patrimônio socioambiental de Ilhabela	142
Figura 96 - Cachoeira da Água Branca em Knickpoint formado fratura verticais, subparalelas.....	142
Figura 97 - ‘Cascata da Água Branca’.....	142

Figura 98 - Entrada da cavidade formada por um bloco de gnaiss transportado e detalhe para as estruturas de acesso e drenagem .....	145
Figura 99 - Perfil do depósito de corrida de lamias, onde podem ser observados blocos de diferentes litologias (diques e granitoides), e uma matriz argilo-arenosa. Processo diagenético .....	145
Figura 100 - Gruta, salto e poço formados por estruturas geológicas, e a ação da água .....	148
Figura 101 - Contato abrupto de dique de basalto e gnaiss porfirídico .....	148
Figura 102 - Drenagem encaixada, correndo sobre diques e fraturas .....	148
Figura 103 - Queda d'água em degraus formados por fraturas subverticais paralelamente.....	151
Figura 104 - Dique de diabásio intergranular interceptado perpendicularmente pela falha .....	151
Figura 105 - Cachoeira da Escada.....	151
Figura 106 - Superfície escalonada formada por fraturas paralelas.....	154
Figura 107 - Dique de diabásio subparalelo à foliação.....	154
Figura 108 - No primeiro plano, Pico das Tocas (1074 m), o segundo mais alto do Stock da Serraria, e feito orográfico na vertente oposta voltada para o oceano .....	158
Figura 109 - Sul do Canal de São Sebastião .....	158
Figura 110 - Centro da cidade de São Sebastião e Serra do Mar.....	158
Figura 111 - Afloramento de rocha alcalina coberto de vegetação típica de relevo montanhoso.....	158
Figura 112 - Rocha de textura porfiroblástica, onde cristais grossos facoidais (1-4 cm) de feldspato potássico se encontram em matriz média (1-5 mm) subequigranular composta de plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita e hornblenda .....	161
Figura 113 - Foliação definida pela orientação preferencial dos cristais de biotita e pelos fenocristais de feldspato potássico; esta apresenta direção predominante nordeste, com mergulhos de alto ângulo (acima de 60°) .....	161
Figura 114 - Família de fraturas com atitude N84E/75SE, concordante com a estruturação regional.....	161
Figura 115 - Sienito com sulcos erosivos (SG8) .....	165
Figura 116 - Fraturas na base da cachoeira, indicador do nickpoint (SG8b) .....	165
Figura 117 - Pedras do Sino.....	168
Figura 118 - Estratificação ígnea no sienito .....	168

Figura 119 - Acamamento ígneo dado por separação gravitacional associado ao fluxo magmático.....	171
Figura 120 - Estratificação ígnea cruzada, truncada pelo bandamento plano paralelo .....	171
Figura 121 - Gnaisse com granada .....	171
Figura 122 - Gabro isotrópico de textura cumulática.....	171
Figura 123 - Cartograma do sistema de trilhas Jabaquara – Fome – Poço .....	178
Figura 124 - Dique sin-plutônico intrudido no ácali feldspato sienito (SG11b) .....	178
Figura 125 - Back-veinnign (SG11b) .....	178
Figura 126 - Curso d'água correndo sob blocos no Ribeirão do Poço (SG11f).....	178
Figura 127 - Matacão sienítico (SG11a).....	179
Figura 128 - Bloco sienítico com feições erosivas pluviais da Praia da Fome (SG11c) .....	179
Figura 129 - Sedimentos fluviais exclusivamente rudáceos alcalinos da Praia do Poço (SG11d).....	179
Figura 130 - Formação pioneira com influência marinha em blocos rochosos (SG11d) .....	179
Figura 131 - Dique sienítico em bloco de rocha alcalina na Praia do Poço (SG11d) .....	179
Figura 132 - Feições ígneas (porção pegmatítica) e fenocristais euédricos em bloco no Rib.do Poço (SG11e) .....	179
Figura 133 - Cartograma do sistema de trilhas Castelhanos – Serraria.....	185
Figura 134 - Dique aflorando na base da cachoeira (canto inferior esquerdo) e fragmento preso ao paredão sienítico (canto superior direito) (SG12a).....	185
Figura 135 - Intersecção dos planos de fratura (SG12a) .....	186
Figura 136 - Dique intrudido no gnaisse (SG12b) .....	186
Figura 137 - Saco do Eustáquio (SG12b) .....	186
Figura 138 - Baía de Castelhanos (SG12b) .....	186
Figura 139 - Afloramento de sienito muito fraturado com aspecto almofadado (SG12d) .....	186
Figura 140 - Diversidade litológica expressa em blocos subaflorentes na praia (SG12d) .....	186
Figura 141 - Afloramento subvertical formado por dique básico muito fraturado (SG12d).....	186



Figura 142 - Baía de Castelhanos, limitada a nordeste pela Ponta da Cabeçuda (esquerda). É possível observar também as Pontas da Lagoa e do Costão a sul (direita, ordenadas do primeiro ao último plano) .....	189
Figura 143 - Canto do gato, ao norte da Praia de Castelhanos (canto inf. esq.), Ponta da Cabeçuda e Saco do Eustáquio (centro) e as Ilhas do Ribeirão, Sumítica, Búzios e Vitória (do primeiro ao último plano).....	189
Figura 144 - Cachoeira correndo sobre dique andesítico muito fraturado.....	192
Figura 91: Depredação causada por furos de sondagem em diques no SG3 (esq.) e SG5 (dir.).....	216
Figura 146 - Diagrama conceitual da síntese dos resultados.....	226
Figura 147 - Região norte da Ilha de São Sebastião vista durante a travessia da balsa .....	231
Figura 148 - Proposta de inclusão do mapeamento da geodiversidade na estratégia de geoconservação .....	234

## LISTA DE PRANCHAS

- Prancha 1** - (a) Porção pegmatítica e (b) backing-veining em dique de rocha máfica junto ao Saco de Furnas / (c) enclaves do dique sin-plutônico em venulação sienítica, expressa por contato difuso e (d) dique máfico apresentando backing-vaining no costão dos pescadores. ....219
- Prancha 2** - Sedimentos fluviais exclusivamente rudáceos alcalinos (a); foz do Rib. do Poço (b); dique sienítico em bloco de rocha alcalina (d); terraço de material aluvio-coluvionar.....220
- Prancha 3** - Proposta do Conteúdo Interpretativo. ....232

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Levantamento bibliográfico sobre o meio físico da região de Ilhabela, SP. .....	37
<b>Quadro 2</b> - Elementos da geodiversidade representados em mapas e imagens de satélite.....	41
<b>Quadro 3</b> - Diretrizes à estratégia de geoconservação .....	48
<b>Quadro 4</b> - Locais com conteúdo da geodiversidade identificados na literatura.....	50
<b>Quadro 5</b> - Parâmetros de avaliação do potencial uso turístico. ....	54
<b>Quadro 6</b> - Parâmetros de avaliação do potencial uso no turismo de aventura. ....	57
<b>Quadro 7</b> - Parâmetros de avaliação do potencial uso educacional.....	58
<b>Quadro 8</b> - Parâmetros de avaliação do risco de degradação.....	59
<b>Quadro 9</b> - Parâmetros de avaliação do potencial valor científico.....	61
<b>Quadro 10</b> - Classificação alternativa do atributo Conhecimento Científico. ....	62
<b>Quadro 11</b> - Formas de análise para cada classe do terreno.....	75
<b>Quadro 12</b> - Conceitos geomorfológicos relevantes a geologia de engenharia e ambiental.....	78
<b>Quadro 13</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 1.....	106
<b>Quadro 14</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 2.....	109
<b>Quadro 15</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 3.....	111
<b>Quadro 16</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 4.....	114
<b>Quadro 17</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 5.....	116
<b>Quadro 18</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 6.....	119

<b>Quadro 19</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 7.....	121
<b>Quadro 20</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 8.....	124
<b>Quadro 21</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 9.....	127
<b>Quadro 22</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 10.....	129
<b>Quadro 23</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 11.....	131
<b>Quadro 24</b> - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 12.....	135
<b>Quadro 25</b> - Categorias temáticas da geodiversidade e geological frameworks. ...	138
<b>Quadro 26</b> - Sítio de Geodiversidade 1 - Nickpoint da Água Branca.....	140
<b>Quadro 27</b> - Sítio de Geodiversidade 2 - Montanha abaixo.....	143
<b>Quadro 28</b> - Sítio de Geodiversidade 3 - Diques, fraturas e a água. ....	146
<b>Quadro 29</b> - Sítio de Geodiversidade 4 - Estruturas geológicas da Escada.....	149
<b>Quadro 30</b> - Sítio de Geodiversidade 5 - Nickpoint do Bananal. ....	152
<b>Quadro 31</b> - Sítio de Geodiversidade 6 - Ilhas, montanhas e planícies costeiras...	155
<b>Quadro 32</b> - Sítio de Geodiversidade 7 - Gnaisse e suas estruturas.....	159
<b>Quadro 33</b> - Sítio de Geodiversidade 8 - Sienitos e o nickpoint da Friagem. ....	162
<b>Quadro 34</b> - Sítio de Geodiversidade 9 - Sienitos do Sino. ....	166
<b>Quadro 35</b> - Sítio de Geodiversidade 10 - Gabros estratiformes da Pacuíba.....	169
<b>Quadro 36</b> - Sítio de Geodiversidade 11 - Rochas mesozoicas da costa norte.....	172
<b>Quadro 37</b> - Sítio de Geodiversidade 12 - Rochas alcalinas básicas e gnáissicas da costa leste. ....	180
<b>Quadro 38</b> - Sítio de Geodiversidade 13 - Geomorfologia da costa leste.....	187
<b>Quadro 39</b> - Sítio de Geodiversidade 14 - A cachoeira do dique.....	190

<b>Quadro 40</b> - Avaliação comparativa dos sítios e locais com conteúdo da geodiversidade.....	223
<b>Quadro 41</b> - Relação dos potenciais turísticos e valor científico e definição das ordens de prioridades.....	228
<b>Quadro 42</b> - Seleção dos sítios mais aptos ao geoturismo convencional.....	228
<b>Quadro 43</b> - Seleção dos sítios mais aptos ao geoturismo de aventura.....	229

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Pesos utilizados na quantificação do potencial uso turístico. ....	56
<b>Tabela 2</b> - Pesos utilizados na quantificação do potencial uso educacional.....	59
<b>Tabela 3</b> - Pesos utilizados na quantificação do risco de degradação.....	60
<b>Tabela 4</b> - Pesos utilizados na quantificação do potencial valor científico.....	63
<b>Tabela 5</b> - Cronoestratigrafia do Mesozóico para as rochas da Ilha de São Sebastião. .....	89
<b>Tabela 6</b> - Quantificação dos sítios de geodiversidade com maiores PTC.....	201
<b>Tabela 7</b> - Quantificação dos sítios de geodiversidade com maiores PTA. ....	203
<b>Tabela 8</b> - Quantificação do PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 11.....	206
<b>Tabela 9</b> - Quantificação do PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 12.....	208
<b>Tabela 10</b> - Quantificação do PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 8.....	209
<b>Tabela 11</b> - Quantificação dos sítios de geodiversidade com maiores PUE.....	210
<b>Tabela 12</b> - Localidades com conteúdo da geodiversidade com PUE maior ou igual a PTC e/ou PTA. ....	212
<b>Tabela 13</b> - Quantificação dos locais com conteúdo da geodiversidade com maior RD. .....	215
<b>Tabela 14</b> - Quantificação dos locais com conteúdo da geodiversidade com maior PVC.....	218
<b>Tabela 15</b> - Classificação final dos potenciais uso turístico e valor científico. ....	227

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Avaliação das informações gerais sobre os sítios de geodiversidade..	194
<b>Gráfico 2</b> - Avaliação das Informações gerais relativas aos valores turísticos e educacionais. ....	195
<b>Gráfico 3</b> - Avaliação dos valores educacional (VE) e turístico (VT). ....	196
<b>Gráfico 4</b> - Avaliação do potencial valor científico dos sítios de geodiversidade....	198
<b>Gráfico 5</b> - Avaliação das classes temáticas representadas nos sítios de geodiversidade. ....	199
<b>Gráfico 6</b> - Potencial uso turístico dos sítios de geodiversidade, voltado ao turismo convencional. ....	201
<b>Gráfico 7</b> - Potencial uso turístico dos sítios de geodiversidade, voltado a atividade de aventura. ....	203
<b>Gráfico 8</b> - PTA dos locais de conteúdo da geodiversidade do sítio de geodiversidade 11. ....	206
<b>Gráfico 9</b> - PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 12. ....	208
<b>Gráfico 10</b> - PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 8. ....	209
<b>Gráfico 11</b> - Potencial uso educacional dos sítios de geodiversidade/locais de interesse geológico. ....	210
<b>Gráfico 12</b> - Risco de degradação dos sítios de geodiversidade e locais de interesse geológico. ....	214
<b>Gráfico 13</b> - Potencial valor dos sítios de geodiversidade e locais de interesse geológico. ....	217

## LISTA DE SIGLAS

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

IAEG – Associação Internacional de Geologia de Engenharia

LCG – Locais com Conteúdo da Geodiversidade

*OIB* – Basalto de Ilhas Oceânicas

PEIb – Parque Estadual de Ilhabela

PG – Possíveis Geossítios

PSG – Potenciais Sítios de Geodiversidade

PTA - Potencial Uso Turístico de Aventura

PTC - Potencial Uso Turístico Convencional

PUE - Potencial Uso Educacional

PVC – Potencial Valor Científico

PVE – Potencial Valor Educacional

PVT – Potencial Valor Turístico

RD – Risco de Degradação

SG – Sítios de Geodiversidade

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	27
<b>1.2 Conservação da Natureza e a Geodiversidade</b> .....	29
<b>1.3 Hipótese e Premissas</b> .....	33
<b>1.4 Objetivos</b> .....	33
<b>2 MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO</b> .....	35
<b>2.1 Pesquisa Bibliográfica</b> .....	36
2.1.1 <i>Levantamento Bibliográfico e Documental</i> .....	36
2.1.2 <i>Levantamento Cartográfico</i> .....	40
<b>2.2 Mapeamento da Geodiversidade</b> .....	40
2.2.1 <i>Organização da Base Cartográfica e Definição da Área de Estudo</i> .....	41
2.2.2 <i>Geração dos Subprodutos Auxiliares</i> .....	43
2.2.3 <i>Compartimentação Fisiográfica e Caracterização Geológico-Geomorfológica</i> .....	43
<b>2.3 Inventário e Avaliação dos Sítios de Geodiversidade</b> .....	48
2.3.1 <i>Inventário e Avaliação Qualitativa dos Sítios de Geodiversidade</i> .....	49
2.3.2 <i>Quantificação dos Valores e Potenciais Usos dos Sítios de Geodiversidade</i> .....	53
2.3.2.1 <i>Avaliação dos Usos Turísticos</i> .....	53
2.3.2.2 <i>Avaliação do Potencial Uso Educacional</i> .....	58
2.3.2.3 <i>Avaliação do Risco de Degradação</i> .....	59
2.3.2.4 <i>Avaliação do Potencial Valor Científico</i> .....	60
<b>2.4 Interpretação da Geodiversidade e Patrimônio Natural Associado</b> .....	63
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	66
<b>3.1 Revisão da Bibliografia</b> .....	66
3.1.1 <i>Mapeamento Geoambiental: Histórico, Conceitos e Metodologias</i> .....	66
3.1.1.1 <i>Abordagem Sintética</i> .....	72

3.1.1.2 Análise Integrada do Meio Físico .....	72
3.1.1.3 <i>Terrain Evaluation</i> .....	73
3.1.1.4 <i>Landscape Approach</i> .....	75
3.1.1.5 <i>Landscape Evaluation</i> .....	76
3.1.2 <i>Trabalhos Anteriores sobre a Geologia e Geomorfologia de Ilhabela</i> .....	79
3.1.3 <i>Modelo Conceitual dos Corpos Plutônicos e Hipoabissais</i> .....	94
<b>3.2 Unidades de Geodiversidade da Região Norte da Ilha de São Sebastião</b> ....	<b>99</b>
3.2.1 <i>Unidade 1: Morrotes e morros baixos em Terreno Gnáissico</i> .....	105
3.2.2 <i>Unidade 2: Morros alongados em Terreno Gnáissico</i> .....	108
3.2.4 <i>Unidade 4: Morros Altos em Terrenos Gnáissicos</i> .....	112
3.2.5 <i>Unidades 5: Encostas Montanhosas e Escarpas em Terreno Gnáissico</i> .....	115
3.2.6 <i>Unidade 6: Morros Baixos Alongados em Terreno Gnáissico</i> .....	118
3.2.7 <i>Unidade 7: Cristas Anelares Dissecadas e Morros Altos e Alongados em Terreno Alcalino</i> .....	120
3.2.8 <i>Unidade 8: Escarpas Anelares e Morros Altos em Terreno Alcalino</i> .....	123
3.2.9 <i>Unidade 9: Serra Anelar e Morros Alongados em Terreno Alcalino</i> .....	126
3.2.10 <i>Unidades 10: Montanha em Terreno Básico-Alcalino</i> .....	128
3.2.11 <i>Unidade 11: Sedimentos quaternários em Depósitos de Meia e Baixa-Encosta e Vales Entulhados</i> .....	130
3.2.12 <i>Unidades 12: Sedimentos Quaternários em Planícies Flúvio-Marinhas</i> .....	134
<b>3.3 Sítios de Geodiversidade</b> .....	<b>137</b>
3.3.1 <i>Inventário dos Sítios de Geodiversidade</i> .....	137
3.3.2 <i>Avaliação Qualitativa dos Sítios de Geodiversidade</i> .....	192
3.3.2.1 <i>Informações gerais</i> .....	193
3.3.2.2 <i>Valores e Potenciais Usos Turístico e Educacional</i> .....	194
3.3.2.3 <i>Potencial Valor Científico</i> .....	197
3.3.3 <i>Avaliação Numérica dos Sítios de Geodiversidade</i> .....	200

3.3.3.1 Potencial Uso Turístico.....	200
3.3.3.2. Potencial Uso Educacional.....	209
3.3.3.3. Risco de Degradação.....	213
3.3.3.4. Potencial Valor Científico .....	217
3.3.4 <i>Análise dos Resultados</i> .....	221
3.3.4.1. Recomendações à Conservação dos Sítios de Geodiversidade.....	222
3.3.4.2. Diretrizes à Promoção do Patrimônio Geológico.....	225
<b>3.4 Interpretação da Geodiversidade e Patrimônio Natural Associado.....</b>	<b>230</b>
3.4.1 <i>A que tipo de público se dirige a mensagem de interpretação?</i> .....	230
3.4.2 <i>Onde, quando e como interpretar?</i> .....	231
3.4.3 <i>O que interpretar?</i> .....	231
<b>4 CONCLUSÃO.....</b>	<b>233</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>236</b>
<b>APÊNDICE A</b> – Tabela descritiva dos pontos de campo .....	<b>252</b>
<b>APÊNDICE B</b> – Síntese das descrições petrográficas macroscópicas e microscópicas .....	<b>261</b>
<b>APÊNDICE C</b> – Mapa de geodiversidade .....	<b>269</b>
<b>APÊNDICE D</b> – Tabelas das avaliações numéricas dos sítios de geodiversidade .....	<b>270</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem logrado significativos avanços na proteção de áreas naturais, com relevante atuação no cenário internacional. De 2010 a 2017, o país teve um aumento aproximado de 17% para 28,9% de seu território continental protegido por unidades de conservação, enquanto no mundo, esse incremento foi de 12,8% para 15% (BRASIL, 2012; UNEP-WCMC; IUCN, 2016; UNEP-WCMC, 2017).

Neste período, a expansão das áreas protegidas brasileiras atingiu 2.468.479 km<sup>2</sup>, correspondendo a 12,5% do total mundial. Este salto elevou o país da quarta para a primeira posição em termos absolutos, superando Rússia (1.640.156 km<sup>2</sup>), China (1.599.092 km<sup>2</sup>) e Estados Unidos (1.230.637 km<sup>2</sup>) (BRASIL, 2012; UNEP-WCMC; IUCN, 2016; UNEP-WCMC, 2017).

No entanto, a proteção legal de um território não constitui, por si só, um parâmetro da eficiência ou sucesso do uso sustentável de seus recursos naturais. Estudos sobre áreas protegidas em todo mundo apontam que mesmo com aumento dessas áreas, a taxa de perda da biodiversidade e dos respectivos ecossistemas ainda segue crescendo (BUTCHART et al., 2010; COAD et al., 2015). Nestas áreas, os indicadores de pressão estão associados a mudanças climáticas e desmatamento, em detrimento da conservação ambiental e da qualidade de vida das populações locais.

Em consonância com as tendências internacionais, o Brasil centra a gestão de suas áreas protegidas no manejo integrado da biodiversidade, com vistas ao uso dos recursos naturais dentro de bases sustentáveis (BALMFORD et al., 2005 a, b; BRASIL, 2006). Dentre as principais iniciativas nacionais, destaca-se o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (BRASIL, 2000), com critérios e normas para criação, implantação e gestão das unidades de conservação.

Entretanto, o manejo de áreas com pouca ou nenhuma intervenção antrópica coloca em segundo plano os aspectos abióticos, desconsiderando sua diversidade, distribuição espacial e interação com demais componente ambientais (SHARPLES, 1995; IUGS - GEM, 2005; BRILHA, 2016a). Tal perspectiva é explicitada na maioria dos planos de manejo das unidades de conservação brasileiras, assim como no SNUC, onde o conceito de diversidade biológica é detalhado, enquanto os demais elementos abióticos são generalizados como recursos naturais (art. 2, § 2o, incisos III e IV).

Apesar de sua importância, Prosser (2013) lembra que a diversidade abiótica da natureza e sua conservação ainda se restringem a discussões acadêmicas, enquanto a conservação da biodiversidade é amplamente aceita e compreendida pela sociedade. Neste sentido, Warren e French (2001) apontam para falta de integração espacial entre os processos naturais, espécies e habitats, e traçam um paralelo entre a ecologia e a geomorfologia como base para a conservação ambiental.

Frente ao exposto, destaca-se a crescente demanda por trabalhos sistemáticos de caracterização da diversidade abiótica da natureza e de reconhecimento dos valores associados à mesma, desvencilhando-a do caráter meramente econômico e utilitarista (LIVERMAN, 2008). Assim, o presente trabalho pretende contribuir para o estado da arte sobre conservação da natureza abiótica, por meio do estudo integrado do meio físico em uma área preservada e, com isso, identificar a geodiversidade local e o patrimônio natural associado. Para tanto, selecionou-se uma área de trabalho que atendesse os seguintes requisitos:

- Estar inserida em uma unidade de conservação;
- Apresentar uma variabilidade significativa em termos litológicos, estruturas geológicas, tipos de relevo e solo, e condições hidrológicas;
- Possuir um volume razoável de informações anteriores acerca do meio físico.

Tais condições são encontradas na Ilha de São Sebastião, a maior do município-arquipélago de Ilhabela, localizado no litoral norte do Estado de São Paulo (Figura 1). Esta área caracteriza-se por apresentar relevo montanhoso sustentado por rochas granito-gnáissicas e rochas ígneas de composição química alcalinase intermediárias, com elevações que atingem mais de 1.300 m de altitude, entremeadas por vales profundos, praias e planícies flúvio-marinhas. Devido a sua importância socioeconômica, extensão e posição geográfica, a Ilha de São Sebastião foi uma das primeiras ocorrências não continentais no Brasil a ter seu contexto geológico pesquisado. O alto índice de preservação também motivou a escolha deste local, com 78% da área do município inserida no Parque Estadual de Ilhabela (PEIb), uma unidade de conservação de proteção integral em remanescente da Mata Atlântica, com extensão de aproximadamente 270 km<sup>2</sup> (SÃO PAULO, 2015).

**Figura 1** - Mapa de localização do Município de Ilhabela.



## 1.2 Conservação da Natureza e a Geodiversidade

O manejo das áreas naturais tem se aprimorado em seus conceitos e ações nos últimos 150 anos, a partir da criação dos primeiros parques e reservas nacionais em países europeus e Estados Unidos. Sua abordagem evoluiu de uma concepção conservacionista, direcionada aos aspectos notáveis da natureza, para uma visão estritamente biológica e chegando, nos dias atuais, a uma compreensão holística do meio ambiente (SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007a). Neste contexto, Tricart (1977) preconiza a abordagem integrada do meio ambiente e anuncia que:

(...) uma consciência mais aguda das interações entre os vários elementos do meio ambiente é necessária para evitar, no planejamento, consequências inesperadas, geralmente originando dificuldades e custos maiores, e até fracassos em alguns casos (TRICART, 1977, p. 29).

Sob esta perspectiva, a geoconservação apresenta-se como uma nova responsabilidade socioambiental, frente às demandas econômicas e desafios tecnológicos contemporâneos. Suas raízes remontam ao século XVII, quando países,

como Alemanha (1668), Escócia (1819) e Suíça (1838) estabeleceram decretos e criaram reservas, com o intuito de proteger elementos abióticos com valor científico, recreativo e/ou cultural (SHARPLES, 1993; GRAY, 2013; BRILHA, 2016b). Semelhantemente, o parque estadunidense de Yellowstone, formalmente considerado a primeira unidade de conservação do mundo (1872), foi criado em virtude do seu patrimônio geomorfológico e sítios geológicos, como gêiseres, caldeiras e tufos vulcânicos (TILDEN, 1977).

Em termos científicos, a geoconservação constitui uma abordagem aplicada das geociências na conservação da natureza, de caráter interdisciplinar (MIRANDA, 2011; GRAY et al., 2013). Suas motivações são o estudo e a preservação de sítios, paisagens, processos e espécimes geocientificamente relevantes, considerados unidades básicas do patrimônio natural abiótico, assim como seus valores mais amplos e sua relação com a biodiversidade (SHARPLES, 1993; 2002; GORDON; LEYS, 2001; PEREIRA, 2006; PROSSER, 2013).

Entretanto, a determinação da geoconservação como uma área do conhecimento geocientífico ainda é uma tarefa difícil, uma vez que seus conceitos e métodos estão em evolução (HENRIQUES et al., 2011; RUCHYS et al, 2017). Por outro lado, observa-se uma tendência de enquadramento temático desde os primeiros trabalhos sobre geoconservação, nomeadamente o estudo da geodiversidade, ou seja, da:

variabilidade na natureza abiótica, incluindo elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, solos, hidrológicos e topográficos e processos físicos na superfície do terreno e nos mares e oceanos, junto com os sistemas gerados pelos processos naturais, endógenos e exógenos, os quais abrangem a diversidade de partículas, elementos e sítios (SERRANO, RUIZ-FLAÑO, 2007a, p. 142).

As primeiras pesquisas sobre geodiversidade e sua referência à geoconservação centraram-se na diversidade de paisagens, sob uma perspectiva geológico-geomorfológica. Segundo Serrano e Ruiz-Flanõ (2007a), o termo geodiversidade foi usado, pela primeira vez, na década de 1940, pelo geógrafo argentino Frederico Daus, cujos primeiros trabalhos introduziram o conceito de “unidade na diversidade”, analisando as características físicas responsáveis pela geração e configuração dos tipos de relevo em seu país. Daus propôs uma síntese integrada do meio físico por regiões com individualidade própria, distinguíveis pela distribuição de elementos climáticos, geomorfológicos, hidrográficos, humanos etc., e

cujos limites possam ser definidos de acordo com uma metodologia (SOUTO, 1996; KEZIC; CURTO, 2014).

Após um hiato de 40 anos, novos estudos voltados à conservação da geodiversidade foram realizados pela Comissão Florestal da Tasmânia, Austrália. Nesta ocasião, o geomorfólogo Kevin Kiernan preconizou a mesma relevância entre geodiversidade e biodiversidade nos programas de conservação da natureza, ao traçar um paralelo com conceitos biológicos, como espécies e comunidades de relevos (KIERNAN, 1991 apud GRAY, 2013).

Desde então, diversas metodologias em geoconservação têm se desenvolvido, com base em um conjunto estratégico de atividades envolvendo identificação, designação, proteção, valoração e monitoramento de importantes ocorrências da geodiversidade (LIMA et al., 2010; BRILHA, 2016c). No entanto, Gray et al. (2013) apontam para o desafio de desenvolver as “ciências da geodiversidade”, lembrando que, apesar do grande número de trabalhos aplicados ao meio ambiente, ainda persiste uma lacuna entre comunidade geocientífica e conservação da natureza.

Sob este escopo, a Geologia Ambiental, ou estudos geoambientais, se sobressai ao aplicar princípios geocientíficos em sinergia com áreas afins, como Biologia, Química, Agronomia, Geografia e Engenharia. Trata-se de uma área da Geologia Aplicada, consolidada nos últimos 50 anos, a partir de trabalhos sobre planejamento urbano, gestão de recursos naturais e desastres naturais. Seu reconhecimento formal ocorreu somente no início do século XIX, pelas Associações Brasileira e Internacional de Geologia de Engenharia (ROBINSON; SPIEKER, 1978; VEDOVELLO, 2004; ZUQUETTE; 2011; 2015).

Em linhas gerais, a Geologia Ambiental centra-se na solução de problemas geológicos decorrentes da relação entre o homem e a superfície terrestre, dedicando-se às questões de planejamento territorial e urbano (ZUQUETTE et al., 2004; PRANDINI, 2011; FREITAS; CAMPANHA, 2014; BRESSANI; COSTA, 2015), impactos ambientais (SIQUEIRA et al., 2013; ZHANG et al., 2015), contaminação ambiental (HATHEWAY, 2002; SHARMA; PHANIKUMAR, 2006; MONDELLI et al., 2007; RIYIS et al., 2013) e degradação ambiental (NASCIMENTO et al., 2005; JHA; SAHA, 2010; ADABANIJA; OLADUNJOYE, 2014).

Dentre as diferentes correntes geoambientais, os mapeamentos representam uma proposta profícua ao estudo da geodiversidade, devido a seu caráter metodológico generalista, ou seja, interdisciplinar. Cabe lembrar que, antes mesmo



do termo geoambiental, mapas geocientíficos foram elaborados em países europeus e Estados Unidos, com o intuito de integrar dados sobre ambiente geológico, condições morfogenéticas e hidrológicas, e uso e cobertura da terra (ROBINSON; SPIEKER, 1978; CENDRERO et al., 1986; CENDRERO et al., 1990; MATTIG, 1990; MARKER; MCCALL, 1990).

No Brasil, o uso de mapas geoambientais ganhou força nos últimos 20 anos, com destaque para os zoneamentos de unidades de conservação (FRANCISCO, 1995; VEDOVELLO, 2002; 2008; DIAS et al., 2002; ROSSI et al., 2005; SILVA, 2005; FÁVERO et al., 2007; DELLA JUSTINA, 2009; RODRIGUES; ZAINÉ, 2013; AMORIM et al., 2017) e mapeamentos da geodiversidade executados pelo Serviço Geológico do Brasil (SILVA, 2008; CPRM, 2016).

Em termos de método, a abordagem sintética de mapeamentos geoambientais é a mais adequada ao estudo da geodiversidade brasileira (SILVA; DANTAS, 2012; DANTAS et al., 2015). Além das vantagens operacionais, esta abordagem metodológica suplanta as graves dificuldades do país em atender às demandas de diversos setores técnico-administrativos por dados cartográficos básicos e temáticos (RODRIGUES; ZAINÉ, 2015).

Os mapeamentos sob este enfoque centram-se no estudo de *landforms*, traduzido por Lollo (1995) como formas de terreno, cuja definição possui uma sobreposição conceitual com a geodiversidade. O referido autor dedicou-se ao aprofundamento teórico a respeito deste tema, realizando uma pesquisa exaustiva das principais definições de *landforms* (17), identificando os seguintes temas da geodiversidade: Fisiografia (6), Gênese (4), Composição em termos de solo, rochas e sedimentos (3), Estruturas geológicas (2), Processos morfogenéticos (2).

Por fim, cabe destacar que o termo *land* refere-se ao resultado mais abrangente da interação entre a geosfera, hidrosfera, atmosfera, biosfera e atividades antrópicas (ROSSITER, 1996; MOHAMED; ANTIA, 1998; TWIDALE, 2002; GEORGE, 2005). Devido ao caráter interdisciplinar, este conceito não se limita, portanto, aos sinônimos de 'terreno', conforme enunciado pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e a Agricultura:

A terra é, portanto, um conceito mais amplo do que solo ou terreno. A variação nos solos, ou os solos e as formas de terreno, é muitas vezes a principal causa das diferenças entre as unidades de mapeamento da terra dentro de uma área. (FAO, 1976. *A framework for land evaluation. Chapter 2: Basic concepts*).

### 1.3 Hipótese e Premissas

A hipótese formulada para a presente pesquisa é que:

O mapeamento geoambiental pode caracterizar e avaliar qualitativamente a variabilidade da natureza abiótica de uma região, e gerar conteúdos adequados à interpretação da geodiversidade e do patrimônio natural associado.

São estabelecidas as seguintes premissas à consecução desta pesquisa:

1. A geodiversidade é igualmente relevante à biodiversidade no manejo de áreas preservadas, sendo imprescindível o desenvolvimento de metodologias específicas ao estudo da natureza abiótica em unidades de conservação.
2. A Geologia Ambiental, como área consolidada das geociências, pode contribuir, sobremaneira, para as pesquisas em geoconservação.
3. O patrimônio natural abiótico abarca os termos patrimônio geológico, geomorfológico, paleontológico, hidrológico etc., e é representado por locais ou elementos representativos da geodiversidade, quer seu valor seja científico, cultural, educacional ou turístico.

### 1.4 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é:

Mapear a geodiversidade e promover o patrimônio natural abiótico associado, tendo como estudo de caso a região norte da Ilha de São Sebastião, em Ilhabela, SP. Pretende-se, com isso, gerar informações que apoiem o plano de manejo do Parque Estadual de Ilhabela, bem como a gestão do setor turístico do referido município.

Especificamente, objetiva-se:

- a) Apresentar uma proposta de estudo e interpretação da geodiversidade, envolvendo uma sequência de procedimentos metodológicos baseados na abordagem sintética de mapeamento geoambiental e estratégias de geoconservação;
- b) Definir unidades que integrem dados sobre os materiais e estruturas geológicas, tipos e formas de relevo e processos terrestres endógenos e

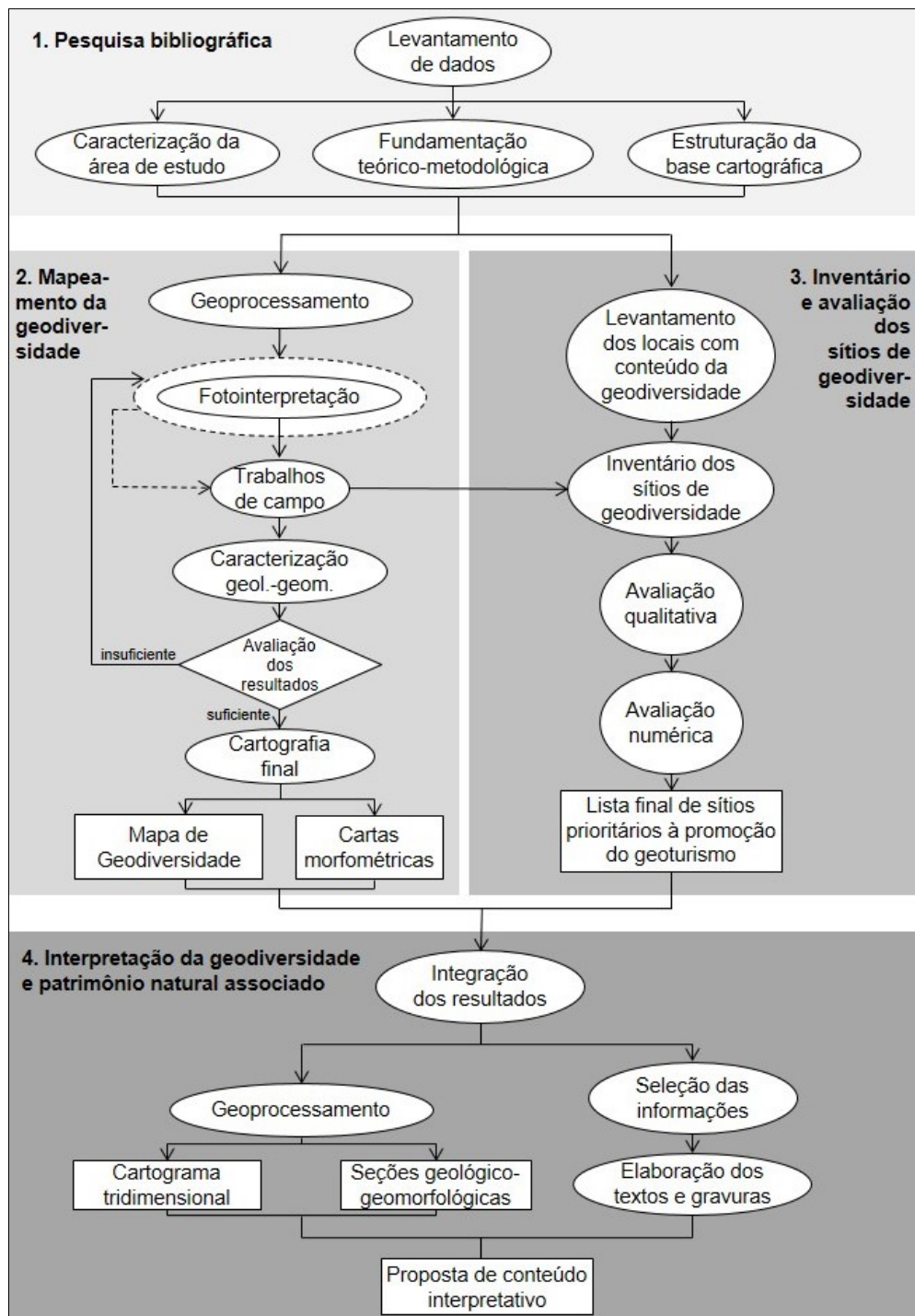
exógenos, condições hidrológicas e uso e cobertura da terra, de modo a permitir a elaboração de um mapa da geodiversidade da área de estudo, na escala de 1:20.000;

- c) Identificar os sítios de geodiversidade e avaliar numericamente seu potencial uso como recurso turístico, bem como seus valores científico e educacional, e risco de degradação;
- d) Fornecer subsídios à promoção do geoturismo em Ilhabela, por meio da interpretação dos resultados obtidos (itens b, c), possibilitando que sejam disponibilizados em uma linguagem simplificada ao público leigo em geociências.

## 2 MÉTODO E ETAPAS DE TRABALHO

A pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas de trabalho: 1) Pesquisa bibliográfica; 2) Mapeamento da geodiversidade; 3) Inventário e avaliação dos sítios de geodiversidade; 4) Interpretação da geodiversidade e patrimônio natural associado, cujas principais atividades são apresentadas na Figura 2.

**Figura 2** - Etapas de Trabalho e Atividades da Pesquisa.



## 2.1 Pesquisa Bibliográfica

Neste item, são apresentados os critérios e os procedimentos adotados na realização dos levantamentos bibliográfico, documental e cartográfico. Em seguida, é apresentada a revisão bibliográfica resultante, com algumas considerações acerca dos temas que constituem os embasamentos teórico e metodológico deste trabalho.

### 2.1.1 Levantamento Bibliográfico e Documental

Inicialmente, procedeu-se a um roteiro cuidadoso para delimitar, identificar e definir o fenômeno ou matéria de objeto de estudo (OLIVEIRA, 2002). A partir disto, as palavras-chaves que nortearam o levantamento bibliográfico foram:

- Conservação da natureza;
- Mapeamento geoambiental;
- Geodiversidade, geoconservação e patrimônio geológico;
- Interpretação do patrimônio natural e turismo de natureza;
- Petrologia ígnea e magmatismo plutônico e hipoabissal.

A realização do referido roteiro envolveu:

1) Seleção de obras de referência: livros e compilações sobre conceitos fundamentais ao entendimento do tema.

2) Levantamento abrangente do material publicado: artigos científicos publicados em revistas e eventos, relatórios técnicos, mapas, documentos oficiais etc.

3) Consultas a especialistas e estudiosos: participação em disciplinas, minicursos e eventos científicos e realização do doutorado sanduíche, por quatro meses, junto ao Programa de Pós-Graduação em Patrimônio Geológico e Geoconservação da Universidade do Minho, em Braga – Portugal.

4) Acesso a acervos *on line* e físico de bibliotecas e centros de pesquisa: Universidade Estadual Paulista (UNESP), Universidade de São Paulo (USP), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto Geológico do Estado de São Paulo (IG), Fundação Florestal do Estado de São Paulo e Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Em relação aos trabalhos sobre o meio físico do Arquipélago de Ilhabela, bem como o contexto geológico da litoral norte de São Paulo e a geomorfologia da Serra

do Mar, destaca-se o repositório *on line* da CPRM. Nesta base de dados de acesso livre, foi possível ter contato com um grande número de trabalhos sobre a área de estudo, os quais estão organizados no Quadro 1.

**Quadro 1** - Levantamento bibliográfico sobre o meio físico da região de Ilhabela, SP.

<b>Autor (es)</b>	<b>Título (tema)</b>	<b>Ano</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Pertinência</b>
ESCHWEGE, W. L.	Pluto Brasiliensis	1833	Livro	indireta
DERBY, O. A.	On nepheline rocks in Brazil, with special reference to the association of phonolite and foyaite (Petrografia)	1887	Artigo	sim
IHERING, H.	A Ilha de São Sebastião	1897	Artigo	indireta
FREITAS, R. O.	Jazimento de rochas alcalinas no Brasil meridional	1944	Artigo	indireta
FREITAS, R. O.	Geomorfogênese da Ilha de São Sebastião	1944	Artigo	sim
FREITAS, R. O.	Geologia e petrologia da Ilha de São Sebastião (SP) (Geologia Local e Petrologia)	1947	Artigo / Mapa	sim
BARBOSA, O	Sobre a Idade das Rochas Alcalinas e a Origem do Planalto de Possos de Caldas	1948	Artigo	indireta
CAMPOS, J. M.	Aproveitamento de Jazidas Minerais para Fertilizantes em São Paulo	1948	Artigo	não
BJORNBERG, A. J. S.; ELLERT, R	Observações Geológicas e Petrográficas sobre a Ilha de Búzios	1955	Anais	sim
AB'SABER, A. N.; BERNARDES	Vale do Paraíba, Serra da Mantiqueira e Arredores de São Paulo	1956	Artigo	indireta
FREITAS, R. O.	Considerações sobre a tectônica e a Geologia do Vale do Paraíba	1956	Artigo	indireta
BARBOSA, O	Alkaline Pipes With Carbonatite Genetic And Structural Considerations	1957	Artigo	indireta
AB'SABER, A. N.	A geomorfologia no Brasil	1958	Artigo	indireta
CAILLEUX; TRICART, J.	Zonas Fitogeográficas e Morfoclimáticas do Quaternário, no Brasil	1959	Nota	indireta
GIUMARÃES, D.	Fundamentos da Petrologia e as Rochas Ígneas do Brasil	1960	Boletim	indireta
HENNIES, W. T.	Rochas alcalinas de São Sebastião (Petrologia)	1964	Anais	indireta
DAMASCENO, E. C.	Estudo preliminar dos diques de rochas básicas e ultrabásicas da região de Ubatuba, Estado de São Paulo (Petrologia)	1966	Anais	indireta
AMARAL, G.; BUSHEE, J.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J. H.	Potassium-argon ages of alkaline rocks from southern Brazil (Geocronologia)	1967	Acta	indireta
GOMES, C. B.; DAMASCENO, E. C.; MELCHER, G. C.; BORN, H.	Observações geológicas preliminares sobre a Ilha de Vitória, SP (Geologia Local)	1967	Anais	indireta

(continua)

<b>Autor (es)</b>	<b>Título (tema)</b>	<b>Ano</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Pertinência</b>
GUIMARÃES, D.	Novo Método de Determinação de Idade Absoluta	1967	Boletim	sim
HENNIES, W. T. ; HASSUI, Y.	Geocronologia das Rochas Eruptivas Alcalinas da Ilha de São Sebastião	1968	Anais	sim
HENNIES, W. T. ; HASSUI, Y.	Centro de Pesquisas Geocronológicas / Geocronologia das Rochas Eruptivas da Ilha de São Sebastião	1969	Resumo	sim
MINIOLI, B.	Determinações potássio-argônio em rochas localizadas no litoral Norte do Estado de São Paulo (Geoquímica)	1971	Anais	indireta
DNPM	Projeto Sudeste do Estado de São Paulo_PROGRESSO (Fotointerpretação Preliminar)	1972	Projeto - DNPM/CPRM - v.1 e 2	indireta
KEMPF, M.	A Plataforma continental da costa leste brasileira entre o rio São Francisco e a ilha de São Sebastião	1972	Anais	indireta
CPRM	Projeto SUDELPA	1973	Relatório e Fichas de Campo/Mapas	indireta
FERREIRA NETO, Y.	Perfil Analítico do Titânio	1973	Artigo	indireta
FREITAS, R. O.	Definição petrológica, estrutural e geotectônica das cintas orogênicas antigas do litoral norte do estado de São Paulo (Petrologia e Geologia Estrutural)	1976	Artigo / Mapa	indireta
CAVALCANTE et al.	Projeto Sapucaí - Relatório Final - Geologia	1977	Projeto - DNPM/CPRM - v.1 - 5	indireta
SILVA et al.	Projeto Santos-Iguape - Relatório Final - Geologia	1977	Projeto - DNPM/CPRM - v.1 - 3	indireta
AMARAL, G.; PARADELA, W. R.	Aplicação de interpretações automáticas de imagens Landsat no realce de feições estruturais da ilha de São Sebastião (Sensoriamento Remoto)	1978	Anais	não
PETROBRAS	Projeto REMAC (v. 11)	1978	Mapas da Margem Continental Sul	não
CAVALCANTE et al. (CPRM)	Projeto Sapucaí	1979	Relatório final	indireta
ARAÚJO et al.	Bibliografia Analítica da Geologia do Brasil - (v. 1, 2, 3 e 5)	1981	Resumos	não
CHIOD et al.	Planejamento Minerário na Ocupação do Solo em Área de Atuação da SUDELPA	1982	Relatório Final - Textos e Mapas	indireta

(continua)

<b>Autor (es)</b>	<b>Título (tema)</b>	<b>Ano</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Pertinência</b>
MACEDO	Rochas Ornamentais (ANEXO VII) Mapa de Ocorrências e Ponto Visitados - Litoral Norte	1982	Mapa	indireta
RAMALHO, R.	Anexo 4 - Mapa Geomorfológico Folhas (parciais) Caracuatatuba e Natidades da Serra - 1:50.000	1982	Mapa	indireta
MOTOKI, A.	Geologia e Petrologia do Maciço Alcalino da Ilha de Vitória, SP	1986	Tese de Doutorado	sim
FERREIRA, E. O.	Rochas Alcalinas - Uma Compilação sobre Sues Conceitos Fundamentais e Suas Principais Ocorrências no Brasil e No Mundo	1987	Relatório	indireta
KRONBERG et al.	Detailed Geochemical Studies of The Initial Stages of Weathering of Alkaline Rocks - Ilha de São	1987	Artigo	indireta
ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D.	Origem e Evolução da Serra do Mar	1988	Artigo	sim
GARDA, G. M.; ESPERANÇA, S.; CARLSON, R. W.	The petrology and geochemistry of coastal dikes from São Paulo State, Brazil: implications for variable lithospheric contributions to alkaline magmas from the western margin of the South Atlantic (Petrologia, Geoquímica)	1994	Resumo expandido	indireta
GARDA, G. M.; SCHORSCHER, H. D.; WALDRON, H.; EGGINS, S.	Trace-element characteristics of the lamprophyric dykes from the north coast of São Paulo, Brazil (Geoquímica)	1994	Extended abstracts International Symposium on the Physics and Chemistry of the Upper Mantle	indireta
GARDA, G. M.	Os diques basicos e ultrabasicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo	1995	Tese de Doutorado	indireta
GARDA, G. M.	Os diques básicos e ultrabásicos da região costeira entre as cidades de São Sebastião e Ubatuba, Estado de São Paulo (Petrologia)	1995	Tese de Doutorado	indireta
ALVES, F. R.	Contribuição ao conhecimento geológico e petrográfico das rochas alcalinas da Ilha dos Búzios, SP (Petrologia)	1997	Tese de Doutorado	sim
R. N. THOMPSON, S. A. GIBSON, J. G. MITCHELL, A. P. DICKIN, O. H. LEONARDOS, J. A. BROD1, J. C. GREENWOOD	Migrating Cretaceous-Eocene MAgmatism in the Serra do Mar Alkaline Province, SE Brazil-- Melts from the Deflected Trindade Mentle Plume	1998	Artigo	indireta
CPRM	Integração Geológica da Folha de Santos_SF.23-Y-D (1-250.000)	1999	Mapa	sim
CPRM	Nota Explicativa da Carta Geológica da Folha de Santos	1999	Relatório	sim



### 2.1.2 Levantamento Cartográfico

Foram obtidas junto à Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A. (EMPLASA, 2011), 108 fotografias aéreas do município de Ilhabela, no formato digital com estereoscopia e resolução espacial de 0,45 metros, em uma escala aproximada de 1:2.500. Foram cedidas, ainda, nove ortofotos resultantes do mesmo levantamento, com resolução espacial de 1 metro.

Foram também adquiridas 32 cartas topográficas impressas do referido município, na escala de 1:10.000 e com equidistância das curvas de nível de 5 metros, elaboradas pelo Instituto Geográfico e Cartográfico do Estado de São Paulo (IGC, 1978).

Acessaram-se, ainda, os dados vetoriais da base topográfica na escala de 1:50.000, disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), referentes às cartas de Caraguatatuba, Ilha Anchieta, Ilha de São Sebastião e Paranabi.

Por fim, o material fornecido pelo Parque Estadual de Ilhabela consistiu da base cartográfica digital do plano de manejo (SÃO PAULO, 2015), composta de arquivos vetoriais e respectivas tabelas de atributos. Tais dados consistem em uma compilação de mapas temáticos (vegetação, fauna, solos, geologia, unidade de terreno e geomorfologia) em escalas de 1:50.000 e menores, e informações sobre atrativos turísticos, trilhas, comunidades tradicionais e equipamentos urbanos.

## 2.2 Mapeamento da Geodiversidade

Os procedimentos realizados nesta etapa visaram à confecção de um mapa qualitativo da geodiversidade da área de estudo.

Foram utilizados os critérios propostos por Gray (2017), o qual analisou os elementos da geodiversidade passíveis de serem representados em mapas e/ou imagens de satélite (Quadro 2).

**Quadro 2** - Elementos da geodiversidade representados em mapas e imagens de satélite.

Elementos da geodiversidade	Rochas ígneas, metamórficas e sedimentares, e depósitos		Estruturas	Solos		Hidrologia					Landforms e topografia		Processos geológicos
	Tipos litológicos	Sub-tipos		Falhas, fraturas e dobras	Tipos	Sub-tipos	Rios e ribeirões	Nascentes	Lagoas	Lagos	Quedas d'água	Regional	
Mapas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Imagens			✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Modificado de Gray (2017)

Em termos teórico-metodológicos, o mapeamento da geodiversidade desenvolvido nesta pesquisa teve as seguintes diretrizes:

- *Terrain Evaluation*: a unidade de análise do meio físico teve como base os *landforms*, os quais foram descritos e classificados sob o enfoque fisiográfico (*Landscape Approach*). Adotou-se a abordagem hierárquica de *Land System*, cujo nível utilizado para compartimentação da área corresponde à 'unidade de terreno', tendo sido possível a caracterização dos 'elementos de terreno';
- Análise Integrada do Meio Físico: as etapas de mapeamento basearam-se em uma abordagem analítico-sintética, não verticalizada ou setorizada. O mapa final foi obtido por meio de interpretação de dados secundários e observações de campo;
- *Landscape Evaluation*: a geodiversidade foi analisada de forma sistêmica, compreendida como a entidade abiótica de uma rede complexa de fluxos de matéria e energia. A delimitação e a caracterização das unidades de mapeamento basearam-se na abordagem geocológica, com foco na interação dos processos geológicos e geomorfológicos, formadores das paisagens contemporâneas.

Paralelamente às técnicas de mapeamento, foram confeccionadas cartas morfométricas, com o intuito de auxiliar na análise e definição do modelo geológico-geomorfológico conceitual da área de estudo.

### 2.2.1 Organização da Base Cartográfica e Definição da Área de Estudo

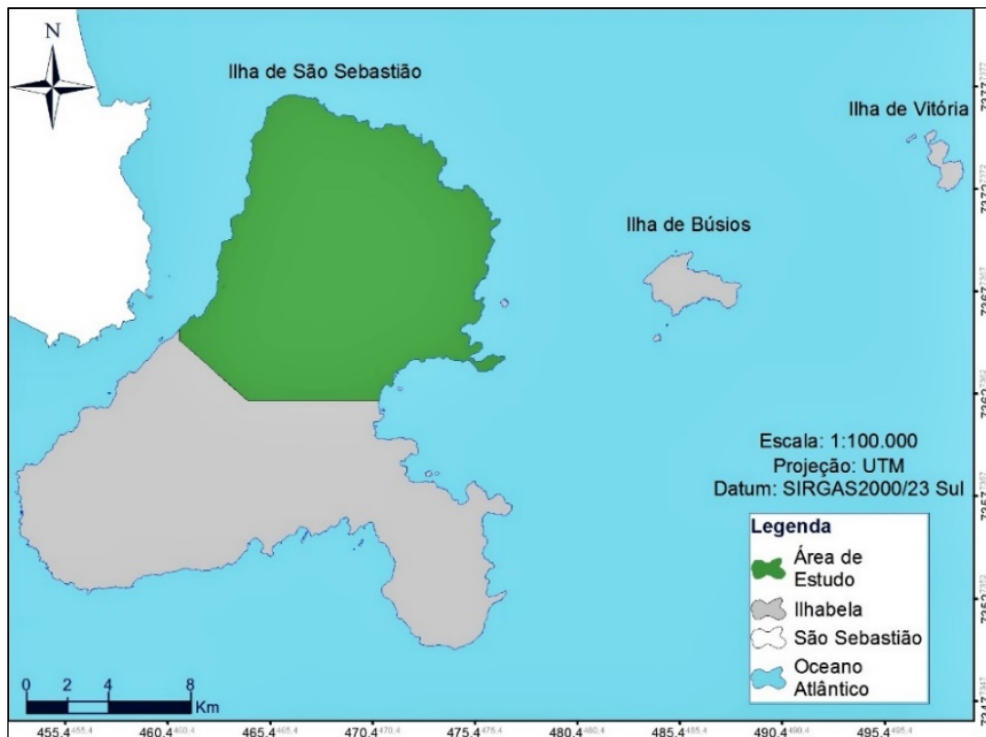
Utilizou-se o sistema de informações geográficas (SIG) do *software* ArcGIS 10.3, para criação de um banco de dados georreferenciados, contendo os produtos cartográficos levantados, bem como os obtidos ao longo da pesquisa. Os dados armazenados consistiram em arquivos vetoriais (.shp e .dwg) dos tipos linha, polígono

e ponto, matriciais (*raster*), referentes às ortofotos e cartas topográficas, e tabelas de atributos alfanuméricos. Foram utilizados o sistema de coordenadas Universal Transverso de Mercator e o datum SIRGAS 2000, fuso 23 Sul.

As fotografias aéreas não foram georreferenciadas, tendo sido utilizadas apenas na fase de fotointerpretação. Para tanto, procedeu-se a seu redimensionamento, uma vez que o tamanho inicial dos pixels era de 0,014 metros. Foi utilizada a ferramenta *Rescale (Data Management Tools)*, com fatores X e Y de 32,3999997408, a fim de atingir a resolução original de 0,45 metros. Posteriormente, as imagens foram exportadas e impressas na escala de 1:20.000.

Levando em conta o nível de detalhe das informações pretendidas frente à complexidade do meio físico da área de estudo, delimitou-se a região norte da Ilha de São Sebastião (164 km<sup>2</sup>). Esta área envolve a maior parte da zona urbana de Ilhabela, contemplando os centros administrativo e histórico, seis comunidades tradicionais caiçaras, além dos atrativos turísticos mais visitados no município, como: Pedra do Sino, Cachoeira do Gato, Estrada e Praia de Castelhanos, Trilha da Água Branca, Parque das Cachoeiras e Pico do Baepi. Outro fator determinante foi a necessidade de promoção das trilhas que ligam as comunidades e atrativos turísticos (Figura 3).

**Figura 3** - Mapa de Situação da Área de Estudo.



### 2.2.2 Geração dos Subprodutos Auxiliares

Foram confeccionados produtos morfométricos, a partir das cartas do IGC, as quais foram digitalizadas e georreferenciadas, cujas curvas de nível e rede de drenagem foram vetorizadas.

Por meio do *software* ArcGIS 10.3, geraram-se as cartas hipsométrica e de declividade, e sua combinação, segundo as recomendações de Tinós et al. (2013) e Tinós et al. (2014). Tal composição consistiu na sobreposição da carta hipsométrica (com transparência de 60%) à carta de declividade, a fim de se realçar as principais feições do relevo, e permitir uma análise visual das grandes estruturas geológicas que condicionam a geomorfologia da área de estudo.

De maneira complementar a esta análise, foram produzidas cartas de relevo sombreado, preservando a inclinação do ângulo solar em 45° e variando o azimute perpendicularmente às direções predominantes dos alinhamentos estruturais (SW–NE e NW–SE). Esta técnica se mostrou bastante eficiente, auxiliando no reconhecimento de grandes alinhamentos de relevo, os quais não foram observados na etapa de fotorinterpretação.

Foi gerado também o modelo digital de elevação (MDE), o qual foi exportado para o *ArcScan*, com o intuito de produzir uma representação em três dimensões da área de estudo. Ao MDE, foram sobrepostas as ortofotos, resultando em um cartograma interpretativo da geodiversidade, com base nas informações geradas nas etapas de mapeamento, de inventário e avaliação dos sítios.

### 2.2.3 Compartimentação Fisiográfica e Caracterização Geológico-Geomorfológica

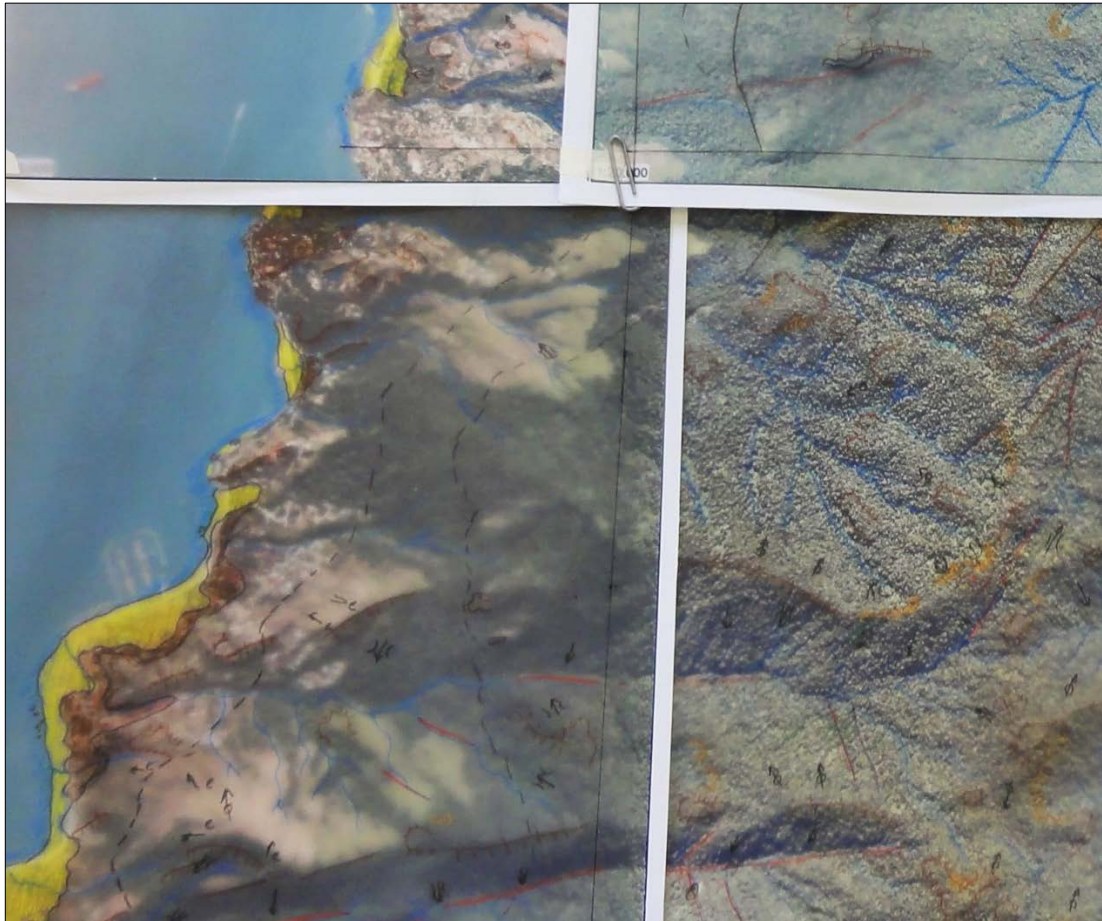
Esta etapa teve como ponto de partida a aplicação do método lógico-sistemático de fotogeologia (SOARES; FIORI, 1976), com foco na compartimentação fisiográfica e caracterização geológico-geomorfológica.

Inicialmente, procedeu-se ao reconhecimento dos *landforms*, por meio da análise fisiográfica e classificação do traçado da rede de drenagem, densidade textural, formas do relevo, alinhamentos e lineações, ocorrência de afloramentos rochosos, áreas úmidas e solo exposto, conforme proposta de Zaine (2011). Para tanto, foram utilizadas 48 fotos estereoscópicas, sendo interpretadas 22 (Figura 4).

Uma vez identificados os padrões fisiográficos associados aos *landforms*, realizou-se a compartimentação da área em zonas homólogas, por meio da associação dos atributos homogêneos. Utilizando métodos indutivo, dedutivo e comparativo, os atributos fisiográficos foram interpretados (inferidos), a fim de caracterizar as zonas mapeadas, quanto a:

- Processos morfogenéticos, depósitos e formas de relevo;
- Propriedades e características litolestruturais (resistência à erosão, permeabilidade, plasticidade e ruptibilidade e tropia);
- Deformacionais (atitude das camadas, fraturas, falhas e dobras);
- Níveis de alteração do relevo (perfis típicos de solo, rocha e sedimentos).

**Figura 4** - Fotoanálise e compartimentação fisiográfica.



Em seguida, ocorreram o planejamento e a execução dos trabalhos de campo, realizados em duas campanhas, compreendidas entre 22 e 25 de fevereiro e de 12 e 15 de maio de 2016. Para tanto, foi elaborada uma ficha de campo, a fim de otimizar as coletas de dados (Figura 5).



dos relevos montanhosos, bem como permitiu observar afloramentos em costões rochosos, com diques muito fraturados e descontinuidades associadas a possíveis falhas e/ou processos magmáticos sin-plutônicos, buscando alguma correlação com os pontos acessados em terra. As observações *in situ* foram realizadas por meio da caracterização geomorfológica, considerando os seguintes atributos:

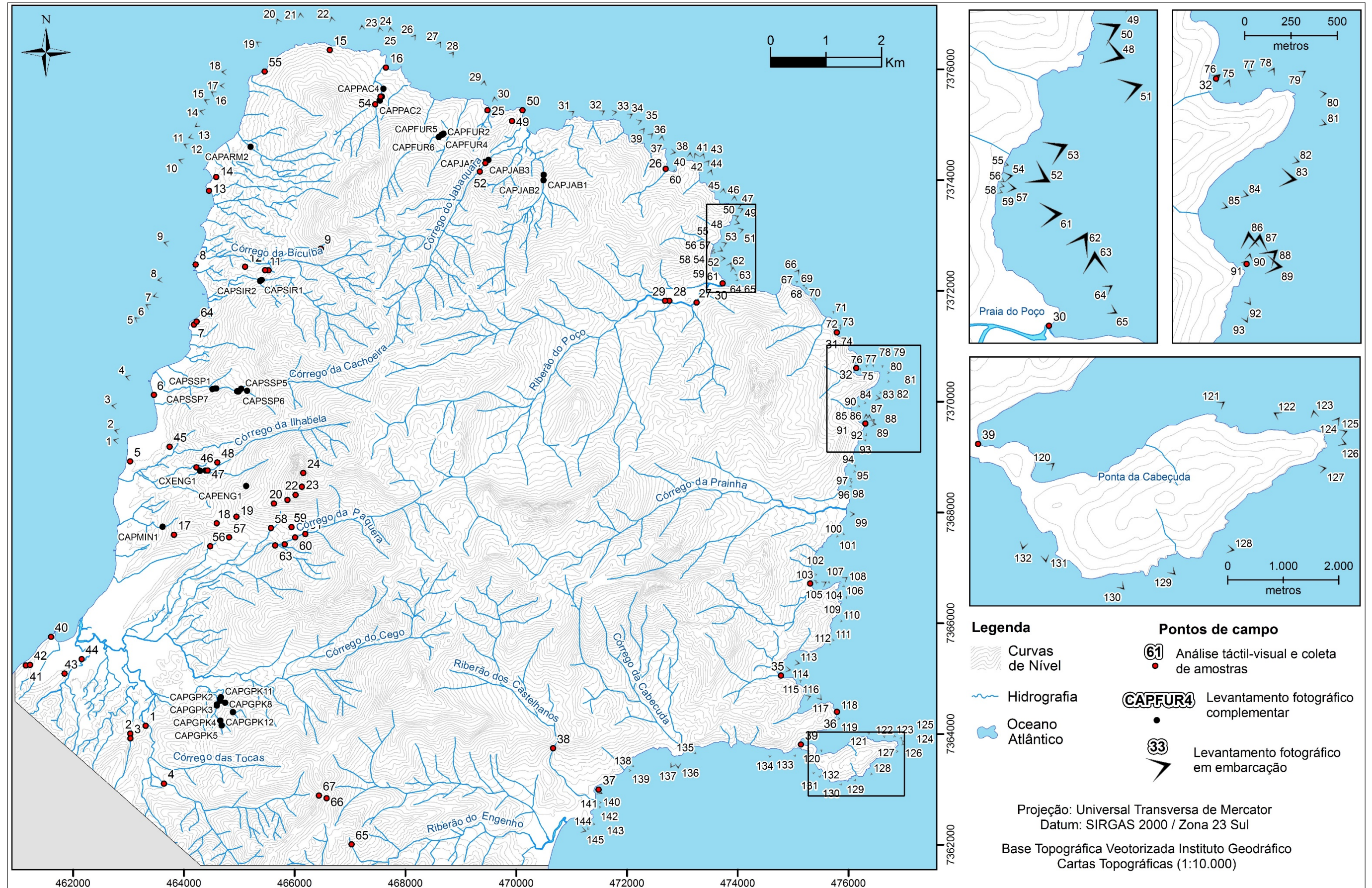
- Tipos de relevo (montanhas, morros, morrotes, depósitos de tálus e planícies);
- Formas do relevo (morfologia de encostas, vales e topos, anfiteatros, superfícies estruturais e rupturas de declive);
- Feições particulares (cicatrizes de escorregamentos, sulcos erosivos, voçorocas, afloramentos e blocos rochosos etc.).

A análise tátil-visual dos materiais geológicos, expostos em taludes de corte e afloramentos, visou à classificação dos perfis de alteração, baseada no grau de evolução genética, composição mineralógica e distribuição granulométrica segundo a profundidade. A evolução dos perfis de alteração foi associada a formas de relevo a fim de identificar os solos residuais (eluviais e saprólito), transportados (aluvião, coluvião, tálus e sedimentos marinhos), com base nos trabalhos de IPT (1991); Augusto Filho (1992), Vaz (1996), Pastore e Fontes (1998) e Rodrigues e Zaine (2013).

Quando possível, foram realizadas medidas estruturais (atitudes) em afloramentos rochosos, de foliações, fraturas, falhas e diques, considerando orientação e mergulho, além das famílias de fraturas. Foram coletadas também amostras de rochas para descrições petrográficas dos litotipos, com mais detalhe em escala macroscópica e microscópica (41 e 29 amostras, respectivamente). Os resultados foram incorporados na caracterização geológica das unidades mapeadas e na descrição dos sítios de geodiversidade.

Identificaram-se, ainda, os processos geológicos naturais e desencadeados pela ocupação urbana irregular, assim como os impactos decorrentes do desmatamento e irregularidades nos atrativos turísticos, como trilhas, cachoeiras e mirantes. Por fim, as zonas homólogas inicialmente delimitadas foram novamente analisadas e caracterizadas sob a luz das informações geradas, resultando, assim, as unidades de geodiversidade. O mapa dos pontos de campo é apresentado a seguir, na Figura 6, cuja descrição está contida no APÊNDICE A, assim como a síntese das análises petrográficas no APÊNDICE B.

Figura 6 - Mapa dos Pontos de Campo.





### 2.3 Inventário e Avaliação dos Sítios de Geodiversidade

Foi desenvolvida uma estratégia de geoconservação, visando à identificação dos sítios representativos da geodiversidade local, com foco no seu valor turístico e à conservação daqueles sob maior risco de degradação. Com base nos trabalhos de Brilha (2005; 2016c), Pereira (2006), Pereira et al. (2007) e Pereira et al. (2015), avaliou-se também o potencial valor científico destes, a fim de subsidiar as atividades de interpretação da geodiversidade.

Foram feitas adaptações metodológicas, levando em conta a dimensão, o contexto geológico e a realidade socioambiental da área. Objetivou-se, com isso, integrar a temática da geodiversidade às iniciativas de conservação ambiental existentes no município de Ilhabela (CARVALHIDO et al., 2016; GRAY et al., 2013; MATTHEWS, 2014; SÃO PAULO, 2015; WORBOYS et al., 2015).

De modo a garantir a objetividade do método a ser empregado, com adoção de técnicas e critérios compatíveis à demanda de gestão e ao contexto geológico, foram estabelecidas as seguintes diretrizes (LIMA et al., 2010) (Quadro 3):

**Quadro 3** - Diretrizes à estratégia de geoconservação

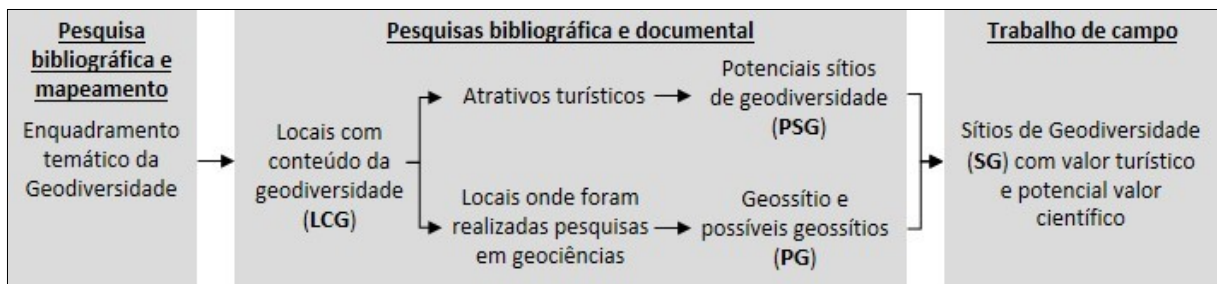
Temas	<i>Geological frameworks</i> do Estado de São Paulo e suas subdivisões.
Valor	Sítios com valor reconhecidamente turístico e potencial valor científico.
Escala	Inventário realizado em uma área de 156,6 km <sup>2</sup> , com 80,4% inseridos no Parque Estadual de Ilhabela. Integração dos resultados ao mapeamento em escala de 1:20.000.
Uso	O inventário e avaliação numérica dos sítios de geodiversidade visam dar suporte à: 1º Conservação do patrimônio natural abiótico 2º Interpretação da geodiversidade local

As classes temáticas basearam-se em *geological frameworks* do Estado de São Paulo (GARCIA et al., 2017), os quais foram estabelecidos a partir de unidades tectônico-estratigráficas do mapa geológico estadual na escala de 1:750.000 (PERROTA et al. 2005). Levou-se em conta, ainda, o enquadramento da geodiversidade do litoral norte do Estado de São Paulo, referente aos eventos de separação do Gondwana e abertura do Oceano Atlântico Sul (GARCIA, 2012). Estas informações foram associadas ao mapeamento realizado no item anterior, visando à melhor forma de abordar a geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião.

### 2.3.1 Inventário e Avaliação Qualitativa dos Sítios de Geodiversidade

A identificação, descrição e classificação dos sítios representativos da geodiversidade seguiram os seguintes passos (Figura 7):

**Figura 7** - Etapas do inventário e avaliação qualitativa dos sítios de geodiversidade.



Inicialmente, por meio da pesquisa bibliográfica, foram identificados os atrativos turísticos com conteúdo da geodiversidade, assim como outras locais onde pesquisas em geociências foram realizadas.

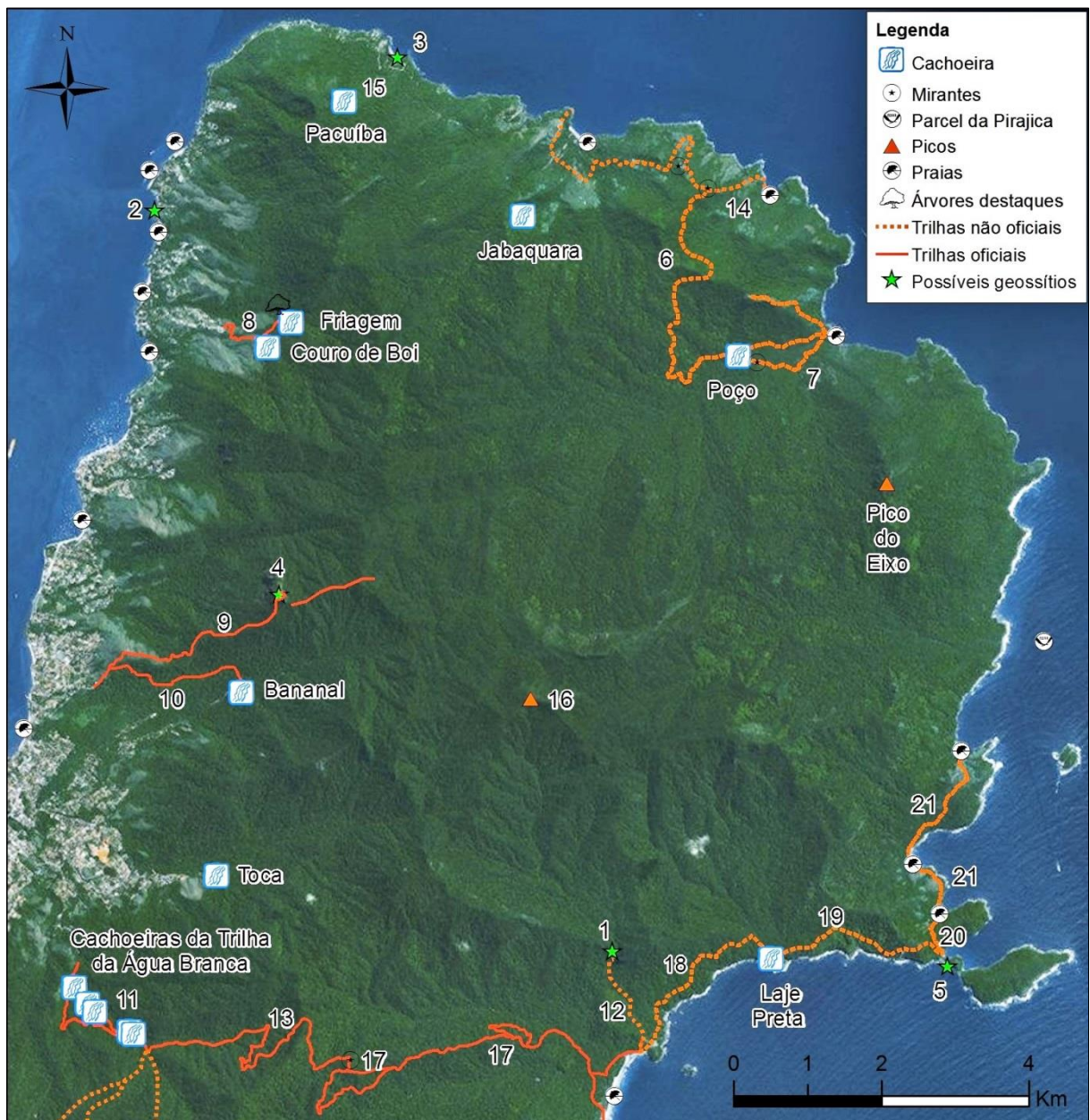
É importante enfatizar que o presente inventário centrou-se no valor turístico dos sítios e, assim, não compete à metodologia empregada avaliar a relevância científica dos mesmos, o que, segundo Brilha (2016 c), deve ser realizado em um território maior e de forma participativa. Por outro lado, a consulta de trabalhos científicos auxiliou o levantamento inicial do maior número possível de LCG existentes na área.

Como resultado, foram identificados 17 atrativos turísticos associados a trilhas, cachoeiras, córregos, picos e praias (SÃO PAULO, 2015), classificados como PSG. Foram identificados também quatro sítios com potencial valor científico, com base em trabalhos de mapeamento geológico e petrografia (FREITAS, 1947), petrogênese ígnea (LIMA, 2001) e patrimônio geológico (GARCIA, 2012; PROCHOROFF, 2014), os quais foram denominados PG. Identificou-se também um geossítio de relevância estadual (GARCIA et al., 2017).

O Quadro 4 traz o levantamento inicial dos 22 LCGs, e a Figura 8 ilustra sua distribuição na área estudada. Os 17 PSGs estão representados pelos atrativos turísticos, juntamente com as trilhas que os acessam. Buscou-se, com isso, facilitar o reconhecimento de outros locais durante os trabalhos de campo.

**Quadro 4 - Locais com conteúdo da geodiversidade identificados na literatura.**

<b>Geossítio Estadual</b>	
1- Cachoeira do Gato (GARCIA, et al., 2017)	
<b>Possíveis geossítios</b>	
2 -Pedra do Sino (GARCIA, 2012; PROCHOROFF, 2014)	4- Pico do Baepi (FREITAS, 1947; PROCHOROFF, 2014)
3 -Praia da Pacuíba (LIMA, 2001)	5- Istmo da Ponta da Cabeçuda (FREITAS, 1947)
<b>Potenciais sítios de geodiversidade (SÃO PAULO, 2015)</b>	
6 -Trilha entre as Praias do Poço e Jabaquara	14 -Trilha entre as Praias do Jabaquara e Fome
7 -Trilha da Cachoeira do Poço	15 -Trilha da Cachoeira Pacuíba
8 -Trilha da Cachoeira da Friagem	16 -Trilha do Morro da Ponta Alta
9 -Trilha do Pico do Baepi	17 -Atalhos da Estrada de Castelhanos
10 -Trilha da Cachoeira Bananal	18 -Trilha entre o Canto do Gato e a Laje Preta
11 -Trilha da Água Branca	19 -Trilha entre a Laje Preta e Praia do Eustáquio
12 -Trilha da Cachoeira do Gato	20 -Trilha entre as Praias do Eustáquio e Guanxumas
13 -Estrada de Castelhanos	21 -Trilha entre as Praias das Guanxumas e Caveira
	22 -Trilha da Praia da Serraria

**Figura 8 - Cartograma da distribuição dos locais de interesse geológico na área de estudo.**

Complementarmente, foram incluídos quatro LCG com base nos resultados preliminares do mapeamento da geodiversidade. Trata-se de pontos pré-definidos para coleta de dados, voltada à caracterização geológico-geomorfológica das unidades, os quais, no entanto, apresentaram relevância turística e/ou educacional. Estes locais são a Cachoeira da Água Branca, um depósito de tálus e um curso d'água (sem nome), todos localizados no Parque Municipal das Cachoeiras, além de um talude de corte em rocha gnáissica para ampliação da principal avenida da cidade (Av. Princesa Isabel) na Praia do Engenho d'Água.

A partir desta lista, procedeu-se à coleta de dados *in situ*. Apenas a 'Trilha do Morro da Ponta Alta' (sítio 16) não foi explorada, devido à dificuldade de acesso. As demais localidades foram caracterizadas e avaliadas qualitativamente, baseando-se nos critérios propostos por Pereira et al. (2007) e revisados por Brilha (2016c).

O geossítio de relevância estadual, os quatro PGs e os outros quatro pontos do mapeamento tiveram seus valores turísticos avaliados, com o intuito de integrá-los ao inventário final. Semelhantemente, avaliaram-se os 17 PSGs quanto ao conteúdo científico, tendo em vista o uso destas informações na fase de interpretação da geodiversidade. Avaliou-se ainda, o valor educacional destes locais.

Os LCGs foram classificados ainda quanto a sua tipologia, conforme Pereira et al. (2007). A tal proposta, foi atribuída a categoria 'trilha', quando esta continha, em seu percurso, mais de um LCG com expressivo valor científico ou educacional, porém valor turístico reduzido. As informações foram organizadas da seguinte forma:

#### Informações gerais:

- (I) Nome e número do sítio de geodiversidade
- (II) Tipo e dimensão: área/pontual/vista panorâmica/trilha  
Obs.: Afloramento em talude de corte, cachoeira, praia, curso d'água em leito rochoso, costeira e costão rochoso etc., especificando a dimensão.
- (III) Local (endereço, nome da trilha, nome do atrativo turístico etc.)
- (IV) Coordenadas (SIRGAS 2000)
- (V) Acessibilidade: muito fácil/fácil/moderada/difícil/muito difícil  
Obs.: Tipo de acessos (trilhas, estrada, embarcação, dificuldades, limitações e necessidade de veículos).
- (VI) Proprietário: público/privado

(continua)

- (VII) Proteção legal: sim/parcialmente protegido/não  
Obs.: Relação com PEIb e outros dispositivos legais de gestão territorial.
- (VIII) Segurança: sim/deficiente/ausente  
Obs.: Existência de estruturas de segurança e o risco de acidentes.
- (IX) Limitações de uso: não/sim  
Obs.: Necessidade de pagamento de taxa de entrada/restrições de capacidade de carga/limitações climáticas.
- (X) Diversidade ambiental associada: inexistente/baixa/média/alta  
Obs.: Aspectos culturais/biológicos relevantes (outros valores associados).

Conteúdo e valor científico:

- (XI) *Geological framework*
- (XII) Tema
- (XIII) Subtema
- (XIV) Unidade de geodiversidade
- (XV) Elementos da geodiversidade  
Obs.: Características de relevância geológica associados, principalmente, a litologia, estrutura, mineralogia e geomorfologia.
- (XVI) Síntese do conhecimento científico (descrição com base na bibliografia e trabalho de campo).
- (XVII) Representatividade: alta/média/baixa  
Obs.: Condição de observação do elemento de geodiversidade (capacidade de exemplificar o subtema em que se enquadra).
- (XVIII) Integridade: alta/média/baixa  
Obs.: Sinais de depredação e vandalismos e outros impactos ambientais; Estado de alteração/intemperismo do afloramento.
- (XIX) Raridade: alta/média/baixa  
Obs.: Ocorrência do elemento de geodiversidade em relação à área estudada, à região SE e ao país.

Valor turístico

- (XX) Apelo Cênico: alto/moderado/baixo/ausente
- (XXI) Potencial Interpretativo: alto/médio/baixo  
Obs.: Capacidade reconhecimento e compreensão do elemento de geodiversidade pelos turistas.

(continua)

(XXII) Uso recreativo atual: não/sim

Obs.: Pela população local e/ou visitantes/turistas

#### Valor educativo

(XXIII) Potencial didático: alto/médio/baixo

Obs.: Nível de ensino mais adequado ao uso educacional do sítio.

(XXIV) Diversidade geológica: alta/média/baixa

Obs.: Número de elemento de geodiversidade presentes no sítio.

(XXV) Uso educacional atual: não/sim

Como resultado, obteve-se a lista final dos LCG de valor turístico e potencial valor científico, denominados Sítios de Geodiversidade.

### *2.3.2. Quantificação dos Valores e Potenciais Usos dos Sítios de Geodiversidade*

A presente etapa visou estabelecer prioridades de planejamento e gestão do patrimônio associado à geodiversidade da área estudada, por meio da classificação dos sítios quanto à viabilidade de projetos turísticos e eventuais atividades educacionais, assim como risco de degradação. Avaliou-se também o valor científico, a fim de identificar os sítios com maior potencial para pesquisas.

Foram utilizados critérios de quantificação propostos por Brilha (2005) e Pereira et al. (2006), revistos por Brilha (2016) e aplicados por Garcia et al. (2017). No entanto, foram feitas adaptações para adequar o método à dimensão da área estudada e sua realidade socioambiental. A seguir, são feitas considerações sobre as etapas de trabalhos, detalhando as referidas adequações metodológicas.

#### 2.3.2.1 Avaliação dos Usos Turísticos

As informações do inventário foram utilizadas como parâmetros de quantificação, com a classificação dos atributos turísticos dos sítios de geodiversidade, em quatro níveis hierárquicos, conforme sua vocação.

Foram atribuídos índices numéricos a cada classe, variando de 1 a 4, à medida que o potencial uso turístico do geossítios avaliado se elevava. A seguir, são apresentados os 13 atributos de avaliação dos usos turísticos (Quadro 5).

**Quadro 5** - Parâmetros de avaliação do potencial uso turístico.

ATRIBUTO/CLASSES	ÍNDICES
<b>1. Vulnerabilidade</b>	
Os elementos geológicos do sítio <b><u>não apresentam qualquer deterioração</u></b> por atividade antrópica	4
Existe a possibilidade de deterioração de <b><u>elementos geológicos secundários</u></b> por atividade antrópica	3
Existe a possibilidade de deterioração de <b><u>elementos geológicos principais</u></b> por atividade antrópica	2
Existe a possibilidade de deterioração de <b><u>todos elementos geológicos</u></b> por atividade antrópica	1
<b>2. Acessibilidade</b>	
Sítio acessível por <b><u>veículos utilitários (Vans/Kombis)</u></b> e/ou por <b><u>trilhas menores que 200 metros</u></b>	4
Sítio acessível por <b><u>veículos utilitários (Vans/Kombis)</u></b> e/ou por <b><u>trilhas oficiais do PEIb</u></b>	3
Sítio acessível por <b><u>veículos de passeio</u></b> e por <b><u>trilhas reconhecidas pelo PEIb ou oficiais classificadas pelo alto grau de severidade</u></b>	2
Sítio acessível somente por <b><u>embarcação</u></b> ou por <b><u>veículos off-road</u></b> e <b><u>trilhas oficiais/reconhecidas pelo PEIb</u></b>	1
<b>3. Limitações de uso</b>	
O sítio <b><u>não tem limitações</u></b> para ser usado por turistas	4
O sítio pode ser usado por turistas, mas <b><u>com controle do número de pessoas</u></b>	3
O sítio pode ser usado por turistas, mas <b><u>apenas sob condições climáticas favoráveis</u></b>	2
O sítio pode ser usado por turistas, mas <b><u>com controle do número de pessoas e apenas sob condições climáticas favoráveis</u></b>	1
<b>4. Segurança</b>	
Sítio <b><u>com</u></b> instalações de segurança <b><u>adequadas</u></b> , <b><u>com</u></b> cobertura de celular, <b><u>acessado por veículo de passeio</u></b>	4
Sítio <b><u>com</u></b> instalações de segurança <b><u>insuficientes</u></b> e/ou <b><u>sem</u></b> cobertura de celular, mas <b><u>acessado por veículo de passeio</u></b>	3
Sítio <b><u>com</u></b> instalações de segurança <b><u>insuficientes ou inexistentes</u></b> , e/ou <b><u>sem</u></b> cobertura de celular e <b><u>acessado somente por trilhas ou veículos off-road</u></b>	2
Sítio <b><u>sem</u></b> instalações de segurança <b><u>nem</u></b> cobertura de celular e <b><u>inacessível por veículos off-road</u></b>	1
<b>5. Risco de acidentes</b>	
Sítio com <b><u>baixo risco de acidentes graves</u></b>	4
Sítio com <b><u>moderado risco de acidentes graves</u></b>	3
Sítio com <b><u>risco de acidentes graves</u></b>	2
Sítio com <b><u>alto risco de acidentes graves/fatais</u></b>	1
<b>6. Logística</b>	
Sítio próximo a <b><u>banheiros com fossa séptica ou ligados à rede de coleta de esgoto</u></b> , <b><u>com</u></b> lixeiras	4
Sítio próximo a <b><u>banheiros químicos</u></b> , <b><u>com</u></b> lixeiras, localizado <b><u>na área urbana ou próximo</u></b>	3
Sítio próximo a <b><u>instalações sanitárias de qualquer tipo</u></b> , <b><u>com</u></b> lixeiras, localizado <b><u>em áreas isoladas ou com restrição de acesso</u></b>	2
Sítio <b><u>sem</u></b> instalações sanitárias em geral <b><u>próximas</u></b> e/ou <b><u>sem</u></b> lixeiras, <b><u>independentemente da sua localização na ilha</u></b>	1

(continua)

<b>7. Densidade populacional</b>	
Sítio localizado <b><u>na área urbana</u></b>	4
Sítio localizado <b><u>próximo à área urbana ou em comunidades acessíveis por veículos</u></b>	3
Sítio localizado <b><u>junto às comunidades caiçaras acessíveis por trilhas ou embarcação</u></b>	2
Sítio localizado <b><u>no interior do PEIb e demais praias sem ocupação humana</u></b>	1
<b>8. Associação com outros valores (diversidade ambiental)</b>	
Ocorrência no sítio de aspectos culturais e/ou da biodiversidade <b><u>estudados ou reconhecidamente relevantes no sítio</u></b>	4
Ocorrência de aspectos culturais e/ou da biodiversidade <b><u>estudados ou reconhecidamente relevantes ao longo do caminho que leva ao sítio</u></b>	3
Ocorrência de aspectos culturais e/ou da biodiversidade <b><u>facilmente compreendidos pelos visitantes no sítio</u></b>	2
Ocorrência de aspectos culturais e/ou da biodiversidade <b><u>facilmente compreendidos pelos visitantes ao longo do caminho que leva ao sítio</u></b>	1
<b>9. Apelo cênico</b>	
Sítio do tipo <b><u>vista panorâmica, mirantes naturais ou reconhecidamente com alta atratividade turística (muito visitado)</u></b>	4
Sítio reconhecido como <b><u>atrativo turístico</u></b>	3
Sítio localizado em <b><u>área florestal junto a linha de costa ou em cursos d'água</u></b>	2
Sítio localizado na <b><u>área urbana junto a linha de costa ou em topo de morros</u></b>	1
<b>10. Unicidade</b>	
O sítio mostra recursos únicos e incomuns <b><u>em outros locais do Brasil e outros países</u></b>	4
O sítio mostra recursos únicos e incomuns <b><u>na região sudeste do Brasil</u></b>	3
O sítio mostra recursos únicos e incomuns <b><u>no Estado de São Paulo</u></b>	2
O sítio mostra recursos únicos e incomuns <b><u>no litoral norte do Estado de São Paulo</u></b>	1
<b>11. Condições de observação</b>	
<b><u>Todos</u></b> os elementos de geodiversidade são observados <b><u>em boas condições</u></b>	4
Cursos d'água ou vegetação dificultam a observação de <b><u>alguns elemento de geodiversidade</u></b>	3
Cursos d'água ou vegetação dificultam a observação dos <b><u>principais elemento de geodiversidade</u></b>	2
Existem obstáculos que quase obstruem a observação dos <b><u>principais elemento de geodiversidade</u></b> .	1
<b>12. Potencial interpretativo</b>	
O sítio apresenta elemento de geodiversidade <b><u>de forma muito clara e expressiva a todos os tipos de público</u></b>	4
O sítio apresenta elementos de geodiversidade compreendidos por <b><u>pessoas com contato prévio com as geociências ou interessadas no assunto</u></b>	3
O sítio apresenta elementos de geodiversidade compreendidos <b><u>apenas por pessoas com sólido conhecimento em geociências</u></b>	2
O sítio apresenta elementos de geodiversidade compreendidos <b><u>apenas por especialistas em alguma das áreas das geociências</u></b>	1

(continua)



13. Proximidade às áreas de lazer	
Sítio <b>considerado como área de lazer ou atração turística</b>	4
Sítio <b>localizado junto a uma área de lazer ou atração turística</b>	3
Sítio localizado <b>ao longo do caminho a uma área de lazer ou atração turística</b>	2
<b>Área de lazer ou atração turística localizadas ao longo do caminho ao sítio</b>	1

Fonte: modificado de Brilha (2016c)

Dos atributos apresentados (Quadro 5), 11 possuem também caráter educacional (exceto *Potencial interpretativo* e *Proximidade às áreas de lazer*).

Além da adaptação metodológica referente à classificação, foi excluído o indicador *Nível econômico*, relacionado à renda da população próxima aos sítios, considerada como potencial fonte de visitantes, uma vez que este é um dado homogêneo à área de estudo, onde o turismo encontra-se consolidado. Por outro lado, foi adicionado o atributo *Risco de acidentes*, o qual, embora sendo um aspecto relacionado à *Segurança*, refere-se à exposição do visitante a acidentes graves, mesmo em locais onde existam estruturas de proteção, dado às características naturais dos atrativos turísticos. Os perigos intrínsecos à utilização turística dos sítios, como cachoeiras, confirmam-se em decorrência de acidentes já ocorridos, registrados em jornais ou comunicados oralmente por moradores e funcionários do PEIb.

Após a classificação de atributo e definição dos índices numéricos, a avaliação final do potencial uso turístico consistiu na sua soma ponderada. O peso atribuído anteriormente ao *Nível econômico* foi somado ao *Potencial interpretativo*, tendo em vista sua maior relevância na seleção dos sítios mais favoráveis à interpretação da geodiversidade. Assim também, o peso do fator *Segurança*, inicialmente 10, conforme proposto por Brilha (2016), passou a ser 5, conferindo o mesmo valor ao *Risco de acidentes* observado em cada sítio. A Tabela 1 apresenta os pesos utilizados na quantificação do potencial turístico dos sítios de geodiversidade da área estudada.

**Tabela 1** - Pesos utilizados na quantificação do potencial uso turístico.

Atributos	Pesos (%)	Atributos	Pesos (%)
1. Vulnerabilidade	10	8. Associação com outros valores	5
2. Acessibilidade	10	9. Apelo cênico	15
3. Limitações de uso	5	10. Unicidade	10
4. Segurança	5	11. Condições de observação	5
5. Risco de acidentes	5	12. Potencial interpretativo	15
6. Logística	5	13. Proximidade de áreas de lazer	5
7. Densidade populacional	5	TOTAL	100

Fonte: modificado de Brilha (2016c).

Os sítios de geodiversidade apresentam significativo potencial para o desenvolvimento do turismo de aventura, representando uma alternativa de desenvolvimento econômico às comunidades tradicionais isoladas da Ilha de São Sebastião. A fim de promover esta modalidade turística, por meio da utilização de trilhas ainda não oficiais, no entanto reconhecidas pelo PEIb, foi realizada a quantificação do potencial turístico de aventura dos sítios de geodiversidade.

Para tanto, os atributos 'Acessibilidade', 'Limitações de uso', 'Logística' e 'Densidade populacional', tiveram seus índices numéricos invertidos (Quadro 6), pois representam fatores de relevância simetricamente opostos à prática do turismo de aventura, em relação ao convencional. Tal proposta baseou-se em publicações sobre turismo de aventura da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2005; 2015; ABNT; SEBRAE, 2016) e Ministério do Turismo (BRASIL, 2005; 2010).

**Quadro 6** - Parâmetros de avaliação do potencial uso no turismo de aventura.

<b>ATRIBUTO/CLASSES</b>	<b>ÍNDICES</b>
<b>2. Acessibilidade</b>	
Sítio acessível somente por <b><u>embarcação</u></b> ou por <b><u>veículos off-road</u></b> e <b><u>trilhas oficiais/reconhecidas pelo PEIb</u></b>	4
Sítio acessível por <b><u>veículos de passeio</u></b> e por <b><u>trilhas reconhecidas pelo PEIb ou oficiais classificadas pelo alto grau de severidade</u></b>	3
Sítio acessível por <b><u>veículos utilitários (Vans/Kombis)</u></b> e/ou por <b><u>trilhas oficiais do PEIb</u></b>	2
Sítio acessível por <b><u>veículos utilitários (Vans/Kombis)</u></b> e/ou por <b><u>trilhas menores que 200 metros</u></b>	1
<b>3. Limitações de uso</b>	
O sítio pode ser usado por turistas, mas <b><u>com controle do número de pessoas e apenas sob condições climáticas favoráveis</u></b>	4
O sítio pode ser usado por turistas, mas <b><u>apenas sob condições climáticas favoráveis</u></b>	3
O sítio pode ser usado por turistas, mas <b><u>com controle do número de pessoas</u></b>	2
O sítio <b><u>não tem limitações</u></b> para ser usado por turistas	1
<b>6. Logística</b>	
Sítio <b><u>sem</u></b> instalações sanitárias em geral <b><u>próximas</u></b> e/ou <b><u>sem</u></b> lixeiras, <b><u>independentemente da sua localização na ilha</u></b>	4
Sítio próximo a <b><u>instalações sanitárias de qualquer tipo, com</u></b> lixeiras, localizado <b><u>em áreas isoladas ou com restrição de acesso</u></b>	3
Sítio próximo a <b><u>banheiros químicos, com</u></b> lixeiras, localizado <b><u>na área urbana ou próximo</u></b>	2
Sítio próximo a <b><u>banheiros com fossa séptica ou ligados à rede de coleta de esgoto, com</u></b> lixeiras	1

(continua)

<b>7. Densidade populacional</b>	
Sítio localizado <b><u>no interior do PEIb e demais praias sem ocupação humana</u></b>	4
Sítio localizado <b><u>junto às comunidades caiçaras acessíveis por trilhas ou embarcação</u></b>	3
Sítio localizado <b><u>próximo à área urbana ou em comunidades acessíveis por veículos</u></b>	2
Sítio localizado <b><u>na área urbana</u></b>	1

Fonte: modificado de Brilha (2016c).

A quantificação final do potencial uso turístico de aventura considerou os mesmos pesos atribuídos ao turismo convencional, a fim de comparar a relevância dos sítios na hierarquização das duas modalidades turísticas.

### 2.3.2.2 Avaliação do Potencial Uso Educacional

Buscou-se identificar os sítios mais apropriados às atividades de conscientização ambiental, com ênfase aos aspectos geológicos. Pretendeu-se, com isso, dar suporte à atividade de interpretação, com reconhecimento dos sítios que traduzam com maior clareza a geodiversidade local, ou que sejam mais compreensíveis à maioria das pessoas.

Como mencionado anteriormente, a quantificação do potencial uso turístico compartilhou 11 atributos de caráter misto, os quais somados aos atributos apresentados a seguir (Quadro 7), foram ponderados especificamente para quantificação do potencial uso educacional (Tabela 2).

**Quadro 7** - Parâmetros de avaliação do potencial uso educacional.

<b>ATRIBUTO/CLASSES</b>	<b>ÍNDICES</b>
<b>12. Potencial didático</b>	
O sítio contém elementos de geodiversidade que podem ser usados <b><u>em todos níveis de ensino</u></b>	4
O sítio contém elementos de geodiversidade que podem ser usados <b><u>no ensino básico</u></b>	3
O sítio contém elementos de geodiversidade que podem ser usados <b><u>no ensino médio</u></b>	2
O sítio contém elementos de geodiversidade que podem ser usados <b><u>no ensino superior</u></b>	1
<b>13. Diversidade geológica</b>	
<b><u>Mais de três</u></b> tipos de elementos de geodiversidade existentes no sítio	4
<b><u>Três tipos</u></b> de elementos de geodiversidade existentes no sítio	3
<b><u>Dois tipos</u></b> de elementos de geodiversidade existentes no sítio	2
<b><u>Apenas um tipo</u></b> de elemento de geodiversidade existentes no sítio	1

Fonte: Brilha (2016c).

**Tabela 2** - Pesos utilizados na quantificação do potencial uso educacional.

Atributos	Pesos (%)	Atributos	Pesos (%)
1. Vulnerabilidade	10	8. Associação com outros valores	5
2. Acessibilidade	10	9. Apelo cênico	5
3. Limitações de uso	5	10. Unicidade	5
4. Segurança	5	11. Condições de observação	10
5. Risco de acidentes	5	12. Potencial didático	20
6. Logística	5	13. Diversidade geológica	10
7. Densidade populacional	5	TOTAL	100

Fonte: modificado de Brilha (2016c).

### 2.3.2.3 Avaliação do Risco de Degradação

Dois atributos utilizados na avaliação do risco de degradação foram apresentados anteriormente. No entanto, cabe frisar que se trata de uma abordagem diferente de classificação (BRILHA, 2016c). Enquanto *Acessibilidade* e *Densidade populacional* são fatores positivos para os potenciais usos turístico e educacional, são considerados aqui considerados como fatores agravantes do risco de degradação. Foram usados os seguintes critérios na quantificação do risco de degradação (Quadro 8).

**Quadro 8** - Parâmetros de avaliação do risco de degradação.

ATRIBUTO/CLASSES	ÍNDICES
<b>1. Degradação do elemento de geodiversidade</b>	
Possibilidade de deterioração de <b><u>todos elementos geológicos</u></b>	4
Possibilidade de deterioração dos <b><u>principais elementos geológicos</u></b>	3
Possibilidade de deterioração dos <b><u>elementos geológicos secundários</u></b>	2
Possibilidade reduzida de deterioração dos <b><u>elementos geológicos secundários</u></b>	1
<b>2. Proximidade de áreas / atividades com potencial de causar degradação</b>	
Sítio localizado <b><u>na área urbana</u></b>	4
Sítio localizado <b><u>próximos a atrativos turísticos e/ou comunidades tradicionais</u></b>	3
Sítio localizado <b><u>em área sem interferência antrópica, facilmente acessadas</u></b>	2
Sítio localizado <b><u>em área sem interferência antrópica, pouco acessíveis</u></b>	1
<b>3. Proteção Legal</b>	
Sítio localizado <b><u>fora</u></b> do PEIb ou Parque Municipal das e <b><u>próximo a área urbana</u></b>	4
Sítio localizado <b><u>fora</u></b> do PEIb ou Parque Municipal das Cachoeiras e <b><u>em áreas isoladas ou com limitação de acesso</u></b>	3
Sítio localizado <b><u>dentro</u></b> do PEIb ou Parque Municipal das Cachoeiras, <b><u>sem controle de acesso</u></b>	2
Sítio localizado <b><u>dentro</u></b> do PEIb ou Parque Municipal das Cachoeiras, <b><u>com controle de acesso</u></b>	1

(continua)

<b>4. Acessibilidade</b>	
Sítio acessível por <b>veículos utilitários (Vans/Kombis)</b> e/ou por <b>trilhas menores que 200 metros</b>	4
Sítio acessível por <b>veículos utilitários (Vans/Kombis)</b> e/ou por <b>trilhas oficiais do PEIb</b>	3
Sítio acessível por <b>veículos de passeio</b> e por <b>trilhas reconhecidas pelo PEIb ou oficiais classificadas pelo alto grau de severidade</b>	2
Sítio acessível somente por <b>embarcação</b> ou por <b>veículos off-road</b> e <b>trilhas oficiais/reconhecidas pelo PEIb</b>	1
<b>5. Densidade populacional</b>	
Sítio localizado <b>na área urbana</b>	4
Sítio localizado <b>próximo à área urbana ou em comunidades acessíveis por veículos</b>	3
Sítio localizado <b>junto às comunidades caiçaras acessíveis por trilhas ou embarcação</b>	2
Sítio localizado <b>no interior do PEIb e demais praias sem ocupação humana</b>	1

Fonte: modificado de Brilha (2016c).

Para quantificação final do risco de degradação dos sítios de geodiversidade, foram utilizados os pesos apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3** - Pesos utilizados na quantificação do risco de degradação.

Atributos	Pesos (%)
1. Degradação do elemento geológico	35
2. Proximidade de áreas / atividades com potencial de causar degradação	20
3. Proteção legal	20
4. Acessibilidade	15
5. Densidade populacional	10
TOTAL	100

Fonte: Brilha (2016c).

#### 2.3.2.4 Avaliação do Potencial Valor Científico

Uma vez que o conhecimento científico é a matéria-prima para interpretação do patrimônio geológico (TILDEN, 1977), a presente avaliação tem o objetivo principal de reconhecer os sítios de geodiversidade mais aptos a tal finalidade. No entanto, cabe destacar que, durante os trabalhos de campo, foi constatada a relevância científica de alguns locais, dada à representatividade de características litoestruturais e/ou geomorfológicas, e sobre os quais não foram encontradas referências na bibliografia consultada. Assim, buscou-se identificar ocorrências geológicas com potencial valor científico, porém, ainda desconhecidas pela comunidade geocientífica.

Inicialmente, foram utilizados os critérios do inventário do Estado de São Paulo (GARCIA et al., 2017), com adaptações nos atributos *Representatividade* e *Raridade*, em relação à dimensão da área de estudo (Quadro 9).

**Quadro 9** - Parâmetros de avaliação do potencial valor científico.

ATRIBUTO/CLASSES	ÍNDICES
<b>1. Representatividade</b>	
O sítio é <b>o melhor exemplo</b> na área estudada para ilustrar elementos e processos geológicos associados ao <i>geological framework</i> em consideração	4
O sítio é <b>um bom exemplo</b> na área estudada para ilustrar elementos e processos geológicos associados ao <i>geological framework</i> em consideração	2
O sítio <b>ilustra razoavelmente</b> elementos e processos geológicos associados ao <i>geological framework</i> em consideração	1
<b>2. Conhecimento científico</b>	
Existem publicações científicas classificadas como <b>A1 e A2</b> pela CAPES (a última atualização da WebQualis) dedicadas ao geossítio e à <i>geological framework</i> associada.	4
Existem publicações científicas classificadas como <b>B1, B2 e B3</b> pela CAPES (a última atualização da WebQualis) dedicadas ao geossítio e à <i>geological framework</i> associada.	2
Existem publicações científicas classificadas como <b>B4 e B5</b> pela CAPES (a última atualização da WebQualis) dedicadas ao geossítio e à <i>geological framework</i> associada.	1
<b>3. Integridade</b>	
Os principais elementos geológicos relacionados com o <i>geological framework</i> considerado <b>estão muito bem preservados</b>	4
Geossítio <b>não tão bem preservado</b> , mas os principais elementos geológicos relacionados com o <i>geological framework</i> em consideração ainda <b>são preservados</b>	2
Geossítio com <b>problemas de preservação</b> e com os principais elementos geológicos relacionados com o <i>geological framework</i> considerado encontram-se <b>bastante alterados ou modificados</b>	1
<b>4. Diversidade geológica</b>	
<b>Mais de três</b> classes de elementos de geodiversidade existentes no sítio	4
<b>Três classes</b> de elementos de geodiversidade existentes no sítio	2
<b>Duas classes</b> de elementos de geodiversidade existentes no sítio	1
<b>5. Raridade</b>	
O geossítio é o <b>único exemplo</b> conhecido na área estudada, associado ao <i>geological framework</i>	4
Existem <b>2 ou 3 exemplos</b> conhecidos na área estudada, associados ao <i>geological framework</i>	2
Existem <b>4 ou 5 exemplos</b> conhecidos na área estudada, associados ao <i>geological framework</i>	1

Fonte: adaptado de Garcia et al. (2017).

Brilha (2016) ressalta que a inexistência de trabalhos científicos diretamente relacionados aos sítios não implica baixo valor científico, podendo representar uma

nova ocorrência para o desenvolvimento de pesquisas. Na área estudada, este fato está relacionado à dificuldade de acesso aos sítios com potencial científico, localizados, principalmente, em terrenos montanhosos e costeiros, onde afloram rochas mesozoicas plutônicas e hipoabissais, cuja ocorrência regional é restrita à Ilha Montão de Trigo e aos Arquipélagos de Alcatrazes e de Ilhabela (PERROTA et al., 2005; HASSUI et al., 2012).

Frente a este cenário, os critérios de classificação do atributo *Conhecimento científico*, utilizados por Garcia et al. (2017) foram substituídos por outros mais abrangentes. Tal decisão se justifica pelo resultado nulo que todos os sítios apresentariam, pois não foram encontradas publicações conceituadas pela CAPES, diretamente sobre estes locais. Em contrapartida, considerou-se o vasto arsenal de trabalhos consultados sobre o contexto geológico regional da área estudada, em diversos ramos das geociências, realizados pelos Serviços Geológicos paulista (IG) e brasileiro (CPRM), Petrobras, Departamento Nacional de Pesquisa Mineral (DNPM), além de trabalhos publicados em revistas não indexadas e eventos científicos.

Tal proposta levou em conta os critérios apresentados por Brilha (2016), com modificações, de acordo com os tipos de referências bibliográficas encontradas. Foram utilizados, portanto, documentos técnicos, monografias (teses, dissertações ou trabalhos de conclusão de curso) e anais de eventos científicos, relacionados diretamente às classes temáticas representadas no sítio avaliado (*geological framework*, tema, subtema ou unidade de geodiversidade), conforme é apresentado no Quadro 10.

**Quadro 10** - Classificação alternativa do atributo Conhecimento Científico.

ATRIBUTO/CLASSES	ÍNDICES
<b>2. Conhecimento científico</b>	
Existem <b>publicações científicas em boletins e revistas internacionais</b> sobre sítio ou diretamente relacionado às classes temáticas em consideração	4
Existem <b>publicações científicas em boletins e revistas nacionais</b> sobre sítio ou diretamente relacionado às classes temáticas em consideração	2
Existem <b>documentos técnicos, monografias e/ou trabalhos publicados em eventos</b> sobre sítio ou diretamente relacionado às classes temáticas em consideração	1

Fonte: Brilha (2016c).

Por fim, o potencial valor científico foi avaliado, a partir da atribuição de pesos, conforme sua importância relativa, semelhantemente aos critérios adotados por Garcia et al. (2017), como observado na Tabela 4.

**Tabela 4** - Pesos utilizados na quantificação do potencial valor científico.

Atributos	Pesos (%)
1. Representatividade	30
2. Conhecimento científico	15
3. Integridade	25
4. Diversidade geológica	10
5. Raridade	20
TOTAL	100

Fonte: Garcia et al. (2017).

## 2.4 Interpretação da Geodiversidade e Patrimônio Natural Associado

As atividades realizadas nesta etapa visaram à proposta de um conteúdo interpretativo que capitalize a curiosidade e o interesse do público leigo sobre a geodiversidade de Ilhabela e o patrimônio natural associado. Para tanto, fundamentou-se nos seguintes princípios propostos pelo Serviço Nacional de Parques dos Estados Unidos, o qual tem se dedicado à interpretação do patrimônio natural em suas unidades de conservação desde sua criação, em 1916 (TILDEN, 1977):

- 1) Qualquer interpretação que, de alguma forma, não relaciona o que está sendo enquadrado ou descrito com a personalidade ou experiência do visitante, será estéril;
- 2) Interpretação é a revelação baseada em informações, ou seja, o intérprete começa quando os especialistas terminam, definindo o que é adequado para ser apresentado como fato. No entanto, às vezes, quando autoridades discordam sobre um assunto, ou se o mesmo ainda não foi elucidado satisfatoriamente, o intérprete deve apresentar ambos os lados, ou as dúvidas que ainda persistem e, assim, produzir um sentimento de confiança no ouvinte;
- 3) Analisar, interpretar e traduzir uma informação (científica) para uma linguagem artística, representam uma forma de respeitar a inteligência do interlocutor, sem pretender convencê-lo de que existe apenas uma maneira de compreender a realidade;



- 4) O objetivo principal da interpretação não é a instrução, mas a provocação. O conteúdo interpretativo e sua apresentação devem ser elaborados de forma objetiva, tendo em mente que as elocubrações teóricas e o refinamento pedagógico são uma chateação às pessoas de férias;
- 5) A interpretação deve priorizar o todo em vez da parte, endereçando-se ao ser humano pleno e não a uma fase específica de sua vida;
- 6) O conteúdo interpretativo endereçado a um público específico, por exemplo às crianças, não deve ser uma diluição da apresentação ao público em geral, no entanto, é recomendado seguir uma abordagem diferente, por meio de programas individuais.

Além das informações geradas nas etapas anteriores, a interpretação da geodiversidade apoiou-se em modelos teóricos sobre plumas mantélicas, corpos plutônicos e hipoabissais, estruturas intrusivas e níveis de dissecação (WERNICK, 2004; MOTOKI; SICHEL, 2006; HASUI, 2012; GILL, 2014). Recorreu-se também às informações contidas nos painéis interpretativos sobre a evolução geológica da Ilha de São Sebastiao (GEOHEREDITAS, 2017), a fim de integrar os resultados obtidos nesta pesquisa com as iniciativas já realizadas em Ilhabela (Figura 9).

O método adotado consistiu na simplificação das informações técnicas, considerando a limitação de abstração dos turistas e visitantes, em relação aos fatos geológicos e geomorfológicos com o qual estão em contato. Para tanto, recorreu-se ao uso de terminologias simplificadas, analogias e outros recursos que permitam conduzir o visitante por uma progressão de ideias, com o objetivo de provocar, relatar e revelar o significado e as relações do patrimônio natural e a experiência pessoal dos visitantes (SNH, 1997).

Com a extensão *ArcScene* do *software* ArGIS 10.3, foi gerado um modelo tridimensional, a partir da Rede de Triangulação Irregular (*Triangulated Irregular Network* – TIN) dos dados topográficos de detalhe, com exagero vertical de 1,5. Em seguida, com base na seleção dos sítios de geodiversidade mais aptos à promoção do geoturismo, traçou-se uma seção topográfica, seccionando o modelo 3D, com o intuito de apresentar as estruturas e materiais geológicos de sub-supefície.

Por fim, utilizando os *softwares* de desenho e edição de imagens, respectivamente *CorelDraw X8* e *Adobe Photoshop CC 2018*, foi confeccionado um cartograma ilustrativo. A concepção do produto final baseou-se nas ilustrações de

Yarham (2015) e Guizzo et al. (1995), os quais, de forma lúdica, publicaram, respectivamente, um guia de campo de interpretação de paisagens e um atlas ilustrado de feições e processos terrestres, com riqueza de detalhes e em linguagem acessível.

Vale ressaltar que, de acordo com as etapas da estratégia de geoconservação (LIMA et al., 2010; BRILHA, 2016c), os trabalhos realizados limitaram-se à elaboração do referido cartograma e pequenos textos em linguagem simplificada. A etapa subsequente será a de divulgação, por meio da confecção de produtos gráficos, como painéis, cartilhas etc., a qual requer o envolvimento de gestores do setor turístico de Ilhabela e especialistas em *design e marketing*.

**Figura 9** - Recorte de um dos painéis interpretativos sobre a geodiversidade da Ilha de São Sebastião.



Fonte: extraído de Geohereditas (2017).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo inicia-se com a apresentação dos resultados referentes à pesquisa bibliográfica, focando-se nos principais temas que embasaram o presente trabalho, nomeadamente, mapeamento geoambiental, geologia e geomorfologia de Ilhabela e corpos ígneos plutônicos e hipoabissais.

Em seguida, é apresentado o mapeamento da geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião, cujas informações estão organizadas em forma de mapas, tabelas, fotografias e textos.

No item seguinte, são apresentados o inventário e a avaliação dos sítios da geodiversidade, além de recomendações à sua proteção e diretrizes de uso em atividades turísticas.

Por fim, é apresentada uma síntese dos resultados, por meio de um cartograma interpretativo, com vistas aos projetos de valorização da geodiversidade e patrimônio natural associado.

#### 3.1 Revisão da Bibliografia

##### *3.1.1 Mapeamento Geoambiental: Histórico, Conceitos e Metodologias*

Com o objetivo de enquadrar conceitualmente o termo ‘mapeamento geoambiental’, são feitas algumas considerações sobre o desenvolvimento histórico de tais mapas, a partir daqueles que os antecederam, os mapas geotécnicos.

A elaboração de mapas geotécnicos teve início com o trabalho realizado por Willian Smith em porções da Inglaterra (1800 a 1815), visando projetos de canalização. Destes estudos emergiram os fundamentos da Geologia moderna, assim como a disseminação, em diversos países, de estudos geológicos aplicados a infraestrutura, mineração e planejamento urbano. Outro marco importante foi a publicação do Serviço Geológico Estadunidense em 1905, de um estudo de geologia urbana direcionado ao planejamento das obras do metrô de Nova Iorque (ZUQUETTE, 2011).

Em 1913, em uma exposição técnica de construção, na cidade alemã de Langen, foram apresentados documentos cartográficos com indicações das áreas inundáveis e locais de extração de materiais. Este trabalho marcou o início da fase

moderna dos mapeamentos geotécnicos, com o desenvolvimento de técnicas que aperfeiçoaram o conteúdo e sua representação cartográfica. No entanto, a fase mais criativa, em termos metodológicos, ocorreu no período pós-segunda guerra, durante as décadas de 1940 e 1950, tendo em comum a aplicação dos resultados para reconstrução das cidades europeias (ZUQUETTE; GANDOLF, 2004).

Durante a década de 1950, observou-se a tomada de consciência, em nível global, dos problemas ambientais causados pelas atividades humanas, decorrentes, principalmente, da revolução industrial, iniciada no fim do século XVIII. O advento da produção em massa de bens de consumo agravou as complicações ambientais nos países europeus, com a exploração desordenada de matéria prima e a poluição de centros urbanos. Tal cenário se espalhou por todo o mundo, a partir da metade do século XIX, culminando no emblemático evento ocorrido na Baía de Minamata, ao sul do Japão, em 1959, comumente citado como o fator que contribuiu para o desenvolvimento das políticas ambientais modernas (GEORGE, 2002; IMURA, SCHREURS, 2005).

Neste contexto, em 1955, foi realizado o Simpósio Internacional sobre o Papel do Homem nas Mudanças da Superfície da Terra, nos Estados Unidos, com o envolvimento de uma variedade de especialistas de diferentes disciplinas. As discussões ocorridas nesta ocasião inauguraram um novo tipo de publicação científica, ressaltando a ideia de que a humanidade é um agente ativo de modificação do meio ambiente (WOLF, 1957; THOMAS Jr., 1959). Segundo Zuquette (2015; p. 4), “o relatório produzido neste evento circunscreve a origem dos estudos geoambientais, ao introduzir uma abordagem de análise conjunta dos processos naturais e da influência antrópica, com foco em uma porção restrita da superfície terrestre.”

O autor supracitado refere-se, ainda, à compilação realizada pelo Serviço Geológico Britânico, em 1987, de mapas de geologia de engenharia multifinalitários, como precursora do mapeamento geoambiental. Foram elaborados 14 mapas temáticos, denominados ‘mapas geológicos ambientais’, destinados ao planejamento do uso da terra e gestão dos recursos hídricos e minerais, a partir de dados sobre litoestratigrafia, hidrogeologia, geotecnia, geomorfologia e engenharia de minas. Os produtos apresentados contêm seções representativas, legendas descritivas e tabelas com grande volume de informações sobre propriedades geotécnicas dos materiais rochosos e terrosos, nível freático, declividade das encostas e escorregamentos, localização e extensão de ocorrências minerais etc. (FOSTER et al., 1987).

Entretanto, cerca de 20 anos antes, proliferaram as metodologias de mapeamentos geológicos aplicados, sob diferentes denominações. Esta fase foi marcada pela criação da Comissão de Mapeamento de Geologia de Engenharia da Associação Internacional de Geologia de Engenharia em 1968, levando à publicação, pela UNESCO, do guia para elaboração de mapas geotécnicos e à confecção de inúmeros documentos cartográficos em diversos países, inclusive no Brasil (FRANCO et al., 2010). Desde então, observa-se o desenvolvimento de duas correntes de mapeamentos geológicos aplicados (ZUQUETTE, 1987):

- Os *mapeamentos geotécnicos* ou de *geologia de engenharia*, cuja elaboração apoia-se em atributos de interesse ao uso direto, geralmente com dados quantitativos oriundos da Geologia de Engenharia, Mecânica de Solos e Rochas, reproduzindo informações pragmáticas e recursos gráficos específicos. Seu objetivo é a delimitação de unidades, a partir de propriedades ou comportamentos geotécnicos, cujos limites são definidos pela variação dos aspectos físicos e mecânicos dos materiais geológicos (ZUQUETTE; NAKAZAWA, 1997).

- Os *mapeamentos geoambientais*, inicialmente denominados *geológicos ambientais* ou *geocientíficos*, que possuem enfoque descritivo/qualitativo do meio físico e de difícil uso direto no planejamento de obras de engenharia. Segundo Vedovello (2004), esta categoria deve ser

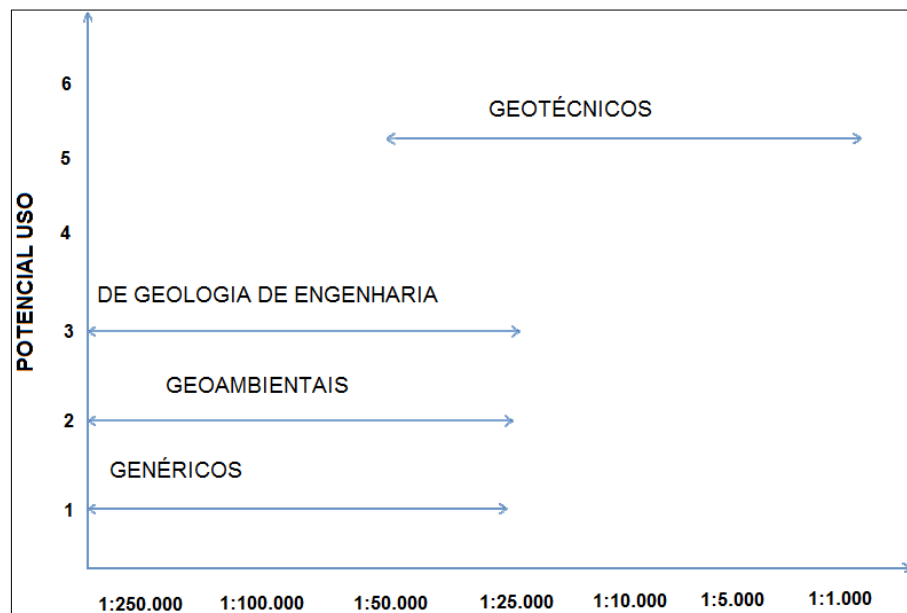
entendida de forma ampla, como todo o processo envolvido na obtenção, análise, representação, comunicação e aplicação de dados e informações do meio físico, considerando-se as potencialidades e fragilidades naturais do terreno, bem como os perigos, riscos, impactos e conflitos decorrentes da interação entre as ações humanas e o ambiente fisiográfico. Pode-se por isso incorporar elementos bióticos, antrópicos e sócio-culturais em sua análise e representação. Nesta concepção a cartografia geotécnica estaria incluída no escopo geral da cartografia geoambiental (VEDOVELLO, 2004. p. 337).

Cabe ressaltar que a principal diferença entre estas categorias de mapeamento dá-se em termos de conteúdo e finalidade, ou seja, do tipo de dados analisados, da escala e da aplicação dos resultados (ZUQUETTE, 1987). No caso dos mapas geoambientais, são utilizadas informações básicas, depreendidas de levantamentos primários, como mapeamentos. Seus resultados são multifinalitários, ou seja, voltados a temas mais amplos, tais como: planejamento ambiental, geoindicadores, geologia médica, geoecologia, patrimônio geológico e turismo, gestão sustentável de subsuperfície e questões transfronteiriças (IUGS - GEM, 2005; ZEKŤSER; MARKER, 2006).

Levando em conta o escopo dos mapeamentos, Zuquette (2015) lembra que as denominações das categorias de mapas ainda são muito variadas e, muitas vezes, não condizem com os conteúdos apresentados. Este problema impossibilita a replicação dos mapeamentos ou sua adoção como normas ou regulamentações.

O referido autor, baseado em diversos documentos elaborados pela IAEG, AEG, entre outros, apresenta uma relação entre quatro categorias de documentos cartográficos, seu potencial uso no planejamento territorial e escalas de elaboração (Figura 10). Os mapas geoambientais diferem dos mapas geotécnicos e de geologia de engenharia, principalmente pelo enfoque generalista, com base em uma visão sistêmica do meio físico e sua interação com aspectos bióticos e socioculturais. Seu emprego destina-se às questões ambientais gerais, como mencionadas anteriormente, no entanto, adequado aos estudos que exigem uma análise semi-detalhada do meio físico, ou seja, mapas com escalas de até 1:20.000.

**Figura 10** - Tipos de documentos cartográficos, escalas mais frequentes e potencial de uso no Planejamento Territorial.



Fonte: Zuquette (2015).

Em termos metodológicos e conceituais, o desenvolvimento da informática, a partir da década 1960, marcou definitivamente a especialização dos mapeamentos geoambientais, como consequência do uso da cartografia digital, SIG e bancos de dados georreferenciados. Isto possibilitou o processamento de um grande volume de

dados e análises mais complexas das componentes do meio físico e sua relação com os meios biótico e antrópico.

De acordo com Silva e Dantas (2012), os conceitos pioneiros sobre mapas geoambientais no Brasil foram introduzidos por pesquisadores do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1986, 1990), da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (THEODOROVICZ, 1994; CORRÊA; RAMOS, 1995; THEODOROVICZ et al., 1998, 2000), e do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT, 1999) além de trabalhos acadêmicos (OHRARA, et al., 1996; CARDENAS, 1999). No âmbito internacional, destacam-se os mapas geocientíficos e geológicos ambientais elaborados a partir da década de 1970, dos quais podem ser citados:

- ***Geoscientific maps of the environment as an essential tool in planning*** (LUTTIG, 1978);
- *Nature to be Commanded: **Earth-science maps** applied to land and water management* (ROBINSON; SPIEKER, 1978);
- ***Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia*** Diputación Provincial de Valencia, Valencia (CENDRERO, et al., 1986);
- ***Environmental geology maps of Bath and the surrounding area for engineers and planners*** (FOSTER et al., 1987);
- ***Thematic applied Quaternary maps--a profitable investment or expensive wallpaper?*** (DE MULDER, 1988);
- ***Environmental geology mapping in Czechoslovakia*** (MOLDAN, 1988);
- ***Applied Earth Science Mapping for Planning, Development and Conservation*** (MARKER; McCALL, 1990);
- ***Geoscientific maps for planning in semi-arid regions: Valencia and Gran Canaria, Spain*** (CENDRERO, et al., 1990).

Finalmente, em 1990, os estudos geoambientais foram reconhecidos como uma área das geociências, com a criação da Comissão de Geociências para o Planejamento Ambiental, pela União Internacional das Ciências Geológicas. Esta comissão foi substituída, em 2004, pela Comissão de Geociências para Gestão Ambiental, a qual ainda se mantém atuante (IUGS – GEM, 2016).

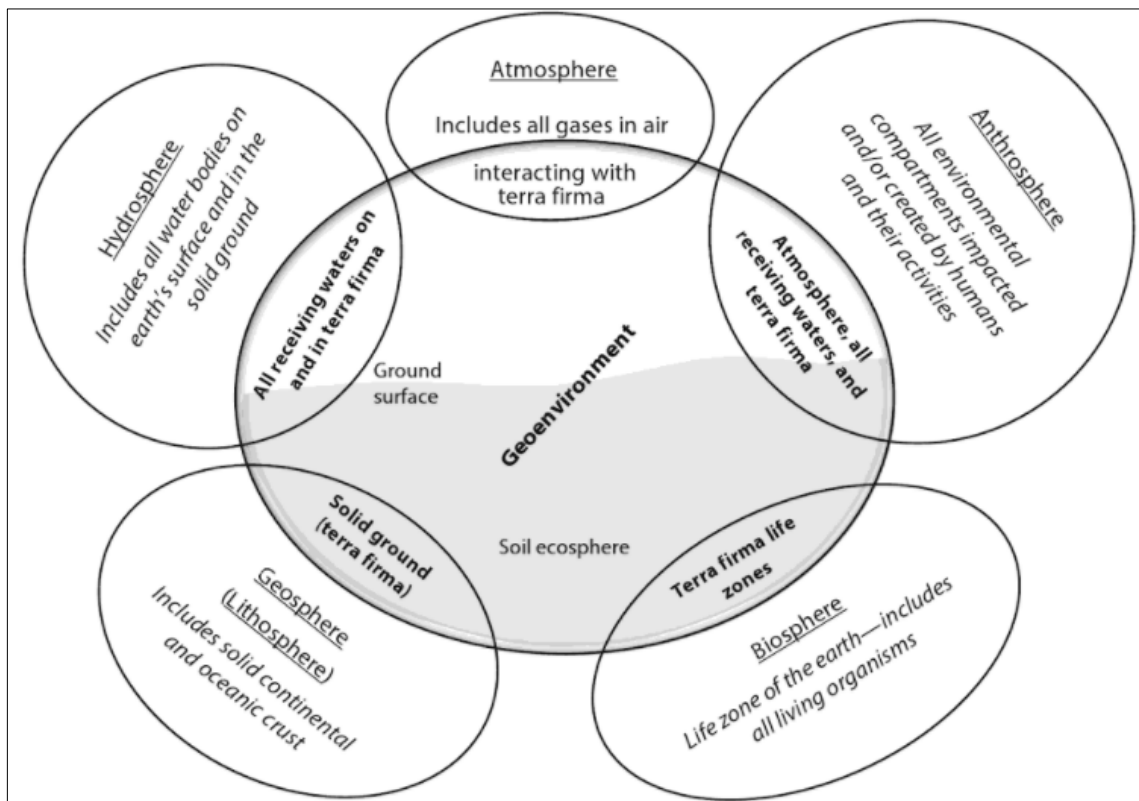
Em 1995, Aswathanarayana (apud BOBROWSKY, 2002) introduziu o termo geoambiente, ao referir-se à parte superior da litosfera afetada pelas atividades

humanas. Apesar do caráter simplista, esta definição engloba o conceito de geodiversidade, à medida que o meio físico é visto como um sistema complexo, representando o substrato de todos os processos ambientais, naturais e antrópicos.

Neste sentido, Young et al. (2014, p. 4) apresentaram uma proposta conceitual mais abrangente e interdisciplinar, de cunho ecossistêmico. Estes autores definem o geoambiente como “um compartimento específico do meio ambiente, e como tal, tratam-se de vários elementos e interações que ocorrem no domínio definido pela massa de terra seca e sólida identificada como terra firme”.

Claramente baseada no conceito de *land* (FAO, 1976; MOHAMED; ANTIA, 1998), a definição de geoambiente consiste, portanto, em uma unidade espacial mapeável, resultante da interação entre Geosfera, Atmosfera, Hidrosfera, Biosfera e Antroposfera. (Figura 11).

**Figura 11** - Componentes ecossistêmicas do geoambiente.



Fonte Yong, et al. (2014).



### 3.1.1.1 Abordagem Sintética

Diversos autores têm se dedicado à discussão sobre as metodologias de mapeamento do meio físico aplicado a gestão ambiental e planejamento de obras de engenharia. A fim de evitar um texto excessivamente extenso, optou-se por uma discussão direta sobre a metodologia de mapeamento empregada nesta pesquisa, porém, informações mais detalhadas podem ser encontradas em Zuquette (1987, 1993), Cendrero (1989), Derman (1991), Pejon e Zuquette (1995), Ross (1995), Lollo (1995), Vedovello e Mattos (1998), Adams (1998), Zuquette e Gandolfi (2004), Zaine (2011), Diniz (2012) e Griffiths et al. (2012).

Em linhas gerais, as metodologias de mapeamento aplicado são classificadas em dois grupos, segundo os procedimentos de coleta, análise interpretação e síntese dos dados do meio físico (CENDRERO, 1989). O método analítico fundamenta-se na elaboração e sobreposição de uma série de mapas temáticos para a obtenção de mapas-diagnóstico. Já, o método sintético parte da uma abordagem fisiográfica para a definição de unidades homogêneas.

Os trabalhos de Grant (1970; 1974) e Cooke et al. (1982) podem ser considerados pioneiros sob o enfoque sintético, os quais constituem sistemas de classificação de terrenos baseados em critérios geológicos e geomorfológicas. Dentre os primeiros trabalhos analíticos, Pejon e Zuquette (1995, p. 26) citam o uso das cartas de fatores pela metodologia francesa (SANEJOUAND, 1972) e os mapas analíticos da classificação da IAEG (1976).

### 3.1.1.2 Análise Integrada do Meio Físico

A partir de uma perspectiva geográfica, Ross (1995) introduziu os conceitos de análise multitemática e análise integrada, ao referir-se às abordagens metodológicas supracitadas. O referido autor centrou sua discussão em procedimentos metodológico-operacionais mais adequados aos estudos geoambientais, e enfatizou a importância da espacialização dos dados, por meio dos sistemas de informações geográficas.

As pesquisas geoambientais multitemáticas foram verticalizadas, com a geração de uma multiplicidade de produtos cartográficos temáticos, tendendo a ser de custo e tempo maiores, pois envolvem um grande volume de trabalho, produtos e

profissionais. Este procedimento caracteriza-se por ser inicialmente analítico, onde os temas em questão têm seu objeto próprio de análise, suas concepções teórica e metodológica, e objetivos específicos. Posteriormente, passa-se a uma abordagem sintética, em que múltiplos produtos cartográficos, alguns com características analíticas e outros de síntese, são cruzados diretamente ou em associações específicas, sucessivamente, até se chegar a um mapa de síntese final.

A análise integrada possui caráter analítico-sintético e, segundo Ross (1995), seus procedimentos técnico-metodológicos baseiam-se em Sistemas de Terreno, ou *Land Systems Approach*. Este método tem como ponto de partida a análise e a classificação dos padrões de fisionomia do terreno ou padrões de paisagem, os quais, uma vez individualizados e cartografados, são o referencial para o início da pesquisa síntese. Os trabalhos seguintes são conduzidos no sentido de obter os dados representativos do contexto geoambiental em estudo, não havendo obrigatoriedade de verticalização das informações, ou setorização por categorias temáticas. Assim, é gerado um produto cartográfico único, compartimentado em unidades homogêneas, cujas características de solo, geomorfologia, geologia, uso e cobertura da terra, entre outros, são apresentadas de forma integrada, com informações sintetizadas (ROSS, 1995).

Embora seja necessário um volume razoável de informações prévias, este procedimento se sobressai por não depender, exclusivamente, de mapas temáticos em escala compatível ao mapeamento em execução. A pesquisa-síntese, portanto, é realizada a partir da interpretação de dados secundários e da integração das informações no mapa final, conforme os mapeamentos realizados por Zaine (2000; 2011) Tinós, (2011), Rodrigues; Zaine (2013), Coelho et al. (2016), Diniz et al. (2016) Amorim et al. (2017).

### 3.1.1.3 Terrain Evaluation

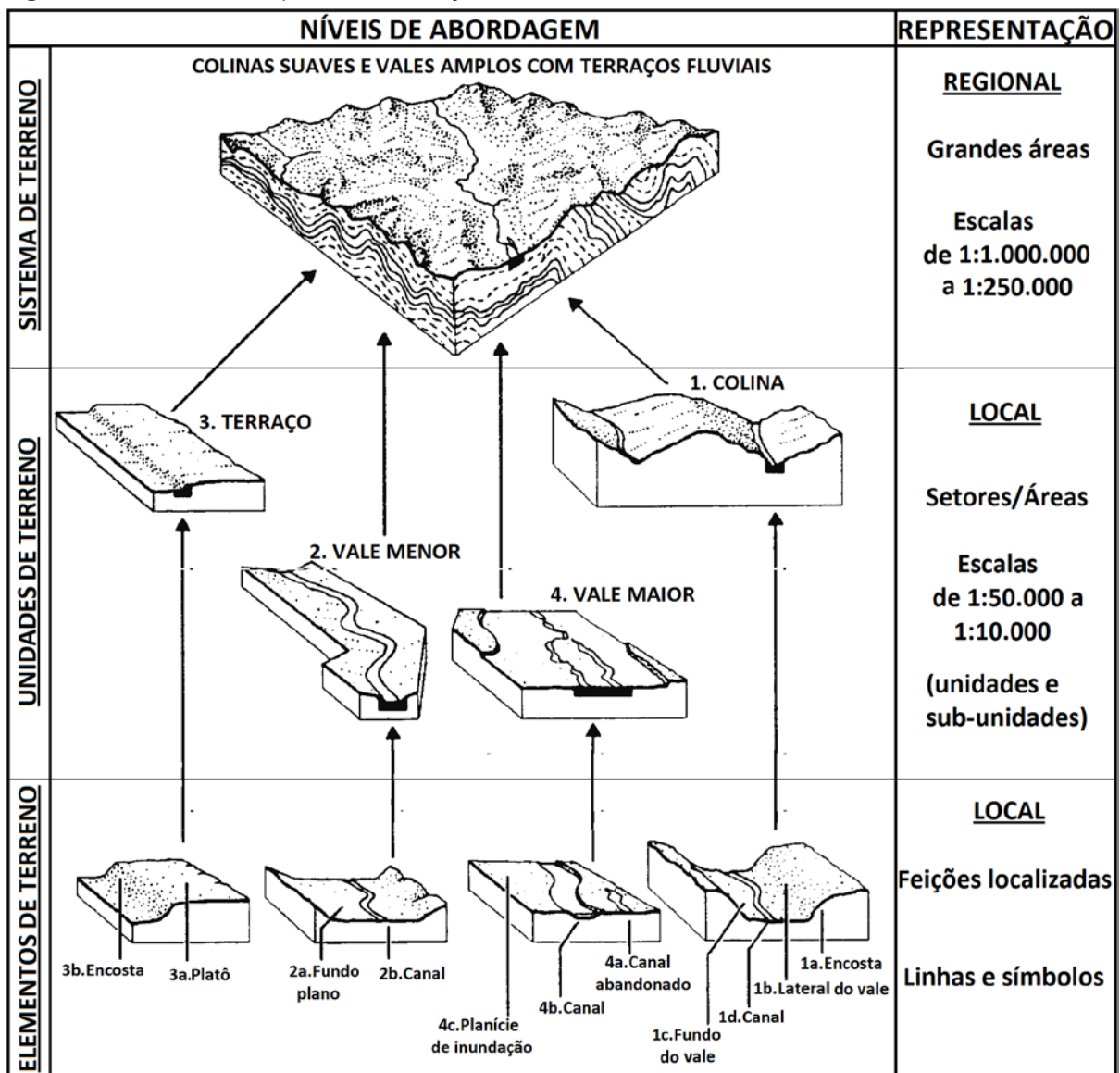
O *Land Systems Approach* (Figura 12) consiste no uso de níveis hierárquicos nos estudos de *landforms*, por meio da técnica de *Terrain Evaluation*, ou Avaliação do Terreno (COOKE, et al., 1982; COOKE; DOORNKAMP, 1990).

Segundo Lollo (1995), os primeiros trabalhos sobre este tema datam do início da década de 1950 e visavam o zoneamento regional multifinalitário em unidades cada vez menores (função da escala e da finalidade pretendidas). Desde então,

diversas metodologias foram desenvolvidas, com foco na interligação entre os elementos da paisagem.

No entanto, de acordo com Zuquette e Gandolfi (2004), as raízes desta técnica remontam à origem da pesquisa geomorfológica, com os trabalhos de Gilbert (1877) e Davis (1889), sobre os processos de esculturação e evolução da paisagem. As primeiras aplicações dos estudos dos *landforms*, como critério de descrição regional, se devem a Herbertson (1905), e a contribuição mais significativa é atribuída a Bourne (1932), o qual introduziu o princípio da similaridade dos elementos da paisagem.

Figura 12 - Níveis hierárquicos de avaliação do terreno.



Fonte: modificado de Cooke, et al. (1982).

Na técnica *Terrain Evaluation*, são caracterizadas, interpretadas e avaliadas feições terrestres superficiais e de subsuperfície, não profundas, por meio da

combinação de técnicas de mapeamento direto. Destina-se, com isso, à elaboração de modelos geológico-geomorfológicos conceituais, considerando as condicionantes de evolução do terreno, tais como materiais, estruturas e processos geológicos, fluxo das águas e avanço da frente intempérica. Também denominada *Terrain Classification*, esta técnica não envolve procedimentos de escavação, geofísicos ou similares (MEIJERINK, 1988; LOLLO, 1995; DINIZ, 2012).

Quanto ao emprego dos princípios do *Terrain Evaluation*, para fins de geologia de engenharia e ambiental, cabe destacar o sistema P.U.C.E. *Pattern, Unit, Component Evaluation* (AITCHSON; GRNT, 1967; GRANT, 1970). Esta metodologia baseia-se, também, no princípio da similaridade dos elementos da paisagem, e possui íntima relação com o *Land Systems Approach*, haja vista que ambos compartilham os mesmos níveis hierárquicos: Padrões (*P.U.C.E*) ou Sistemas (*L.S.A.*), Unidades (ambos) e Componentes (*P.U.C.E*) ou Elementos (*L.S.A.*). Os fatores de classificação dos terrenos são analisados conforme o nível hierárquico em consideração e cartografados segundo uma nomenclatura codificada, sendo essencialmente geomorfológicos, geológicos, sobre solos e cobertura da terra (Quadro 11).

**Quadro 11** - Formas de análise para cada classe do terreno.

	<b>Classes do terreno</b>	<b>Fatores do Terreno para discussão</b>
Província	Definida como geologicamente homogênea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geologia (grupo, fm., etc.)</li> </ul>
Padrão do Terreno	Definida com base em critérios geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paisagem</li> <li>• Características básicas do solo, vegetação, rochas</li> <li>• Padrão de drenagem</li> </ul>
Unidades do Terreno	Definida por uma forma de relevo e sua associação de solo e vegetação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formas de relevo</li> <li>• Principais características dos solos, rochas e formações vegetais</li> </ul>
Componentes do terreno	Definido com base na integração de critérios do meio físico e uso do da terra	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de talude</li> <li>• Litologia</li> <li>• Solo</li> <li>• Associação da vegetação</li> </ul>

Fonte: Zuquette (1993).

#### 3.1.1.4 Landscape Approach

A abordagem da paisagem (tradução literal) constitui esta modalidade de avaliação do terreno caracterizada pelo enfoque fisiográfico de análise dos *landforms*, com base em um conjunto de observações fotointerpretativas e de campo (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Os estudos fisiográficos partem de uma concepção geomorfológica a respeito da imanência dos materiais geológicos, frente ao antagonismo das forças geradoras do relevo (processos endógenos e exógenos do planeta Terra). Como consequência, a fisiografia do terreno é determinada em termos genéticos, espaciais e temporais, ou seja, pela relação direta da dimensão das formas de relevo, sua idade e processos (PENCK, 1953; ROSS, 1992).

A obtenção de informações sobre o meio físico resulta de um procedimento sistemático de fotogeologia, compreendido como o conjunto de técnicas de leitura, análise e interpretação de elementos texturais das fotografias aéreas e imagens de satélite. Desta forma, a identificação de diferentes zonas homólogas na imagem corresponde a diferentes áreas do meio físico, onde ocorre uma associação determinada dos componentes deste compartimento. Para tanto, os critérios utilizados são: tom, cor, topia, assimetria, estruturas, frequência, distribuição dos elementos texturais, e visam à integração de dados, por meio da análise lógica dos sistemas de drenagem, níveis de dissecação e rugosidade do relevo, características dos *landforms* (morfologia e morfometria), alinhamentos e lineações estruturais, condições hidrogeológicas, de solo e cobertura da terra (RAY, 1963; GUY, 1966; RIVEREAU, 1972; SOARES; FIORI, 1976).

Dentre as aplicações dos estudos fisiográficos, destaca-se a inferência de informações do meio físico de naturezas diversas, representando tanto características da área individualizada, como propriedades dos materiais que a compõem. Objetiva-se com isso, a obtenção de dados qualitativos e semi-quantitativos de fatores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos e geotécnicos. É possível, assim, caracterizar não apenas as feições superficiais ou elementos da paisagem, mas, avaliar os processos terrestres exógenos e endógenos, pretéritos e atuais, e classificar os horizontes de alteração de rocha, solos e sedimentos (VENEZIANI; ANJOS, 1982; RIEDEL, 1988; VAZ, 1996; VEDOVELLO; MATTOS, 1998; VEDOVELLO, 2008; ZAINÉ, 2011).

#### 3.1.1.5 Landscape Evaluation

A Avaliação da Paisagem (tradução literal), tem sido o campo de atuação dos geomorfólogos há cerca de 150 anos, partindo de dois pressupostos (GRIFFITHS et al., 2012; DANTAS et al., 2015):

- a paisagem é resultado da interação dos componentes do meio abiótico e da atuação combinada dos processos terrestres endógenos e exógenos;
- a paisagem é um conceito de abrangência interdisciplinar, composta por aspectos culturais e biogeofísicos em contínua transformação.

Com a emergência da Teoria dos Sistemas, a partir dos anos de 1950, o conceito de paisagem passou a ser apreendido sob uma perspectiva lógica-objetiva, como um sistema natural. Como resultado, derivaram duas linhas de análise sistêmica da paisagem (DANTAS et al., 2015):

- Teoria dos Geossistemas: análise estrutural, hierarquizada e sistêmica da paisagem, por meio da superposição e interação de diversos *layers* e representada pelas escolas soviética, com enfoque biogeográfico, e a francesa, com enfoque geológico-geomorfológico.
- Geoecologia: com enfoque no conceito de paisagem natural e ecossistema, esta vertente foi inaugurada pela escola alemã e, posteriormente, desenvolvida por pesquisadores holandeses e estadunidenses, os quais forjaram o termo Ecologia da Paisagem. Esta abordagem consiste na análise sistêmica da paisagem, por meio de uma dinâmica de fluxos e redes de matéria e energia, integrando variáveis ambientais e antrópicas, resultando em uma unidade mapeável, com características singulares (geobiofísicas e socioeconômicas) que a definem e distinguem das demais unidades.

Griffiths, et al. (2012) enfatizam que a interação a longo prazo dos processos formadores das paisagens contemporâneas é objeto de investigação transdisciplinar da geologia e da geomorfologia. Reconhecendo a íntima relação entre os elementos da paisagem e as atividades humanas, os referidos autores ressaltam a importância da *Landscape Evaluation* na geotecnia e estudos geoambientais.

Sob esta perspectiva, Fookes e Gray (1987 apud DINIZ, 2012) lembram que, enquanto a Geologia se relaciona com comportamento das águas subterrâneas e materiais rochosos, a Geomorfologia centra-se nas águas superficiais, materiais inconsolidados e solos. A Geomorfologia também constituiu a chave para o mapeamento de fatos abióticos da natureza, aplicado às obras de engenharia e planejamento ambiental, permitindo identificar limites entre os sistemas, com base nas características do relevo, bem como a análise dos processos geológicos exógenos,

como erosão, escorregamento e inundação. Outros conceitos geomorfológicos relevantes são apresentados a seguir (Quadro 12).

**Quadro 12** - Conceitos geomorfológicos relevantes à geologia de engenharia e ambiental.

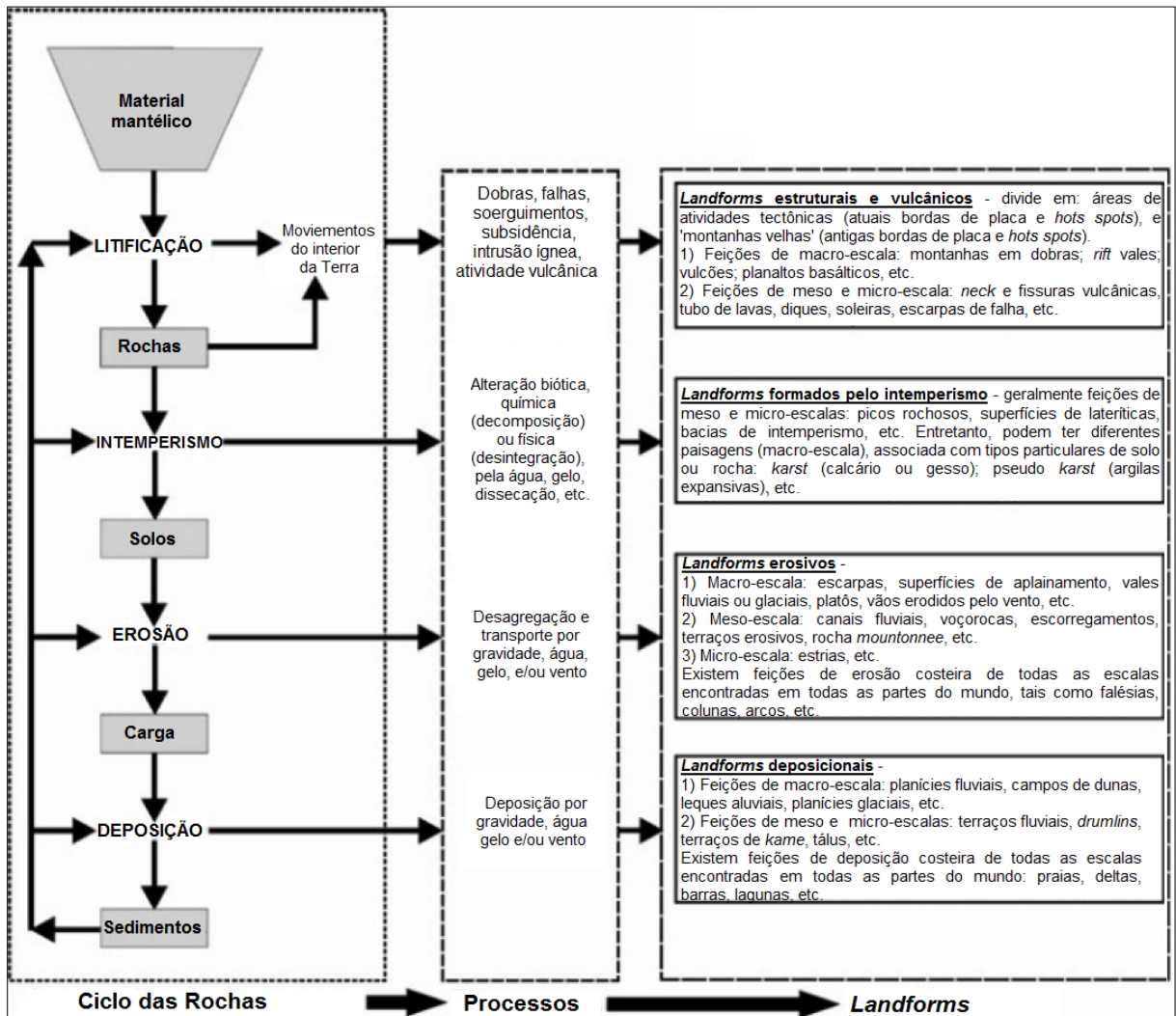
<b>Conceitos</b>	<b>Detalhes</b>
Sistemas sucessivos	Sistemas sedimentares, Ciclos geomorfológicos; Sistemas terrestres
<i>Landforms</i> controlados climaticamente	Geomorfologia climática
<i>Landforms</i> controlados por estruturas tectônicas, e litológicas	<i>Landforms</i> e processos associados com atividade ígnea, estruturas e litologia; geomorfologia tectônica
Taxa de mudança da paisagem	Limiars; magnitude e frequência; formas de equilíbrio
Tempo e aplainamento	Ciclos erosivos: peneplanização, pediplanização, etchplanização; alguns modelos de superfícies tectônicas
Palimpsesto	Paisagens multifacetadas

Fonte: Griffiths, et al. (2012).

Por fim, cabe reconhecer a adequação das metodologias de mapeamentos apresentadas em estudos da diversidade abiótica da natureza, representada pela variabilidade de materiais, formas, estruturas e processos, quer estejam em superfície, como em subsuperfície.

É correto afirmar, portanto, que o mapeamento geoambiental contempla, satisfatoriamente, a geodiversidade, à medida que centra sua análise em *landforms*, os quais, por sua vez, são registros contemporâneos dos ciclos das rochas e processos geomorfológicos, ou seja, da história do planeta Terra (Figura 13).

Figura 13 - Relação entre o ciclo das rochas, processos geomorfológicos e *landforms*.



Fonte: Griffiths, et al. (2012, p. 608).

### 3.1.2 Trabalhos Anteriores sobre a Geologia e Geomorfologia de Ilhabela

O primeiro trabalho com referência às rochas do arquipélago de Ilhabela é do naturalista alemão Hermann Friedrich Albrecht von Ihering (1897), o qual, embora centrado no estudo da fauna marinha, contou com informações do geólogo estadunidense Orville Adelbert Derby, conforme apresentado a seguir:

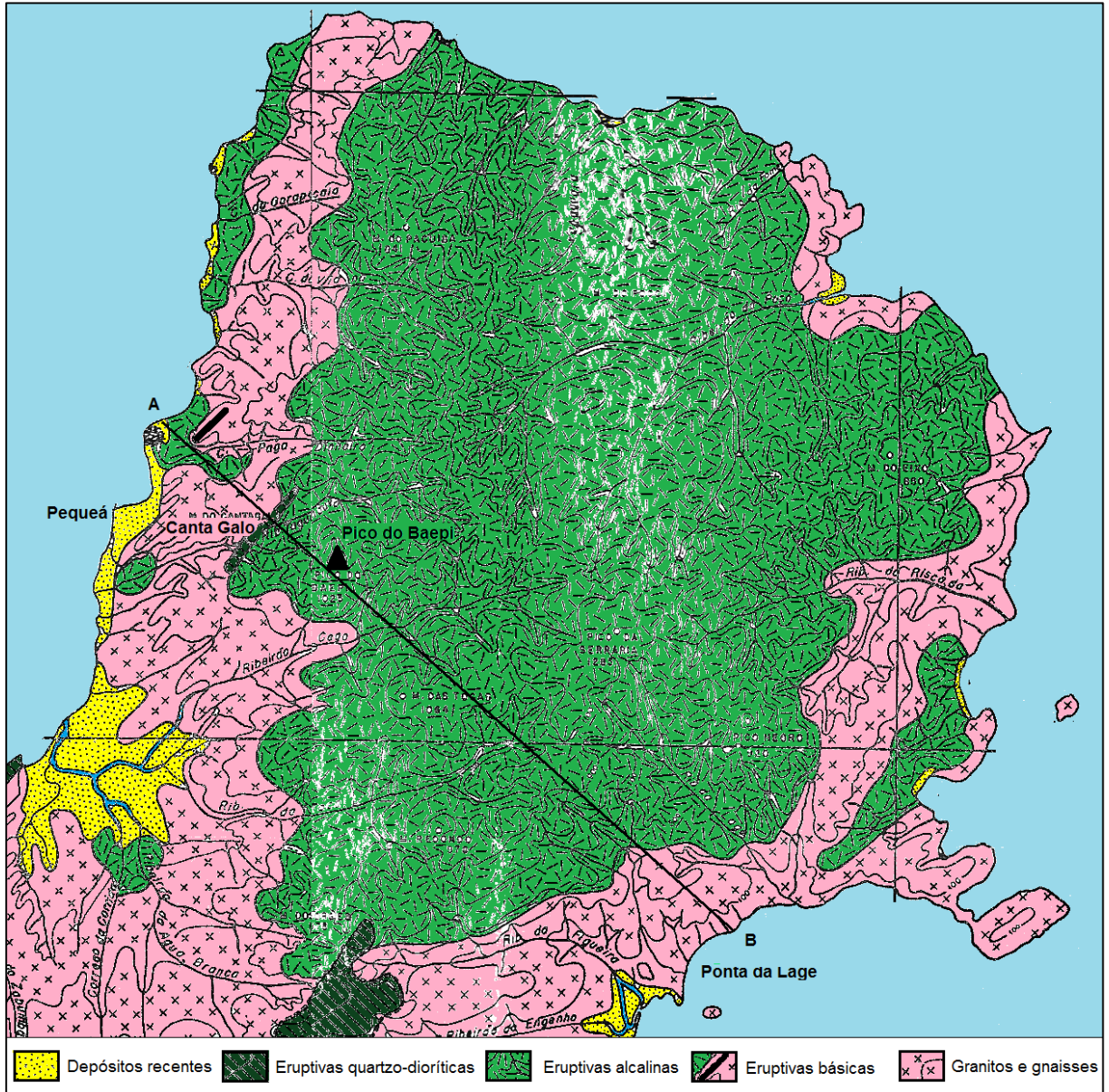
A pedra chamada ita-una é também encontrada na ilha, à beira do canal em vários lugares. É uma pedra compacta, escura, que tem o nome científico de augito-porphiro, conforme a informação que amavelmente me deu o Dr. O. Derby. O lugar mais conhecido onde se encontra esta ita-una é Pedras dos Sinos (IHERING, 1897. p. 146).

Em 1947, Ruy Ozório de Freitas publicou o primeiro mapa geológico da Ilha de São Sebastião, na escala de 1:100.000 (Figura 14), com algumas conclusões equivocadas, retificadas posteriormente por outros pesquisadores. Da mesma forma



o autor corrigiu o comentário de Derby (supracitado), o qual, por falta de dados, classificou como basalto as rochas alcalinas das Pedras do Sino.

**Figura 14** - Enquadramento da área de estudo no primeiro mapa geológico da Ilha de São Sebastião.

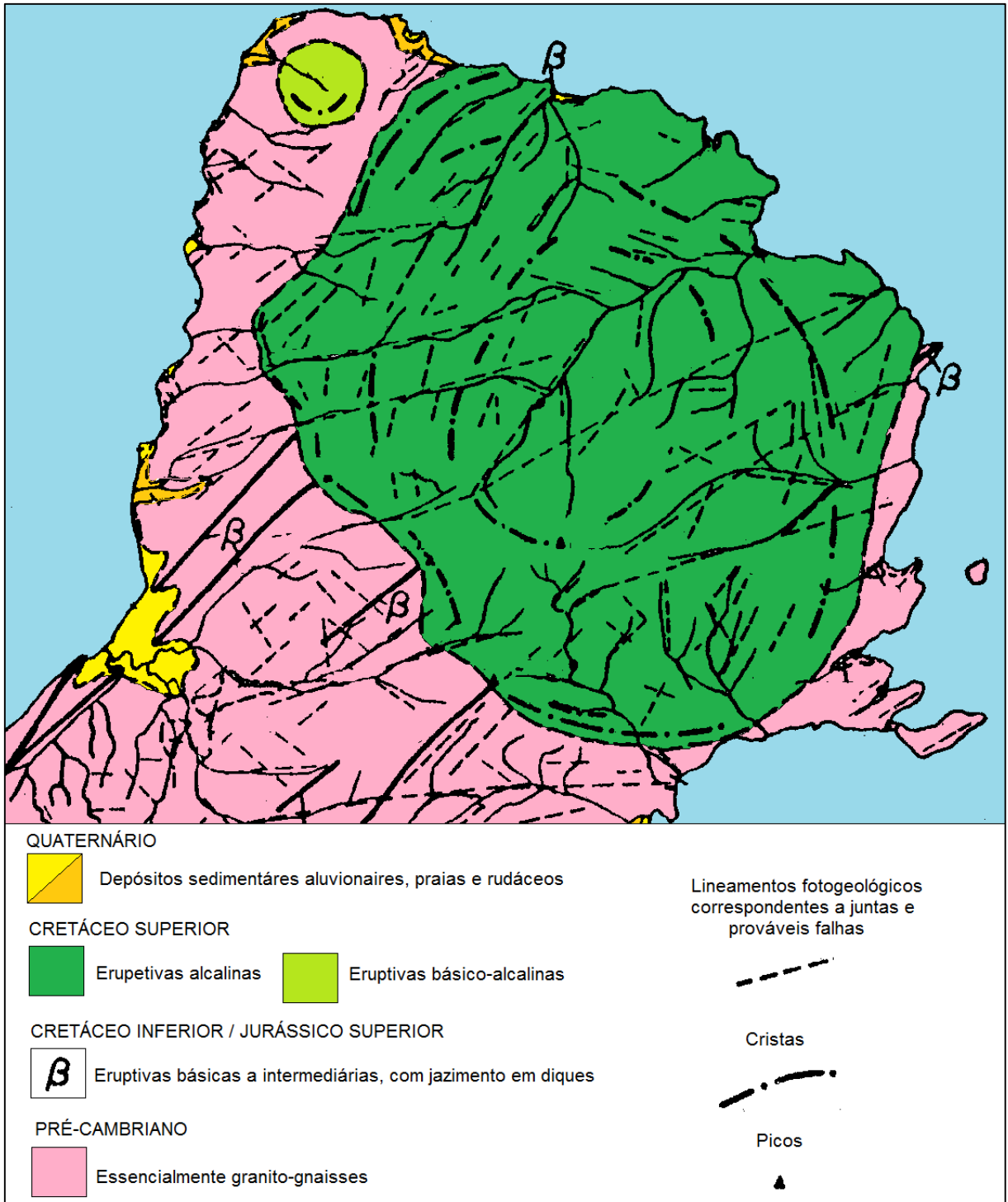


Fonte: extraído de Freitas (1947).

Outras contribuições ao conhecimento geológico da ilha foram feitas por Hennies e Hassui (1977), cujo mapa, na escala de 1:150.000, ainda é a referência mais recente, apesar de abordar as mesmas rochas identificadas por Freitas (1947). Neste trabalho, os autores identificaram três *stocks* sieníticos (Serraria, São Sebastião e Ponta do Boi), e suas estruturas internas, mas, com poucas informações a respeito das faciologias litológicas. Também foram cartografados um corpo intrusivo menor

(das Canas) e diques básicos maiores e contínuos, no entanto, ignorando os sienitos periféricos e os corpos quartzo-dioríticos (Figura 15).

**Figura 15** - Enquadramento da área de estudo no mapa geológico da Ilha de São Sebastião mais recente.



Fonte: extraído de Hennes e Hasui (1977).

Bellieni et al. (1990) apresentaram, também, o mapa geológico da Ilha de São Sebastião, na escala de 1:200.000, que se trata de uma modificação do trabalho de Hennies e Hassui (1977). Nesta ocasião, baseando-se em dados geoquímicos e petrológicos, foi feito um detalhamento de novas ocorrências de diques, incluindo ácidos e alcalinos, concluindo pela origem do magma mantélico, a partir de níveis litosféricos subcontinentais.

Motoki (1986), focado na petrogênese das rochas eruptivas alcalinas, apresentou o mapa geológico da Ilha de Vitória, trazendo importantes conclusões a respeito da história de evolução magmática. Da mesma forma, contribuições significativas decorreram dos estudos de Alves (1997), Alves e Gomes (2001) e Gomes, et al. (2017) nas Ilhas de Búzios e Somítica. É importante frisar que, devido à relativa facilidade de acesso a estas ilhas, as informações geradas por estes pesquisadores foram correlacionadas a algumas ocorrências encontradas na área de estudo.

Importantes avanços foram feitos ainda nas áreas de geocronologia (AMARAL et al., 1967; HENNIES; HASUI, 1968; GODOY et al., 2001; SATO, 2006), petrologia e geoquímica das rochas gábricas (LIMA, 2001) e geologia estrutural dos diques (TOMBA; SATO, 2006; TOMA, 2012).

O Embasamento Pré-Cambriano é composto, principalmente, por gnaiss facoidal, oligoclásio gnaiss, hornblenda gnaiss, biotita gnaiss, microclina granito. Estas rochas, de modo geral, caracterizam-se pela intensidade do metamorfismo, com textura granulo e porfiroblástica, laminação incipiente e granitização generalizada. A sequência estratigráfica segue uma secção NW-SE, normal à direção dominante dos gnaisses. O oligoclásio-gnaiss, com mergulho 55W, apresenta-se capeando o gnaiss-facoidal, com estruturas concordantes a essa direção e mergulho. Ora o contato se faz diretamente, ora pelo biotita-gnaiss, seguido pelo hornblenda-gnaiss (ambos se achando encaixados dentro do gnaiss facoidal). Quanto à estruturação, destaca-se o eixo de dobramento dos gnaisses na direção NE-SW, formando cristas paralelas e dobradas do tipo isoclinal, com mergulhos do plano axial de 55° para oeste ou noroeste, localmente 70°. Esta constância de orientação do gnaiss representa antigas linhas de fraturas, paralelas aos eixos de dobramento, retomadas por esforços tectônicos posteriores (FREITAS 1947; JULIANI, 2016).

As rochas mesozoicas são divididas em três grupos em termos petrográficos e geoquímicos: 1) rochas básicas; 2) rochas alcalinas; 3) rochas quartzo-dioríticas. As

rochas básicas possuem textura holocristalina, com variedades intergranular, porfirídica e pilotaxítica, resultando nos seguintes tipos petrográficos: diabásio intergranular, basalto porfirídico e basalto pilotaxítico. Correlatas ao magmatismo da Serra Geral, são representadas por rochas filonianas ou hipoabissais, correspondentes aos diques concordantes com as estruturas gnáissicas, orientados NE-SW. As características petrográficas que aproximam as eruptivas básicas da ilha com as do *trapp* do Paraná são a pobreza em apatita (em contraste com a magnetita que é o mineral acessório mais abundante), o alto teor de  $Fe_2O_3$  e a ausência de olivina (magma basáltico toleítico). A fidelidade à direção NE-SW e o tipo de fraturas de tensão, concordantes com as estruturas gnáissicas, associam-se ao mesmo tectonismo de tensão operado no Brasil meridional, do Triássico ao Cretáceo superior, responsável pela emersão do magma básico de compensação isostática (FREITAS, 1947; AMARAL et al., 1967; HENNIES; HASUI, 1977; LIMA, 2001; TOMBA; SATO, 2006; TOMA, 2012).

As rochas alcalinas dividem-se em plutônicas, hipoabissais e porfirídicas, e caracterizam-se por uma grande variedade petrográfica conduzida pela sua diferenciação. A diferenciação magmática caminha no sentido da ordem de segregação dos minerais, onde as rochas menos diferenciadas possuem minerais que segregam em primeiro lugar, na ordem de cristalização, enquanto as rochas diferenciadas, mais jovens, possuem minerais de estágio inferior e finais de segregação (Figura 16). A diferenciação da série alcalina segue dois caminhos, com paralelismo entre a sequência de cristalização das rochas e dos minerais. O primeiro, observado no setor norte da ilha (provavelmente o Complexo Gábrico das Canas), consiste no enriquecimento em álcalis e perda da olivina com a formação do feldspato (Teralito → Foiaito). O segundo grupo, representado pelas rochas dos *stocks* alcalino, caracteriza-se pelo enriquecimento do K e relativa diminuição em Na, partindo da Nefelina-sienito, a mais indiferenciada, com equipamento mineralógico mais completo, e chegando o Nordmarkito, o termo mais ácido, cujo resíduo rico em sílica saturou os feldspatóides para albita individualizada, e ainda caracterizada pela ausência da leucita, indicando cristalização do magma sob pressão (FREITAS, 1947; MOTOKI, 1986; ALVES, 1997; LIMA, 2001).

**Figura 16** - Sequência de diferenciação da suíte alcalina da Ilha de São Sebastião.

TERALITO	ESSEXITO	ESSEXITO -FOIAITO	FOIAITO	NEFELINA -SIENITO	PULASKITO	BIOTITA -PULASKITO	NORDMAR- -KITO
--	--	--	--	--	--	--	Quartzo
--	--	Albita	--	Albita-anor- toclásio	Albita-anor- toclásio	Albita-anor- toclásio	Albita
--	Microperita	Microperita	Anortoclásio	--	--	--	Anortoclásio
Labradorita	Oligoclásio	Oligoclásio	--	--	--	--	--
Sodalita	Sodalita	Sodalita	Sodalita	Sodalita	(sodalita)	--	--
Nefelina	Nefelina	Nefelina	Nefelina	Nefelina	(nefelina)	--	--
Titanaugita	Diopsídio	Diopsídio	Aegirinaugita	Aegirina- diopsídio	Diopsídio	Aegirinaugita	Aegirinaugita
Barkevicita	Barkevicita	Barkevicita	Barkevicita	Barkevicita- arfvedsonita	Barkevicita	Barkevicita	--
Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita	Biotita
Olivina	--	--	--	--	--	--	--

Fonte: extraído Freitas (1947).

As rochas quartzo-dioríticas são representadas por corpos plutônicos (quartzo diorítico), hipoabissais (quartzo microdiorítico e quartzo-andesítico) e efusivos (quartzo-andesítico e porfirídica de textura holocristalina, cuja ocorrência em diques indicam a ausência de vulcanismo típico). De maneira geral, são rochas extremamente resistentes à denudação e, graças a esta propriedade, formam saliências topográficas por erosão diferencial. As relações de contato e estrutural indicam idade mais recentes destas rochas em comparação às demais, preenchendo fraturas recentes como os falhamentos nos maciços alcalinos (GARDA, 1995; GARDA; SCHORCHER, 1996; VALLE, 2016).

Os depósitos recentes são compostos por sedimentos incoerentes coluviais, aluviais, marinhos ou fluviais, de idade pleistocênica (SOUZA, 1992; SOUZA; LUNA, 2008). Adiante, são feitas considerações a respeito destes, no tocante aos processos morfogenéticos associados.

A tectônica que afetou a ilha de São Sebastião foi a mesma que operou ao longo de todo litoral do Brasil meridional e também na África sul-ocidental, com duas fases distintas, sendo uma de fraturas de tensão, com expulsão do magma básico e, posteriormente, alcalino, e outra de falhamento e epirogênese. A primeira fase seguiu a direção NE-SW, por se tratar da direção das antigas estruturas paleoproterozóicas-arqueanas (HASUI, 2010), operando-se por fraturas solidárias a essa direção. As principais evidências desta fase são os diques de basalto e de quartzo-andesito, bem como a configuração dos maciços alcalinos com aspecto elíptico, tendo o eixo maior orientado na direção NE-SW (FREITAS, 1947). A segunda fase do tectonismo

caracterizou-se por uma epirogênese ao longo das fraturas NE-SW, com falhamentos escalonados em todo o litoral meridional do sudeste brasileiro. Caracteriza-se, topograficamente, pelo basculamento de blocos com o lado abrupto voltado para SE, como se nota na Serra do Mar. Na Ilha de São Sebastião, há falhas, verificadas exclusivamente pela topografia, tanto do lado SE como NW, sendo que o lado mais rejeitado é constituído pelas vertentes SE (FREITAS, 1944; 1947; ALMEIDA; CARNEIRO, 1988; HENIES; HASUI, 1977; HASSUI, 2012).

Lima (2001) apresentou uma síntese sobre a evolução geológica da Ilha de São Sebastião, a partir de dados de campo, estudos petrográficos e geoquímicos e análises comparativas com complexos gábricos descritos na literatura, a qual serviu de referência para o presente trabalho. Esta síntese é apresentada a seguir:

- Embasamento Pré-Cambriano
  - São rochas
    - Poligenéticas
    - Polimetamórficas
    - Correlatas ao embasamento granito-gnáissico (Complexo Costeiro) que se estende por toda a região litorânea de São Paulo
  - Migmatitos / Metagranitóides / Gnaisses
    - Subequigranulares, fortemente foliados, graníticos, bastante homogêneos
    - Bandados felsico-metapelítico-máficos
    - Facoidais graníticos e gradacionais com metagranitóides porfirídicos
    - Nos Subequigranulares e Bandados:
      - Mobilizados pegmatóides / Veios ptigmáticos / Transições locais para Migmatitos
        - Corpos tabulares e lenticulares de anfibolitos e hornblenda gnaisses (extensões variáveis, concordantes e pseudoconcordantes com a foliação regional principal.
  - Intrudidos por Rochas Magmáticas Mesozoicas
    - Relacionadas à abertura do Oceano Atlântico Sul
- Primeira fase magmática datada do Cretáceo inferior

- Reativação tectônica de antigos falhamentos
  - Rifteamento
  - Magmatismo filoniano básico a intermediário
    - Basaltos / Diabásios / Microdioritos pórfiros / Lamprófiros / Tefritos / Traquiandesitos
- Na área estudada
  - 1ª geração de diques subvulcânicos
    - 140-120 Ma (milhões de anos) / Rochas ultrabásicas a intermediárias / Lamprófiros do clã basáltico.
- Intrusões Gábricas Estratiformes
  - Pontas da Pacuíba e das Canas e Praia da Armação
  - Ocorrência análogas na Ilha Monte de Trigo
  - Cortam os diques mesozoicos da 1ª geração e o Embasamento Pré-Cambriano
  - Possivelmente extensões de um corpo maior único e contínuo em profundidade
  - Podem representar o início da atividade epirogenética caracterizada por rochas de tendências toleítica à alcalina
  - Variações mineralógicas e texturais
    - Peridotito / Clinopiroxenitos
    - Gabros diversos (litotipos predominantantes)
      - Leuco e mesogabros homogêneos, isotrópicos e cumuláticos
      - Subordinadamente, melano a leucogabros diferenciados
    - Anortositos
      - Estruturas de diferenciação e sedimentação em câmara magmática tectônica ativa (feições que definem os complexos estratiformes)
  - Brechas magmáticas gábricas de borda e reintrusão de câmara magmática
    - Diferenciados tardios peridotíticos em veios
      - Clinopiroxenitos pegmatóides

- Anortositos intrusivos
    - Intrusões finais em diques
      - Gabros finos (microgabros)
  - A formação destes corpos compreende um intervalo restrito a 95 e 86 Ma
- Segunda geração de diques de rochas ultrabásicas a intermediárias do clã basáltico
- Sienitos do *Stock* da Serraria e possíveis apófises menores deste (encontrados em diversas ocorrências, desde a Guarapocaia à Jabaquara)
  - As relações geológica e de idade entre estas duas ocorrências continuam incertas
    - No entanto, regionalmente tanto diques basálticos quanto diques de traquitos cortam os sienitos
  - Para os sienitos, os dados geocronológicos indicam de maneira consistente um intervalo deste magmatismo intrusivo de 85-80 Ma
  - Para a 2ª geração de diques do clã basáltico, as idades são muito variáveis, de 81 até 55 Ma
- Diques básicos das duas gerações (pré e pós-gabros) / gabros dos corpos estratiformes e seus diferenciados como rochas variavelmente alcalinas (predominando a nefelina modal e normativa, provavelmente cogenéticas)
  - Formados a partir de fontes mantélicas enriquecidas do tipo *OIB*
  - Processos de fusão parcial variáveis, controlados por:
    - Tectônica de rifteamento do Canal de São Sebastião, e no contexto regional pelo rifteamento desta parte da margem continental SE-Brasileira
  - Ascensão mantélica a crustal
    - Propriedades geoquímicas específicas relacionadas à velocidade de ascensão:
      - Modificações no magma
        - Fraccionamento cristalino
        - Segregação variável de Cromita e Olivina com Ni
- Os Corpos de Gabros Estratiformes resultariam de
  - Intrusões múltiplas e consecutivas



- Seguidas de diferenciações por
    - Cristalização fraccionada
    - Sedimentação/segregação em câmaras magmáticas crustais intermediárias
  - Ambiente geotectônico ativo
    - Regime de atividade tectônica distensiva mais fraca
      - (ou mesmo rifteamento abortado)
      - A retomada do rifteamento teria dado origem à 2ª geração de diques básicos
    - Condições transpressivas nos níveis crustais mais rasos
    - Condições rúpteis
- Sienitos do *Stock* da Serraria
  - Variam de nefelina-sienitos a sienitos saturados
  - Magmas manto-derivados
  - Variabilidade petrográfica e geoquímica
    - Muito restrita
    - Diferenciação alcalina félsica nefelínica
    - Raramente contaminação crustal sílica
    - Faltam quaisquer diferenciados ou termos litológicos transicionais para os gabros
- Condicionantes dos gabros estratiformes da Ilha de São Sebastião
  - Ambiente geotectônico particular da margem continental se-brasileira
    - Rifteamento
    - Adelgaçamento crustal variável
    - Sob condições de elevados gradientes térmicos no manto superior
    - Os diques basálticos e gabros teriam fontes mantélicas férteis-enriquecidas
      - Similares às fontes mantélicas *OIB*
      - Entretanto em ambiente sub-continental
  - Sienitos
    - Deste mesmo ambiente geotectônico
    - Mas de fontes mantélicas composicionalmente distintas

- Magmatismo carbonatítico (pouco conhecido na região litorânea considerada)

Sato (2006) integrou os dados existentes e avaliou as médias para as idades K/Ar, concluindo que, de forma geral, as rochas mesozoicas se colocaram regionalmente entre 76,4 e 117 Ma (Tabela 5).

**Tabela 5** - Cronoestratigrafia do Mesozóico para as rochas da Ilha de São Sebastião.

Ilha de São Sebastião												
EON	ERA	PERÍODO	ESTÁGIO	Rochas datadas pelo método K – Ar								
				3ª fase		2ª fase	1ª fase					
				Traquitos	Fonolitos	Sienitos	Na Sienitos	Ne Monzogabros / Ne Monzosienitos	Gabros	Basaltos de composição básica a intermediária		
FANEROZÓICO	MESOZÓICO	CRETÁCEO (135 – 65 Ma)	Neo	65								
				72	70,03	78,37	77,42			73,5		
				83	83,17			79,32	83,31			
				87		87,23						
				88			89,00					
				92				91,88				
			Eo	96					100,93	102,5		
				108								
				113								
				117								
				123								
				131	Magmatismo da Serra Geral 137 – 127 Ma							Intrusões de afinidade básica a intermediária

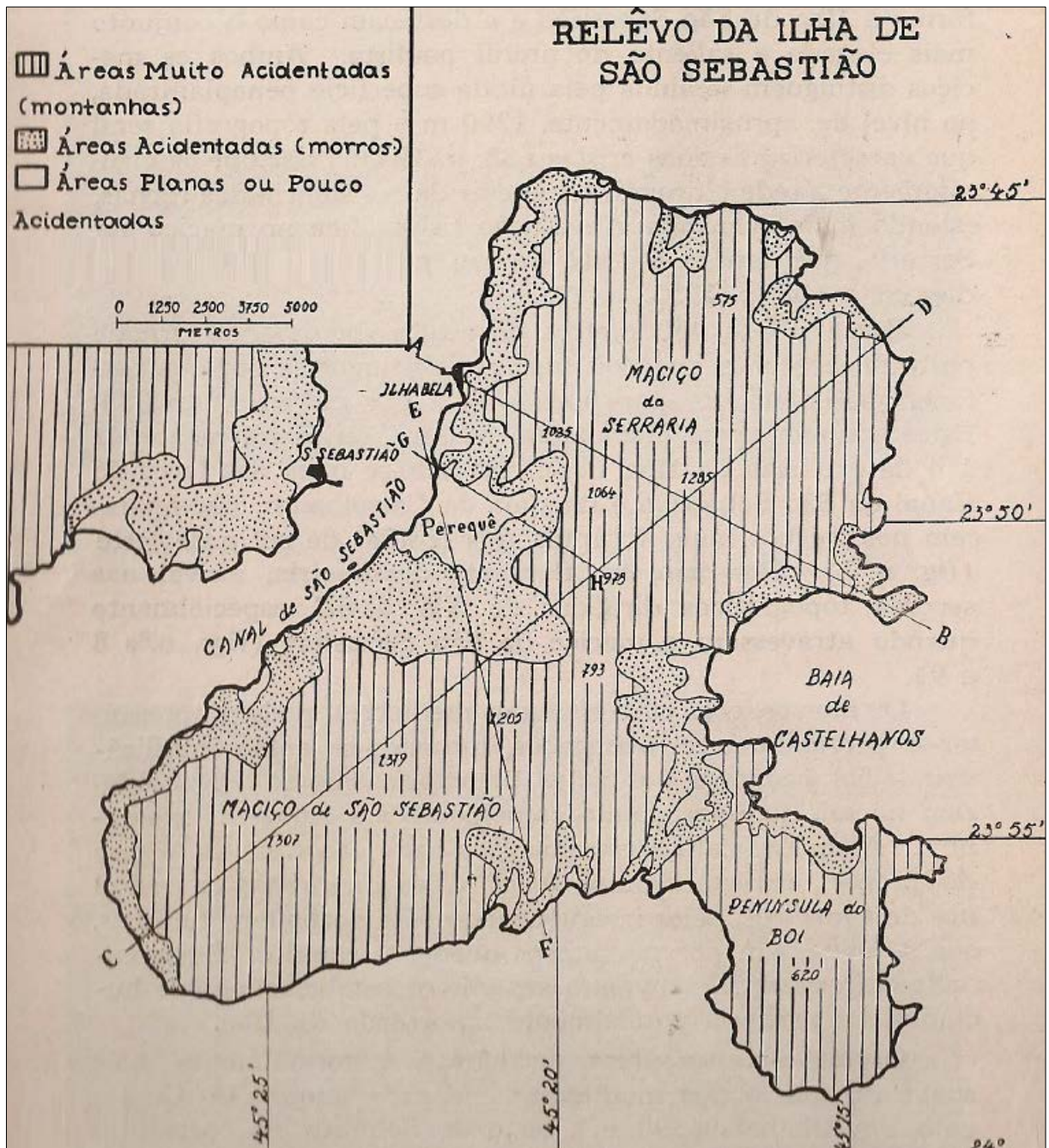
Fonte: Sato (2006).

Sato (2006) identificou ainda que as rochas do maciço da Serraria possuem um intervalo entre a idade de cristalização e formação da rocha de 1 Ma, tendo sido formadas há cerca de 84 Ma. A idade média de cristalização dos minerais foi de  $84,97 \pm 0,32$  Ma, e a de resfriamento das rochas, de  $84,5 \pm 3,36$ .

Quanto à geomorfologia da Ilha de São Sebastião, Freitas (1944; 1947) destaca que as características mais marcantes são a presença de relevos senis, alçados a níveis topográficos distintos, ao lado de topografias jovens, fortemente dissecadas decorrentes de eventos epirogenéticos, bem como o modelado costeiro resultante de ciclos fluviais e marinhos. Destaca-se, também, uma rede de drenagem radial sobre as estruturas de rochas alcalinas, passando à subsequente sobre as estruturas gnáissicas.

O primeiro mapa de caráter geomorfológico da Ilha de São Sebastião foi elaborado pelo geógrafo Ary França (1954), contendo informações simplificadas sobre os tipos de relevo, seções topográficas e interpretação geológica (Figura 17).

**Figura 17** - Primeiro mapa geomorfológica da Ilha de São Sebastião.



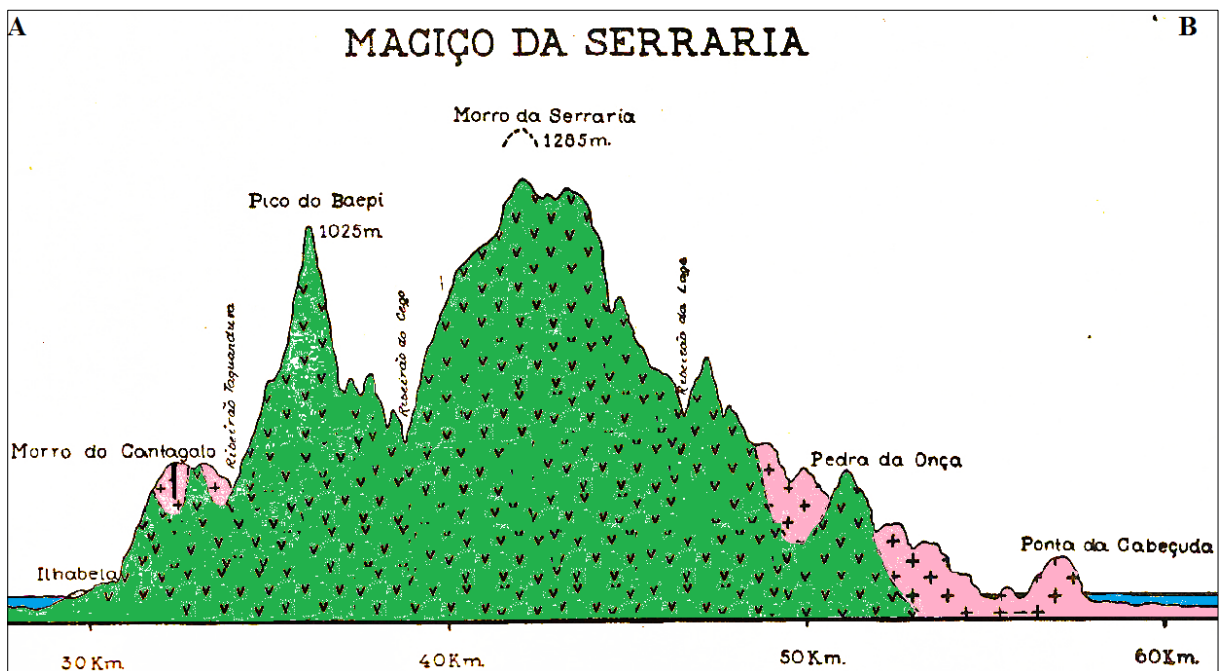
Fonte: extraído de França (1954).

A oeste do Stock da Serraria, a linha de costa tem direção norte, porém as influências estruturais fazem-se sentir no alinhamento das cristas de todas elevações gnáissicas e escalonamento da linha de costa (a qual não possui uma linearidade tão

regular quando observado no sul). É reconhecida uma direção tectônica privilegiada, obediente ao rumo NE-SW, referente a antigos eixos de dobramentos laurencianos reativados recentemente por fraturas. Nesta região, a morfologia da linha de costa também possui influências adicionais às estruturas pré-cambrianas, associadas diretamente às intrusões alcalinas.

Os relevos montanhosos estão associados aos *stocks*, no entanto, são encontradas rochas do Embasamento Pré-Cambriano em cotas mais altas que alguns picos alcalinos. Trata-se de um testemunho do capeamento gnáissico pretérito, o qual ocorre na periferia do *Stock* da Serraria, de peneplanização avançada (Figura 18).

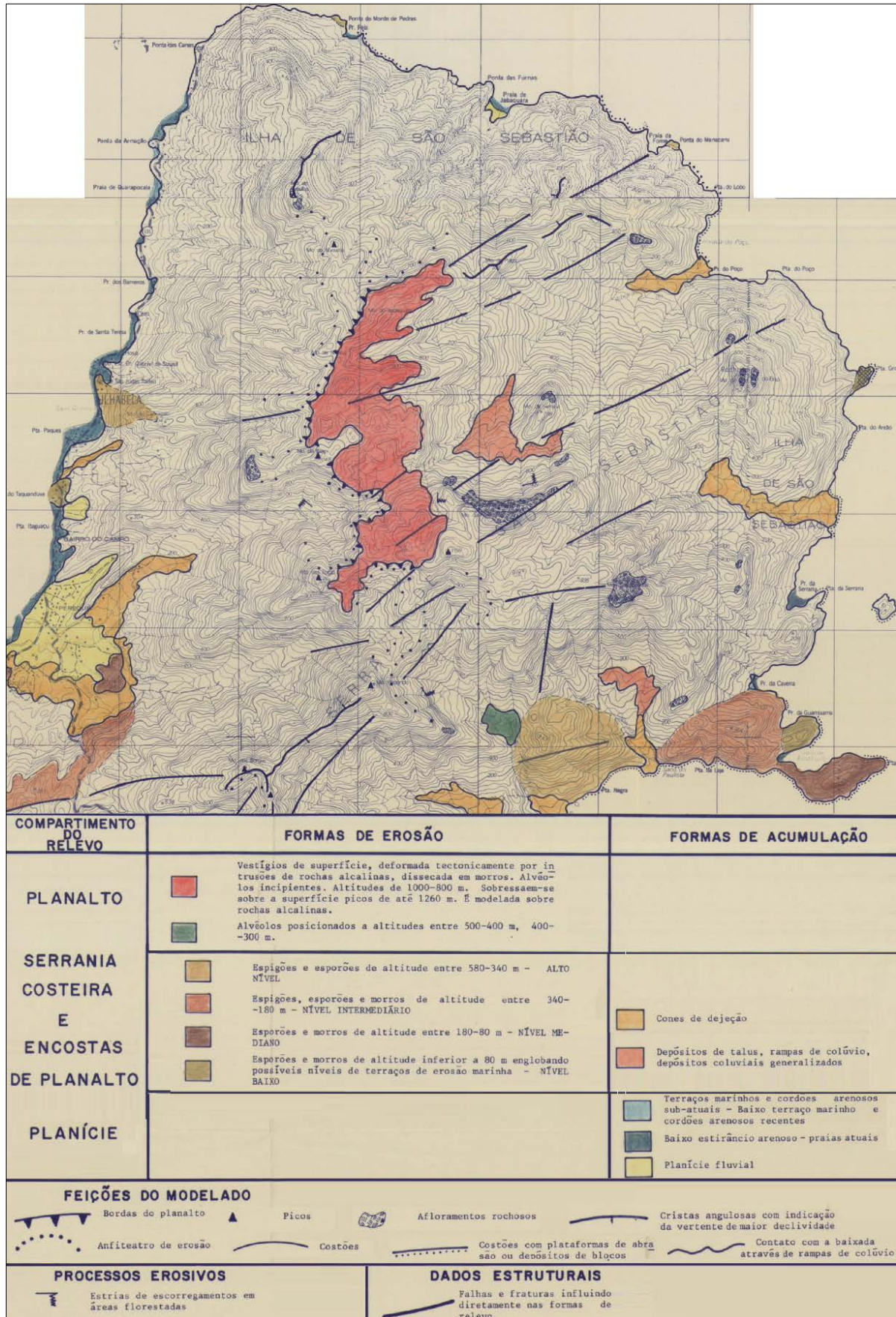
**Figura 18** - Seção geológica com indicação de capeamentos gnáissicos localizados (rosa) sobre os terrenos alcalinos (verde). Referência da seção na Figura 17.



Fonte: extraído de França (1954).

Ramalho (1982), em seu mapa geomorfológico (1:50.000), identificou vestígios de superfícies de aplainamentos, deformadas tectonicamente por intrusões de rochas alcalinas, dissecadas em morros nos *stocks* da Ilha de São Sebastião. Tais formas de relevo foram correlacionadas às superfícies dissecadas do Planalto Atlântico. Foram também delimitados alvéolos incipiente, bem como outras formas de acumulação e de erosão (Figura 19).

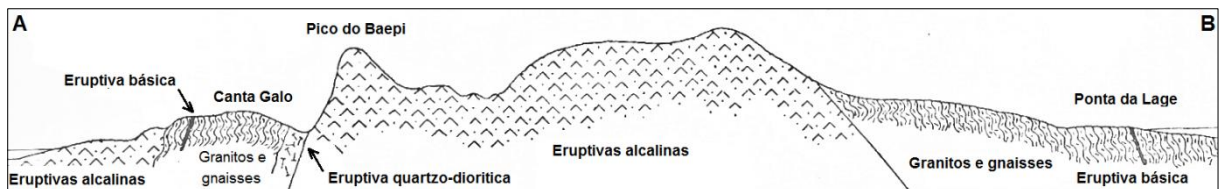
Figura 19 - Enquadramento da área de estudo no mapa geomorfológico da Ilha de São Sebastião.



Fonte: extraído de Ramalho (1982).

O escalonamento e a inclinação dos blocos (Serras da Mantiqueira e do Mar) mostram que se trata de uma mesma superfície de erosão falhada e basculada em diversos níveis por imposição tectônica, as quais estão inclinadas para NW e cristas das falhas orientadas NE-SW. O caráter do falhamento em blocos escalonados está associado à elevação de compartimentos de um mesmo peneplano em níveis diferentes, por epirogênese (Ilha de São Sebastião, patamares estruturais da Serra do Mar, Campos do Jordão e Itatiaia). As formas senis em níveis intermediários, adjacentes aos maciços alcalinos, são referentes ao mesmo peneplano, colocadas, posteriormente, em níveis diversos por solicitação tectônica (RAMALHO, 1982). Tal situação é observada no morro do Canta Galo, o qual se encontra peneplanizado em contato com uma falha do escarpamento do Pico do Baepi (Figura 20).

**Figura 20** - Seção geológica através do Stock da Serraria (referência da seção na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).



Fonte: Freitas (1947).

Freitas (1944; 1947) concluiu seus trabalhos com uma detalhada análise morfogenéticas da Ilha de São Sebastião, cujas principais informações são apresentadas a seguir:

- Ao lado desta topografia senil, referente ao antigo peneplano cretáceo, a existência de um relevo juvenil é devida ao rejuvenescimento produzido pelo recente levantamento epirogenético, associado à extrema resistência das rochas, apesar do enorme gradiente dos rios. Tais características proporcionaram uma evolução pequena deste relevo jovem, sob intenso processo de dissecação vertical, condicionado, pela variação do nível de base e pelas discontinuidades estruturais.
- A independência entre os ciclos marinho e fluvial definiu morfologias da linha de costa independentes, uma vez que a emergência costal, se grande, gera um novo ciclo fluvial e, se gradual, acelera o ciclo corrente. A submergência introduz um novo ciclo marinho, porém, não acarreta modificações no ciclo fluvial. A última submergência gerou os terraços marinhos a uma altitude de 20 a 30 metros, os quais estão mal testemunhados, em decorrência de uma emergência gradual. O ciclo marinho apresenta-se na juventude do processo, caracterizado por uma linha

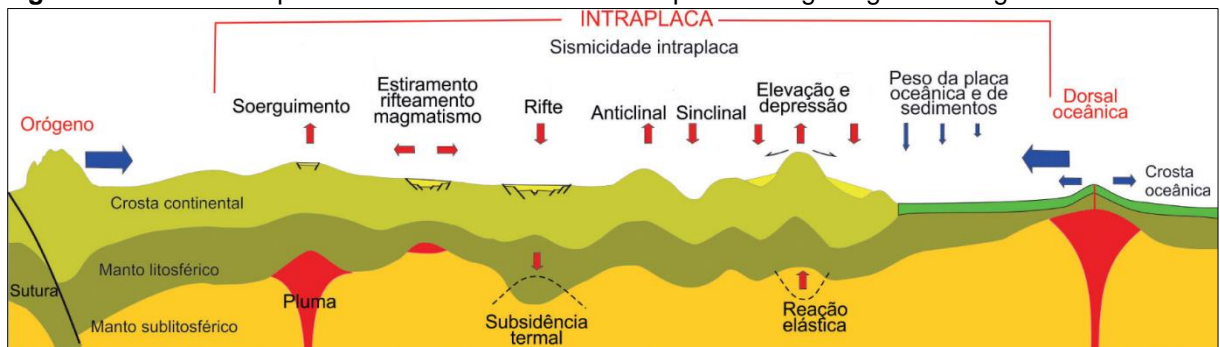
de costa de abrasão, e depósitos marinhos escassos, sempre dispostos entre duas pontas rochosas.

- Atualmente, a costa encontra-se em elevação, uma vez que o escudo cristalino vem perdendo peso desde o Cretáceo e, conseqüentemente, por ajustamento isostático, vem subindo gradualmente. Entretanto, o afogamento por movimento eustático positivo, produzido pelo degelo da época glacial, mascarou completamente essa ascensão costal, gerando, assim, o tipo de submergência atual, a partir do afogamento do modelado costal anterior.
- Outra evidência da costa de submergência na ilha é a sedimentação causada pelo jogo das correntes marinhas e dejecção fluvial, coincidindo com a barra dos rios e variam segundo a importância de dejecção fluvial. O crescimento do litoral se deve, portanto, à sedimentação marinha, mais intensamente onde os rios possuem maior aporte sedimentar, como observado na Planície do Pequeá (Figura 14).

### 3.1.3 Modelos Conceituais dos Corpos Plutônicos e Hipoabissais

De acordo com Lima (2001), Alves (1997) e Motoki (1986), os *stocks* alcalinos e gábrico de Ilhabela são compostos por magmas de origem mantélica, decorrentes da formação de uma pluma térmica ascendente, a partir da camada externa do núcleo terrestre, cuja duração é da ordem de centenas de milhões de ano. Este fluxo de calor e materiais possui a forma de um cilindro com até 200 km de diâmetro ao alcançar a base litosférica, onde se espalha radialmente, formando uma abóboda de 2.500 km de diâmetro, assemelhando-se à explosão de uma bomba atômica (Figura 21). Neste ponto, as plumas formam um centro magmático, os batólitos, com magmas que dão origem aos vulcões, geralmente de composição toleítica e alcalina (HASSUI, 2012).

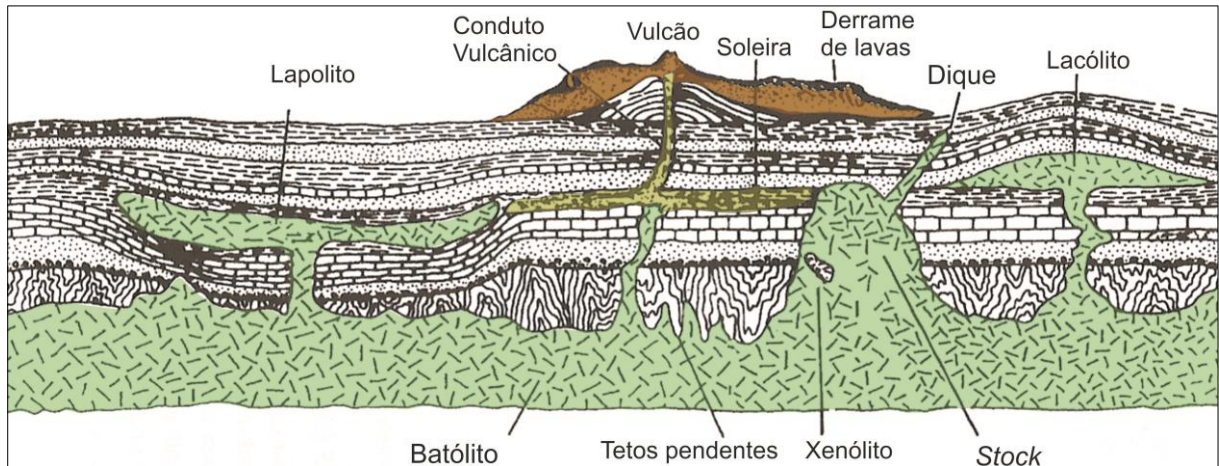
**Figura 21** - Contato da pluma mantélica com a litosfera e processos geológicos endógenos associados.



Fonte: Hasui (2012, p. 91).

Sob a litosfera, a pluma térmica induz um série de processos tectônicos e magmáticos. No caso de Ilhabela, observam-se rochas hipoabissais a subvulcânicas, representadas por diques e corpos plutônicos do tipo *stocks* (Figura 22).

**Figura 22** - Alguns dos principais dos principais corpos ígneos.



Fonte: Wernick (2004, p. 241).

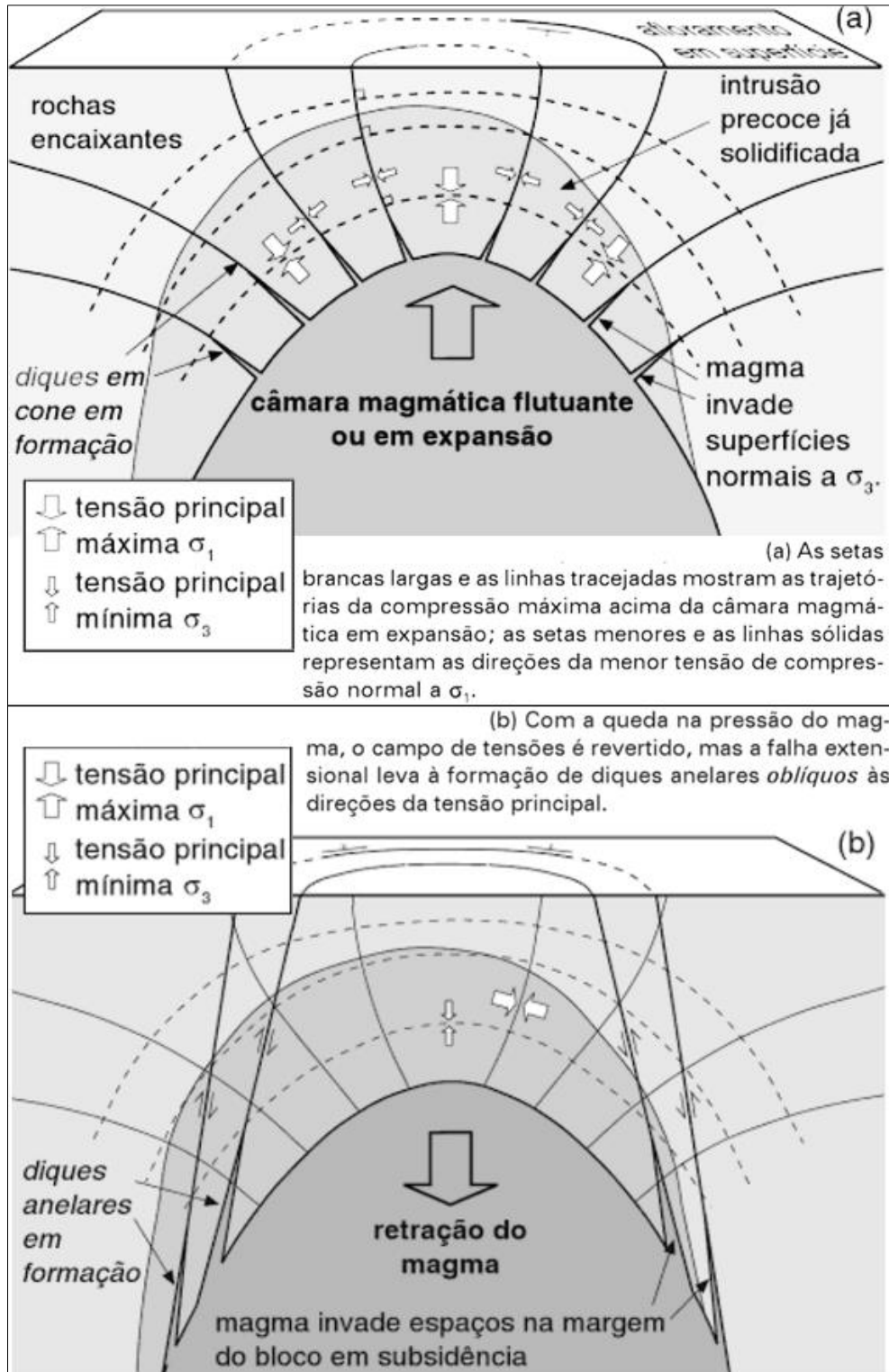
Os corpos plutônicos são corpos irregulares intrusivos discordantes, de grande dimensão, os quais ocorrem em profundidades superiores a 2 km, e são observados em superfície somente graças à erosão das rochas encaixantes acima. Os corpos que apresentam áreas expostas superiores a 100 km<sup>2</sup> são denominados batólitos, os quais constituem raízes de cadeias montanhosas, enquanto os *stocks* possuem dimensões inferiores, sendo considerados um apêndice do batólito. Os diques são corpos intrusivos tabulares e discordantes, quase verticais no momento da colocação, que, muitas vezes, ocorrem na forma de enxames paralelos ou radiais. Quando invadem rochas fraturadas, frequentemente se ramificam, desenvolvendo apófises. As intrusões pequenas associadas a plútons de grandes dimensões normalmente adquirem uma disposição em arco, quando vistas em planta, e são classificados em diques em cone e anelares (WERNICK, 2004).

Segundo Gill (2014), os diques em cones mergulham de forma centrípeta em direção ao complexo intrusivo, geralmente em baixo ângulo. Vistos em conjunto, esses cones formam um padrão de afloramento arqueado e indicam a ocorrência de soerguimento, formados quando a câmara magmática estava em processos de expansão. Os diques anelares são corpos intrusivos tabulares encurvados, envolvendo parcialmente ou totalmente o plúton. Possuem contatos que mergulham verticalmente ou com forte caimento centrífugo, associados à redução da pressão do



magma, tal como ocorre após as erupções na superfície, e à subsidência do teto. Com o colapso extensional, as fraturas anelares se formam oblíquas em relação às direções da tensão principal (Figura 23Figura ).

**Figura 23** - Modelo teórico de corpos plutônicos e diques circulares associados.

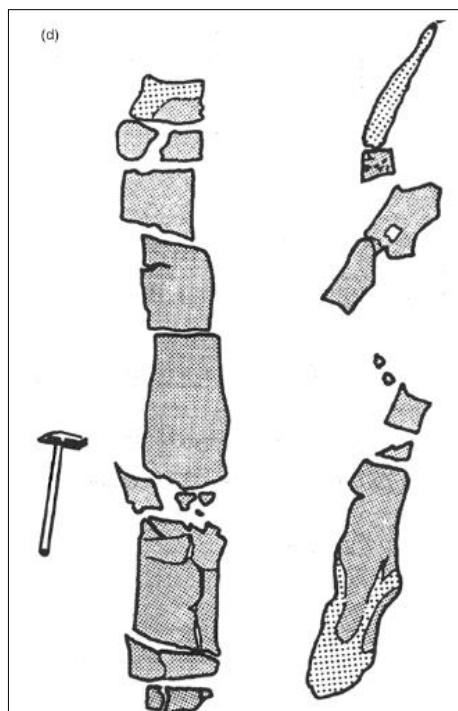


Fonte: Gill (2014, p. 95).

Nos *stocks* das ilhas do arquipélago de Ilhabela, existem provas da ocorrência de uma sucessão de episódios intrusivos, cada um dos quais romperam, intrudiram ou substituíram todos ou parte dos produtos das fases anteriores da intrusão (MOTOKI, 1986; ALVES, 1997, LIMA, 2001). Uma destas é a formação de diques sin-plutônicos, quando o magma intrude em um estágio em que a rocha encaixante havia resfriado o bastante para se fraturar, mas ainda não o suficiente para evitar a refusão. Como produto, são formados corpos semirregulares de rochas mais escuras e de granulação mais fina que, apesar de estarem rompidas em fragmentos angulares individuais, retêm a forma e coerência dos diques (GILL, 2014).

A interpretação do modo de ocorrência de um corpo ígneo, a partir das descrições litológicas e petrográficas, é extremamente difícil. Seu modo de ocorrência de um corpo ígneo deve ser determinado por meio de observações de campo, sobretudo na relação de contato nos afloramentos (MOTOKI; SICHEL, 2006). No caso dos diques sin-plutônicos, estes corpos são rompidos por *back-veining* da rocha encaixante (ou veios pegmatíticos afins), ao longo do que parecem ser fraturas frágeis e podem ser truncados por fases intrusivas posteriores da rocha encaixante (Figura 24). Um grau elevado de rupturas pode reduzir um dique sin-plutônico a uma sequência de enclaves angulares.

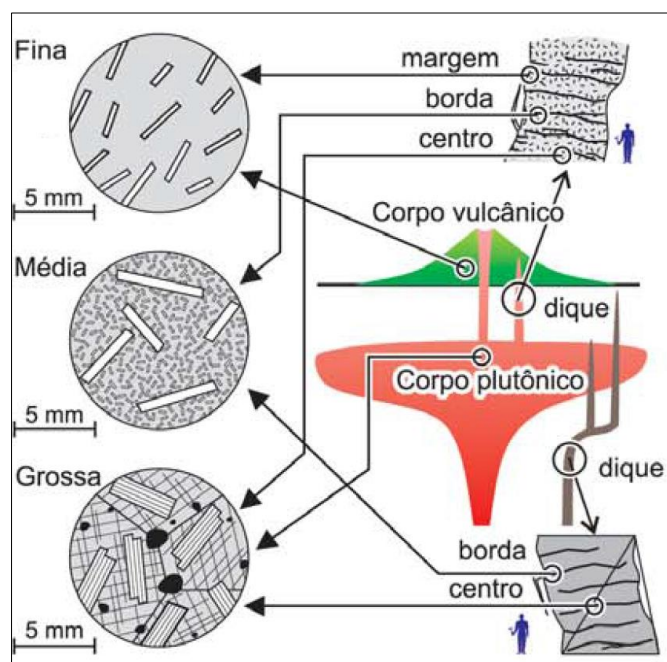
**Figura 24** - Ilustração de diques sin plutônicos observados em afloramentos.



Fonte: Gill (2014, p. 95).

Motoki e Sichel (2006) apresentaram um modelo didático sobre a relação entre a profundidade de cristalização dos corpos ígneos e as texturas de suas rochas constituintes. Os autores estudaram ocorrências magmáticas no Brasil, Argentina e Chile e constataram que a dedução da profundidade e posicionamento, a partir da textura de uma rocha ígnea, é limitada, pois sua granulometria está relacionada à taxa de resfriamento do magma, sendo um dos condicionantes o tamanho do corpo magmático (Figura 25). Para eles, a classificação de rochas ígneas deve se limitar às expressões granulometria fina, média e grossa, enquanto os termos extrusivo, vulcânico, subvulcânico, hipoabissal e plutônico, devem ser utilizados, exclusivamente, para descrição geológica de corpos ígneos.

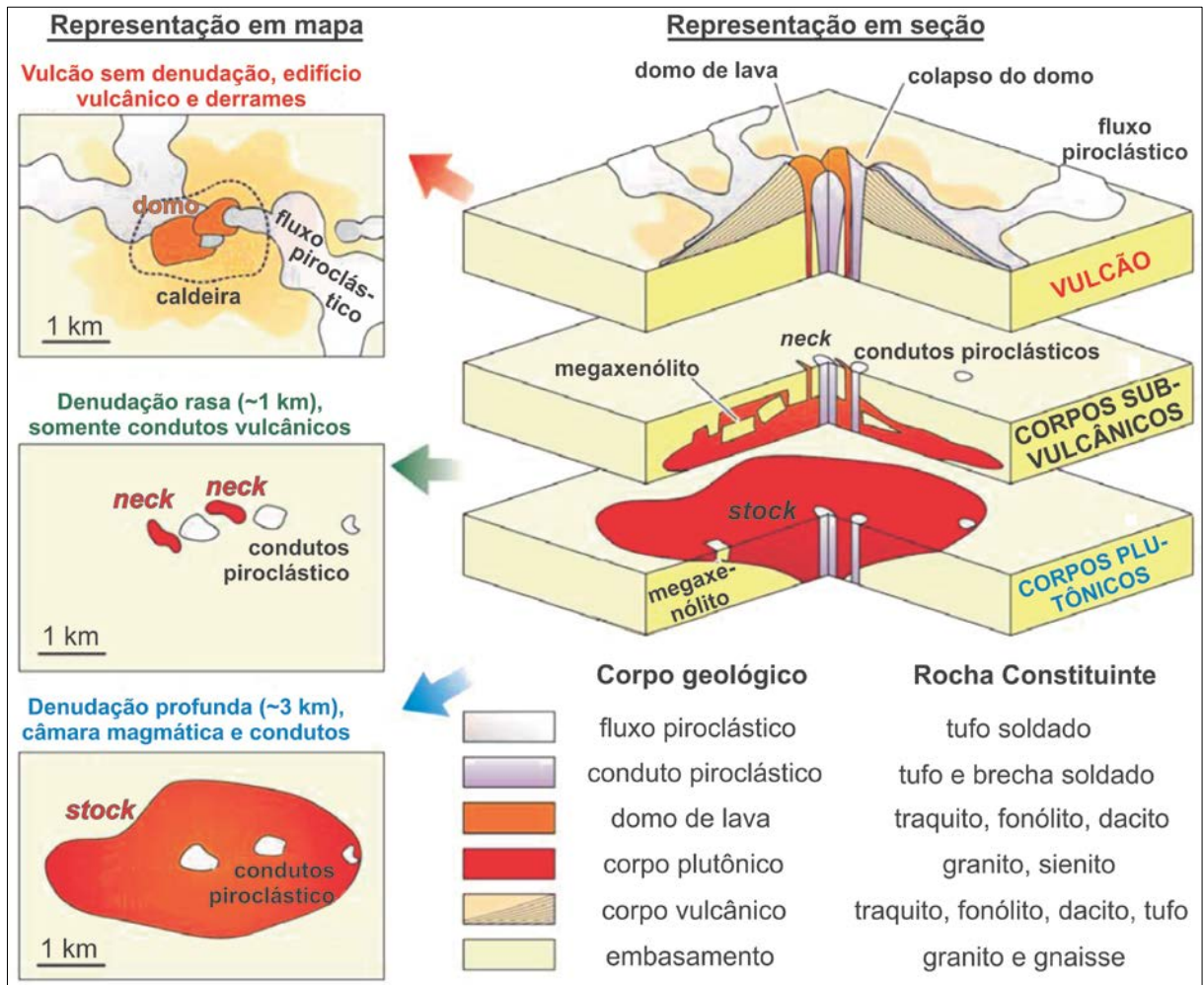
**Figura 25** - Relação entre estrutura de corpos ígneos e textura das rochas.



Fonte: Motoki e Sichel (2006).

Os autores supracitados relacionaram, ainda, os ambientes vulcânicos e subvulcânicos com níveis de aplainamento (Figura 26). Nas áreas onde a denudação é mais avançada, o edifício vulcânico é completamente eliminado, sendo este o caso de Ilhabela, bem como das demais ocorrências no sudeste brasileiro, devido às condições climáticas tropicais. Por outro lado, estes maciços fornecem importante informação sobre os fenômenos magmáticos abaixo dos vulcões, colocando a geologia brasileira em condições de realizar importantes contribuições ao desenvolvimento da vulcanologia mundial.

**Figura 26** - Correlção dos níveis de denudação e os corpos ígneos.



Fonte: extraído de Motoki e Sichel (2006).

Nas áreas onde os corpos plutônicos encontram-se exumados, a profundidade da intrusão é difícil de ser estimada, sendo necessários estudos geomorfológicos regionais, datação de traço de fissão por apatita. Em linhas gerais, os planos de contato são subverticais (exceto as soleiras), no entanto, a granulometria das rochas varia conforme o tamanho do corpo intrusivo, relacionando-se com a taxa de resfriamento do magma. Conforme mencionado, um corpo ígneo alojado em grandes profundidades (~3 km) pode apresentar rochas com texturas variáveis.

### 3.2 Unidades de Geodiversidade da Região Norte da Ilha de São Sebastião

A área estudada destaca-se pela elevada geodiversidade, a qual se manifesta juntamente com a imensurável biodiversidade, a qual levou a UNESCO reconhecer Ilhabela como Posto Avançado da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica. Tal

diversidade ambiental contém ainda um rico patrimônio histórico-cultural referente à ocupação humana do litoral sudeste brasileiro, desde o período pré-colonial, perpassando a colonização europeia, até os dias atuais.

As unidades de geodiversidade apresentam características geológicas e geomorfológicas que refletem a evolução tectônica da margem continental atlântica sul-americana, a qual é relativamente complexa e marcada por múltiplos eventos sucessivos. Eventos estes compreendidos pelo magmatismo do Mesozoico inferior correlato à Formação Serra Geral, além do magmatismo neocretáceo-Paleoceno, e eventos tectônicos posteriores e ciclos erosivos (Figura 27).

Uma grande variedade de litotipos intrusivos básicos, intermediários, alcalinos e básico-alcalinos é encontrada em condições geológico-geomorfológicas diversas, desde praias como Poço, Pacuíba e Serraria, costeiras como Pedra do Sino e Laje Preta e costões rochosos como a Ponta da Cabeçuda, até montanhas cujos picos ultrapassam 1.000 metros de altitude, sobressaindo-se aos terrenos montanhosos continentais adjacentes.

**Figura 27** - Costão rochoso formado por erosão diferencial marinha em rochas muito fraturadas e diques máficos de espessuras variadas (um com ~10m no centro da foto e outro escalonado no canto direito inferior). A biodiversidade se manifesta pela presença de vegetação pioneira sobre rocha e solo pouco desenvolvido e árvores de grande porte, além da biota marinha existente no costão.



A área estudada caracteriza-se também pelos alinhamentos circulares de relevo nos *Stocks* da Serraria e das Canas (Figuras 28 e 29).

**Figura 28** - Carta de Relevo Sombreado e dos Grandes Alinhamentos Estruturais da Região Norte da Ilha de São Sebastião.

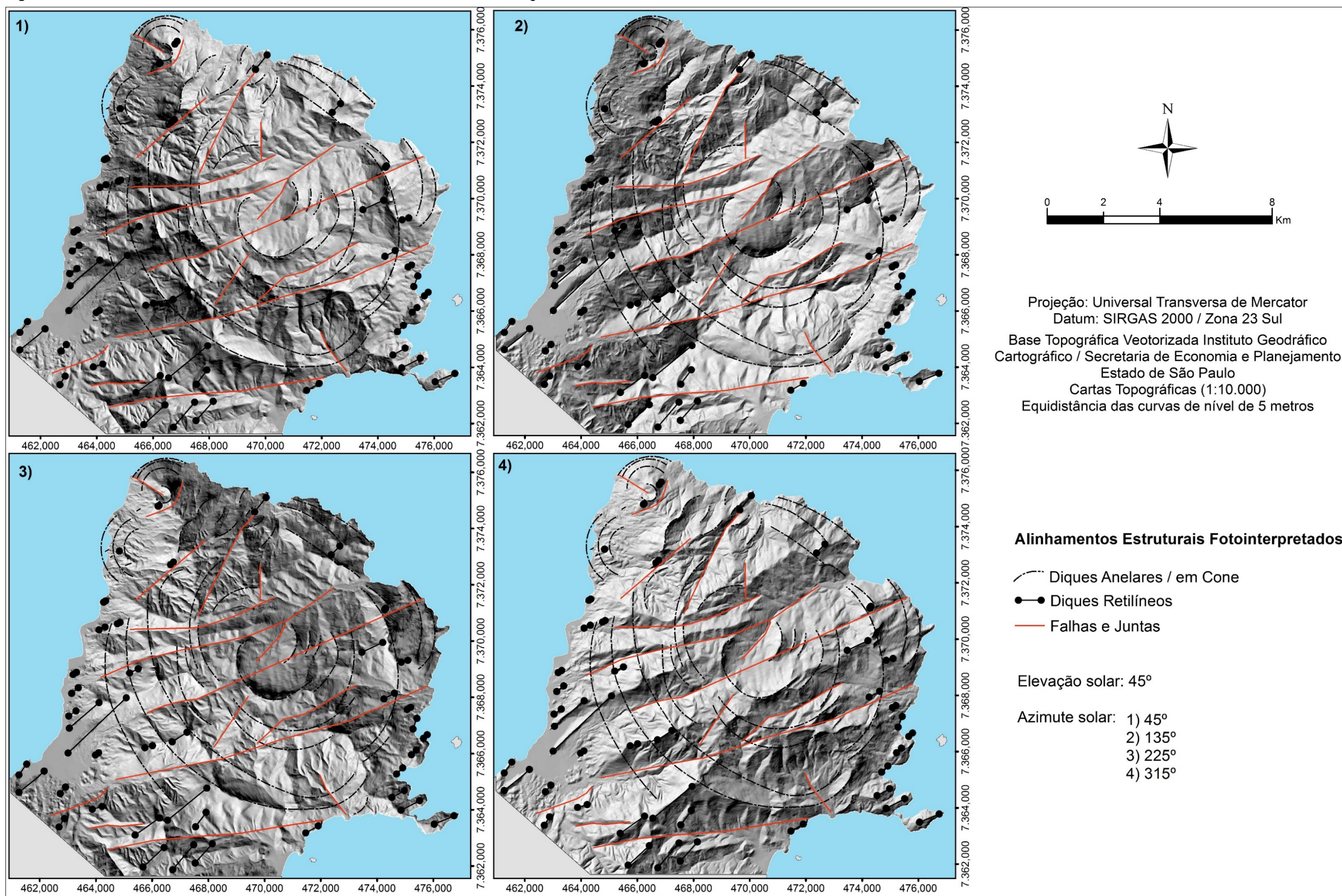
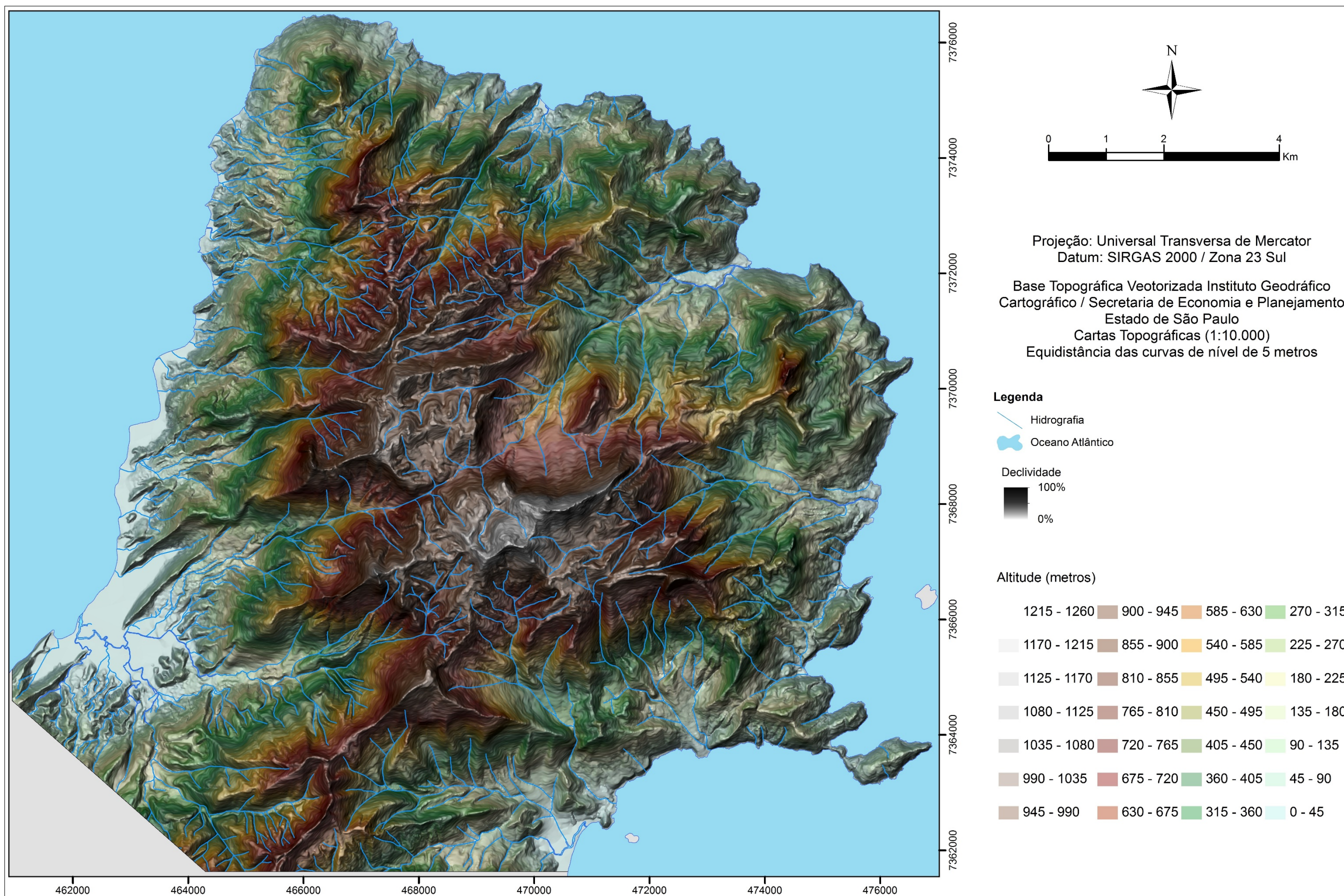


Figura 29 - Cartas de Declividade e de Hipsometria da Região Norte da Ilha de São Sebastião.



Esta morfologia circular não se limita aos terrenos alcalinos, ocorrendo alinhamentos concêntricos aos *stocks* em domínio gnáissico, associados a superfícies estruturais sustentadas por rochas alcalinas (possivelmente diques circulares ou apófises), truncadas por sistemas de fraturas e grandes falhamentos com direção preferencial NE. Trata-se de campos de blocos, compostos exclusivamente de rochas alcalinas, localizados nas praias, costeiras, costões rochosos. Da mesma forma, observou-se a presença de matacões de rocha alcalina em altitude mais elevadas (~100 m), as quais se sobressaem na topografia como quebras positivas de declive (Figura 30).

**Figura 30** - Pico do Baepi e quebras positivas de declive terreno pré-cambriano adjacente.



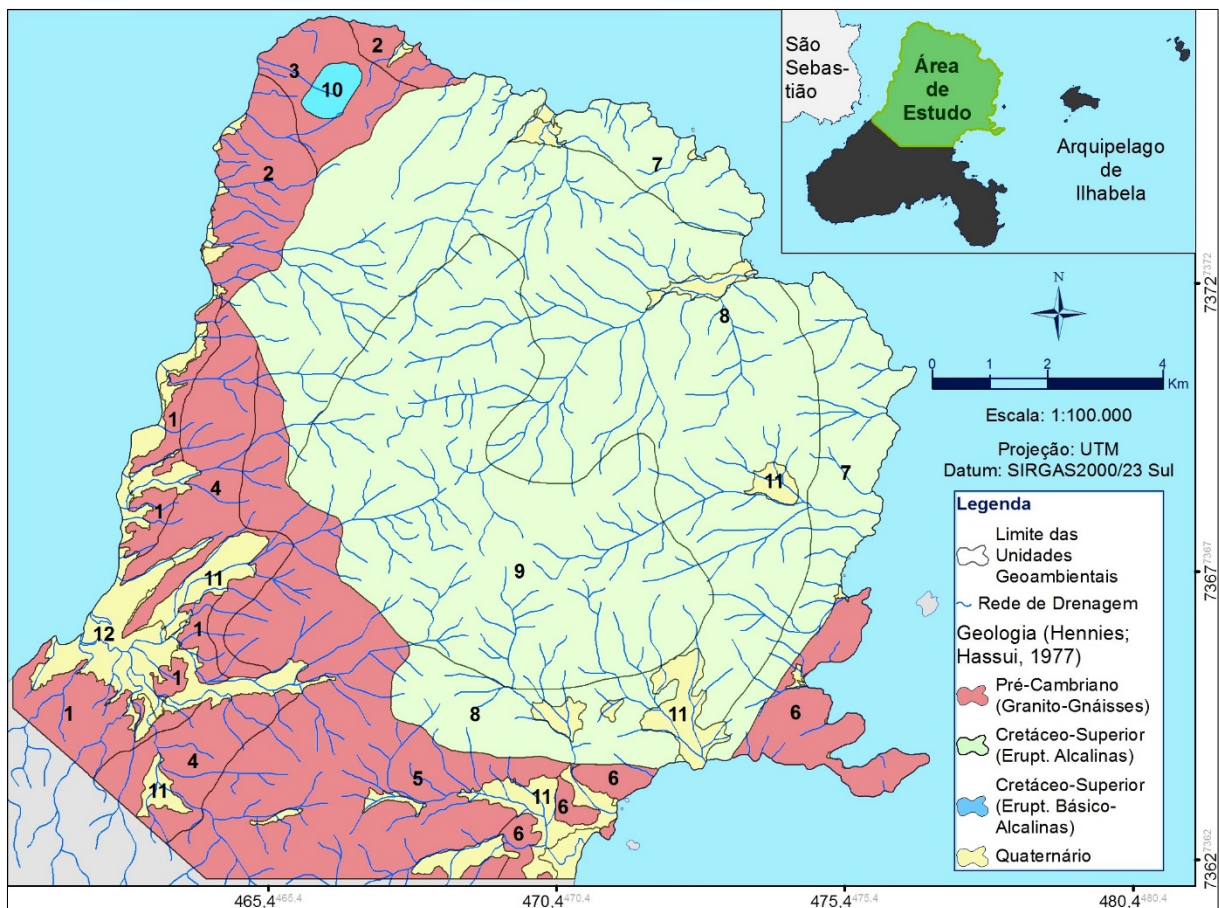
A região norte da Ilha de São Sebastião foi compartimentada em 12 unidades de geodiversidade (Figura 31, APÊNDICE C). As unidades 1 a 6 encontram-se inseridas em domínio Pré-Cambriano, formado por rochas essencialmente granito-gnáissicas, no entanto, como poderá ser observado a seguir, as intercalações na forma de diques anelares variam segundo sua proximidade dos *Stocks*, bem como o nível de dissecação dos relevos associados aos aspectos fisiográficos. As unidades 7 a 10 formam os terrenos sustentados por rochas intrusivas do Cretáceo superior, sendo de 7 a 9, no *Stock* da Serraria (alcalinas) e 10 correspondente ao *Stock* das Canas (básico-alcalinas). As unidades 11 e 12 correspondem aos sedimentos quaternários, respectivamente, depósitos coluvionar e de tálus, e depósitos flúvio-marinhos. As unidades de geodiversidade são assim denominadas:

- I. Morrotes e morros baixos em terreno gnáissico;
- II. Morros alongados em terreno gnáissico;
- III. Encostas montanhosas e morros altos em terreno gnáissico com intrusões básico-alcalinas;
- IV. Morros altos em terrenos gnáissicos;



- V. Encostas montanhosas e escarpas em terreno gnáissico;
- VI. Morros baixos alongados em terreno gnáissico;
- VII. Cristas anelares dissecadas e morros altos alongados em terreno alcalino;
- VIII. Escarpas anelares e morros altos em terreno alcalino;
- IX. Serra anelar e morros alongados em terreno alcalino;
- X. Montanha em terreno básico-alcalino;
- XI. Sedimentos quaternários em depósitos de meia e baixa-encosta e vales entulhados;
- XII. Sedimentos quaternários em planícies flúvio-marinha

**Figura 31** - Contexto Geológico e Distribuição das Unidades de Terreno na Área de Estudo.



A seguir são apresentadas as unidades de geodiversidade. A localização das fotografias apresentadas consta no Mapa de Pontos de Campo (Figura 6, p. 47). Cabe indicar que, devido ao grande número de quadros e ilustrações, não foi possível manter uma sequência padronizada de apresentação dos mesmos para todas as unidades.

### 3.2.1 Unidade I: Morrotes e morros baixos em Terreno Gnáissico

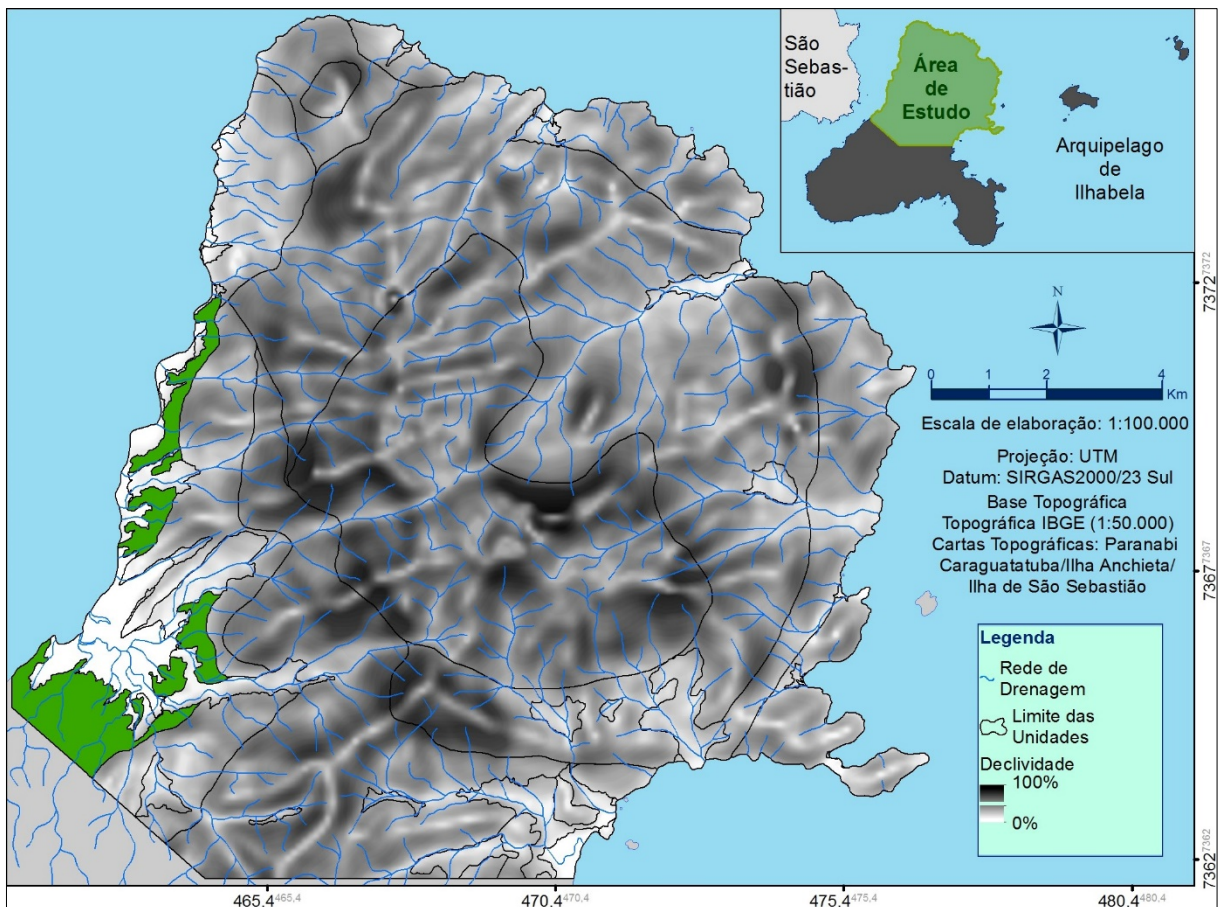
Terreno em estágio avançado de alteração intempérica com predomínio de formas convexas e solos profundos, caracterizado por anfiteatros de cabeceira de drenagem com concentração de fluxo superficial e processos erosivos induzidos.

Ocorrem espessos perfis de alteração intempérica (mais de 5 m) de solo coluvionar laterítico amarelo-avermelhado, silte-arenoso, com blocos rochosos, sobre material saprolítico composto por solo de alteração e rocha alterada.

O relevo é caracterizado por vertentes convexas e topos arredondados, em contato com planícies e terraços flúvio-marinhos, rampas de colúvio e depósitos de tálus em sopé de encosta e fundo de vales encaixados.

Uma síntese das informações é apresentada a seguir, por meio de mapa, fotografias (Figuras 32 a 37) e Quadro 13.

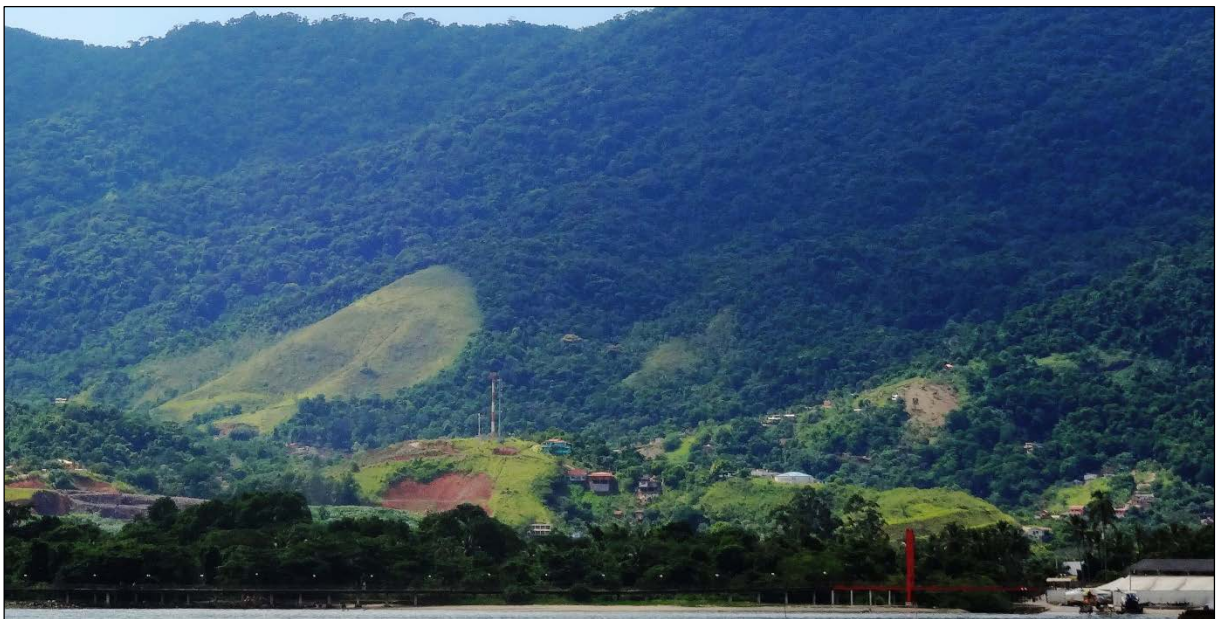
**Figura 32** - Destaque da Unidade 1 na Área de Estudo.



**Quadro 13** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 1.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Média	Média / baixa ~100m	Baixa / média 10% - 22,5%	Topos arredondados; Vales fechados	Convexas / côncavas	Orientado	Pouco assimétrico	Diques retilíneos e fraturas	Anfiteatros de cabeceira de drenagem
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo			
					Processos geológicos exógenos	Uso e ocupação da terra		
Média/alta (Intergranular); Média (Fissural)	Médio / profundo	Alta	Baixa	Blocos subaflorantes e paredões, os primeiros associados às superfícies estruturais de diques anelares os segundos a grandes diques retilíneos; Drenagem em leito rochoso e blocos; Costeiras e Costão rochoso	Erosão linear; Rastejo e Escorregamento de solo e rocha	Urbanização e agrícola		
Observações de campo								
Literatura								
Geologia					Geomorfologia			
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo		
		Fraturas	Foliação	Diques				
Embasamento Pré-Cambriano	Gnaiss porfirídico; Diques porfirídicos esverdeados; Alkali feldspato sienito; Litologia indefinida (embasamento e diques)	45/90; Família: 180/73, 175/70, 167/73, 177/76, 170/85; 126/60	320/65; 310/60; 304/67; 310/74; 310/40; 290/40; 126/60	Diques NE; 320/65; 320/75; 130/70; 310/40; 126/60	Morrotes e morros baixos	Topos arredondados e cristas alinhadas; Vales assimétricos, encaixados; Vertentes convexas e côncavas.		

**Figura 33** - Landform – morros baixos alinhados com topos arredondados e vertentes convexas. Unidade sob intensa urbanização, com intervenções como taludes de corte e remoção da vegetação nativa (em primeiro plano), em contraste com relevos íngremes ao fundo (Foto tirada do *ferry boat*).



**Figura 34** - Landform – Morros com encostas convexas e espessos perfis de alteração (CAPGPK11).



**Figura 35** - Perfil de alteração intempérica com solo coluvionar argiloso avermelhado, e blocos de quartzo sobre solo de alteração acinzentado argilo-siltoso e material saprolítico de um dique e na base, material saprolítico amarelado e rocha gnáissica alterada.



**Figura 36** - Diques alcalinos e fraturas (310/70) em granito-gnaiss leucocrático com foliação (310/74) (Pnt7).



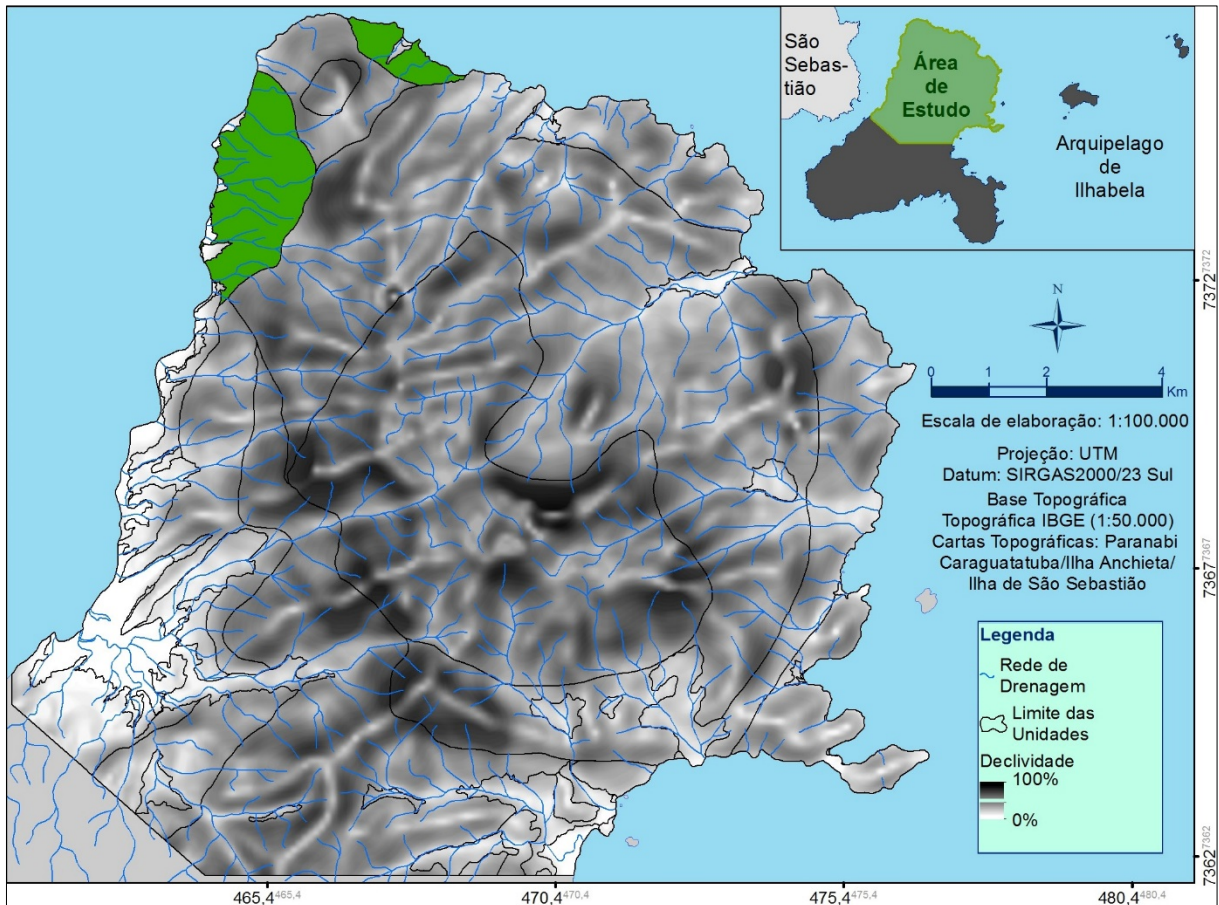
**Figura 37** - Erosão acelerada e generalizada por remoção da vegetação nativa (Pnt43).



### 3.2.2 Unidade II: Morros alongados em Terreno Gnáissico

Relevo em terreno gnáissico, com topos rochosos sustentados por diques anelares, e cristas com direção NE associadas a diques retilíneos. Campos de matacões de rochas alcalinas com disposição orientada indicam alteração *in loco* (feições reliquiares das estruturas geológicas – diques e fraturas) em diferentes níveis altimétricos, com baixa declividade, associados às superfícies estruturais locais, refletindo escalonamento dos blocos, desde as praias e costeiras até as cotas mais elevadas, concordantes com os grandes falhamentos do litoral norte de São Paulo, com direção NE. Na praia da Pacuíba, observa-se predominância de rochas básico-alcalinas, as quais estão associadas às intrusões gábricas do Stock das Canas (LIMA, 2001), numa grande diversidade litológica (Gnaiss com granada / Gabros, piroxênio / Básicas, básicas acamadadas – acamamento ígneo; textura cumulática; estratificações ígneas). Outras informações relevantes são apresentadas a seguir (Figura 38 a 42; Quadro 14).

**Figura 38** - Destaque da Unidade 2 na Área de Estudo.



**Quadro 14** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 2.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)			Formas de Relevo		Estrutura		Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Média / alta	Média ~300m	Média 22,5% - 45%	Topos arredondados; Vales fechados	Convexas /côncavas	Orientado	Assimétrico	Diques retilíneos; fraturas e falhas	-
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos			Observações de campo	
							Processos geológicos exógenos	Uso e ocupação da terra
Média (Intergranular); Média/alta (Fissural)	Médio (rocha subaflorante)	Média / alta	Baixa / média	Blocos subaflorantes e paredes, ambos muito frequentes, os primeiros associados às superfícies estruturais de diques anelares os segundos a grandes diques retilíneos; Drenagem em leito rochoso e blocos; Costeiras e Costão rochoso			Concentração de fluxo superficial; Erosão linear acelerada (induzida); Rastejo e Escorregamento de solo e rocha	Urbanização e PEIb
Literatura				Observações de campo				
Geologia				Estruturas			Geomorfologia	
Subsu-perfície	Litologia / materiais	Fraturas	Foliação	Diques	Tipo de Relevo	Formas de Relevo		
Embasamento Pré-Cambriano Intrusão máfica-ultramáfica (Praia da Pacuíba)	Gnaíse; Alkali feldspato sienito; Nefelina monzogabro/ monzodiorito	-	320/64; 340/60; 310/65	-	Morros alongados	Topos arredondados, alinhados com orientação para NO, e cristas subordinadas, alinhadas para NE; Vales assimétricos, encaixados; Vertentes convexas e côncavas com concentração de fluxo superficial.		

**Figura 39** - Visão panorâmica do relevo (Pnt9-barco).



**Figura 40** - Landform - relevo escalonado com cristas alinhadas e topo rochoso subaflorante (Foto tirada do Pnt12).



**Figura 41** - Solo coluvionar muito argiloso vermelho amarelado sobre rochas gnáissicas (Pnt10).



**Figura 42** - Gnáisse muito alterado em material saprolítico (Pnt10).



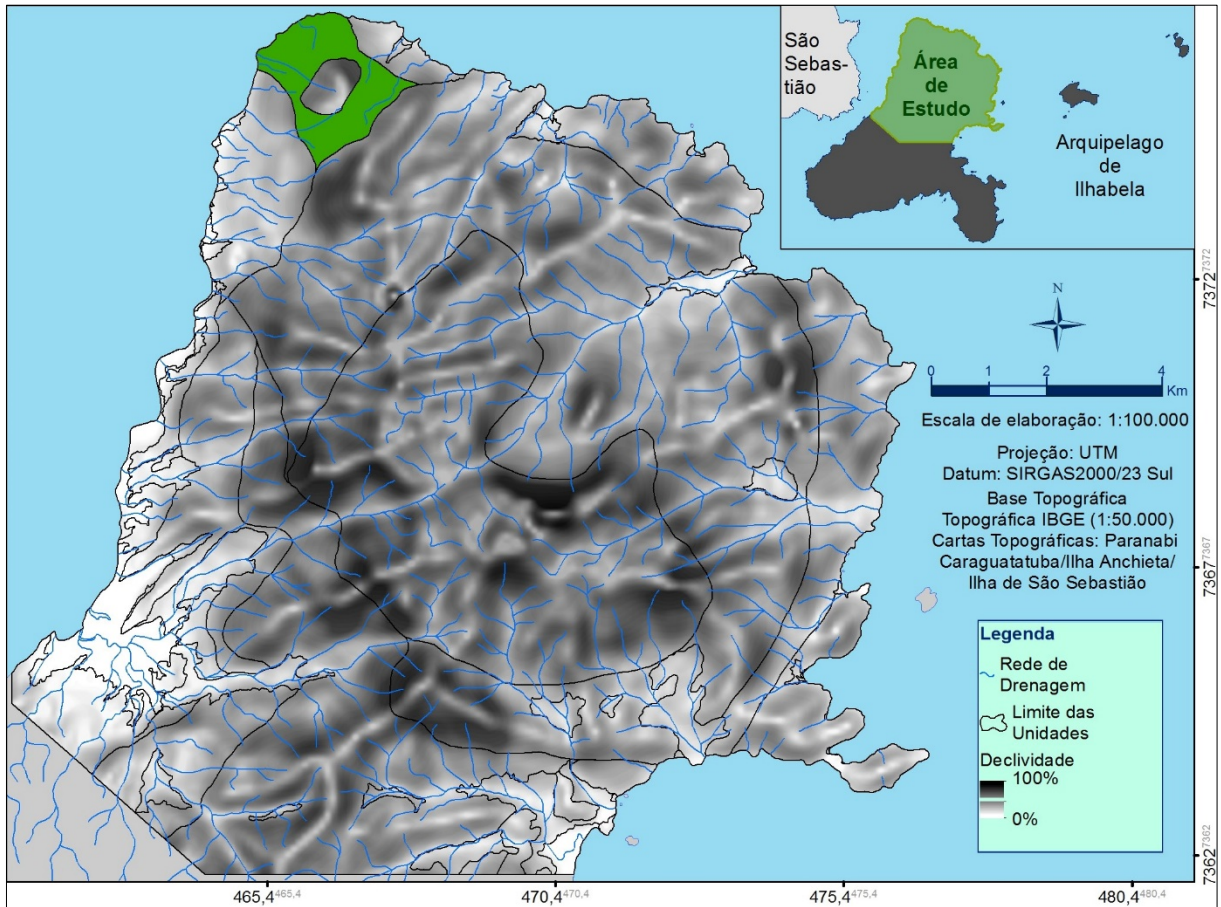
### 3.2.3 Unidade III: Encostas Montanhosas e Morros Altos em Terreno Gnáissico com Intrusões Básico-Alcalinas

O terreno pré-cambriano é caracterizado por encostas subniveladas, com quebras positivas do relevo, associadas a diques anelares, concêntricos ao *Stock* das Canas, onde a morfologia circular define a inflexão da linha de costa no extremo norte da Ilha de São Sebastião e uma rede de drenagem radial.

O relevo de tipo morros altos ocorre entre o referido *Stock* e o da Serraria, apresentando topos isolados por estruturas geológicas rúpteis, principalmente fraturas, onde a rede de drenagem encontra-se encaixada, formando vales erosivos, com grande quantidade de blocos rochosos e lajes.

A unidade possui um perfil de alteração intempérica relativamente pouco espesso, com solo laterítico silte-arenoso (1 m) e horizonte C composto por blocos rochosos, sub-aflorantes. Nos setores de baixa encosta, junto à costeira e fundo de vales, ocorrem depósitos coluvionares com blocos de rochas alcalinas e gnaisses em uma matriz argilo-arenosa. Além do mapa (Figura 43), outras informações relevantes estão sintetizadas no Quadro 15, e nas fotografias das Figura 44 e 45.

**Figura 43** - Destaque da Unidades 3 na Área de Estudo.



**Quadro 15** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 3.

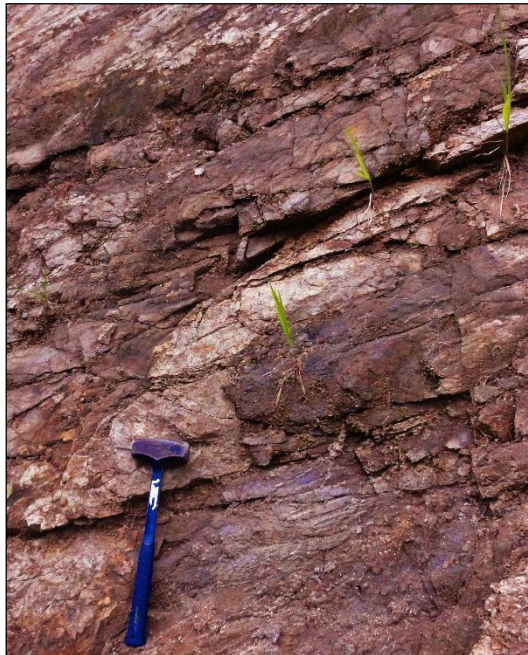
Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Média / alta	Média / alta ~500m	Média 22,5% - 45%	Topos arredondados; Vales fechados	Convexas/retilíneas	Orientado	-	Diques anelares e fraturas	Encostas subniveladas, com quebras positivas do relevo
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo			Uso e ocupação da terra
					Processos geológicos exógenos			
Média (Intergranular); Média (Fissural)	Médio	Média	Alta / média	Drenagem em leito rochoso e blocos; Costeiras e Costão rochoso	Erosão linear (induzida); Escorregamento planar e em cunha de material saprolítico e rocha		Urbanização, vegetação nativa e PEIb	
Literatura			Observações de campo					
Geologia				Geomorfologia				
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo		
		Fraturas	Foliação	Diques				
Embasamento Pré-Cambriano	Gnaiss; Intrusões básico-alcalinas	-	310/65	-	Encostas montanhosas e Morros altos	Vertentes convexas e retilíneas marcadas por quebras de declive positivas; Vales encaixados.		



**Figura 44** - *Landform* – encostas retilíneas e rupturas de declive formando superfícies estruturais (Pnt12-barco).



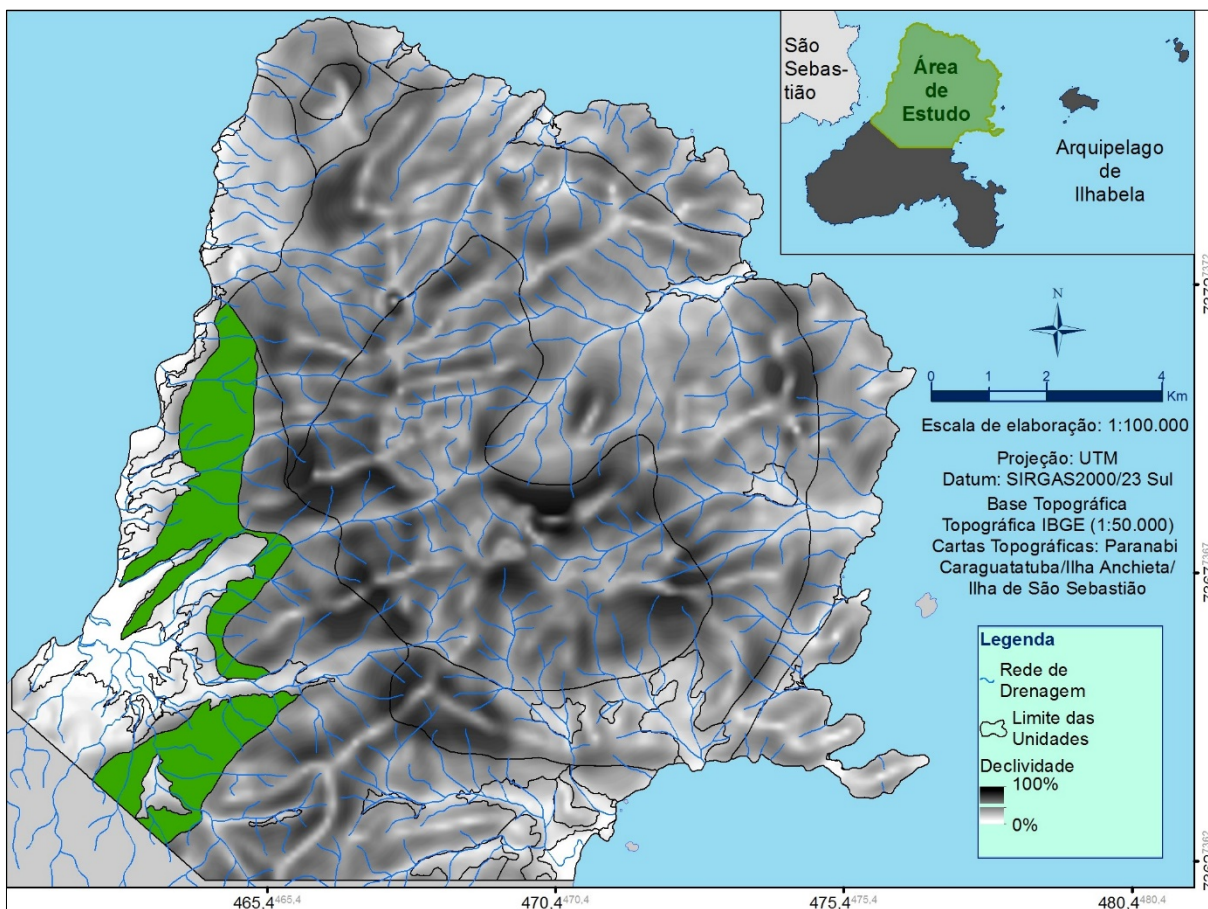
**Figura 45** - Gnaiss com foliação (310/65) muito alterado, com pelo menos, dois planos de fraturas (Pnt15).



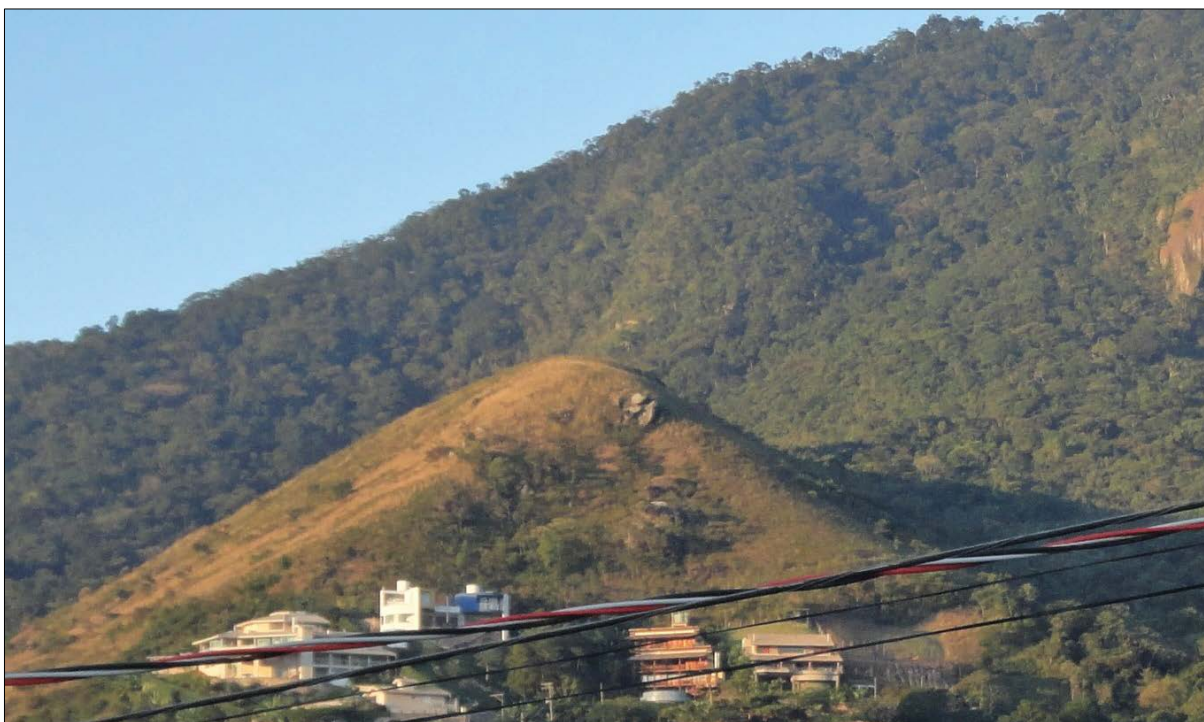
#### 3.2.4 Unidade IV: Morros Altos em Terrenos Gnáissicos

Terreno com expressão de deformação dútil, com vales profundos, e encostas côncavas indicam um alto índice de dissecação vertical à unidade. Apresenta grande incidência de processos gravitacionais de massa, e processos erosivos acelerados. Os vales assimétricos são condicionados por falhas, com direção preferencial NE. Blocos alcalinos aflorantes em topos angulosos e rupturas de declive. A alta declividade, favorece o elevado gradiente dos cursos d'água, principalmente os de primeira ordem em setores de alta encosta, onde a erosão remontante gera selas topográficas. Outras informações são apresentadas no Quadro 16 e nas Figuras 46 a 51.

**Figura 46** - Destaque da Unidades 4 na Área de Estudo.



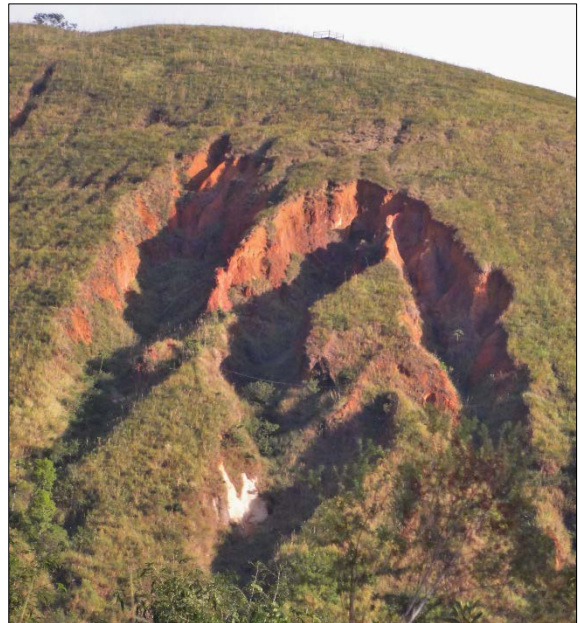
**Figura 47** - Landform – Morros altos com encostas retilíneas e facetas triangulares (tirada do Pnt6).



**Figura 48** - Dique alcalino (136/90) muito fraturado (210/90, 136/90, 312/90) condicionando curso d'água (Pnt 62).



**Figura 49** - Processos erosivos generalizados decorrentes da remoção da vegetação nativa (foto tirada do Pnt46, voltada para sul).



**Figura 50** - Escorregamento rotacional em mobilizando material saprolítico e rocha alterada



**Figura 51** - Quebra positiva de declive marcada por bloco aflorante de rocha alcalina (CAPMIN1)



**Quadro 16** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 4.

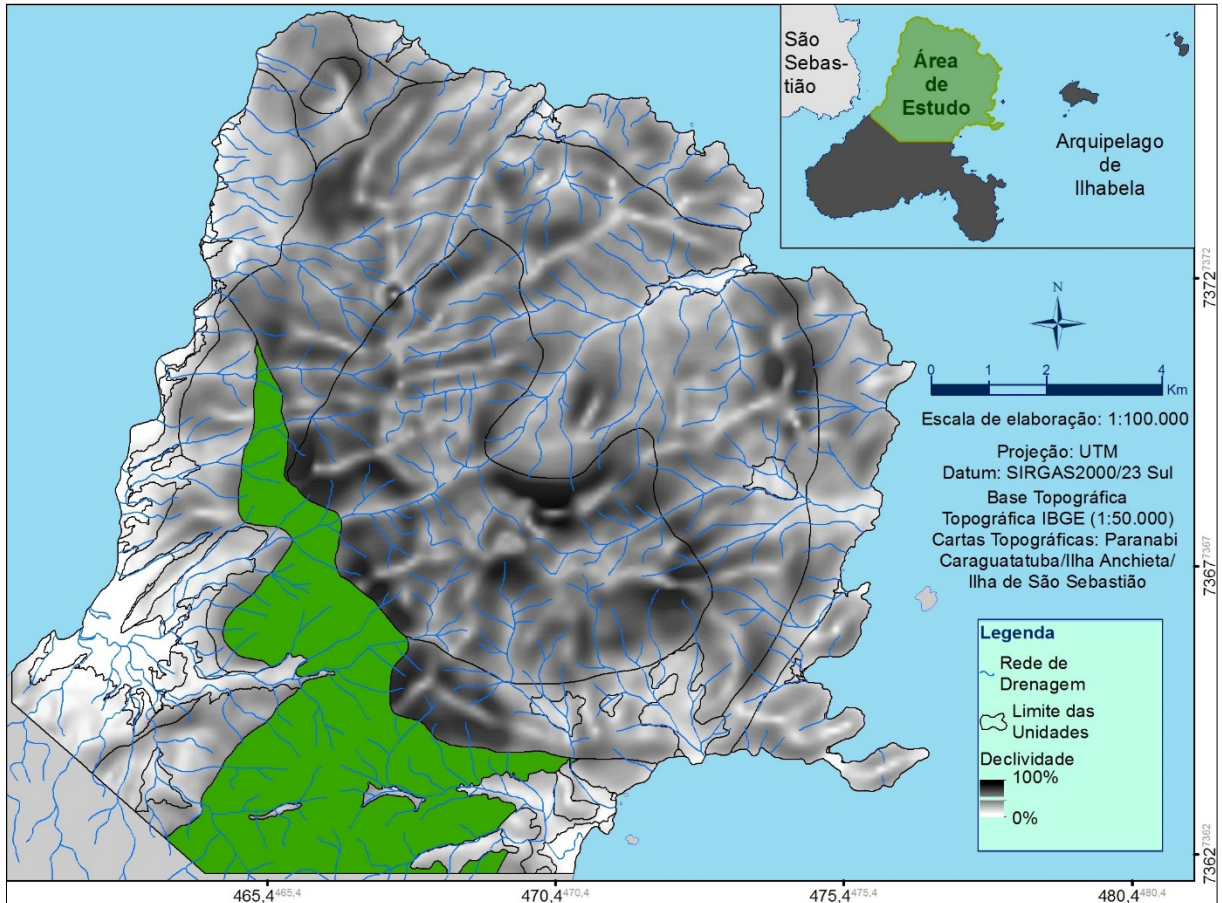
Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Alta	Média ~300m	Média / alta 22,5% - 45% (ocorrências locais: 45% - 60)	Topos arredondados a angulosos Vales fechados	Côncavas / retilíneas	Muito orientado	Assimétrico a muito assimétrico	Diques retilíneos, fraturas, falhas	Vales encaixados muito profundos (continua)

Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)						
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo	
					Processos geológicos exógenos	Uso e ocupação da terra
Média / baixa (Intergranular); Alta (Fissural)	Raso / médio (rocha aflorante)	Média / baixa	Alta	Blocos subaflorantes e paredões, os primeiros associados às superfícies estruturais de diques anelares os segundos a grandes diques retilíneos; Cachoeiras/Drenagem em leito rochoso e blocos	Erosão linear acelerada (induzida); Escorregamento de solo e rocha; Queda de blocos rochosos	Urbanização, vegetação nativa e PEIb
Literatura			Observações de campo			
Geologia				Geomorfologia		
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo
		Fraturas	Foliação	Diques		
Embasmamento Pré-Cambriano	Gnaiss porfirídico; Diques porfirídicos esverdeados	172/50; fraturas no dique*: 210/90, 136/90, 312/90	297/65	136/90*; 297/65	Morros altos	Topos arredondados e restritos e cristas retilíneas; Vales profundos encaixados; Vertentes côncavas com anfiteatros e indícios de escorregamentos.

3.2.5 Unidades V: Encostas Montanhosas e Escarpas em Terreno Gnáissico

A situação da unidade na área de estudo é apresentada a seguir (Figura 52).

Figura 52 - Destaque da Unidades 5 na Área de Estudo.

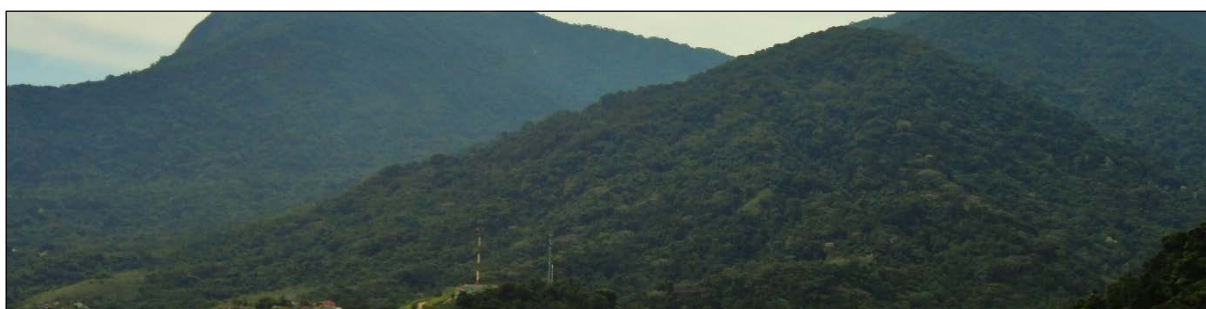


Situado entre os *Stocks* alcalinos da Serraria e de São Sebastião, este terreno pré-cambriano é fortemente condicionado por falhas e diques com direção preferencial NE e mergulho aparente para NO, revelado pela assimetria das encostas, com solo coluvionar argilo-arenoso com muitos blocos rochosos, com mais de 10 metros de diâmetro. Ocorrem também patamares estruturais sustentados por diques alcalinos concêntricos ao *Stock* da Serraria. O relevo, com alto índice de dissecação vertical, caracteriza-se por vales erosivos profundos, com drenagem sobre lajes gnáissicas e/ou condicionadas por fraturas/falhas/diques formando cachoeiras. A síntese das informações é apresentada no Quadro 17 e nas Figuras 53 a 57.

**Quadro 17 - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 5.**

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Alta	Alta ~500m	Alta 45% - 60 (ocorrências locais > 60%)	Topos arredondados a angulosos; Vales fechados	Convexas / côncavas	Muito orientado	Assimétrico	Diques retilíneos, fraturas e falhas	Vales muito profundos
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos			Observações de campo	
Baixa (Intergranular) Alta (Fissural)	Raso / médio (rocha aflorante)	Baixa	Alta	Blocos subaflorantes e paredões, os primeiros associados às superfícies estruturais de diques anelares os segundos a grandes diques retilíneos Drenagem em leito rochoso e blocos			Erosão linear; Escorregamento de solo e rocha; Queda de blocos rochosos	PEIb
Literatura		Observações de campo						
Geologia				Geomorfologia				
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo		
		Fraturas	Foliação	Diques				
Embassamento Pré-Cambriano	Gnaiss porfirídico; Diques porfirídicos esverdeados	172/50; 140/70; fraturas no dique*: 40/85, 32/85	-	130/70*; Diques NE	Encostas montanhosas e Escarpas	Topos arredondados a angulosos e restritos e cristas retilíneas fortemente orientadas (NE); Vales assimétricos, profundos e encaixados em fraturas e falhas estas associadas às encostas com feições trapezoidais e triangulares. Vertentes côncavas / convexas.		

**Figura 53 - Landform** – encostas íngremes (1º plano) associadas ao relevo montanhoso alcalino (Pnt 42-foto voltada para sul).



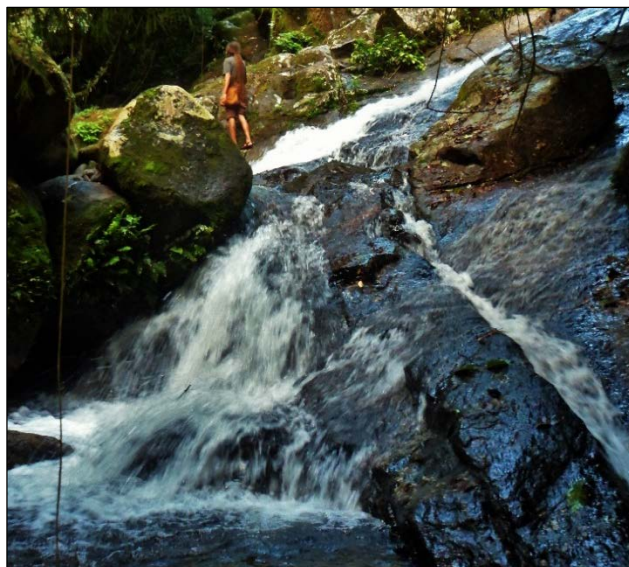
**Figura 54** - Escarpas sustentadas por diques básicos e alcalinos com direção NE, entre os Stock da *Serraria* (esq.) e São Sebastião (dir.), com chuvas orográficas na vertente oceânica (Pnt24).



**Figuras 55 e 56** - Diques máfico (esquerda) e alcalino (direita) intrudido no gnaisse facoidal, marcados por descontinuidades, possivelmente associado à uma zona de cisalhamento local (Pnt61).



**Figura 57** - Cachoeira em laje gnáissica muito fraturada, e diques alcalinos e máficos (Pnt61).



### 3.2.6 Unidade VI: Morros Baixos Alongados em Terreno Gnáissico

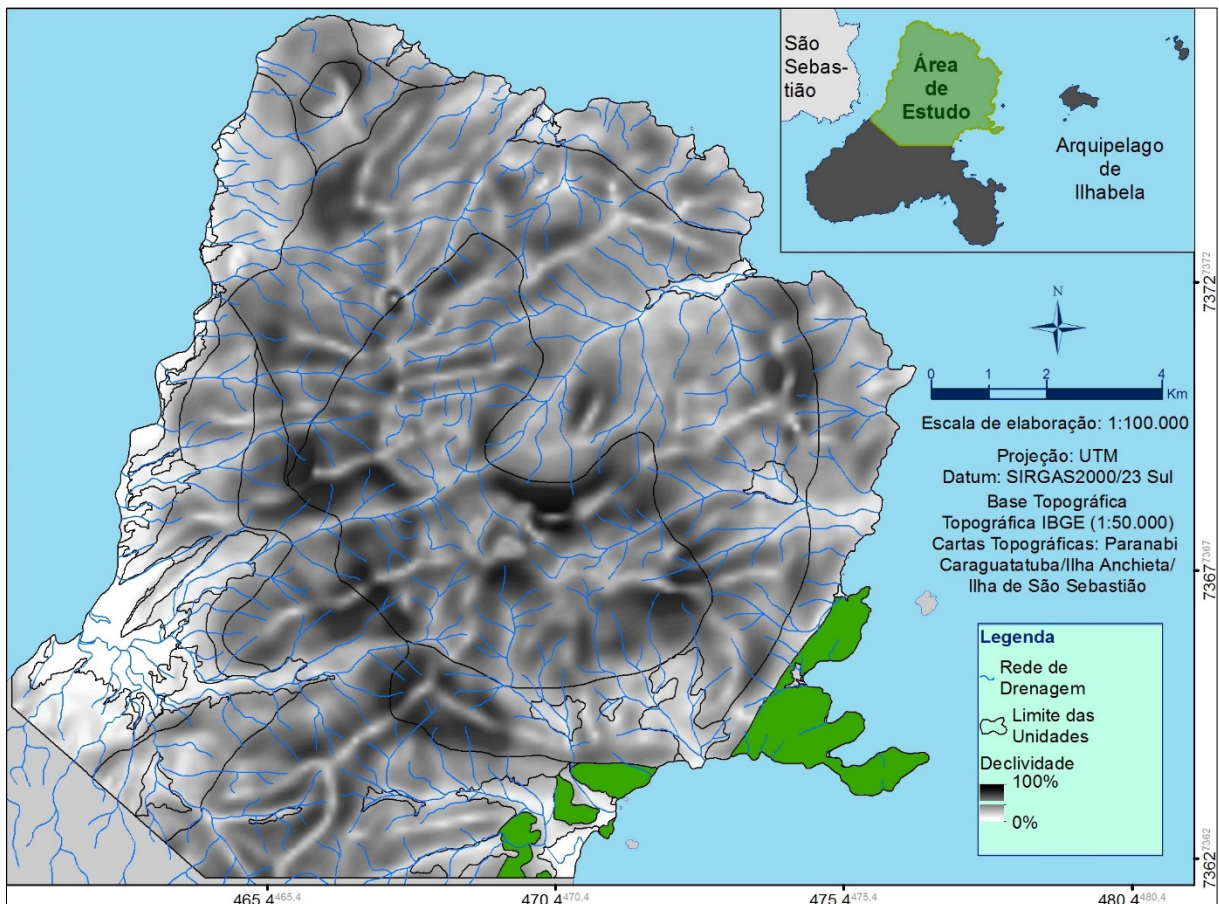
Terreno gnáissico, exposto aos processos morfogenéticos costeiros, apresenta grande densidade de feições erosivas e movimentos de massa, principalmente em locais onde a vegetação nativa foi suprimida. Relevo assimétrico e fortemente orientado (NE) é caracterizado pelo paralelismo das cristas.

As falhas e diques retilíneos, juntamente com as famílias de fraturas, condicionam os processos escorregamento em cunha e queda de blocos, resultando na morfologia escalonada da linha de costa, com extensos costões rochosos e setores de baixa-encosta, com topo rochoso subaflorente (lajes e campos de matacões).

O perfil de alteração intempérica é espesso em setores de média e alta-encosta, com material saprolítico vermelho amarelado, areno-argiloso com blocos rochosos, sob solo coluvionar laterítico.

Uma síntese das informações é apresentada a seguir, por meio de mapa (Figura 58), quadro descritivo (Quadro 18) e fotografias (Figuras 59 a 61).

**Figura 58** - Destaque da Unidades 6 na Área de Estudo.



**Quadro 18** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 6.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude de Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Média	Média / baixa ~160m	Média 22,5% - 45%	Topos arredondados; Vales fechados	Côncavas / retilíneas	Muito orientado	Muito assimétrico	Diques, fraturas e falhas	Linha de costa escalonada
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo			
					Processos geológicos exógenos		Uso e ocupação da terra	
Média / alta (Intergranular); Média / alta (Fissural)	Médio / profundo	Alta / média	Baixa / média	Costeiras: superfícies estruturais de diques anelares; Costões rochosos associados grandes diques retilíneos; Drenagem em leito rochoso e blocos	Concentração de fluxo superficial; Erosão linear acelerada (induzida); Rastejo e Escorregamento de solo e rocha; Queda de blocos rochosos	Comunidades tradicionais caiçaras, vegetação nativa e PEIb		
Literatura				Observações de campo				
Geologia				Geomorfologia				
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo		
		Fraturas	Foliação	Diques				
Embasamento Pré-cambriano; Intrusão máfica-ultramáfica (Praias da Serraria, Caveira e do Gato)	Gnaise porfirídico; Alcalina (sienito); Litologia indefinida (diques)	192/87 (família); 035/41 (família)	NE	145/80 Diques NE	Morros baixos alongados	Topos arredondados com cristas retilíneas fortemente orientadas (NE), Vertentes retilíneas marcadas por quebras de declive positivas, Vertentes côncavas com concentração de fluxo superficial; Vales encaixados		

**Figura 59** - *Landform* – morros baixo com cristas alongadas, fortemente orientadas. Unidade caracterizada pela ocupação caiçara, com supressão da mata nativa e agravamento dos processos erosivos.



**Figura 60** - Ponta da Cabeçuda - cristas alinhadas subparalelas com escalonamento da linha de costa, terreno orientado por fraturas, falhas e (foto voltada para leste-Pnt66).





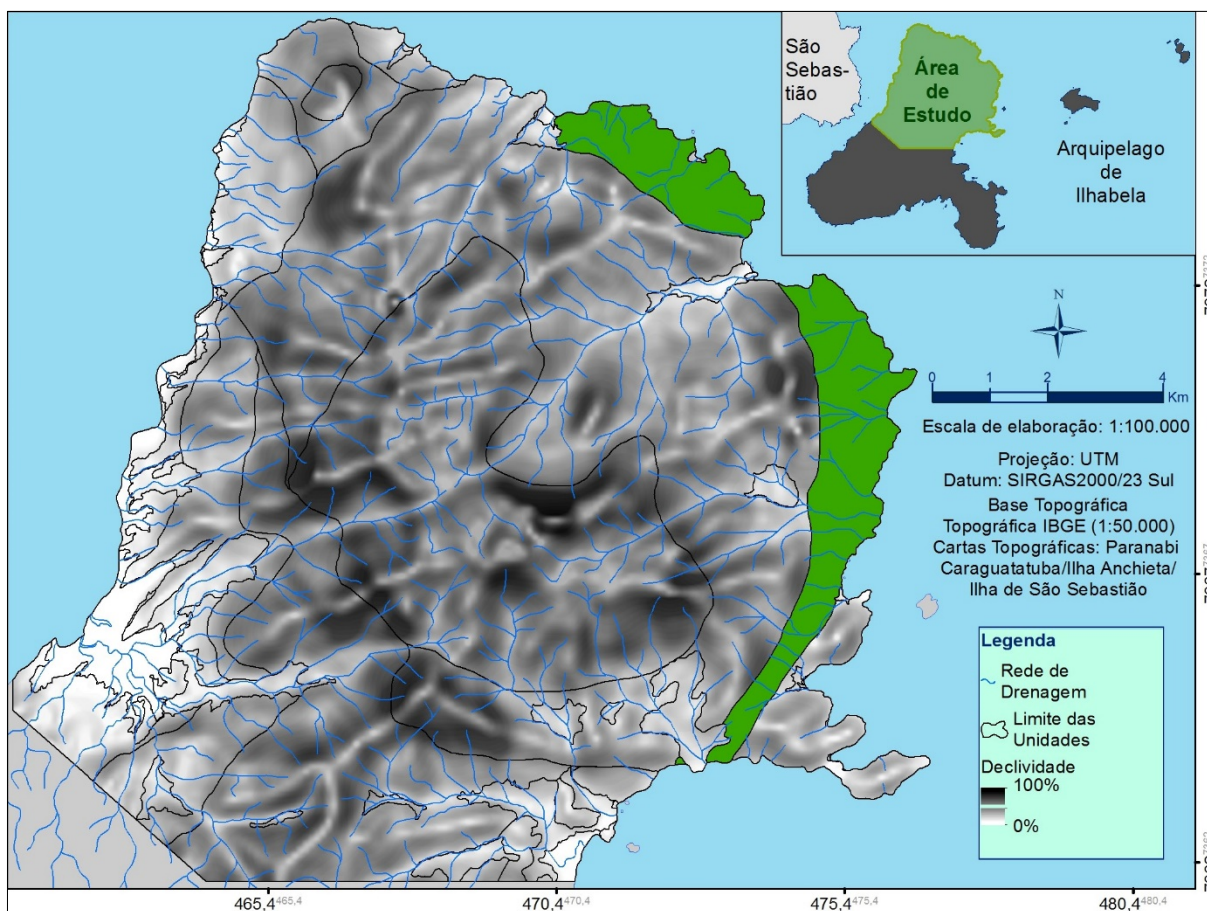
**Figura 61** - Costão rochoso com diques muito fraturados cinza escuro (~4 e 20m) subverticais (Pnt119-barco).



### 3.2.7 Unidade VII: Cristas Anelares Dissecadas e Morros Altos e Alongados em Terreno Alcalino

A localização da unidade na área de estudo é apresentada a seguir (Figura 62).

**Figura 62** - Destaque da Unidades 7 na Área de Estudo.



Terreno muito dissecado, caracterizado por formas circulares ressaltadas no relevo por alinhamento de topos e cristas, e pela morfologia circular da costa, desde a Praia do Jabaquara até a Ponta Grossa. Seguindo estes alinhamentos, ocorrem blocos de rocha alcalina juntos ao nível do mar, muitos com mais de 20 metros de diâmetro, os quais formam a Laje da Prainha e o Parcel da Pirajica, situado em frente. A síntese das informações é apresentada a seguir (Quadro 19):

**Quadro 19** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 7.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Alta	Alta ~400m	Média / alta 22,5% - 45% (ocorrências locais: 45% - 60)	Topos arredondados Vales fechados	Côncavas / retilíneas	Muito orientado	Assimétrico	Diques, fraturas e falhas	Quebras positivas e negativas de declive alinhadas, circulares
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo			
					Processos geológicos exógenos	Uso e ocupação da terra		
Média / baixa (Intergranular); Média (Fissural)	Médio	Média	Alta / média	Costeiras e campo de matacões em meia encosta e topos: superfícies estruturais de diques anelares; Costões rochosos e costeiras associados às intercalações de diques retilíneos (blocos cinza escuros) e rochosos do stock; Drenagem em leito rochoso e blocos	Concentração de fluxo superficial; Erosão linear acelerada (induzida); Rastejo e Escorregamento de solo e rocha; Queda de blocos rochosos	Comunidades tradicionais caiçaras, vegetação nativa e PEIb		
Observações de campo								
Literatura		Observações de campo						
Geologia				Geomorfologia				
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo		
		Fraturas	Foliação	Diques				
Rochas Eruptivas Alcalinas do Cretáceo Superior	Sienito	-	-	315/85	Cristas anelares dissecadas e morros altos alongados	Topos arredondados e alinhados, sustentados por diques anelares, cristas retilíneas fortemente orientadas (NE), Vertentes retilíneas subparalelas, associadas a vales fechados, assimétricos, encaixados em falhas		

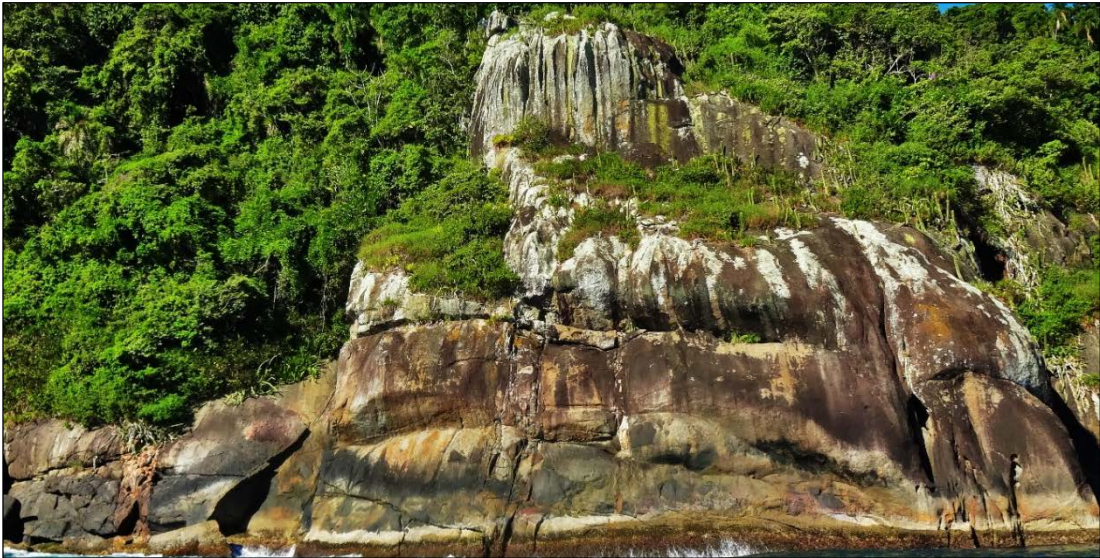
A disposição orientada dos blocos, bem como a morfologia encaixada das Praias da Fome e Prainha, indicam que tais blocos são autóctones. Também ocorrem feições circulares reentrantes, que se apresentam como quebra negativas de declive e indicam contato entre os diques circulares. As cristas subparalelas, fortemente orientadas (NE), e os vales assimétricos consistem em outro aspecto geomorfológico marcante desta unidade, estando condicionados por falhas e fraturas nesta direção, as quais formam pontões e pequenas enseadas. Subordinadamente, os diques retilíneos definem a morfologia da costa, com mais expressividade no trecho entre a

Ponta Grossa e a Praia da Serraria, onde as costeiras possuem grande quantidade de blocos orientados, de coloração cinza claro, intercalados com costões formados por diques de rocha máfica. A relação estrutural entre os alinhamentos retilíneos e feições circulares pode indicar a presença de um teto gnáissico remanescente sobre as intrusões alcalinas, no qual foram preservadas estruturas pré-cabrianas e diques da 1<sup>o</sup> geração. A seguir, as Figuras 63 a 65 ilustram a geodiversidade da unidade.

**Figura 63** - *Landform* – encostas com quebras de declive associadas a alinhamentos circulares de relevo, com topos rochosos subaflorantes (foto voltada para leste-Pnt49).



**Figura 64** - Costão rochoso alcalino muito fraturado – detalhe para caneluras no topo (Pnt34-barco).



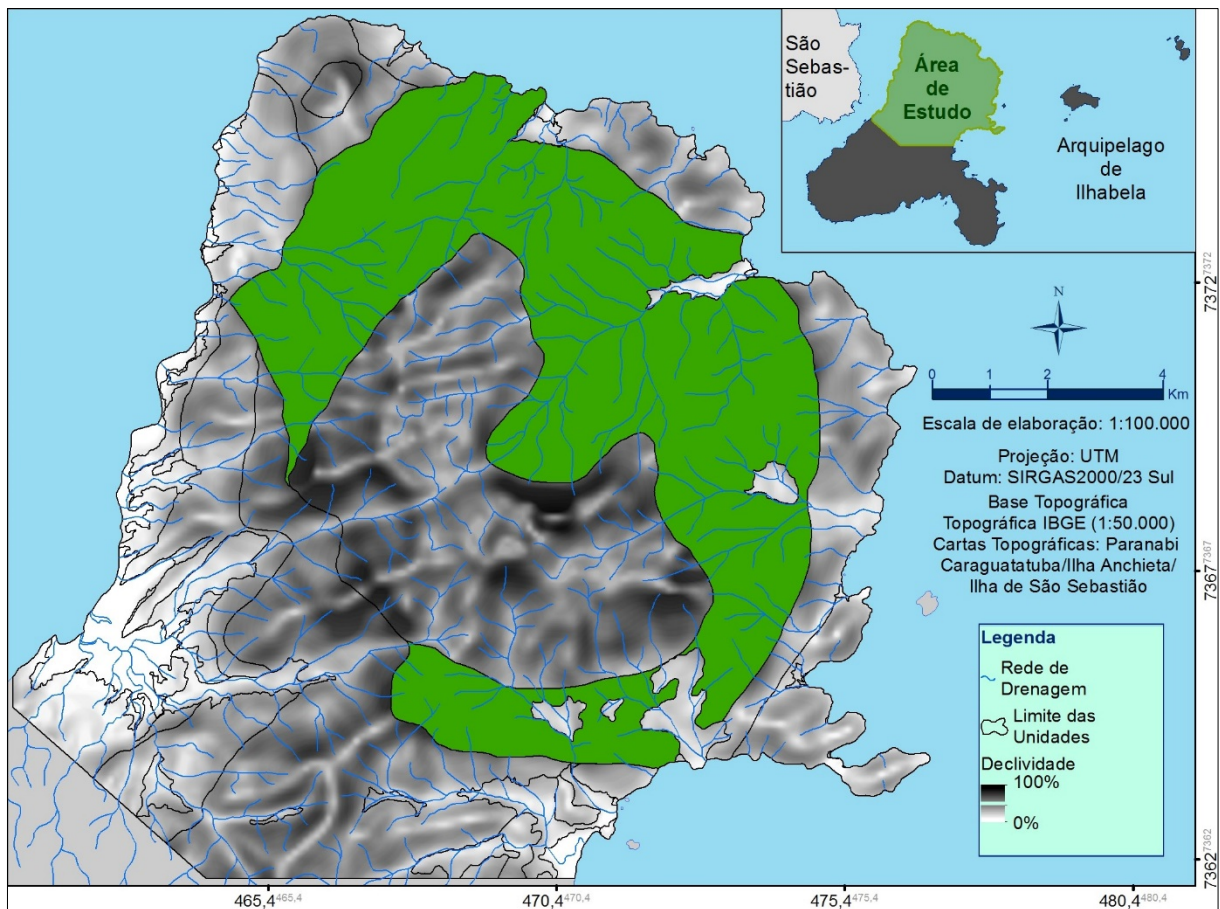
**Figura 65** - Xenólito de rocha gnáissica em dique máfico (Pnt 33).



### 3.2.8 Unidade VIII: Escarpas Anelares e Morros Altos em Terreno Alcalino

A unidade engloba grandes bacias hidrográficas voltadas para face oceânica da ilha (médio e baixo curso do Ribeirão do Poço e Córrego da Cabeçada e médio curso do Ribeirão dos Castelhanos e Córregos da Prainha e Jabaquara), cujos divisores de água consistem em formas remanescentes de diques anelares e caracterizam-se por escarpas, picos e paredões rochosos (Figura 66).

**Figura 66** - Destaque da Unidades 8 na Área de Estudo.



O terreno escarpado possui alto grau de dissecação vertical, com elevada amplitude altimétrica, condicionado por grandes falhamentos NE e feições circulares reentrantes nos quais os referidos cursos d'água correm encaixados, retrabalhando os depósitos de tálus (erosão fluvial). Os processos morfogenéticos de encosta são deflagrados em locais com declividade acentuada, superiores a 45%, onde os perfis de solo são pouco espessos, principalmente os movimentos de massa mobilizando material saprolítico e blocos rochosos, os quais imprimem uma morfologia côncava-retilínea das vertentes. Os depósitos coluvionares argilosos ocorrem ao longo de todo perfil de encosta, com grande quantidade de blocos rochosos, mesmo em elevadas

altitudes, no entanto com maior concentração em setores mais baixos, próximos aos fundos de vale. Outras informações relevantes são apresentadas a seguir (Quadro 20; Figuras 67 a 71).

**Quadro 20** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 8.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevô	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevô		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Alta	Alta ~800m	Média / alta 22,5% - 60% (ocorrências locais > 60%)	Picos / Topos arredondados a angulosos; Vales fechados	Convexas / côncavas	Orientado	Muito assimétrico	Diques anelares, retilíneos fraturas e falhas	Picos alinhados e cristas anelares
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo			
					Processos geológicos exógenos		Uso e ocupação da terra	
Média/baixa (Intergranular) Alta (Fissural)	Médio / raso (rocha aflorante)	Baixa	Alta	Paredões e picos rochosos associados à diques anelares e retilíneos; Campo de blocos em cristas alinhadas; Costões rochosos e costerias; Cachoeiras	Concentração de fluxo superficial; Erosão linear acelerada (induzida); Rastejo e Escorregamento de solo e rocha; Queda de blocos rochosos		Urbanização, vegetação nativa e PEIb	
Literatura			Observações de campo					
Geologia				Geomorfologia				
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevô	Formas de Relevô		
		Fraturas	Foliação	Diques				
Rochas Eruptivas Alcalinas do Cretáceo Superior	Alkali feldspato sienito; Alkali feldspato sienito com quartzo; Sienito; Alcalinas indefinidas	330/86; 320/20 (veios pegmatíticos); 250/90; 130/85	-	Diques NE; 140/90; 230/80, 200/85, 190/80	Escarpas anelares e morros altos	Picos cristas anelares e diques retilíneos subordinados, truncados por falhas NE, formando escarpas (afloramentos subverticais); Vales assimétricos, profundos e encaixados em fraturas e falhas estas associadas às encostas com feições trapezoidais e triangulares; Vertentes convexas e côncavas com concentração de fluxo superficial.		

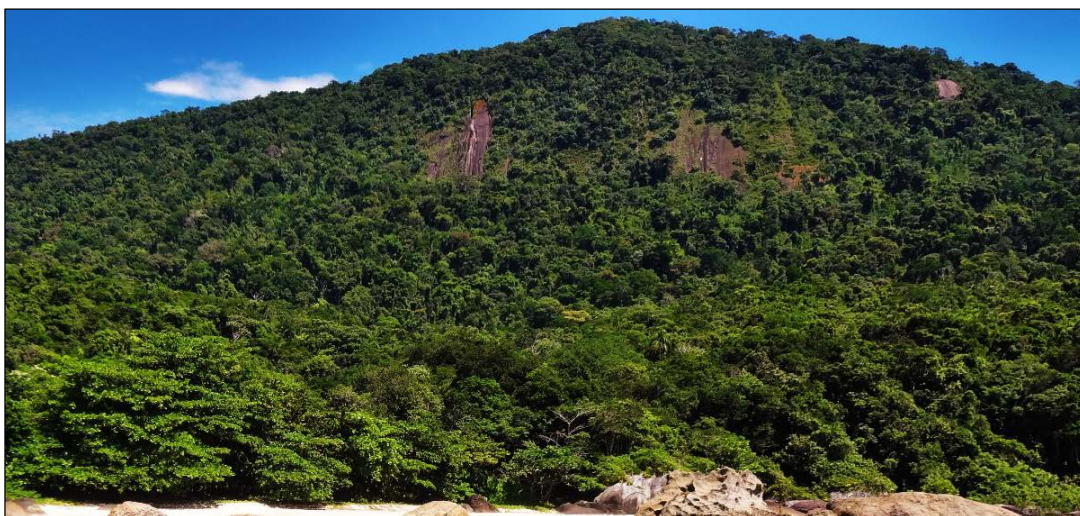
**Figura 67** - Landforms – Crista subparalela a vale assimétrico encaixado em falha e topo rochoso sustentado intrusões circulares (foto voltada para NW-Pnt24).



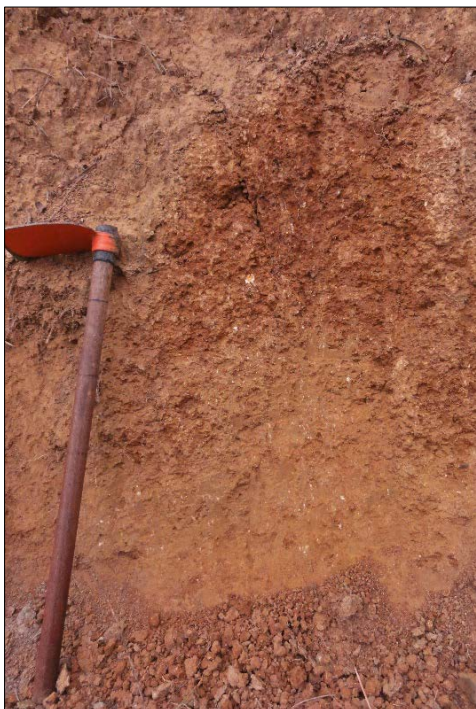
**Figura 68** - *Landforms* – alinhamento circular das cristas escarpadas com topos rochosos angulosos e morros altos com campo de matacões (Pnt46-barco).



**Figura 69** - Escarpa sustentada por intrusões sieníticas (Pnt-114).



**Figura 70** - Solo de alteração de rocha alcalina (sienito) (Pnt 49).



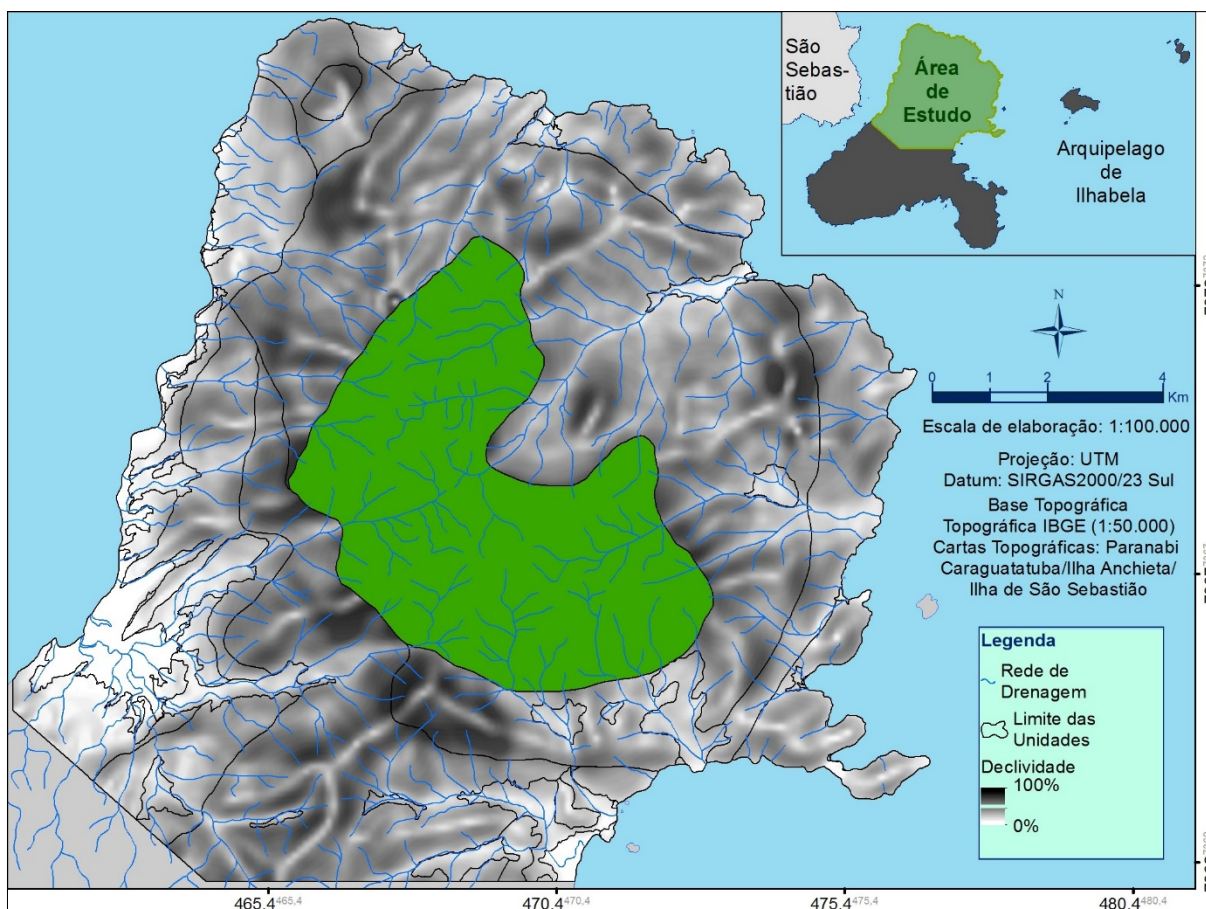
**Figura 71** - Costão formado por rocha alcalina (sienito) intrudido por dique máfico, paralelamente a linha de costa (Pnt 49).



### 3.2.9 Unidade IX: Serra Anelar e Morros Alongados em Terreno Alcalino

Terreno serrano limitado por picos e escarpas sustentadas por diques anelares centrais do Stock da Serraria, cujo relevo interior se caracteriza pela baixa declividade, muito orientado, predominantemente por morros alongados e cristas alinhadas (Morros da Ponta Alta, do Jabaquara e da Siriúba, Serras de São Sebastião e Branca e Pico do Baepi). O mapa a seguir apresenta a localização da unidade (Figura 72).

**Figura 72** - Destaque da Unidades 9 na Área de Estudo.



Os grandes falhamentos NE definem uma rede de drenagem fortemente controlada pela litologia e pelo sistema de fraturas, sendo comuns os alinhamentos de cursos d'água encaixados na mesma estrutura. Estas áreas elevadas formam os divisores de água das grandes bacias hidrográficas do setor norte da Ilha de São Sebastião (Ribeirões do Poço, dos Castelhanos e Córregos da Cabeçuda, da Prainha, do Jabaquara, da Cachoeira, da Ilhabela, da Paquera e do Cego), as quais possuem elevado gradiente topográfico, favorecendo o rebaixamento do nível de base local em

consequência dos processos de erosão fluvial remontante, além dos fenômenos de captura de drenagem, em locais onde as nascentes encontram-se próximas. Em função da alta permeabilidade (intergranular e fissural), esta unidade representa uma importante zona de recarga dos mananciais do município de Ilhabela. Outras informações relevantes são apresentadas no Quadro 21 e nas Figuras 73 a 76.

**Quadro 21** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 9.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Alta	Alta ~600m	Baixa / média 5% - 22,5% (morros); Média / alta 22,5% - 60% (ocorrências locais > 60%)	Picos / Topos arredondados a angulosos; Vales fechados	Convexas /côncavas /retilíneas	Orientado	Assimétrico	Diques retilíneos/anelares, fraturas e falhas	Picos, cristas alinhadas e grandes anfiteatros de cabeceira de drenagem
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo			
					Processos geológicos exógenos	Uso e ocupação da terra		
Média / alta (Intergranular) Alta (Fissural)	Médio / profundo (rocha subaflorante)	Média / baixa	Alta / média	Paredões e picos rochosos associados à diques anelares e retilíneos	Rastejo e Escorregamento de solo e rocha; Queda de blocos rochosos	PEIb		
Literatura			Observações de campo					
Geologia				Geomorfologia				
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo		
		Fra-turas	Foli-ação	Di-ques				
Rochas Eruptivas Alcalinas do Cretáceo Superior	Alkali feldspato sienito Alkali feldspato sienito com quartzo Alcalinas indefinidas	-	-	-	Serra anelar e morros alongados	Picos e cristas anelares, truncadas por falhas NE, formando escarpas (afloramentos subverticais); Vertentes convexas e côncavas e grandes anfiteatros de cabeceira de drenagem; Vales assimétricos, profundos e encaixados em fraturas e falhas estas associadas às encostas com feições trapezoidais.		

**Figura 73** - Relevo serrano característico da unidade (foto voltada para leste-Pnt24).





**Figura 74 - Landforms – Picos, cristas e escarpas (Pnt99-barco).**



**Figura 75 - Alteração esferoidal no sienito (Pnt42).**



**Figura 76 - Vegetação pioneira montana sobre perfil de alteração raso (Pnt42).**

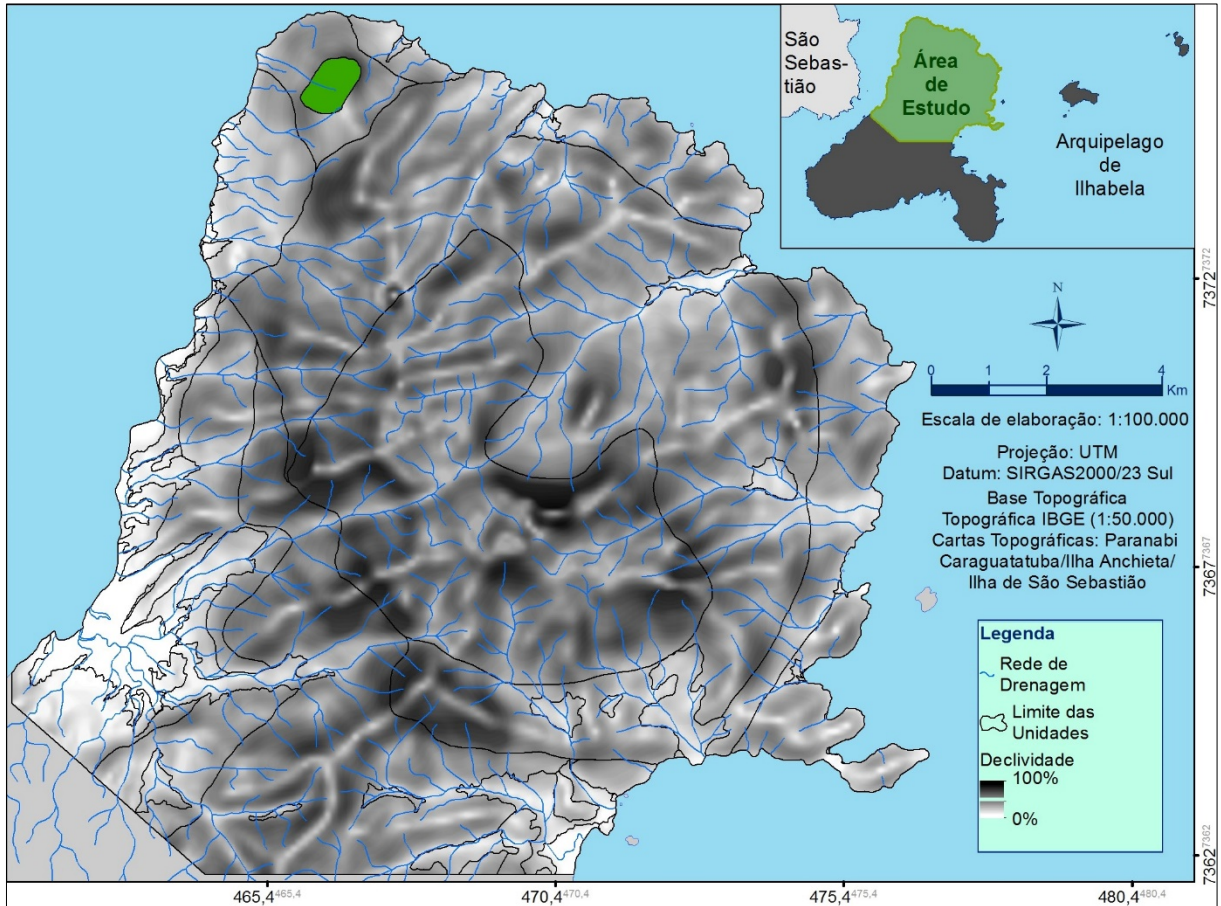


### 3.2.10 Unidades X: Montanha em Terreno Básico-Alcalino

Montanha associada a intrusões alcalinas-básicas (gábricas mesozoicas), restritas à região norte da área de estudo, possui relevo íngreme e fortemente orientado, caracterizado por uma crista anelar bem definida, truncada por estrutura rúptil com direção NW. Terreno elevado, com cotas a partir de 300 metros de altitude, consiste em um divisor de águas do curso d'água retilíneo encaixado na referida descontinuidade, com vale fechado e simétrico, e encostas côncavas, definindo um grande anfiteatro de cabeceira com alto grau de dissecação vertical.

Ocorrem rochas subaflorantes nas vertentes externas, as quais possuem perfil convexo, com quebras positivas de declive associadas a diques anelares concêntricos ao *stock*, os quais estão intrudidos nos terrenos gnáissicos adjacentes, definindo a morfologia do extremo norte da Ilha de São Sebastião. A seguir, é apresentada a síntese das informações (Quadro 22, Figuras 77 a 79).

**Figura 77** - Destaque da Unidades 10 na Área de Estudo.



**Quadro 22** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 10.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	
Média / alta	Média ~200m	Média / alta 22,5% - 60% (ocorrências locais > 60%)	Picos / Topos arredondados a angulosos; Vales fechado	Convexas / côncavas	Orientado	-	Diques anelares e fraturas	Pico e crista alinhada
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade de natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo			
Média (Intergranular) Alta (Fissural)	Médio / raso (rocha aflorante)	Baixa	Média / baixa	Afloramentos rochosos em encostas ígremes	Processos geológicos exógenos		Uso e ocupação da terra	
					Rastejo e Escorregamento de solo e rocha		PEIb	

(continua)

Literatura (LIMA, 2001)		Observações de campo				
Geologia			Geomorfologia			
Subsuperfície	Litologia / materiais	Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo
		Fra- turas	Foli- ação	Di- ques		
Rochas Eruptivas Básico-Alcalinas do Cretáceo Superior*	Essexitos, Ijolitos e Gabros nefelínicos*	-	-	-	Montanha	Pico e crista anelar truncados por estrutura rúptil NO (possível falha) e crista subordinada, alinhada para NE; Vale fechado e encaixado, vertentes côncavas / convexas.

**Figura 78** - *Landform* – Montanha com encostas retilíneas e quebra negativa de declive definindo possível contato com o embasamento pré-cambriano. (Pnt 26-barco).



**Figura 79** - Visão da costeira da Ponta das Canas em direção ao vale encaixado. Topo anguloso e restrito e crista anelar formando grande anfiteatro de cabeceira (Pnt18-barco).



### 3.2.11 Unidade XI: Sedimentos quaternários em Depósitos de Meia e Baixa-Encosta e Vales Entulhados

Os processos gravitacionais de massa, associados aos eventos climáticos costeiros, atuam diretamente na evolução morfogenética da área de estudo e formação dos depósitos correlatos. Em contrapartida, os aspectos litoestruturais dos diferentes terrenos definem os tipos e o volume de materiais mobilizados nestes processos, bem como as áreas de atingimento e a morfologia destes depósitos. Em

setores de meia encosta, com declividades intermediárias (até 22,5%), predominam os solos coluvionares, com abundância de blocos em uma matriz argilosa, rica em matéria orgânica. Sua espessura é variável, podendo ocorrer em elevadas altitudes, onde descontinuidades estruturais (fraturas/falhas/diques) definem quebras negativas de declive. No entanto, este material transportado pode conter blocos autóctones de afloramentos rochosos muito fraturados.

Em sopé das encostas, junto às planícies fluvio-marinhas, bem como no fundo de vales abertos e encostas adjacentes, o relevo é definido pelas rampas de deposição coluvionar e acúmulo de blocos rochosos, cuja granulometria varia de argila a matações, com mais de 20 m de diâmetro. Porém, devido às altas declividades a montante das bacias e irregularidades topográficas destes vales (falhas / fraturas / diques), muitos depósitos ocorrem de maneira descontínua e sob intenso processo de erosão fluvial. Nestes locais, a drenagem corre sobre afloramentos rochosos e blocos erodidos *in situ*, conferindo a esta unidade um caráter morfogenético misto, ou seja, com o retrabalhamento fluvial de depósitos oriundos de processos gravitacionais de massa. Em terrenos mais elevados, observam-se planícies alveolares, onde os vales são ligeiramente abertos, favorecendo a formação de depósitos. A seguir, é apresentada a síntese das informações da unidade (Quadro 23; Figuras 80 a 87).

**Quadro 23** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 11.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)								
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)			Formas de Relevo		Estrutura		Feições Particulares
	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria	Tipos	
Baixa	Baixa ~20m (transversalmente)	Baixa / média 0 - 22,5%	Vales abertos	Côncavas	Não orientado	-	-	-
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)								
Permeabilidade	Espessura do Manto de Alteração	Resistência à erosão natural	Potencialidade natural a movimentos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo			
					Processos geológicos exógenos		Uso e ocupação da terra	
Alta (Intergranular)	Médio / profundo (rocha aflorante)	Baixa	Alta	Blocos rochosos	Erosão linear / fluvial; Escorregamento de solo e rocha; Queda e rolamento de blocos; Corrida de lama / detritos		Urbanização, comunidades tradicionais caiçaras, vegetação nativa e PEIb	
Literatura				Observações de campo				
Geologia				Geomorfologia				
Subsuperfície	Litologia / materiais			Estruturas			Tipo de Relevo	Formas de Relevo
				Fraturas	Foliações	Diques		
Depósitos Quaternários	Depósitos rudáceos / colúvio / aluviais e de tálus (grande diversidade litológica)			-	-	-	Depósitos de meia e baixa-encosta e vales entulhados	Rampas de colúvio e depósitos de tálus

Figura 80 - Destaque da Unidades 11 na Área de Estudo.

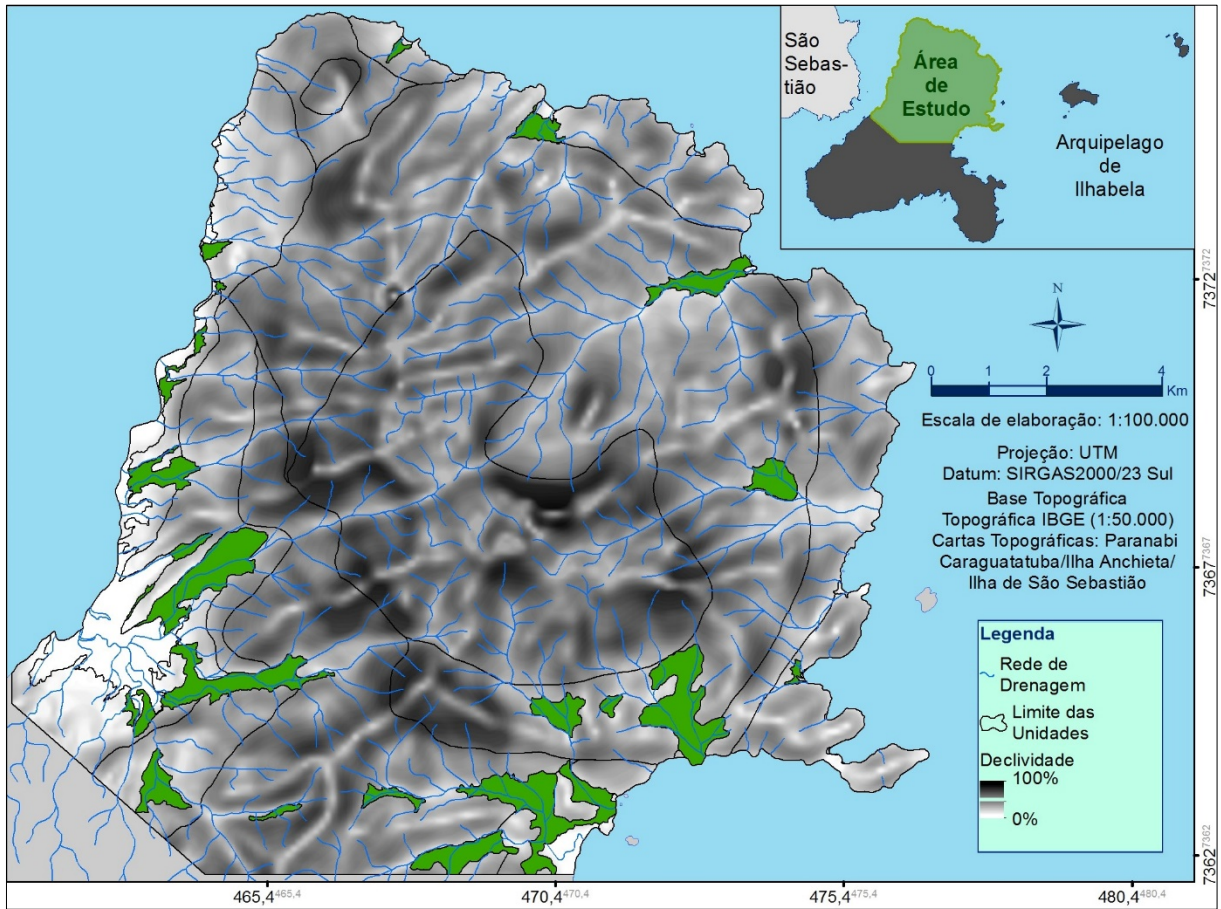
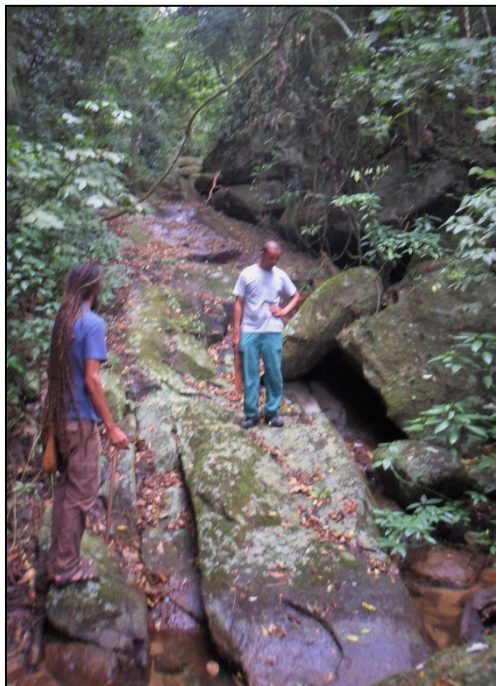


Figura 81 - Landform - Rampas de deposição coluvionar e acúmulo de blocos rochosos (Pnt 51).



**Figura 82** - Leito rochoso em meio a blocos transportados, com drenagem correndo encaixada em fraturas (Pnt52).



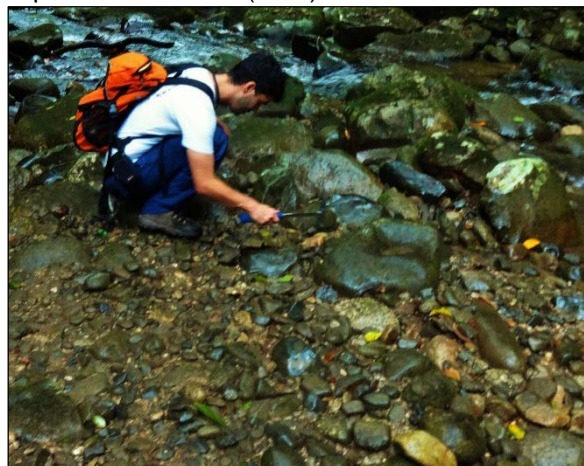
**Figura 83** - Grande bloco gnáissico depositado em fundo de vale (Pnt47).



**Figura 84** - Depósito de encosta - material coluvionar argiloso com muitos blocos rochosos (próximo ao ponto CAPGPK).



**Figura 85** - Cachoeira da Escada - depósitos rudáceos em planície alveolar associada à superfície estrutural (Pnt4).



**Figura 86** - Drenagem em vale entulhado por blocos de rochas alcalinas (pnt52).



**Figura 87** - Casa construída em depósito de tálus (Pnt48).



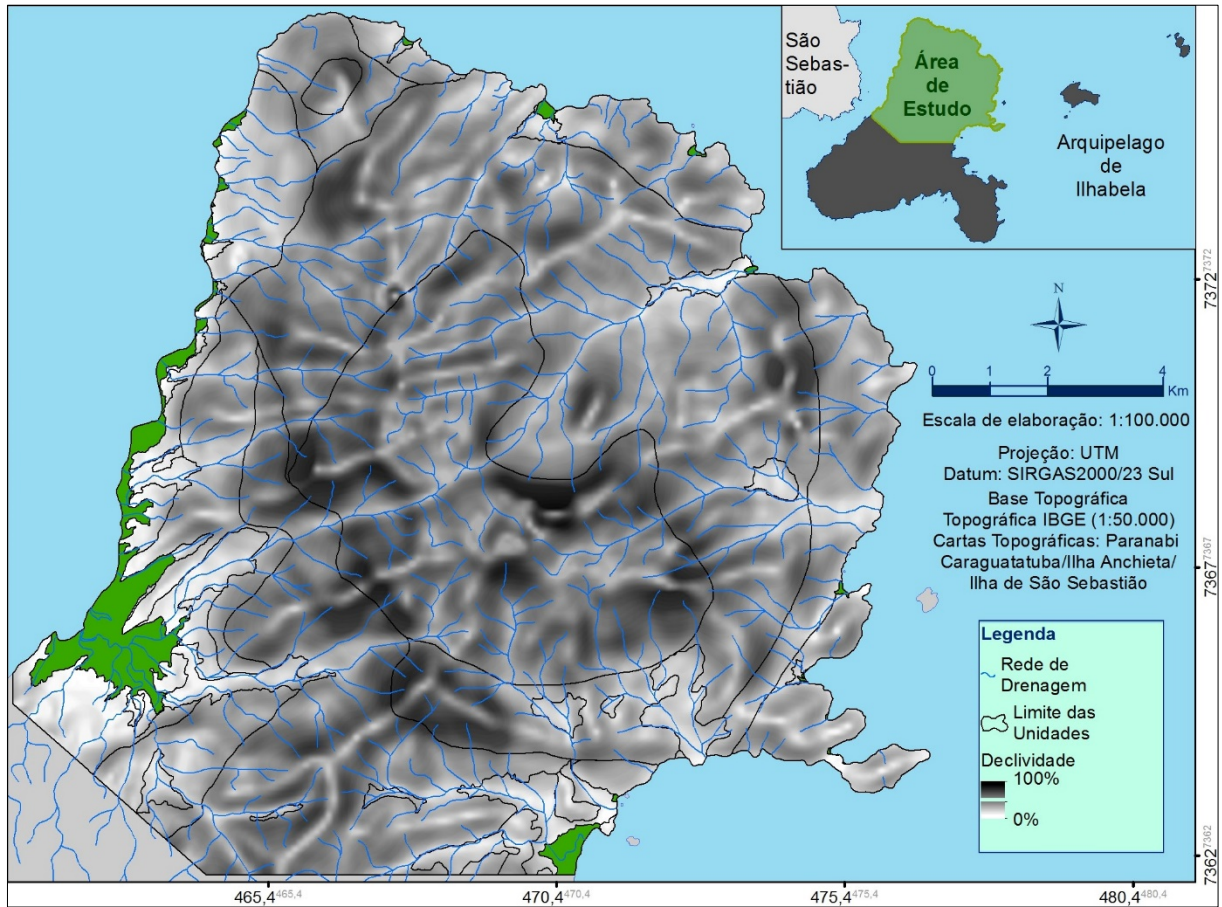
### 3.2.12 Unidades XII: Sedimentos Quaternários em Planícies Flúvio-Marinhas

Relevo caracterizado pela interface dos sedimentos marinhos e aluvionar, formado por materiais inconsolidados, correspondentes a pacotes sedimentares marinhos e depósitos de dejecção fluvial sendo os mais extensos os que constituem as planícies da Barra Velha, Perequê, e dos Castelhanos (APÊNDICE C).

Com exceção da Praia do Poço, que apresenta seixos exclusivamente de rocha alcalina (sem influência marinha), estes depósitos são compostos por areias quartzosas, de granulometria média a grossa, com a presença de minerais pesados de coloração escura além de seixos e pequenos fragmentos rochosos, transportados pela ação hídrica, também ao longo das drenagens.

As praias em terreno gnáissico (com exceção entre Barra Velha e Saco da Capela, Praia dos Castelhanos e Eustáquio) apresentam blocos de rochas alcalinas, seja em costeiras adjacentes ou no seu interior, alinhados a outras ocorrências alcalinas associadas a topos rochosos subaflorescentes de diques anelares intrudidos no embasamento. Outras informações relevantes estão sintetizadas no Quadro 24, Figuras 88 a 93.

**Figura 88** - Destaque da Unidades 12 na Área de Estudo.



**Quadro 24** - Características e Propriedades Geológicas e Geomorfológicas da Unidade 12.

Compartimentação Fisiográfica (Fotoanálise)									
Drenagem e Relevo	(Análise Morfométrica)		Formas de Relevo		Estrutura			Feições Particulares	
	Densidade Textural	Amplitude Local	Declividade	Formas de Vale e Topo	Formas de encostas	Tropia	Simetria		Tipos
Baixa	Baixa ~5m	Baixa / média < 5%	Vales abertos	-	Não orientado	-	-	-	
Compartimentação Fisiográfica (Fotointerpretação)									
Permeabilidade	Espes-sura do Manto de Alteração	Resis-tência à erosão natural	Potenciali-dade natural a movimen-tos de massa	Afloramentos e Blocos Rochosos	Observações de campo				
					Processos geológicos exógenos		Uso e ocupação da terra		
Alta (Intergr-nular)	Médio / profundo (rocha aflorante)	Baixa	-	Blocos rochosos*	Erosão laminar e fluvial, recalque, solapamento das margens dos rios, assoreamento e enchentes.		Urbanização, comunidades tradicionais caiçaras, vegetação nativa e PEIb		
Literatura					Observações de campo				
Geologia					Geomorfologia				
Subsu-pérficie	Litologia / materiais			Estruturas			Tipo de Relevo		Formas de Relevo
				Fra-turas	Foli-ação	Di-ques			
Depósitos Quaternários	Depósitos sedimentares flúvio-marinhos (rochas granito-gnáissicas, Stocks e diques)			-	-	-	Planícies flú-vio-marinhas	Superfícies planas, sub-horizontais	



**Figura 89** - Praia da Barra Velha - maior planície flúvio-marinha da Ilha de São Sebastião (Pnt40).



**Figura 90** - Itaquanduba - urbanização da planície flúvio-marinha (Pnt17).



**Figura 91** - Bloco de rochas alcalinas na praia do Viana (Pnt 8).



**Figura 92** - Foz do Rib. Jabaquara - rompimento da barra indicado pela marca do nível da areia nos bloco de rochas alcalinas.



**Figura 93** - Sedimentos fluviais da planície do Rib. das Tocas - cascalhos arredondados e sub-angulosos em meio à matriz arenosa.



### 3.3 Sítios de Geodiversidade

Os sítios da geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião compõem o patrimônio natural do arquipélago de Ilhabela, cuja preservação implica somente seu uso indireto, ou seja, não consuntivo. Seu manejo é objeto do Parque Estadual de Ilhabela, o qual foca na proteção dos ecossistemas, assim como a realização de pesquisas científicas e conscientização da população para as questões ambientais, por meio das atividades de visitação e educacional ambiental (SÃO PAULO, 2015).

A seguir, são apresentados e discutidos os resultados do inventário e avaliação (qualitativa) de seus valores turísticos, educacionais e científicos. Em seguida, são discutidos principais resultados da etapa de quantificação dos potenciais usos turísticos e potencial valor científico dos sítios, assim como de seu risco de degradação, e seu eventual uso educacional. Por fim, são feitas considerações sobre a proteção a valorização do patrimônio natural abiótico associado à geodiversidade caracterizada no item anterior.

#### 3.3.1 Inventário dos Sítios de Geodiversidade

A área estudada se destaca pela elevada diversidade litológica e geomorfológica expressa em cachoeiras e cursos d'água, mirantes naturais, picos montanhosos, praias, costeiras e costões rochosos, representada por 14 sítios de geodiversidade. Estes estão associados, direta ou indiretamente, a locais com reconhecido valor turístico e, em sua maioria, possuem íntima relação com a biodiversidade.

Alguns sítios envolvem também aspectos socioculturais, referentes à tradição caiçara, com registros arqueológicos do período colonial e sambaquis, além do próprio processo de urbanização do município de Ilhabela (FRANÇA, 1954; NOFFS, 2007; SILVA, 2009; CAMARGO, 2011; BENDAZZOLI, 2014; DINIZ, et al., 2016).

Quanto ao contexto geológico-geomorfológico do patrimônio natural inventariado, as características litoestruturais e processos morfogenéticos são os mais representativos da geodiversidade local, retratada por três *geological frameworks*, seis temas e nove subtemas, conforme mostrado no Quadro 25.

**Quadro 25** - Categorias temáticas da geodiversidade e *geological frameworks*.

<i>Geological frameworks</i>	Temas	Subtemas	Elementos da geodiversidade
1. Terrenos pré-cambrianos	1.1. Rochas pré-cambrianas	-	Gnaisses graníticos subequigranular e facoidal
	1.2. Estruturas pré-cambrianas	1.2.1. Feições metamórficas	Foliação e bandamento
		1.2.2. Estruturas rúpteis	Falhas e fraturas e relevos associados
2. Magmatismo o mesozoico	2.1. Mesozoico inferior	-	Magmatismo subvulcânico máfico e ultramáfico (120 – 140 Ma), representado por diques lamprófiros, andesíticos e diabásio e relevo associado
	2.2. Mesozoico superior	2.2.1. Magmatismo gábrico plutônico (95 Ma)	Diversidade litológica dos blocos rolados na Praia da Pacuíba
		2.2.2. Magmatismo alcalino plutônico (89 – 85 Ma)	Diversidade geológica das rochas sieníticas do <i>Stock</i> da Serraria e intrusões em terrenos pré-cambrianos (diques anelares/em cones)
		2.2.3. Magmatismo hipoabissal a subvulcânico (81 – 55 Ma)	Diques alcalinos, ultramáficos a leucocráticos e porfirídicos e diques sin-plutônicos.
3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária	3.1. Tectonismo pós Terciário inferior	3.1.1. Relevo tectônico	Picos montanhosos da Ilha de São Sebastião, escarpas e patamares subnivelados da Serra do Mar e alinhamento das ilhas alcalinas do litoral norte, resultantes do basculamento dos blocos tectônicos, e reativação da falha de Santos.
		3.1.2. Modelado da linha de costa e <i>nickpoints</i>	Praias encaixadas entre costeiras e costões rochosos, istmos e baías, resultante de ciclos erosivos a partir do Terciário inferior.
	3.2. Depósitos quaternários	3.2.1. Processos gravitacionais de massa	Blocos e fragmentos rochosos e materiais inconsolidados que constituem os depósitos de tálus e colúvios e relevo associado.
		3.2.2. Flúvio-marinhos	Cascalhos e materiais inconsolidados que constituem as planícies flúvio-marinhas.

Os sítios estão distribuídos principalmente na zona costeira da área estudada, conforme observado na Figura 94, e foram assim denominados:

- |  |  |
|--|--|
| SG1. Paredão Rochoso da Cachoeira da Água Branca | SG4. Degraus da Cachoeira da Escada            |
| SG2. Depósito de Tálus do Parque das Cachoeiras  | SG5. Geologia e a Água na Cachoeira do Bananal |
| SG3. Geologia e a Água no Parque das Cachoeiras  | SG6. Geodiversidade no Pico do Baepi           |
|  | SG7. Gnaisses da Praia do Engenho              |

SG8. Sienitos e o Paredão Rochoso da  
Cachoeira da Friagem  
SG9. Sienitos da Praia da Garapocaia  
SG10. Magmatismo da Praia da Pacuíba  
SG11. Caminho geológico da costa norte

SG12. Caminho geológico da costa leste  
SG13. Geologia e as Ilhas na Estrada de  
Castelhanos  
SG14. Geologia e a Água na Estrada de  
Castelhanos

**Figura 94** - Cartograma da distribuição dos sítios de geodiversidade finais na área de estudo.



A caracterização completa dos sítios de geodiversidade é apresentada a seguir (Quadros 26 a 39). Os sítios classificados como trilha consistem em vias terrestres de acesso às comunidades tradicionais e cachoeiras (8, 11 e 12), nos quais foram agrupados dois ou mais locais com conteúdo da geodiversidade.

**Quadro 26** - Sítio de Geodiversidade 1 - Paredão Rochoso da Cachoeira da Água Branca.

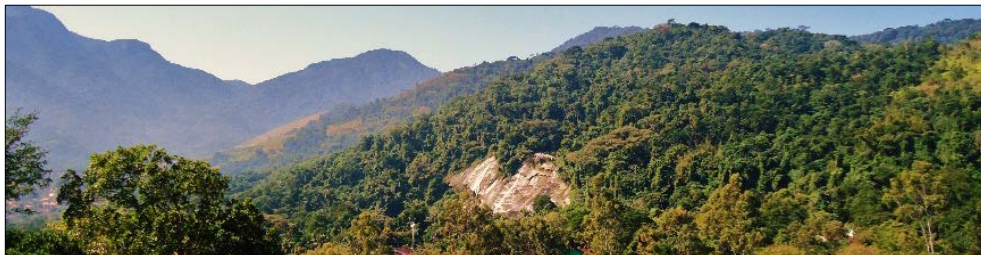
Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input checked="" type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha  Obs.: Cachoeira em uma laje rochosa de 90 metros de comprimento, formada por quedas e desníveis totalizando aproximadamente 50 metros de altura.
Local:	Parque Municipal das Cachoeiras de Ilhabela
Coordenadas (SIRGAS 2000):	SG1 X: 463309 Y: 7364149
Acessibilidade	<input checked="" type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil Obs.: localizado a 7,8 km do centro turístico de Ilhabela, e da sede administrativa do PEIb. Sítio em área urbana e acessível por automóveis (21 min), bicicletas (28 min) e caminhada (1 h 26 min).
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado
Proteção legal	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não  Obs.: área preservada sob administração do município / com monitoramento de visitantes.
Segurança	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente Obs.: os visitantes se mantêm longe das áreas com risco de acidentes, devido à presença de estruturas de segurança (parapeito).
Limitações de uso	<input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input type="checkbox"/> limitações climáticas  Obs.: Local muito acessado, sendo necessário o monitoramento do número de visitantes.
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> cultural <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade  Obs.: o referido parque localiza-se em meio à Mata Atlântica e conta com um galpão e maquinários da antiga usina hidroelétrica de Ilhabela, a qual utilizava a cachoeira para geração de energia.
Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária
Tema:	3.1. Tectonismo pós Terciário Inferior
Sub-tema:	3.1.2. Modelado da linha de costa e <i>nickpoints</i>

(continua)

Unidade de geodiversidade	1 e 11	
Elementos da geodiversidade	Cachoeira em afloramento de rocha granito-gnáissica modelado por fraturas subverticais, e depósitos de blocos associados.	
Síntese do conhecimento científico	<i>Knickpoint</i> : laje subvertical expando grande afloramento de gnaiss granítico facoidal, com fraturas paralelas, subverticais e direção NE, formado por descontinuidades estruturais onde a cachoeira se instalou. Processos morfogenéticos: erosão remontante e queda de blocos.	
Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: cachoeira em afloramento de rocha gnáissica, com dois planos de fraturas bem visíveis e blocos amontoados em sua base. Registro da relação entre litologia, estruturas geológicas e processos erosivos e gravitacionais.
Integridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: afloramento de rocha gnáissica-granítica resistente à erosão.
Raridade	<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> baixa	Obs.: apesar de ser um afloramento de grande dimensão (provavelmente o maior em rocha gnáissica), as quedas d'água associadas por <i>nickpoints</i> estruturais ocorrem em quase todas as drenagens, variando, no entanto sua dimensão e morfologia.
<b>Valor turístico</b>		
Apelo Cênico	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente	Obs.: cachoeira em paredões escalonados subverticais de grande dimensão.
Potencial Interpretativo	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos.
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas	Obs.: sítio localizado junto ao Museu Náutico de Ilhabela e incluído nos roteiros turísticos comercializados por empresas.
<b>Valor educativo</b>		
Potencial didático	<input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: a compreensão de processos morfogenéticos formadores do <i>nickpoint</i> podem ser abordado com estudantes de nível médio.
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> baixa	Obs.: Geomorfologia
Uso educacional atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim	

(continua)

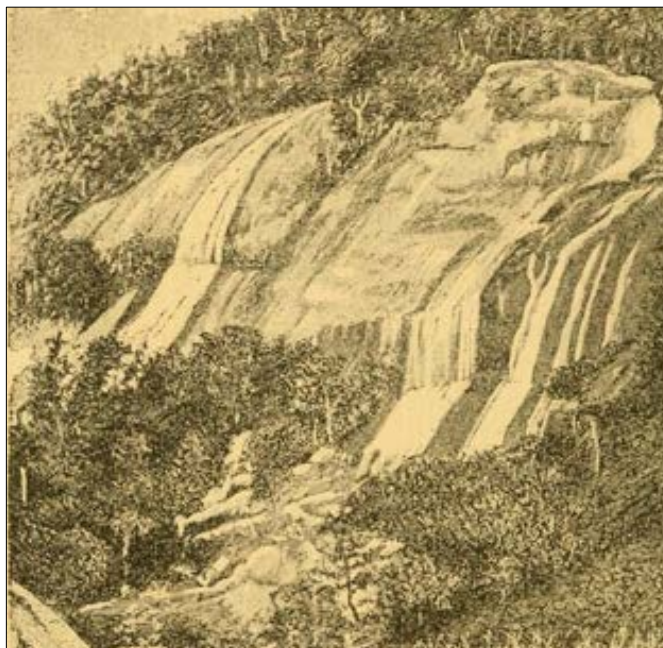
**Figura 95** - Cachoeira da Água Branca e o patrimônio socioambiental de Ilhabela.



**Figura 96** - Cachoeira da Água Branca em *Knickpoint* formado fratura verticais, subparalelas.



**Figura 97** - 'Casata da Água Branca'.



Fonte: Ihering (1897).

**Quadro 27** - Sítio de Geodiversidade 2 - Depósito de Tálus do Parque das Cachoeiras.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input checked="" type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha
	Obs.: cavidade sob um grande bloco em depósito de tálus.
Local:	Parque Municipal das Cachoeiras
Coordenadas (SIRGAS 2000)	SG2 X: 463309 Y: 7364149
Acessibilidade	<input checked="" type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil
	Obs.: Sítio junto ao SG1.
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado
Proteção legal	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não
	Obs.: área preservada sob administração do município / com monitoramento de visitantes
Segurança	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente
	Obs.: espaço reduzido com teto baixo e piso irregular. Os visitantes se mantem longe das áreas com risco de acidentes graves, porém, é necessário o monitoramento devido à ausência de estruturas de segurança (parapeito).
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input type="checkbox"/> limitações climáticas
	Obs.: sítio facilmente acessado, sendo necessário o monitoramento, devido ao espaço reduzido.
Diversidade ambiental associada	<input checked="" type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> cultural <input type="checkbox"/> biodiversidade
	Obs.: os depósitos são muito comuns na área estudada, no entanto trata-se de um afloramento bastante representativo.
Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária
Tema:	3.2. Depósitos quaternários
Sub-tema:	3.2.1. Processos gravitacionais de massa

(continua)



Unidade de geodiversidade	11	
Elementos da geodiversidade	Depósito quaternários: blocos rochosos alterados de diversos tamanho e litologias (gnaisses e diques) envoltos em uma matriz argilo-arenosa.	
Síntese do conhecimento científico	Processos morfogenéticos: depósitos de talus correlatos aos processos de movimentos gravitacionais de massa (corrida de lama) muito comuns na Serra do Mar; Risco geológico: terrenos com declividade média a baixa, geotecnicamente instáveis e intensamente ocupados pela urbanização.	
Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: perfil de alteração ilustrativo do interior de um depósito de talus, exposto pela erosão hídrica, contendo blocos com diferentes formas e tamanhos, refletindo a diversidade litológica da ilha.
Integridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: as estruturas de controle das águas superficiais garantem a preservação do afloramento.
Raridade	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: embora os depósitos serem muito comuns na área estudada, o referido sítio apresenta alta representatividade.
<b>Valor turístico</b>		
Apelo Cênico	<input type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input checked="" type="checkbox"/> ausente	
Potencial Interpretativo	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos.
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas	
<b>Valor educativo</b>		
Potencial didático	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por estudantes de diferentes níveis de ensino.
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: Geomorfologia e Litologia: trata-se de um registro da morfogênese da Serra do Mar, portanto, sua abordagem requer integração dos aspectos geológicos e geomorfológicos.
Uso educacional atual	<input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim	

(continua)

**Figura 98** - Entrada da cavidade formada por um bloco de gnaiss transportado e detalhe para as estruturas de acesso e drenagem.



**Figura 99** - Perfil do depósito de corrida de lamas, onde podem ser observados blocos de diferentes litologias (diques e granitoides), e uma matriz argilo-arenosa. Processo diagenético.



**Quadro 28** - Sítio de Geodiversidade 3 - Geologia e a Água no Parque das Cachoeiras.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input checked="" type="checkbox"/> área <input type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha  Obs.: trecho de drenagem sobre laje rochosa de, aproximadamente, 130 metros de comprimento.
Local	Parque Municipal das Cachoeiras
Coordenadas (SIRGAS 2000):	SG3a X: 463032      SG3b (montante) X: 463036 (jusante) Y: 7364007      Y: 7363923
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input checked="" type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil  Obs.: sítio localizado a 7,8 km do centro turístico de Ilhabela, e da sede administrativa do PEIb, acessível por automóveis (21 min), bicicletas (28 min) e caminhada (1 h 26 min), sendo necessário percorrer uma trilha autoguiada de cerca de 100 metros.
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado Obs.: não está clara a marcação dos limites do Parque Municipal.
Proteção legal	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não  Obs.: apesar da presença de uma lixeira na parte superior do sítio, não está claro se o local está dentro dos limites do parque municipal / sem monitoramento de visitantes.
Segurança	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> deficiente <input checked="" type="checkbox"/> ausente  Obs.: local de grande visitação, desprovido de sinalização e outros equipamentos de segurança, onde são frequentes os acidentes devido ao piso escorregadio, estando os visitantes expostos direta e indiretamente ao risco de acidentes mais graves. São comuns os casos de assalto a visitantes.
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas  Obs.: necessidade de monitoramento, devido ao grande volume de lixo gerado diariamente pelos visitantes. Provável impacto sobre a fauna e a flora.

(continua)

Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> cultural <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade
Obs.: contato direto com a fauna e a flora da Mata Atlântica em o todo trecho.	
Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	1. Terrenos pré-cambrianos 2. Magmatismo mesozoico
Tema:	1.1 Rochas pré-cambrianas / 1.2. Estruturas pré-cambrianas
Sub-tema:	1.2.2. Estruturas rúpteis
Unidade de geodiversidade	1 (até o limite com 4)
Elementos da geodiversidade	Diversidade litológica: diques mesozoicos em contato abrupto com as rochas encaixantes pré-cambrianas. Estruturas geológicas definindo o traçado da drenagem: Diques e fraturas. Erosão fluvial em leito rochoso: "marmitas".
Síntese do conhecimento científico	<p>Diques de diabásio porfirídico de coloração cinza-escuro quando fresca, tendendo a tons mais esverdeados quando alterada, e textura holocristalina porfirítica, onde os fenocristais possuem granulação média (em torno de 5 mm), enquanto a matriz tem granulação fina. Os fenocristais são formados tanto por cristais anédricos de plagioclásio branco-acinzentado, quanto por cristais euédricos/subédricos de piroxênio e/ou olivina esverdeados. Já a matriz possui coloração cinza-escuro esverdeada.</p> <p>Resistência diferencial das rochas e planos de fraturas, condicionam o traçado da drenagem. Intrudido no gnaisse, o dique por onde o curso d'água corre encaixado, possui uma espessura de afloramento de 0,8 metros, com atitude NE320/65NW, subparalelo a foliação, apresentando-se muito fraturado, com três famílias de fraturas subverticais N60, N40E e N18W-N40E.</p>
Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa <p>Obs.: laje de rocha gnáissica, onde é facilmente visto o condicionamento da drenagem pelas estruturas geológicas (diques e fraturas), por meio de quedas d'água, canal retilíneo com mudança de direção abrupta.</p>
Integridade	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa <p>Obs.: afloramento rochoso de rocha sã/pouco alterada, resistente aos processos de erosão. Dique depredado com furos de extração de amostra.</p>
Raridade	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa <p>Ob.: são comuns as ocorrências de drenagem em leito rochoso, condicionada por diques e fraturas. No entanto, é necessário adentrar a mata para encontrá-las.</p>
Valor turístico	
Apelo Cênico	<input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente <p>Obs.: paisagem natural com vegetação nativa e curso d'água; A montante do trajeto, é possível contemplar o canal de São Sebastião, a mata e o relevo adjacente.</p>

(continua)

Potencial Interpretativo	<input type="checkbox"/> . alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por pessoas com contato prévio com as geociências ou interessadas no assunto.
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas	Obs.: o uso por moradores locais se sobressai ao turístico, dado a sua proximidade com a cidade.
<b>Valor educativo</b>		
Potencial didático	<input type="checkbox"/> . alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de níveis médio e superior.
Diversidade geológica	<input checked="" type="checkbox"/> . alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: Litologias / Estruturas geológicas / Geomorfologia
Uso educacional atual	<input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim	

**Figura 100** - Gruta, salto e poço formados por estruturas geológicas, e a ação da água.



**Figura 101** - Contato abrupto de dique de basalto e gnaiss porfirídico.



**Figura 102** - Drenagem encaixada, correndo sobre diques e fraturas.



**Quadro 29** - Sítio de Geodiversidade 4 - Degraus da Cachoeira da Escada.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input checked="" type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha  Obs.: cachoeira em uma laje rochosa de, aproximadamente, 8 metros de comprimento e 2,5 metros de altura, e poço subjacente.
Local	Trilha da Água Branca
Coordenadas (SIRGAS 2000):	SG4 X: 463574 Y: 7363165
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input checked="" type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil Obs.: sítio localizado a 9,6 km do centro turístico de Ilhabela, e da sede administrativa do PEIb, acessível por veículo de passeio em 28 minutos e caminhada de 10 minutos, por 470 metros, em trilha autoguiada.
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado
Proteção legal	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não Obs.: PEIb / com monitoramento de visitantes
Segurança	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente <input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas Obs.: a trilha da Água Branca é uma das mais bem estruturadas do PEIb, no entanto, está sujeita às condições ambientais adversas.
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas  Obs.: existem pontos críticos, como buracos, desníveis acentuados e empoçamento da água da chuva decorrentes das condições climáticas e de terreno, juntamente com o grande volume de visitantes.
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> cultural <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade  Obs.: contato direto com a fauna e flora da Mata Atlântica, além de outras quatro quedas d'água e poços, uma torre de observação de pássaros e painéis de educação e interpretação ambiental.
Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	2. Magmatismo mesozoico 3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária
Tema:	3.1. Tectonismo pós Terciário Inferior
Sub-tema:	3.1.2. Modelado da linha de costa e <i>nickpoints</i>

(continua)

Unidade de geodiversidade	4 e 11	
Elementos da geodiversidade	Estruturas Geológicas: Falhas e fraturas Diversidade litológica: diques mesozoicos em contato abrupto com rochas encaixantes pré-cambrianas. Depósito fluvial em planície alveolar	
Síntese do conhecimento científico	<i>Knickpoint</i> formando pela intersecção de planos de descontinuidades estruturais: drenagem correndo encaixada a uma falha transcorrente com atitude NW45/90NE que, ao interceptar perpendicularmente fraturas subverticais, regularmente espaçadas (aproximadamente 0,8 metros), formam os desníveis correspondentes aos degraus da Cachoeira da Escada. Um dique de diabásio intergranular, com atitude NE320/7NSW aflorando a montante da queda d'água não influencia diretamente a instalação do <i>nickpoint</i> , no entanto registra o deslocamento gerado pela referida falha, a qual remonta ao tectonismo pós magmatismo no fim do terciário. Depósitos rudáceos em planície alveolar associada à superfície estrutural, ou seja, locais com baixa declividade onde a drenagem corre sobre leito rochoso e blocos, com retrabalhamento fluvial de depósitos oriundos de processos gravitacionais de massa pretéritos.	
Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: a queda d'água corre por sobre a falha, não sendo possível observa-se, apenas as fraturas que forma os degraus. O dique, indicador do deslocamento gerado pela falha, encontra-se em local pouco acessível.
Integridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: afloramento de rocha sã/pouco alterada resistente à erosão.
Raridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: único registro encontrado de uma cachoeira sobre uma falha
<b>Valor turístico</b>		
Apelo Cênico	<input type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input checked="" type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente	Obs.: paisagem natural com vegetação nativa e curso d'água.
Potencial Interpretativo	<input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: apesar da cachoeira e seus degraus serem o atrativo deste sítio e facilmente compreendido por leigos, o elemento de geodiversidade (descontinuidades estruturais) encontram-se sob a água corrente. No entanto, é possível ilustrá-los em painéis interpretativos, bem como acessar um dique deslocado pela falha localizado a montante da queda d'água, a partir da estruturação de uma trilha, o que, atualmente, não é recomendado devido ao risco de acidentes graves.
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas	

(continua)

Valor educativo	
Potencial didático	<input type="checkbox"/> . alto <input type="checkbox"/> . médio <input checked="" type="checkbox"/> . baixo Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de nível superior.
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> . alta <input type="checkbox"/> . média <input checked="" type="checkbox"/> . baixa
Uso educacional atual	<input type="checkbox"/> . não <input checked="" type="checkbox"/> . sim

**Figura 103** - Queda d'água em degraus formados por fraturas subverticais paralelamente.



**Figura 104** - Dique de diabásio intergranular interceptado perpendicularmente pela falha.



**Figura 105** - Cachoeira da Escada.





**Quadro 30** - Sítio de Geodiversidade 5 - Geologia e a Água na Cachoeira do Bananal.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input checked="" type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha
	Obs.: cachoeira em uma laje rochosa de 22 metros de comprimento, formada por desníveis totalizando cerca de 10 metros de altura.
Local	Trilha do Bananal do Quilombo
Coordenadas (SIRGAS 2000):	SG5 X: 465648 Y: 7367405
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input checked="" type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil
	Obs.: sítio localizado no fim de uma trilha não oficial, no entanto, reconhecida pelo PEIb, com 2,7 km percorridos em aproximadamente 1 h:30 min, cujo início, acessível por veículo de passeio, coincide com a trilha do Baepi (SG10), e encontra-se a 4,7 km do centro turístico de Ilhabela. A trilha possui percurso em meio bastante severo, com traçado pouco sinalizado em terrenos muito irregulares, exigindo esforço físico moderado (SÃO PAULO, 2015).
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado
Proteção legal	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não
	Obs.: PEIb / com monitoramento de visitantes
Segurança	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> deficiente <input checked="" type="checkbox"/> ausente
	Obs.: local com alto risco de acidentes graves
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas
	Obs.: local muito frequentado por moradores e agências de turismo locais, sendo necessário o monitoramento devido à geração de lixo e consequente impacto sobre a fauna e a flora.
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> cultural <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade
	Obs.: além de a Mata Atlântica preservada proporcionar o contato com a fauna e a flora nativa, na região ainda existem resquícios da ocupação antiga, como plantações de banana e jaqueiras.

(continua)

Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	1. Terrenos pré-cambrianos 2. Magmatismo mesozoico 3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária
Tema	1.1. Rochas pré-cambrianas 1.2. Estruturas pré-cambrianas 3.1. Tectonismo pós-Terciário Inferior
Sub-tema	1.2.1. Feições metamórficas / 1.2.2. Estruturas rúpteis 3.1.1. Modelado da linha de costa e <i>nickpoints</i>
Unidade de geodiversidade	4
Elementos da geodiversidade	Cachoeira formada por estruturas geológicas subparalelas: diques e fraturas
Síntese do conhecimento científico	<p>A rede de drenagem é condicionada por estruturas rúpteis com direção predominante NE e mergulho subvertical, endereçadas às rochas pré-cambrianas, e, subordinadamente, por diques.</p> <p>Em nível de bacia, as falhas definem as maiores quebras de declive ao longo do talvegue principal, com desníveis altimétricos de 50 metros e, conseqüentemente, o elevado gradiente topográfico da rede de drenagem. As fraturas, quando coincidentes com os diques, de litologia predominantemente básica, formam calhas de seção retangular com paredes verticais, por onde corre o curso d'água, dada por erosão diferencial. Em outra condição estrutural, a drenagem corre perpendicular aos planos de descontinuidade, quando fraturas truncam o gnaíse, independentemente da presença de diques e formam patamares escalonados como saltos e cachoeiras, exemplificada pela Cachoeira do Bananal.</p> <p>Trata-se de uma laje de rocha gnáissica com cerca de 22 metros de comprimento e 12 metros de altura, em níveis escalonados, formada por um conjunto de fraturas subparalelas, as quais são interceptadas obliquamente por uma fratura que gera um plano de fraqueza estrutural e condiciona a migração do <i>nickpoint</i> por erosão remontante. Deste conjunto de fraturas paralelas, a mais a montante possui um perfil subvertical com altura variando de 4 a 8 metros, enquanto a mais a jusante, definida pela base de uma encosta convexa com, aproximadamente, 40 graus de inclinação.</p> <p>É possível, ainda, observar um dique de diabásio intergranular aflorante na laje gnáissica de forma isolado, a jusante da cachoeira com atitude N27E/65NW, subparalelo a foliação e perpendicular ao curso d'água.</p>
Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa Obs.: cachoeira em afloramento gnáissico com planos subparalelos (fraturas e dique) à foliação bem visíveis.
Integridade	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa Obs.: afloramento de rocha sã/pouco alterada resistente à erosão. Dique depredado com furos de extração de amostra.
Raridade	<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> baixa Obs.: as quedas d'águas associadas por <i>nickpoints</i> estruturais ocorrem em quase todas as drenagens, variando, no entanto, sua dimensão e morfologia.

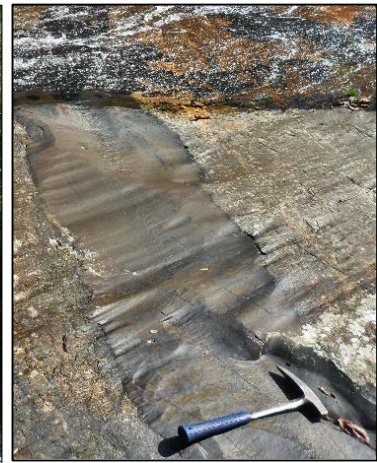
(continua)

Valor turístico	
Apelo Cênico	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente Obs.: cachoeira de grande beleza, localizada a 310 metros de altura onde é possível observar parte do canal de São Sebastião.
Potencial Interpretativo	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos. A história e a cultura local também podem ser objetos de pesquisa, de forma a oferecer opções de visitação.
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas
Valor educativo	
Potencial didático	<input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de níveis médio e superior.
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa Obs.: Litologia / Geomorfologia
Uso educacional atual	<input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim

**Figura 106** - Superfície escalonada formada por fraturas paralelas.



**Figura 107** - Dique de diabásio subparalelo à foliação.



**Quadro 31** - Sítio de Geodiversidade 6 - Geodiversidade no Pico do Baepi.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input type="checkbox"/> ponto isolado <input checked="" type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha  Obs.: laje em pico montanhoso com vista para as cidades de Ilhabela, São Sebastião e Caraguatatuba.
Local	Pico do Baepi.
Coordenadas (SIRGAS 2000):	SG6 X: 466154 Y: 7368711
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input checked="" type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil  Obs.: partindo do centro turístico de Ilhabela, percorre-se 4,7 km em veículo de passeio por 13 minutos até o começo da trilha oficial do PEIb, sinalizada e monitorada, com 3,7 km percorridos em média de 3 horas (e 2:00 para voltar), em um desnível altimétrico de 850 metros (de 200 a 1.050 metros). A severidade do meio é bastante alta, com caminhos e cruzamentos bem definidos, em um percurso por trilhas escalonadas e terrenos irregulares com trechos bastante escorregadios, demandando esforço físico intenso para realizá-la (SÃO PAULO, 2015).
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado
Proteção legal	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não Obs.: PEIb / com monitoramento de visitantes.
Segurança	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente Obs.: apesar da trilha encontrar-se muito bem estruturada, o pico do Baepi apresenta alto risco de acidentes fatais.
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas  Obs.: terreno montanhoso sob influência das intempéries climáticas comuns da Serra do Mar, com ventos forte e chuvas orográficas. Local com espaço limitado, sem estruturas de segurança, com necessidade de monitoramento intensivo do número de visitantes. Conflito de uso: peregrinação religiosa com grupos de cerca de 20 pessoas. Depredação/Vandalismo.

(continua)

	<input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> cultural <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade
Diversidade ambiental associada	<p>Obs.: contato com a Mata Atlântica ao longo da trilha, com paisagens e seus respectivos tipos de vegetação, que gera a possibilidade de observação de fauna e flora, além da ocorrência de um afloramento rochoso de um dique andesítico porfirítico (Mesozoico inferior) no início da trilha de. Diversidade de paisagens da Serra do Mar. Na cota 330 m, próximo à trilha, localiza-se o sítio arqueológico Baepi I, onde foi observado material do século XIX, (cerâmica neobrasileira, fragmento de grés e de telhas) (SÃO PAULO, 2015).</p>
<b>Conteúdo e valor científico</b>	
<i>Geological framework</i>	2. Magmatismo mesozoico 3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária
Tema:	2.2. Mesozoico superior 3.1. Tectonismo pós-Terciário Inferior 3.2. Depósitos quaternários
Sub-tema:	2.2.2. Magmatismo alcalino plutônico 3.1.1. Relevo tectônico / 3.1.2. Modelado da linha de costa
Unidade de geodiversidade	9
Elementos da geodiversidade	<p>Pico do Baepi: afloramento rochoso com mais de 12 hectares, formado por um paredão subvertical associado a dois cumes principais, a 1050 metros de altura e limitado por uma escarpa de falha.</p> <p>Geomorfologia da região centro oeste da ilha de São Sebastião: picos culminantes do <i>Stock</i> da Serraria, Morro da Ponta Alta com 1.260 metros, Morro Redondo com 1.197 metros, Morro das Tocas com 1.074 metros; Escarpas dissecadas dos terrenos pré-cambrianos e diferença orográfica das vertentes continental e oceânica; Relevo dos níveis inferiores, morros, espigões, vales encaixados e depósitos fluvio-marinhos.</p> <p>Paisagem da Serra do Mar, a qual, devido a sua imponência, levou os primeiros colonizadores euroPUEs a denomina-la 'A Muralha'. É possível observar, ainda, a morfologia do canal de São Sebastião e a baía de Caraguatatuba além das ilhas de Toque-Toque e Montão de Trigo e Arquipélago de Alcatrazes.</p>
Síntese do conhecimento científico	<p>No pico, aflora um álcali feldspato sienito com quartzo, comum às áreas periféricas do <i>stock</i> da Serraria. Esse litotipo de coloração cinza clara, possui granulação grossa, com cristais de anfibólio, plagioclásio, pouco quartzo e feldspato potássico, sem orientação preferencial dos minerais. Sua elevada altitude está associada aos terrenos mais altos do maciço alcalino, sobressaindo-se às áreas serranas continentais adjacentes, e é caracterizado pelo alinhamento circular dos picos culminantes e cristas truncadas por falhas e fraturas.</p>

(continua)

Síntese do conhecimento científico	<p>A Serra do Mar possui uma história geológica complexa, motivo pelo qual a discussão sobre a sua origem e evolução ainda se faz necessária. Constitui-se por um relevo montanhoso, alongado junto à linha de costa, onde sobressaem as frentes escarpadas com alta declividade voltadas para NW, com altitudes entre 1.000 e 1.300 metros. Inserida no mesmo contexto morfoestrutural da Serra da Mantiqueira, esta cadeia de montanhas tropicais compõem o Domínio de Planalto em Cinturões Orogênicos, Planaltos e Serras do Atlântico Leste e Sudeste, de origem epirogenética, com movimento isostático subordinado aos esforços de tensão, por rejuvenescimento das falhas correspondentes a antigos dobramentos laurencianos, orientadas segundo NE-SW. Estas falhas operam do sul do Espírito Santo até Santa Catarina e são responsáveis pelo basculamento de diversos patamares paralelos, com o lado abrupto sobre a linha da costa, e cujo degrau mais alto formou a Serra do Mar.</p> <p>As ilhas de São Sebastião, Vitória, Búzios e Montão de Trigo localizam-se em patamares mais avançados e resultam do magmatismo alcalino, réplica isostática aos movimentos de tensão nas estruturas paleoproterozóicas-arqueanas. Posteriormente, a partir da ativação da Falha de Santos, deu-se a acomodação final do litoral norte de São Paulo, já no início do Cenozóico, com falhas interessadas às rochas mesozoicas (diques e <i>stocks</i>), da Ilha de São Sebastião, bem como ao Embasamento Pré-Cambriano.</p> <p>Por fim, os eventos morfogenéticos encarregaram-se de esculpir a paisagem atual, por meio de ciclos erosivos e formação de depósitos colúvio-aluvionar e marinhos. Portanto, em termos morfoclimáticos, é possível reunir esse conjunto de paisagens que, geologicamente, apresenta características excepcionais (FREITAS, 1944; 1947; ALMEIDA; CARNEIRO, 1998; SOUZA, 1992; SOUZA; LUNA, 2008; HASSUI, 2010; HASSUI et al., 2012). A palavra Baepi, de origem tupi-guarani, significa “coisa pelada”, uma alusão ao afloramento sienítico (CHIARADIA, 2008).</p>		
	Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: mirante natural acima das montanhas adjacentes, onde é possível visualizar grande parte do litoral norte de São Paulo
	Integridade	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: Afloramentos de rocha sã/pouco alterada resistente à erosão. Presença de depredação/pichação.
	Raridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: apesar de não ser o pico mais alto da ilha, é o único junto à escarpa voltada para o continente, com uma visão sem obstrução (árvores) da Serra do Mar.
<b>Valor turístico</b>			
Apelo Cênico	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente	Obs.: por se tratar de um pico localizado acima do relevo serrano continental, é possível observar aspectos paisagísticos únicos da Mata Atlântica na Serra do Mar.	
Potencial Interpretativo	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos. Alto potencial para interpretação ambiental e histórico-cultural (SÃO PAULO, 2015).	
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim	<input checked="" type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas	

(continua)

Valor educativo		
Potencial didático	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de todos os níveis de ensino. Alto potencial para estudo do meio e pesquisas científicas (SÃO PAULO, 2015).
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Ob.: Geomorfologia / Litologia
Uso educacional atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim	

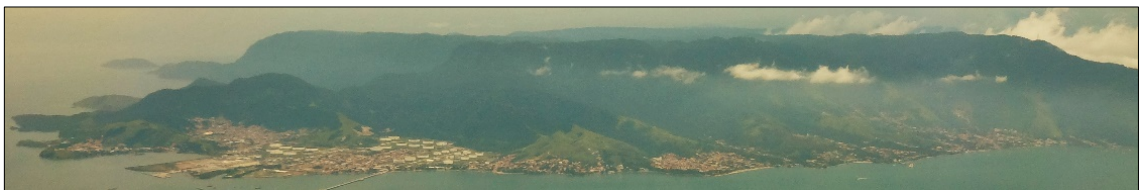
**Figura 108** - No primeiro plano, Pico das Tocas (1074 m), o segundo mais alto do Stock da Serraria, e feito orográfico na vertente oposta voltada para o oceano.



**Figura 109** - Sul do Canal de São Sebastião.



**Figura 110** - Centro da cidade de São Sebastião e Serra do Mar.



**Figura 111** - Afloramento de rocha alcalina coberto do vegetação típica de relevo montanhoso.



**Quadro 32** - Sítio de Geodiversidade 7 - Gnaisses da Praia do Engenho.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input checked="" type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha
	Obs.: afloramento rochoso de, aproximadamente, 15 metros de comprimento e 5 metros de altura.
Local	Talude de corte na Av. Pedro de Paula Moraes (a 70 metros do Centro de Convenções e Teatro, Pequeá)
Coordenadas (SIRGAS 2000):	SG7 X: 463030 Y: 7368921
Acessibilidade	<input checked="" type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil Obs.: sítio localizado a 2 km do centro turístico de Ilhabela, e da sede administrativa do PEIb, em área urbana e acessível por automóveis (6 min), bicicletas (5 min) e caminhada (16 min).
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado Obs.: talude de corte junto a logradouro público
Proteção legal	<input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input checked="" type="checkbox"/> não
Segurança	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente <input type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim Obs.: deve-se levar em conta o intenso tráfego de veículos.
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input type="checkbox"/> limitações climáticas
Diversidade ambiental associada	<input checked="" type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> cultural <input type="checkbox"/> biodiversidade
	Obs.: sítio localizado na região de maior fluxo de turistas e moradores, próximo às instalações do futuro teatro municipal e a uma fazenda histórica de relevância nacional.
Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	1. Terrenos pré-cambrianos
Tema	1.1. Rochas pré-cambrianas / 1.2. Estruturas pré-cambrianas
Sub-tema	1.2.1. Feições metamórficas / 1.2.2. Estruturas rúpteis
Unidade de geodiversidade	1
Elementos da geodiversidade	Estruturas em rochas pré-cambrianas: família de fraturas e bandamento (feições minerais reliquiares da fase ígnea da rocha).

(continua)



Síntese do conhecimento científico	<p>Gnaiss granítico facoidal cinza claro, variando de cinza-esbranquiçado a laranja-esbranquiçado quando alterado, composto de plagioclásio, quartzo, feldspato potássico e biotita e/ou muscovita como micas presentes.</p> <p>As principais estruturas presentes consistem em uma direção de foliação predominante nordeste, com mergulhos de alto ângulo, principalmente para noroeste (310/60, 304/67). Observam-se também famílias de fraturas, uma subparalela à foliação com atitude N84E/75SE é o principal controle da intrusão do magmatismo mesozoico na Ilha de São Sebastião.</p> <p>Estas feições (foliação e fraturas) concordantes à estruturação regional do Cinturão Ribeira, resultaram em vertentes inclinadas para NW e cristas das falhas orientadas NE-SW. O escalonamento e a inclinação mostram que se trata de uma mesma superfície falhada e basculhada em diversos níveis por imposição tectônica (Sistema de cavalgamento transcorrente longitudinais oblíquos, Lineações de estiramento e Sistema Transcorrente Paraíba do Sul). Também refletem o sistema orogênico Mantiqueira, iniciado por volta de 500 Ma, com a aglutinação do continente Gondwana e estendendo-se até 460 Ma, com a formação da Plataforma Sul-Americana, após a separação da América do Sul e a África durante o Ciclo Brasileiro (FREITAS, 1947; HASSUI, 2010).</p>	
Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: afloramento com foliação e grandes fraturas bem visíveis.
Integridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: afloramento de rocha sã/pouco alterada resistente a erosão, sem depredação.
Raridade	<input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> baixa	
<b>Valor turístico</b>		
Apelo Cênico	<input type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input checked="" type="checkbox"/> ausente	
Potencial Interpretativo	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos.
Uso recreativo atual	<input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> população local <input type="checkbox"/> visitantes/turistas	
<b>Valor educativo</b>		
Potencial didático	<input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de níveis médio e superior.
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> Alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: Estruturas geológicas / Petrografia
Uso educacional atual	<input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim	

(continua)

**Figura 112** - Rocha de textura porfiroblástica, onde cristais grossos facoidais (1-4 cm) de feldspato potássico se encontram em matriz média (1-5 mm) subequigranular composta de plagioclásio, quartzo, feldspato potássico, biotita e hornblenda.



**Figura 113** - Foliação definida pela orientação preferencial dos cristais de biotita e pelos fenocristais de feldspato potássico; esta apresenta direção predominante nordeste, com mergulhos de alto ângulo (acima de 60°).



**Figura 114** - Família de fraturas com atitude N84E/75SE, concordante com a estruturação regional.



**Quadro 33** - Sítio de Geodiversidade 8 - Sienitos e o Paredão Rochoso da Cachoeira da Friagem.

Descrição geral							
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input checked="" type="checkbox"/> trilha Obs.: cachoeira em uma laje rochosa de 8 metros de comprimento, formada por um desnível de, aproximadamente, 25 metros de altura. Campo de matacão formado por quatro blocos subaflorescentes com mais de 7 metros de diâmetro cada.						
Local	Trilha da Cachoeira da Friagem e Condomínio Siriúba						
Coordenadas (SIRGAS 2000):	<table border="1"> <tr> <td>SG8a (blocos)</td> <td>X: 465103 Y: 7372435</td> <td>SG8b (cachoeira)</td> <td>X: 466818 Y: 7372398</td> <td>Início da trilha oficial</td> <td>X: 465528 Y: 7372368</td> </tr> </table>	SG8a (blocos)	X: 465103 Y: 7372435	SG8b (cachoeira)	X: 466818 Y: 7372398	Início da trilha oficial	X: 465528 Y: 7372368
SG8a (blocos)	X: 465103 Y: 7372435	SG8b (cachoeira)	X: 466818 Y: 7372398	Início da trilha oficial	X: 465528 Y: 7372368		
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input checked="" type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil Obs.: trilha oficial possui 1,1 km percorridos em 2:00 horas. O trajeto é classificado como bastante severo, sendo necessária identificação de acidentes geográficos e de pontos cardeais. O percurso com obstáculos requer esforço físico significativo (SÃO PAULO, 2015). O início da trilha encontra-se sinalizado, junto ao limite do PEIb, na cota 200 metros. Seu acesso se faz de maneira controlada e gratuita por propriedade privada. No entanto, os visitantes podem ter dificuldade de encontrar o local por falta de sinalização (placas) nas ruas próximas. Deslocamento de 6 km em veículo de passeio, a partir do centro histórico de Ilhabela, por 15 minutos.						
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input checked="" type="checkbox"/> Privado Obs.: o ponto SG8a possui relevante interesse geológico, no entanto, por estar localizado em propriedade particular a 500 metros do início da trilha oficial do PEIb, seu acesso requer autorização.						
Proteção legal	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não Obs.: a trilha localiza-se totalmente no PEIb, porém o ponto de interesse geológico SG8a, por se localizar em propriedade privada pode ser suprimido completamente, pois trata-se de grandes blocos rochosos aflorantes em um lote do condomínio. Propõe-se, portanto, considerar este o início do roteiro geointerpretativo, de modo a incluí-lo no programa de estruturação da trilha, com a instalação de um painel com as informações geológicas do elemento de geodiversidade, por meio de ações compensatórias ao proprietário.						
Segurança	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente Obs.: trilha com corrimão e degraus em trechos críticos, no entanto,						

(continua)

Segurança	sem nenhuma estrutura junto à cachoeira, a qual se acessa por um percurso estreito entre blocos e desníveis de mais de 2 metros, com alto risco de quedas. Por outro lado, a trilha de acesso à Cachoeira do Couro de Boi, visitada por turistas e cuja existência é reconhecida pelo PEIb (porém não classificada como oficial), possui trechos muito escorregadios sem muito espaço para acomodação de um grupo de visitantes, além do local apresentar alto risco de acidentes graves (SÃO PAULO, 2015).
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas Obs.: durante o período chuvoso, aumenta a dificuldade de locomoção pela trilha, devido a trechos escorregadios, galhos caídos, bem como o aumento do volume de água na cachoeira. O SG8a não é aproveitado por limitação de acesso.
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> cultural <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade Obs.: variação de paisagens com seus respectivos tipos de vegetação, com possibilidade de observação de fauna e flora, além da presença de formações rochosas interessantes. Elementos histórico-culturais também estão presentes na trilha, como as estruturas para levar água ao antigo engenho da Fazenda Siriúba (SÃO PAULO do PEIb, 2015).
Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	2. Magmatismo mesozoico 3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária
Tema:	2.2. Mesozoico superior 3.1. Tectonismo pós-Terciário Inferior
Sub-tema:	2.2.2. Magmatismo alcalino plutônico 3.1.2. Modelado da linha de costa e <i>nickpoints</i>
Unidade de geodiversidade	2 e 8
Elementos da geodiversidade	<b>SG8a</b> (ponto isolado): grandes blocos aflorantes de rochas alcalinas apresentando feições peculiares (sulcos erosivos); <b>SG8b</b> (ponto isolado): queda d'água em afloramento de rocha alcalina e fraturas.
Síntese do conhecimento científico	<b>SG8a:</b> Campos de matações de rochas alcalinas (sienito) em diferentes níveis altimétricos, desde as praias e costeiras até as cotas mais elevadas: superfícies estruturais locais em que a litologia está associada a quebras positivas de declive. Apesar destas rochas serem correlatas ao <i>stock</i> da Serraria, os indícios de alteração <i>in situ</i> indicam que estes blocos não foram transportados. O alinhamento circular destes blocos pode estar relacionado às intrusões nas rochas pré-cambrianas, subordinadas ao magmatismo plutônico principal que, normalmente, adquirem disposição em arco, quando vistas em planta (apófises ou diques em cone/anelares) (GILL, 2014), ou ainda ser o resultado da exumação de rochas do próprio <i>stock</i> da Serraria, pela erosão diferencial do teto gnáissico.

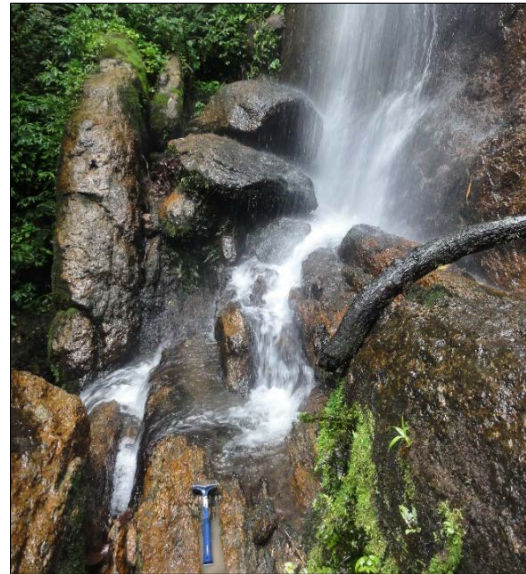
(continua)

Síntese do conhecimento científico	<p>Caneluras na rocha: A decomposição dos minerais alcalinos (nefelina e feldspato) libera sílica, utilizada na coesão dos minerais secundários, com o endurecimento e a impermeabilização da superfície alterada da rocha, reduzindo a percolação da água no interior do corpo rochoso. Em adição a este aspecto, as rochas alcalinas apresentam-se menos fraturadas que as granitos-gnaíssicas, nas quais a foliação contribui para maior ação intempérica da água. Essa susceptibilidade diferencial das rochas explica a maior incidência de sulcos erosivos nos afloramentos alcalinos, nos quais o intemperismo físico prevalece em detrimento do químico (VALLE, 2016; MOTOKI et al., 2008);</p> <p><b>SG8b:</b> <i>Knickpoint</i> formado pela erosão remontante em afloramento subvertical de rocha alcalina (álcali feldspato sienito de granulação grossa), com fraturas subverticais (direção 330/86) e conseqüente queda de blocos. Os blocos na base da cachoeira são o registro da antiga laje sobre a qual corria a drenagem, os quais estão orientados na mesma direção das fraturas e formam um desnível de mais de 2 metros de altura com a planície alveolar abaixo, onde os blocos, alguns com mais de 8 metros de diâmetro, e demais sedimentos se depositaram.</p>	
Representatividade	<p>( x ) alta SG8a ( ) média ( ) baixa</p> <p>Obs.: grandes blocos com sulcos profundos que se destacam na paisagem.</p>	<p>( x ) alta SG8b ( ) média ( ) baixa</p> <p>Obs.: avanço do <i>nickpoint</i> por erosão remontante, registrado em blocos e fraturas na base da cachoeira.</p>
Integridade	<p>( x ) alta ( ) média ( ) baixa</p> <p>Obs.: afloramentos de rochas relativamente resistentes à erosão e sem depredação.</p>	
Raridade	<p>( ) alta SG8a ( x ) média ( ) baixa</p> <p>Obs.: feição erosiva comum às rochas alcalinas, no entanto, nestes blocos tais feições são sensivelmente maiores.</p>	<p>( ) alta SG8b ( x ) média ( ) baixa</p> <p>Obs.: cachoeira em laje alcalina subvertical, relacionada a uma condição litoestrutural específica.</p>
<b>Valor turístico</b>		
Apelo Cênico	<p>( ) alto ( x ) moderado ( ) baixo ( ) ausente</p> <p>Obs.: desde o SG8a, a trilha possui pontos com vistas parciais do canal de São Sebastião e relevo adjacente.</p>	
Potencial Interpretativo	<p>SG8a ( x ) alto ( ) médio ( ) baixo</p> <p>Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos.</p>	<p>SG8b ( ) alto ( x ) médio ( ) baixo</p> <p>Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por pessoas com contato prévio com as geociências ou interessadas no assunto.</p>
<p>Obs.: a trilha possui alto potencial para interpretação ambiental e histórico-cultural, além do acesso à Cachoeira Couro de Boi (SÃO PAULO, 2015).</p>		

(continua)

	( ) não ( x ) sim	
Uso recreativo atual	( x ) população local ( x ) visitantes/turistas	
Obs.: apenas do SG8b.		
Valor educativo		
Potencial didático	SG8a ( x ) alto ( ) médio ( ) baixo Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por estudantes de diferentes níveis.	SG8b ( ) alto ( x ) médio ( ) baixo Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de níveis médio e superior.
Obs.: alto potencial para estudo do meio/pesquisas científicas (SÃO PAULO do PEIb, 2015).		
Diversidade geológica	SG8a ( ) alta ( ) média ( x ) baixa Obs.: Geomorfologia	SG8b ( ) alta ( ) média ( x ) baixa Obs.: Geomorfologia
Uso educacional atual	( ) não ( x ) sim	Obs.: apenas do SG8b.

**Figura 115** - Sienito com sulcos erosivos (SG8). **Figura 116** - Fraturas na base da cachoeira, indicador do *nickpoint* (SG8b).



**Quadro 34** - Sítio de Geodiversidade 9 - Sienitos da Praia da Garapocaia.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input checked="" type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha
Local	Obs.: costeira com, aproximadamente, 250 metros de comprimento Costeira localizada entre a praia da Garapocaia e Azeda
Coordenadas (SIRGAS 2000):	X: 464454 Y: 7373808
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input checked="" type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil Obs.: sítio localizado em área urbana, a 4,4 km do centro turístico de Ilhabela, e da sede administrativa do PEIb, e acessível por automóveis (11 min), bicicletas (18 min) e caminhada (55 min).
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado Obs.: local com livre acesso.
Proteção legal	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não Obs.: terreno da Marinha.
Segurança	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente Obs.: trechos da passarela onde a madeira está quebrada ou inexistente. O visitante se movimentava (salta) por grandes blocos, com risco de acidentes graves.
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas Obs.: local muito visitado e que possui um pequeno espaço para os visitantes terem contato com a Pedra do Sino. Existem outros blocos que geram o mesmo efeito sonoro. As condições climáticas podem inviabilizar o acesso ao sítio, por se tratar de uma área costeira.
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input checked="" type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> cultural <input type="checkbox"/> biodiversidade Obs.: são muitas as lendas do período colonial sobre a Pedra do Sino, ou Garapocaia, termo tupi-guarani, cujo significado é 'vocalização para estourar na fogueira/fogos de artifícios'. (LENZ, 2013).
Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	2. Magmatismo mesozoico 3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária
Tema	2.2. Mesozoico superior 3.1. Tectonismo pós-Terciário Inferior
Sub-tema	2.2.2. Magmatismo alcalino plutônico 3.1.2. Modelado da linha de costa e <i>nickpoints</i>

(continua)

Unidade de geodiversidade	2
Elementos da geodiversidade	<p>Grandes blocos aflorantes de rochas alcalinas, alguns com mais de 7 metros de diâmetro, apresentando feições peculiares (sulcos erosivos). Afloramento rochoso de rocha alcalina e estruturas geológicas.</p> <p>Rochas plutônicas: sienitos correlatos ao <i>stock</i> da Serraria, de textura grossa, cinza claro a branco e estrutura maciça, variando de isotrópico a acamadado, com camadas decimétricas, pouco pronunciadas em função do baixo teor em minerais máficos. Freitas (1947) e Lima (2001) indicam a presença de essexitos melanocráticos de textura pseudoporfirídica com cristais de mica de cor preta e pontuações brandas de feldspatóides, correlatos ao complexo gábrico estratiforme das Canas, porém, não foram identificados.</p> <p>Primeira referência científica das rochas alcalinas da Ilha de São Sebastião:</p> <p><i>‘a pedra chamada ita-uma (anfíbolito e balas de limonite) é também encontrada na ilha, à beira do canal em vários lugares. É uma pedra compacta, escura, que tem o nome científico de augito-porphiro, conforme a informação que amavelmente me deu o dr. O. Derby. O lugar mais conhecido onde se encontra esta ita-uma é Pedras do Sino’</i> (IHERING H. von, 1897. A ilha de São Sebastião – Museu Paulista, Ver., v. 2, p. 146).</p> <p>Freitas (1947) retifica tal classificação, errônea em decorrência da falta de dados, porém, destaca o reconhecimento de outras ocorrências de basaltos na ilha (provavelmente em referência aos diques).</p> <p>O modelado costeiro da ilha de São Sebastião e suas particularidades litoestruturais e morfogenéticas: na vertente norte do canal de São Sebastião, a linha de costa encontra-se fisiograficamente mais evoluída, com costeiras de abrasão, localmente costões rochosos expondo afloramentos sub-horizontais, e pequenas praias encaixadas em pontões, indicando mais uma vez a juventude do processo abrasivo. Nas Pedras do Sino, os blocos e matacões erodidos pela ação marinha formaram cavidades de ressonância, as quais, juntamente com a extrema compacidade destas rochas, produzem a sonoridade quando percutidas por objeto metálico (IHERING , 1897; FREITAS, 1944; HENNIES E HASSUI, 1977).</p>
Síntese do conhecimento científico	
Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa <p>Obs.: blocos de rocha alcalina com estratificação magmática bem visíveis (apesar de não serem tão pronunciados quanto os gabros estratiformes).</p>
Integridade	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa <p>Obs.: rochas muito resistentes ao intemperismo físico/químico, no entanto, o bloco que sonoriza mais próximo à praia se apresenta muito puído pelas percussões. Blocos com sinais de depredação/pichações.</p>
Raridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa <p>Obs.: blocos que emitem sonorização pronunciada que se sobressaem aos demais afloramentos conhecidos na região.</p>

(continua)

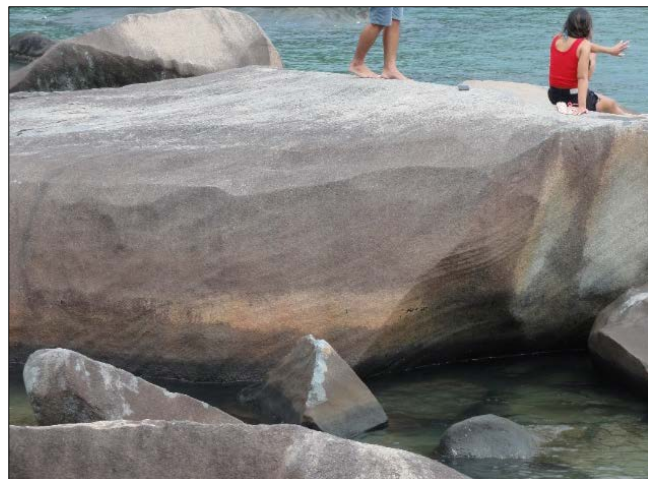


Valor turístico		
Apelo Cênico	<input type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input checked="" type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente	Obs.: os blocos compõem a paisagem da Praia da Garapocaia.
Potencial Interpretativo	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos.
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas	
Valor educativo		
Potencial didático	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: características responsáveis pela sonorização podem ser compreendidas por estudantes de todos os níveis de ensino.
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: Litologia / Geomorfologia
Uso educacional atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim	

**Figura 117 - Pedras do Sino.**



**Figura 118 - Estratificação ígnea no sienito.**



**Quadro 35** - Sítio de Geodiversidade 10 - Magmatismo da Praia da Pacuíba.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input checked="" type="checkbox"/> área <input type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha
	Obs.: praia e costeiras adjacentes, totalizando cerca de 400 metros de comprimento
Local	Praia da Pacuíba
Coordenadas (SIRGAS 2000):	SG10 X: 467649 Y: 7376032
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input checked="" type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil  Obs.: a praia/sítio possui sinalização nas vias próximas, requer uma caminhada de 10 minutos por, aproximadamente, 200 metros de trilha sem estruturas de acesso. O início da trilha está localizado em área urbana, a 9,7 km do centro turístico de Ilhabela e da sede administrativa do PEIb, e é acessível por automóveis (23 min), bicicletas (44 min) e caminhada (2h 06 min).
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado
Proteção legal	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não
Segurança	Obs.: terreno da Marinha / sem monitoramento de visitantes. <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente <input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input type="checkbox"/> limitações climáticas  Obs.: o acesso à praia requer condição física razoável devido ao terreno muito irregular, no entanto não representa risco de acidades graves.
Limitações de uso	Obs.: praia de pequeno porte, muito visitada na alta temporada, localizada a jusante de empreendimentos imobiliários, cuja morfologia de costa é do tipo encaixada entre pontões com 200 metros mar adentro, sem estruturas turísticas básicas (banheiros). Além do risco de contaminação ambiental, as atividades turísticas e imobiliárias podem afetar diretamente os elementos de geodiversidade, por meio da depredação dos blocos rochosos subaflorantes pela ação de vândalos, e/ou por obras de terraplanagem e construções sobre a costeira, com supressão de pontos de interesse geológico.
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input checked="" type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta  <input type="checkbox"/> cultural <input type="checkbox"/> biodiversidade

(continua)

Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	2. Magmatismo mesozoico
Tema:	2.2. Mesozoico superior
Sub-tema:	2.2.1. Magmatismo gábrico plutônico
Unidade de geodiversidade	2 e 12
Elementos da geodiversidade	Costeira formada por campos de blocos com grande diversidade litológica de magmas de fontes mantélicas similares aos <b>OIB</b> , em um ambiente tectônico ativo: apresentando os seguintes registros: Acamamento ígneo rítmico e irregular; Textura cumulática; Gnaisse com granada; Estratificação ígnea cruzada; Xenólitos gabro/gabro e sienito/gabro; Brecha magmática e Contatos litológicos gnaisses/gabro, dique/gabro, piroxênio/gabro.
Síntese do conhecimento científico	Os corpos de gabros estratiformes resultariam de intrusões múltiplas e consecutivas, seguidas de diferenciações por cristalização fracionada e sedimentação/segregação em câmaras magmáticas crustais intermediárias. A geração destas rochas se deu em ambiente geotectônico ativo, margem continental SE-brasileira com regime de atividade tectônica distensiva mais fraca (adelgaçamento crustal variável) ou mesmo rifteamento abortado, cuja retomada teria dado origem à 2ª geração de diques básicos. Sob condições de elevados gradientes térmicos no manto superior, os diques basálticos e gabros decorreriam de fontes mantélicas férteis-enriquecidas, similares aos basaltos de ilhas oceânicas <b>OIB</b> , entretanto em ambiente sub-continental (LIMA, 2001). A palavra Pacuíba é uma corruptela do tupi-guarani Piciá-bo, revolver, alusivo à arrebentação das ondas (ALMEIDA, 1902), característica relacionada ao fato desta praia ser a primeira fora do canal de São Sebastião, em mar aberto.
Representatividade	( x ) alta ( ) média ( ) baixa Ob.: blocos mais acessíveis apresentam boa exposição das feições ígneas, como acamamento rítmico, textura cumulática e estratificação cruzada.
Integridade	( x ) alta ( ) média ( ) baixa
Raridade	( ) alta ( x ) média ( ) baixa Obs.: são conhecidas ocorrências destes litotipos ao longo da costa norte da Ilha de São Sebastião e ao sul, no entanto, a Praia da Pacuíba concentra a maior diversidade destas rochas.
Valor turístico	
Apelo Cênico	( ) alto ( x ) moderado ( ) baixo ( ) ausente Obs.: os blocos da costeira compõem a paisagem com apelo estético relevante.
Potencial Interpretativo	( ) alto ( x ) médio ( ) baixo Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por pessoas com contato prévio com as geociências ou interessadas no assunto.
Uso recreativo atual	( ) não ( x ) sim ( x ) população local ( x ) visitantes/turistas

(continua)

Valor educativo		
Potencial didático	( ) alto ( x ) médio ( ) baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de níveis médio e superior.
Diversidade geológica	( ) alta ( ) média ( x ) baixa	
Uso educacional atual	( x ) não ( ) sim	

**Figura 119** - Acamamento ígneo dado por separação gravitacional associado ao fluxo magmático.



**Figura 120** - Estratificação ígnea, truncada pelo bandamento plano paralelo.



**Figura 121** - Gnaiss com granada.



**Figura 122** - Gabro isotrópico de textura cumulática.



**Quadro 36** - Sítio de Geodiversidade 11 - Caminho geológico da costa norte.

Descrição geral																					
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input checked="" type="checkbox"/> trilha Obs.: sistema de trilhas entre as Praias do Jabaquara, Fome e Poço, formado uma rede de caminhos passando por atrativos turísticos e locais de interesse geoturístico.																				
Local	Região NE da Ilha de São Sebastião																				
Coordenadas (SIRGAS 2000):	<table border="1"> <tr> <td><b>SG11a</b> (início da trilha, mirante do Jabaquara e <i>boulder</i>)</td> <td>X: 469925 Y: 7375067</td> <td><b>SG11b</b> (costão no caminho dos pescadores)</td> <td>X: 470115 Y: 7375263</td> </tr> <tr> <td>Mirante 1</td> <td>X: 471565 Y: 7374511</td> <td>Mirante 2 (bifurcação Fome / Poço)</td> <td>X: 471966 Y: 7374212</td> </tr> <tr> <td><b>SG11c</b> (Bloco de sienito da Praia da Fome)</td> <td>X: 472702 Y: 7374204</td> <td><b>SG11d</b> (Sedimentos e blocos da Praia do Poço)</td> <td>X: 473729 Y: 7372133</td> </tr> <tr> <td><b>SG11e</b> (grande afloramento com fraturas e veios pegmatíticos)</td> <td>X: 473181 Y: 7371732</td> <td><b>SG11f</b> (vale entulhado e Mirante 3)</td> <td>X: 47652 Y: 7371844</td> </tr> <tr> <td><b>SG11g</b> (Cachoeira do Poço)</td> <td>X: 472385 Y: 7371939</td> <td>Cachoeira do Jabaquara</td> <td>X: 46942 Y: 7373840</td> </tr> </table>	<b>SG11a</b> (início da trilha, mirante do Jabaquara e <i>boulder</i> )	X: 469925 Y: 7375067	<b>SG11b</b> (costão no caminho dos pescadores)	X: 470115 Y: 7375263	Mirante 1	X: 471565 Y: 7374511	Mirante 2 (bifurcação Fome / Poço)	X: 471966 Y: 7374212	<b>SG11c</b> (Bloco de sienito da Praia da Fome)	X: 472702 Y: 7374204	<b>SG11d</b> (Sedimentos e blocos da Praia do Poço)	X: 473729 Y: 7372133	<b>SG11e</b> (grande afloramento com fraturas e veios pegmatíticos)	X: 473181 Y: 7371732	<b>SG11f</b> (vale entulhado e Mirante 3)	X: 47652 Y: 7371844	<b>SG11g</b> (Cachoeira do Poço)	X: 472385 Y: 7371939	Cachoeira do Jabaquara	X: 46942 Y: 7373840
	<b>SG11a</b> (início da trilha, mirante do Jabaquara e <i>boulder</i> )	X: 469925 Y: 7375067	<b>SG11b</b> (costão no caminho dos pescadores)	X: 470115 Y: 7375263																	
	Mirante 1	X: 471565 Y: 7374511	Mirante 2 (bifurcação Fome / Poço)	X: 471966 Y: 7374212																	
	<b>SG11c</b> (Bloco de sienito da Praia da Fome)	X: 472702 Y: 7374204	<b>SG11d</b> (Sedimentos e blocos da Praia do Poço)	X: 473729 Y: 7372133																	
	<b>SG11e</b> (grande afloramento com fraturas e veios pegmatíticos)	X: 473181 Y: 7371732	<b>SG11f</b> (vale entulhado e Mirante 3)	X: 47652 Y: 7371844																	
<b>SG11g</b> (Cachoeira do Poço)	X: 472385 Y: 7371939	Cachoeira do Jabaquara	X: 46942 Y: 7373840																		
Acessibilidade	<input checked="" type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil Obs.: sistema com 13,8 km de trilhas não oficiais do PEIb, no entanto, reconhecido pelo Plano de Manejo, devido a seu atual uso por turistas e moradores locais. Para iniciá-la, é necessário o deslocamento de 13,3 km, a partir do centro turístico de Ilhabela em veículo de passeio por 36 minutos, até a Praia do Jabaquara. É também acessível por bicicleta (1h 08 min) e caminhada (3h 00). Trilha Jabaquara – Fome, compartilha 2,8 km da travessia principal, sendo necessário caminhar mais 1 km, a partir da bifurcação junto ao mirante 2, percorrida em cerca de 1h 40 min. A travessia Jabaquara – Poço com 9,7 km, dura cerca de 5:30 horas, em uma condição do meio muito severa, com sinalização que indica a continuidade do caminho, em terreno com obstáculos exigindo esforço significativo para percorrer (SÃO PAULO do PEIb, 2015). Trilha do Poço: Praia – Cachoeira, possui 1,8 km, percorridos em cerca de uma hora. O meio é moderadamente severo, caminhada junto ao curso d’água, por lajes e blocos, os quais definem um trajeto escalonado em terrenos irregulares, sendo necessário um esforço físico moderado (SÃO PAULO do PEIb, 2015).																				
Acessibilidade	A trilha do Pico do Eixo representa um atrativo com grande potencial turístico dado ao seu alto apelo cênico. Inicia-se junto à Praia do Poço, com cerca de 1,3 km de comprimento e 400 metros de amplitude topográfica, em meio muito severo, e requer esforço físico significativo para realizá-la.																				

Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input checked="" type="checkbox"/> Privado	Obs.: os pontos de interesse geológico (exceto SG11a) localizam-se em áreas públicas, no entanto, a trilha passa por propriedades particulares e o PEIb, sem, no entanto, possuir clara marcação de seus limites.
Proteção legal	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não	Obs.: PEIb e terrenos de marinha / sem monitoramento de visitantes.
Segurança	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente	Obs.: em toda a extensão estão presentes voçorocas e outras irregularidades no terreno, representando grande risco aos usuários (SÃO PAULO do PEIb, 2015).
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas	Obs.: processos erosivos agravados pela alteração do escoamento superficial em decorrência da remoção da vegetação nativa e pela compactação do solo nas trilhas. Ausência de estruturas turísticas na Praia do Poço.
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> cultural <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade	Obs.: variação de paisagens com seus respectivos tipos de vegetação, com possibilidade de observação de fauna e flora, além da presença de formações rochosas interessantes; Elementos histórico-culturais presentes na trilha (comunidades caiçaras).
<b>Conteúdo e valor científico</b>		
<i>Geological framework</i>	2. Magmatismo mesozoico 3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária	
Tema	2.2. Mesozoico superior 3.1. Tectonismo pós Terciário Inferior 3.2. Depósitos quaternários	
Sub-tema	2.2.2. Magmatismo alcalino plutônico / 2.2.3. Magmatismo hipoabissal a subvulcânico 3.1.1. Relevo tectônico / 3.1.2. Modelado da linha de costa e <i>nickpoints</i> 3.2.1. Processos gravitacionais de massa / 3.2.2. Flúvio-marinhos	
Unidade geoamb.	7, 8, 11 e 12	
Elementos da geodiversidade	- Espigão do Jabaquara: <b>SG11a</b> (vista panorâmica): ponto de observação da Baía de Caragatatuba e Praia do Jabaquara, de grande apelo cênico e campo de matações de muito fraturados, utilizados para atividade de escalada ( <i>boulder</i> ). <b>SG11b</b> (ponto isolado): costão rochoso a NW da Praia da Jabaquara, formado por uma laje, onde é possível observar o registro de reintrusões do magmatismo hipoabissal/subvulcânico nas rochas plutônicas (diques sin-plutônicos);	

(continua)

Elementos da geodiversidade	<p><b>SG11c</b> (ponto isolado): bloco de rocha alcalina apresentando as cancelas por erosão pluvial. A proposição deste sítio decorre da existência da comunidade tradicional caiçara existente no local (nove casas), onde a atividade turística atualmente gera um impacto socioeconômico significativo;</p> <p>- Praia e Ribeirão do Poço</p> <p><b>SG11d</b> (ponto isolado): praia formada exclusivamente por sedimentos fluviais, rudáceos e campo de blocos de rochas alcalinas.</p> <p><b>SG11e</b> (área): ponto a jusante de um trecho de, aproximadamente, 200 metros ao longo do Rib. do Poço, caracterizado por uma grande laje formada por rochas sieníticas, onde é possível observar feições ígneas do magmatismo plutônico;</p> <p><b>SG11f</b> (ponto isolado): 'vale entulhado' por grandes blocos, sob os quais a drenagem corre, formando pequenos poços, onde também se encontra o Mirante 3;</p> <p><b>SG11g</b> (ponto isolado): localiza-se no fim da trilha, na Cachoeira do Poço, uma queda d'água leito rochoso alcalino.</p>
Síntese do conhecimento científico	<p>O espigão do Jabaquara caracteriza-se por uma crista alinhada e encostas assimétricas (direção NE e mergulho aparente para NW), encerrando-se no costão rochoso, formado por rochas alcalinas e intrusões máficas. As primeiras representadas por álcali feldspato sienito, de granulação grossa, homogênea e com grandes cristais de plagioclásio-feldspato, quartzo, biotita, anfibólios, as últimas, por diques de quartzo sienito afanítico e diorito/monzodiorito com cristais aciculares/tabulares brancos de plagioclásio ou feldspato.</p> <p>Na laje junto ao mar, os diques sin-plutônicos ocorrem como corpos semirregulares de rochas mais escuras que, apesar de estarem rompidas em fragmentos angulares individuais, retêm a forma e coerência dos diques, os quais são descontínuos, rompidos por venulação sienítica (<i>back-veining</i>) da rocha encaixante, expressa por contatos abruptos e / ou veios pegmatíticos afins ao longo de fraturas. Também ocorre uma sequência de enclaves do dique sin-plutônico na venulação sienítica, expressa por contato difuso. Trata-se do registro de uma sucessão de episódios intrusivos do magmatismo principal (<i>stock</i> da Serraria), quando uma nova injeção de magma ocorreu em um estágio em que a rocha encaixante havia resfriado o bastante para se fraturar de maneira frágil, mas ainda insuficiente para evitar a refusão (AZZONE, ET AL., 2009; FERREIRA ET AL., 2014; GILL, 2014).</p> <p>Na Praia da Fome observa-se um bloco rochoso sub-aflorante de sienito, de coloração cinza escura, equigranular, apresentando uma leve orientação preferencial dos minerais muito pobremente marcada. É formada por minerais brancos (hornblenda, feldspatos) e pequenos veios brancos, provavelmente de plagioclásio, e pouco quartzo. Nele são observados os típicos sulcos erosivos das rochas alcalinas pela ação pluvial.</p> <p>A Praia do Poço localiza-se em terreno alcalino e protegida da sedimentação marinha (Saco do Poço), não contém areia quartzosa em seus sedimentos. Formada, exclusivamente, por sedimentos fluviais predominantemente rudáceos, a praia possui cerca de 80 metros de comprimento, sendo a foz do Ribeirão do Poço, cuja bacia</p>

(continua)

Síntese do conhecimento científico	<p>hidrográfica drena a região central do <i>stock</i> da Serraria, sob elevado gradiente topográfico, resultando em uma diversidade granulométrica e litológica dos seus depósitos. Apesar de não se tratar de um afloramento rochoso <i>ipsis litteris</i>, este material transportado representa um registro da diversidade litológica do interior da ilha. São frequentes os blocos de sienito com granulação fina e de coloração acinzentada, com cristais de feldspato branco, anfibólios e muito pouco quartzo, estes em maiores quantidades nas regiões onde há a orientação dos cristais de hornblenda, aparecendo de maneira alongada e com extinção ondulante (granulação bem maior do que se observa para a matriz geral da rocha). Da mesma forma, são comuns os blocos de sienitos/monzonitos, cinza escuros, equigranulares, com pequenos veios brancos, provavelmente de plagioclásio e pouco quartzo, e uma leve orientação dos minerais muito pobremente marcada.</p> <p>Os blocos maiores, alguns com aproximadamente 10 metros de diâmetro, formam depósitos descontínuos ao longo do talvegue, com destaque para a costeira junto à praia, com, aproximadamente, 240 metros de comprimento. Trata-se de um bom exemplo da interação entre geodiversidade e biodiversidade, com piscinas naturais e uma vegetação particular de grande importância para a biodiversidade (formação pioneira com influência marinha), propício às atividades de conscientização ambiental (SÃO PAULO do PEIb, 2015).</p> <p>Estes depósitos podem conter, ainda, blocos autóctones junto aos afloramentos rochosos, muito fraturados, os quais formam quedas d'águas, dentre as quais, a Cachoeira do Poço e o poço junto à praia, responsável por dar o nome a esta região. São comuns também os trechos de drenagem subterrânea, onde o curso d'água corre sob os blocos aglomerados.</p>	
Representatividade	<p>SG11a <input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa</p> <p>Obs.: planície fluvio-marinha e depósito de tálus sobrejacente, entre costões subparalelos de rocha alcalina. No topo, encontram-se blocos fraturados e pouco alterados, não sendo possível observar os minerais com tanta clareza.</p>	<p>SG11b <input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa</p> <p>Obs.: afloramento com boa exposição de grandes diques e estruturas ígneas do magmatismo alcalino.</p>
Representatividade	<p>SG11c <input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa</p> <p>Obs.: grande bloco de rocha alcalina com sulcos erosivos.</p>	<p>SG11d <input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa</p> <p>Obs.: sedimentos na praia (blocos e cascalhos).</p>
Representatividade	<p>SG11e <input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa</p> <p>Obs.: laje de rocha expondo grandes feições ígneas do magmatismo alcalino (minerais e porções pegmatíticas).</p>	<p>SG11f <input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa</p> <p>Obs.: afloramentos de rocha alcalina em lajes e acúmulo de grandes blocos, em fundo de vale assimétrico.</p>
	<p>SG11g <input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa</p>	<p>Obs.: queda d'água formada por corredeira sobre grande laje de rocha alcalina e blocos e grande poço subjacente.</p>

(continua)



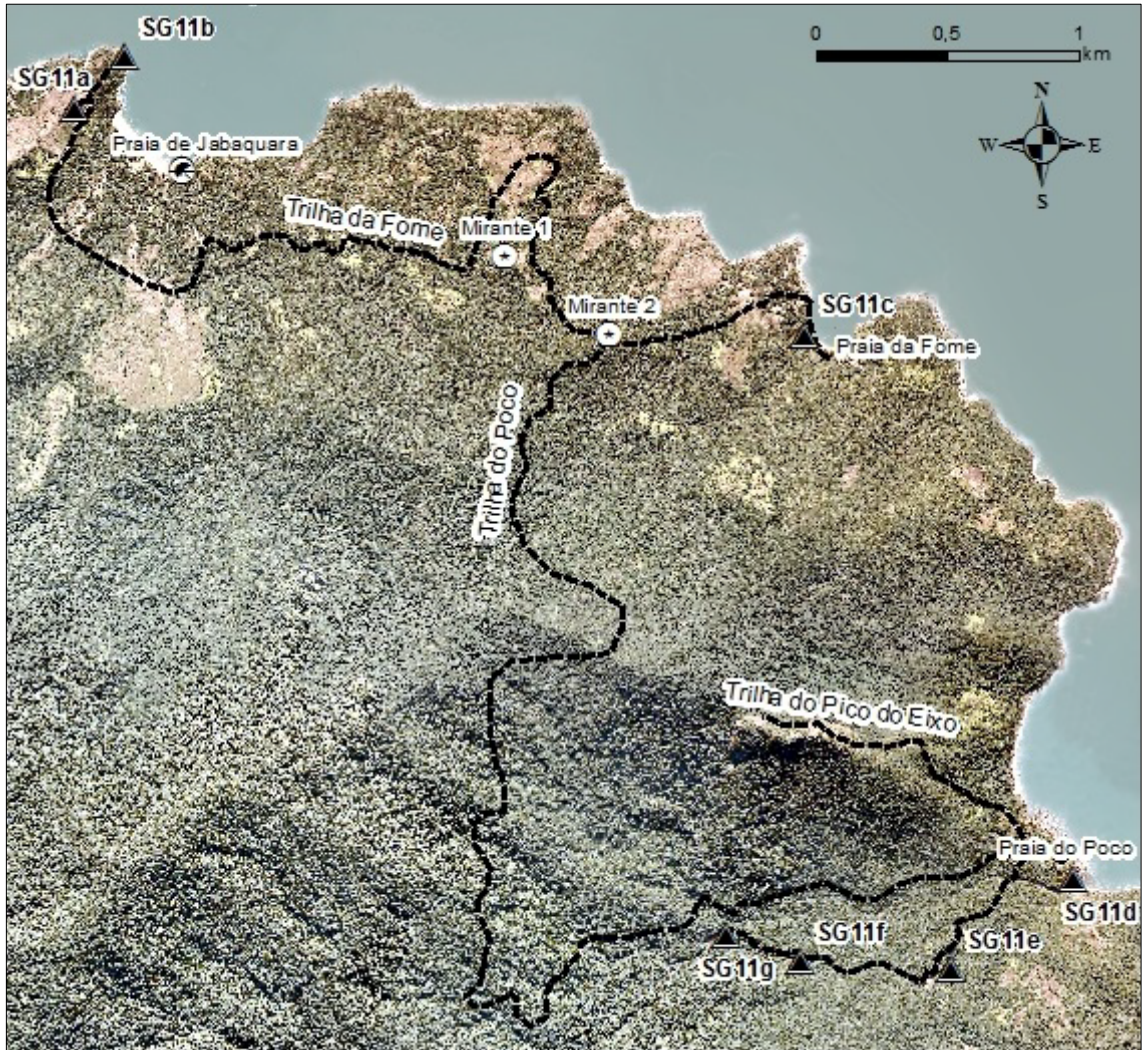
Integridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa Obs.: sítios com afloramentos e blocos de rocha sã/pouco alterada, resistente à erosão, e sem depredação.	
Raridade	SG11a <input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> baixa	SG11b <input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa Obs.: tais registros ocorrem em outros afloramentos em drenagens e costões rochosos restritos às regiões N e NE da ilha.
	SG11c <input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> baixa	SG11d <input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa Obs.: única praia da ilha de São Sebastião que não possui areia quartzosa, formada por cascalhos fluviais.
	SG11e <input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa Obs.: tais registros não foram encontrados em outros afloramentos.	SG11f <input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> baixa
	SG11g <input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: maior queda d'água encontrada durante o campo, no entanto, as imagens aéreas indicam possível existência de outras no mesmo contexto geológico-geomorfológico.
<b>Valor turístico</b>		
Apelo Cênico	SG11a <input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente Obs.: vista panorâmica.	SG11b <input type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input checked="" type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente Obs.: vista parcial da costa norte da ilha e continente.
Apelo Cênico	SG11c <input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente Obs.: Praia da Fome é considerada destino turístico.	SG11d <input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente Obs.: Praia do Poço possui apelo cênico muito alto.
	SG11e <input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente Obs.: drenagem em afloramento de rocha alcalina, formando uma laje de grande extensão com saltos e corredeiras.	SG11f <input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente Obs.: mirante.

(continua)

Apelo Cênico	SG11g	( ) alto ( x ) moderado ( ) baixo ( ) ausente	Obs.: cachoeira e poço considerados atrativos turísticos.
Potencial Interpretativo	SG11a, e	( x ) alto ( ) moderado ( ) baixo	Obs.: elementos de geodiversidade facilmente compreendidos por leigos.
Uso recreativo atual	SG11b, c, d, f, g	( ) alto ( x ) moderado ( ) baixo	Obs.: elementos de geodiversidade compreendidos por pessoas com contato prévio com as geociências ou interessadas no assunto.
		( ) não ( x ) sim	( ) população local ( x ) visitantes/turistas
<b>Valor educativo</b>			
Potencial didático	SG11a, c	( x ) alto ( ) moderado ( ) baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por estudantes de diferentes níveis.
	SG11b	( ) alto ( ) moderado ( x ) baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de nível superior.
	SG11d, e, f, g	( ) alto ( x ) moderado ( ) baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de níveis médio e superior.
Diversidade geológica	SG11a	( ) alta ( x ) média ( ) baixa	Obs.: Geomorfologia / Litologia
	SG11b	( ) alta ( ) média ( x ) baixa	Obs.: Magmatismo
	SG11c	( ) alta ( ) média ( x ) baixa	Obs.: Geomorfologia
	SG11d	( ) alta ( x ) média ( ) baixa	Obs.: Litologia / Geomorfologia
Diversidade geológica	SG11e	( ) alta ( ) média ( x ) baixa	Obs.: Magmatismo
	SG11f	( ) alta ( ) média ( x ) baixa	Obs.: Geomorfologia
Uso educacional atual	SG11g	( ) alta ( ) média ( x ) baixa	Obs.: Geomorfologia
		( x ) não ( ) sim	

(continua)

**Figura 123** - Cartograma do sistema de trilhas Jabaquara – Fome – Poço.



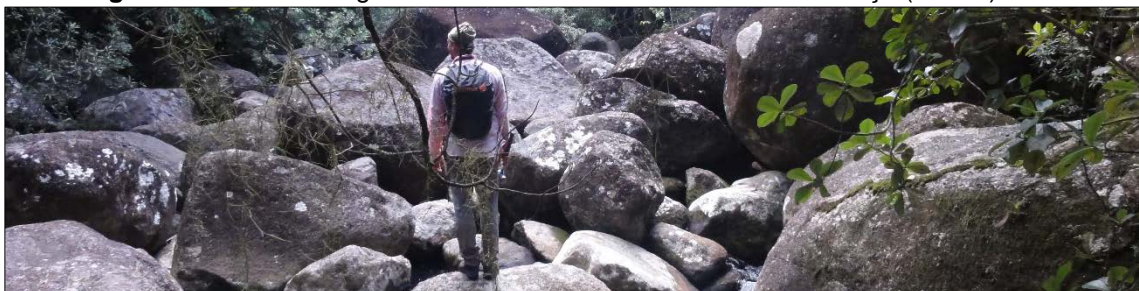
**Figura 124** - Dique sin-plutônico intrudido no álcali feldspato sienito (SG11b).



**Figura 125** - *Back-veinnign* (SG11b).

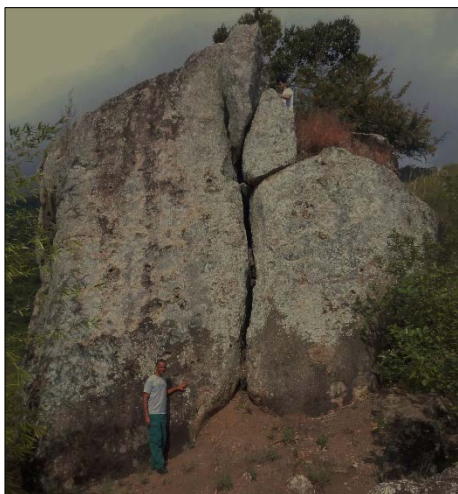


**Figura 126** - Curso d'água correndo sob blocos no Ribeirão do Poço (SG11f).



(continua)

**Figura 127** - Matacão sienítico (SG11a).



**Figura 128** - Bloco sienítico com feições erosivas pluviais da Praia da Fome (SG11c).



**Figura 129** - Sedimentos fluviais exclusivamente rudáceos alcalinos da Praia do Poço (SG11d).



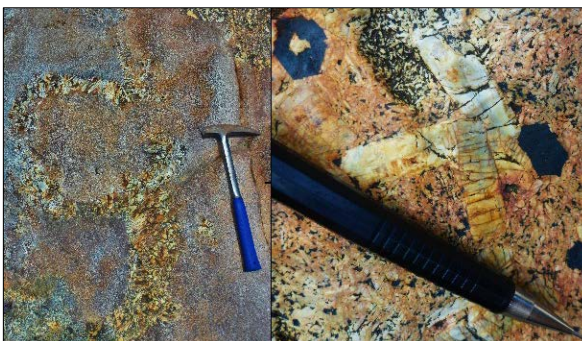
**Figura 130** - Formação pioneira com influência marinha em blocos rochosos (SG11d).



**Figura 131** - Dique sienítico em bloco de rocha alcalina na Praia do Poço (SG11d).



**Figura 132** - Feições ígneas (porção pegmatítica) e fenocristais euédricos em bloco no Rib.do Poço (SG11e).



**Quadro 37** - Sítio de Geodiversidade 12 - Caminho geológico da costa leste.

Descrição geral									
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input checked="" type="checkbox"/> trilha Obs.: trilha entre as Praias de Castelhanos, Gato, Eustáquio, Guanxumas, Caveira e Serraria, passando por duas cachoeiras e quatro comunidades caiçaras, Gato, Eustáquio, Guanxumas e Serraria.								
Local	Região E da Ilha de São Sebastião								
Coordenadas (SIRGAS 2000):	<table border="1"> <tr> <td><b>SG12a</b> (Cachoeira do Gato)</td> <td>X: 470665 Y: 7363743</td> <td><b>SG12b</b> (Praia do Eustáquio)</td> <td>X: 475141 Y: 7363809</td> </tr> <tr> <td><b>SG12c</b> (Rochas da Caveira)</td> <td>X: 474782 Y: 7365056</td> <td><b>SG12d</b> (Rochas da Serraria)</td> <td>X: 475307 Y: 7366716</td> </tr> </table>	<b>SG12a</b> (Cachoeira do Gato)	X: 470665 Y: 7363743	<b>SG12b</b> (Praia do Eustáquio)	X: 475141 Y: 7363809	<b>SG12c</b> (Rochas da Caveira)	X: 474782 Y: 7365056	<b>SG12d</b> (Rochas da Serraria)	X: 475307 Y: 7366716
	<b>SG12a</b> (Cachoeira do Gato)	X: 470665 Y: 7363743	<b>SG12b</b> (Praia do Eustáquio)	X: 475141 Y: 7363809					
<b>SG12c</b> (Rochas da Caveira)	X: 474782 Y: 7365056	<b>SG12d</b> (Rochas da Serraria)	X: 475307 Y: 7366716						
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input type="checkbox"/> moderada <input checked="" type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil Obs.: trilha não oficial do PEIb, com 9.2 km, de uso principalmente pelas comunidades locais, cujo início coincide com o da Trilha do Gato com 1,5 km (oficial), no entanto, todo o percurso é reconhecido pelo Plano de Manejo. Para iniciá-la, é necessário o deslocamento de 9,3 km, a partir do centro turístico de Ilhabela em veículo de passeio (25 min), até o começo da estrada de Castelhanos, cujos 17 km exigem o uso de veículos <i>off-road</i> (1:00 hora). O início das trilhas localiza-se na comunidade do Canto da Gato, norte da Praia de Castelhanos, com sinalização adequada para cachoeira, e um pequena placa indicando a Praia do Gato. A trilha do Gato leva à cachoeira homônima e é facilmente acessada e encontra-se bem estruturada, com degraus, corrimãos, pontes e sinalização. O trajeto requer reduzido esforço físico, devido às estruturas minimizarem a severidade do meio e os obstáculos do terreno (SÃO PAULO do PEIb, 2015). A trilha Castelhanos – Serraria tem sido utilizada por algumas agências de turismo. As estruturas de acessos são modestas, feitas de maneira improvisada pelos moradores locais. Devido à ausência de sinalização e à existência de diferentes trajetos comumente utilizados para acessar um mesmo atrativo, percorrê-la sem um guia é uma tarefa cansativa e demorada.								
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input checked="" type="checkbox"/> Privado Obs.: os pontos de interesse geológico localizam-se em áreas públicas, no entanto, a trilha passa por propriedades particulares, sem possuir clara delimitação do PEIb.								
Proteção legal	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não Obs.: PEIb e terrenos da Marinha / com monitoramento de visitantes apenas no SG12a.								
Segurança	<input type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente Obs.: na Cachoeira do Gato constata-se a ausência de estruturas de segurança sendo comum as quedas, com risco de acidentes fatais.								

(continua)

	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas	
Limitações de uso	<p>Obs.: na trilha oficial, é imprescindível o controle do número de visitantes, o qual é muito elevado durante a alta temporada, a fim de reduzir o risco de acidentes junto à cachoeira e o impacto sobre os ecossistemas adjacentes em decorrência do grande volume de lixo deixado pelo caminho. Devido ao crescente interesse turístico pela trilha Castelhanos – Serraria, deve-se levar em conta a capacidade suporte do meio natural, respeitando e promovendo a cultura tradicional das comunidades locais.</p>	
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade	<p>Obs.: biodiversidade, aspectos arqueológicos e culturais.</p>
<b>Conteúdo e valor científico</b>		
<i>Geological framework</i>	1. Terrenos pré-cambrianos 2. Magmatismo mesozoico 3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária	
Tema:	1.1. Rochas pré-cambrianas / 1.2. Estruturas pré-cambrianas 2.2. Mesozoico superior 3.1. Tectonismo pós Terciário Inferior	
Sub-tema:	1.2.2. Estruturas rúpteis 2.2.2. Magmatismo alcalino plutônico / 2.2.3. Magmatismo hipoabissal a subvulcânico 3.1.2. Modelado da linha de costa e <i>nickpoints</i>	
Unidade de geodiversidade	6, 7, 8, 11 e 12	
Elementos da geodiversidade	<p><b>SG12a</b> (ponto isolado): Cachoeira do Gato, afloramento de rocha alcalina modelado por fraturas subverticais e dique ultramáfico, e depósitos de blocos associado;</p> <p><b>SG12b</b> (vista panorâmica): Istmo do Eustáquio, com seu contexto geomorfológico singular, reflete os processos de formação de ilhas pela erosão marinha. Outro aspecto relevante, associado à geomorfologia, consiste na utilização da praia pelos povos pré-coloniais, registrado no sítio arqueológico Toca do Eustáquio, o qual consiste em blocos de gnaisses aglomerados, formando uma cavidade na qual foi registrada a presença de sambaqui (BANDAZOLLI, 2014).</p> <p><b>SG12c</b> (ponto isolado): Na Praia da Caveira afloram rochas gnáissicas e sieníticas, estas muito fraturadas e alteradas, apresentando aspecto almofadado.</p> <p><b>SG12d</b> (ponto isolado): Na Praia da Serraria, a diversidade geológica (litologia e estruturas) se destaca pela presença de rochas pré-cambrianas, diques máficos e rochas alcalinas. A diversidade geomorfológica das áreas adjacentes é representada POR montanhas, morros e colinas e, juntamente com aspectos culturais atribuem grande apelo cênico à praia.</p>	

(continua)

Síntese do  
conhecimento  
científico

A Cachoeira do Gato consiste em um *nickpoint* formado por erosão remontante em descontinuidades estruturais em afloramento subvertical de rocha alcalina (textura equigranular, homogênea, isotrópica, contendo hornblenda, biotita, opacos, piroxênios, plagioclásio e feldspato potássico, pouco quartzo). A queda d'água instalou-se ao longo do eixo de intersecção de dois planos de descontinuidades. Um destes corresponde às fraturas subparalelas, responsáveis pelo escalonamento do paredão rochoso e um dique, correlato ao magmatismo hipoabissal a subvulcânico posterior ao plutonismo principal, com aproximadamente um metro de espessura e direção 140/90. Sob a ação abrasiva de uma queda d'água com cerca de 60 metros de altura, este dique aflora na base da cachoeira e marca a posição atual do *nickpoint*. Devido à erosão remontante, existem ainda fragmentos do dique presos ao paredão sienítico. O outro plano de descontinuidade são fraturas (ou até mesmo falhas), que truncaram as estruturas anteriores perpendicularmente, assim como um corpo intrusivo circular, cujo registro geomorfológico é uma crista isolada no flanco esquerdo da cachoeira (facilmente observado em fotos aéreas).

A Praia do Eustáquio localiza-se no fundo de uma baía, denominada Saco do Eustáquio, cujos pontões estendem-se por aproximadamente, 700 metros e refletem a estruturação NE dos terrenos pré-cambrianos. Juntamente com uma prainha a SE formam o istmo entre a Ilha de São Sebastião e Ponta da Cabeçada, onde é possível observar tanto a Baía de Castelhanos como o Saco do Eustáquio. Seu contexto geológico-geomorfológico particular reflete o estágio final do processo de formação das ilhas continentais, a partir da erosão remontante marinha em terreno pré-cambriano (gnaisse facoidal), cuja estruturação NE e mergulho subvertical para SE (falhas, fratura e diques) representam a zona de fraqueza onde as praias se instalaram e definem toda morfologia da costa.

Na Praia da Caveira afloram rochas gnáissicas no costão ao sul, muito alteradas, em relevo com estruturação NE. A norte, ocorrem blocos de rochas alcalinas (sienitos) bastante alteradas, alguns com cerca de 8 metros de diâmetros. Ocorre também uma laje junto ao mar, a qual se trata de um afloramento de sienito muito fraturado e alterado, caracterizado por feições almofadadas.

Ao norte da Praia da Serraria, existe um grande dique muito fraturado (família de fraturas: 192/87, 35/41), com cerca de 15 metros de espessura e orientação NE, formando uma parede subvertical, perpendicular à linha da praia. Possui caráter básico de matriz fina e coloração cinza amarronzada, com presença de anfibólio esverdeado pleocróico, possivelmente hornblenda, minerais opacos, plagioclásio saussuritizado, veio milimétrico, provavelmente composto por minerais carbonáticos de coloração mais clara que a matriz. Outro aspecto relevante é a presença de enclaves, provavelmente de gnaisses, assim interpretadas pelo tamanho e orientação dos minerais, além da sua posição geográfica. No entanto, a relação de contato com a rocha encaixante não está clara, não sendo possível afirmar que se trata de uma intrusão nas rochas pré-cambrianas na superfície do terreno atual, ou se estas foram assimiladas durante a ascensão do magma hipoabissal a subvulcânico.

Ainda no setor norte da praia, ocorrem fragmentos do dique, blocos com cerca de 8 metros de comprimento de rochas de granulação muito grossa, contento quartzo, feldspato e plagioclásio

(continua)

Síntese do conhecimento científico	<p>milimétricos com granulação grossa e biotita muito alterada, não sendo possível definir sua petrologia (porção/veio pegmatítico do embasamento ou sienito da porção ácida da borda intrusiva). São encontrados também blocos de um litotipo singular, branco, de granulação fina a média, com cristais transparentes milimétricos de quartzo e plagioclásio saussuritizado. Os cristais de quartzo parecem apresentar uma certa orientação e estiramento. Apresenta um mineral arredondado, avermelhado e brilhante, possivelmente, granada, a qual se caracteriza pela falta de sombra de pressão, indicando a ausência da influência tectônica e deformação em sua formação. A grande quantidade de quartzo nesta rocha pode estar associada a uma diferenciação final mais saturada do magmatismo plutônico, ou assimilação de grande volume da encaixante granítica, ou ainda, à uma ocorrência excepcional de rocha pré-cambriana. As informações contidas nesta e demais rochas possuem grande valor científico e podem auxiliar na compreensão dos eventos geológicos formadores da Ilha de São Sebastião.</p> <p>No canto sul da Praia da Serraria ocorrem gnaisses, muito alterados, formando solos coluvionares argilo-arenosos, em relevo de morro alongados, refletindo a estruturação pré-cambriana NE.</p>	
Representatividade	<p style="text-align: right;">( x ) alta ( ) média ( ) baixa</p> <p>SG12a</p> <p>Obs.: registro do processo de erosão remontante, facilmente observado pelo plano de fratura subvertical e remanescente do dique.</p>	<p style="text-align: right;">( x ) alta ( ) média ( ) baixa</p> <p>SG12b</p> <p>Obs.: estágio intermediário de formação da ilha, pela erosão marinha, caracterizado por elevações topográficas que separam pequenas praias, e onde é possível visualizar ambos os lados do istmo.</p>
Integridade	<p style="text-align: right;">( x ) alta ( ) média ( ) baixa</p> <p>SG12c</p> <p>Obs.: afloramento de rocha escura, alterada com fraturas regularmente espaçadas, contrastando litológica e estruturalmente com os afloramentos contíguos.</p>	<p style="text-align: right;">( x ) alta ( ) média ( ) baixa</p> <p>SG12d</p> <p>Obs.: diversidade litológica expressa em blocos e afloramentos de diferentes formas, dimensões e cores. Diversidade geomorfológica nas áreas adjacentes (planície, morros e montanhas).</p>
Raridade	<p style="text-align: right;">( x ) alta ( ) média ( ) baixa</p> <p>SG12a</p> <p>Obs.: os afloramentos com dique intrudido em rocha sienítica ocorrem em outras partes do <i>stock</i>, como podem ser observados nos costões rochosos entre as Praias do Jabaquara e Serraria. No entanto, o contexto geomorfológico faz deste sítio um exemplo raro de <i>nickpoint</i> formado por dique em terreno alcalino.</p>	<p style="text-align: right;">( x ) alta ( ) média ( ) baixa</p> <p>SG12b</p> <p>Obs.: apesar de ser muito frequente em todo o Complexo Costeiro, a formação de ilhas por meio da erosão de istmos, este sítio encontra-se em um estágio intermediário com grande representatividade.</p>

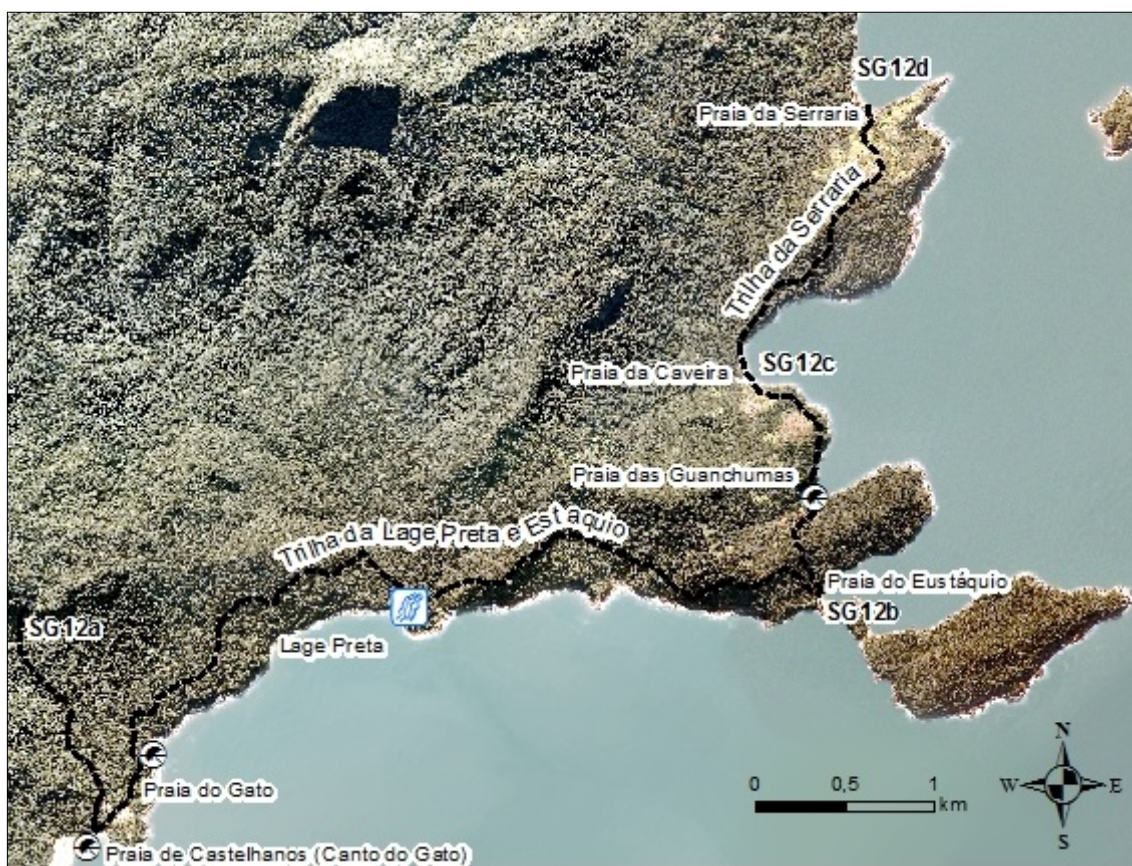
(continua)



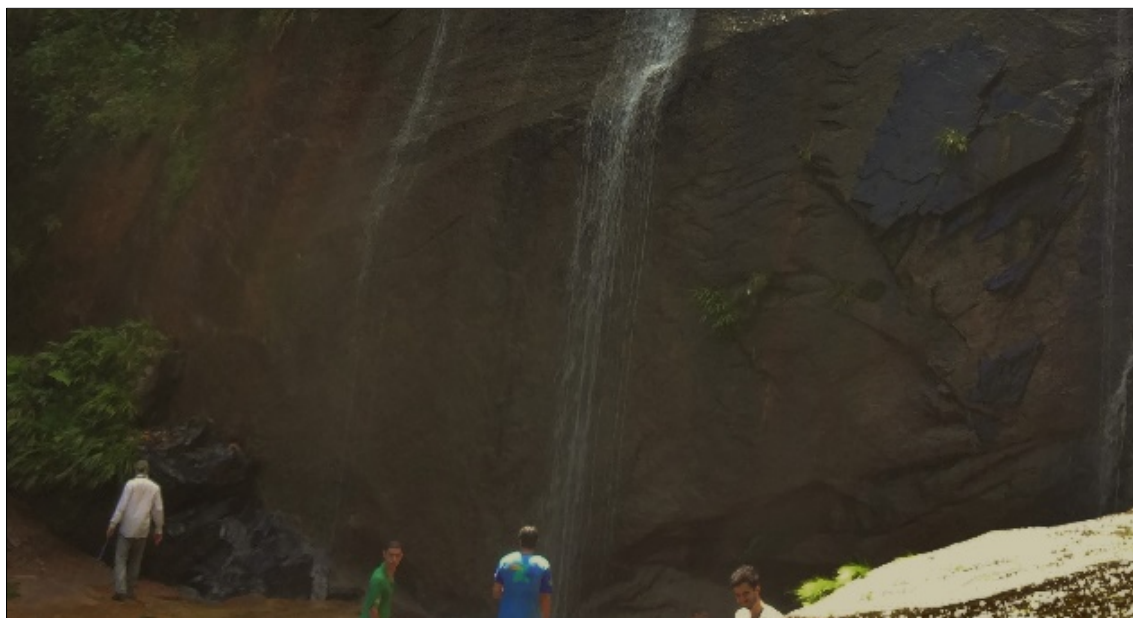
Raridade	SG12c	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	SG12d	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa
	Obs.: afloramento encontrado somente neste sítio.		Obs.: embora sejam blocos, este sítio apresenta a maior concentração de litotipos em toda a área estudada.	
<b>Valor turístico</b>				
Apelo Cênico	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente	Obs.: cachoeira em grande paredão rochoso (o maior dentre os atrativos turísticos – SG12a); Vista panorâmica (SG12b); Praias isoladas de relevante apelo cênico, com alto índice de preservação ambiental e relevo acidentado (SG12 c, d).		
Potencial Interpretativo	SG12a, b, c	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos.	
	SG12d	<input type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input checked="" type="checkbox"/> baixo		
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim	<input type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas		
<b>Valor educativo</b>				
Potencial didático	SG12b	<input checked="" type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	SG12a, c	<input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo
	Obs.: elementos compreendidos por estudantes de todos os níveis de ensino.		Obs.: elementos compreendido por estudantes de níveis médio e superior.	
Diversidade geológica	SG12d	<input type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> médio <input checked="" type="checkbox"/> baixo	Obs.: elementos compreendido somente por estudantes de níveis superior.	
	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa			
Uso educacional atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim			
Obs.: Apenas no SG12a				

(continua)

**Figura 133** - Cartograma do sistema de trilhas Castelhanos – Serraria.

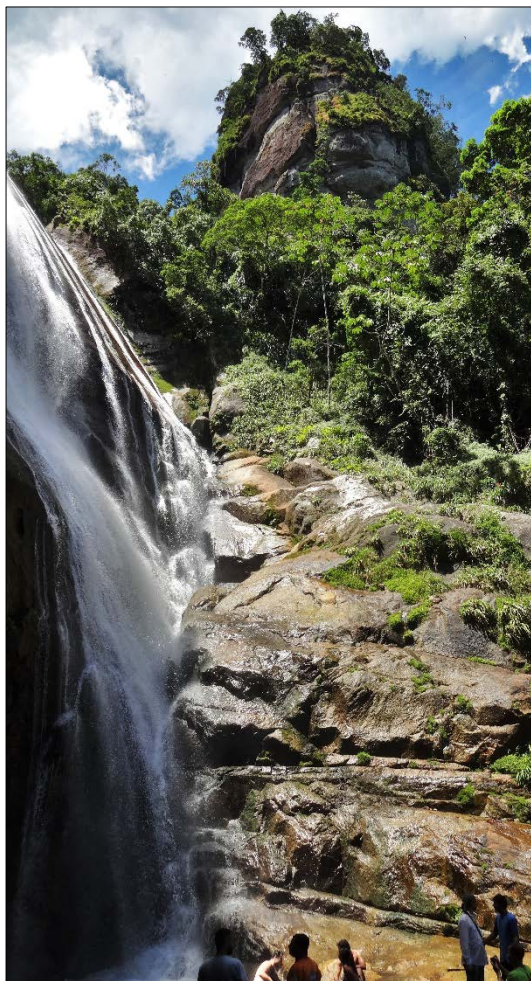


**Figura 134** - Dique aflorando na base da cachoeira (canto inferior esquerdo) e fragmento preso ao paredão sienítico (canto superior direito) (SG12a).



(continua)

**Figura 135** - Intersecção dos planos de fratura (SG12a).



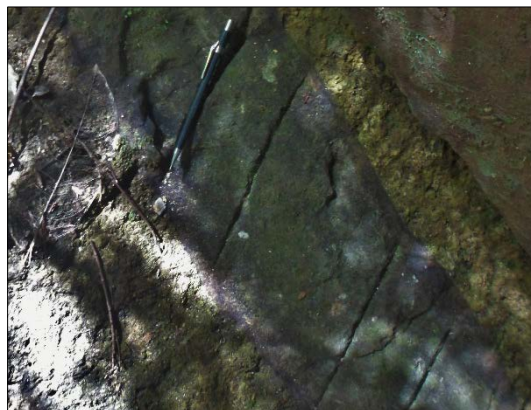
**Figura 139** - Afloramento de sienito muito fraturado com aspecto almofadado (SG12d).



**Figura 141** - Afloramento subvertical formado por dique básico muito fraturado (SG12d).



**Figura 136** - Dique intrudido no gnaisse (SG12b).



**Figura 137** - Saco do Eustáquio (SG12b).



**Figura 138** - Baía de Castelhanos (SG12b).



**Figura 140** - Diversidade litológica expressa em blocos subaflorentes na praia (SG12d).





Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	3. Evolução continental e costeira neogênica e quaternária
Tema	3.1. Tectonismo pós Terciário Inferior
Sub-tema	3.1.1. Relevo tectônico / 3.1.2. Modelado da linha de costa
Unidade de geodiversidade	6, 7 e 8
Elementos da geodiversidade	Visão panorâmica da Baía de Castelhanos: geomorfologia dos terrenos pré-cambrianos (Istmo do Eustáquio, Ponta da Cabeçuda e Baía de Castelhanos) e alcalinos (montanhas e escarpas anelares) da costa leste da Ilha de São Sebastião. A Baía de Castelhanos é limitada a sul pelo Saco do Sombrio e a nordeste pela Ponta da Cabeçuda, e sua morfologia reflete a ação abrasiva do mar e climática sobre as rochas e estruturas gnáissicas, mais intensa na face oceânica da Ilha de São Sebastião. Juntamente com as planícies do Perequê e Barra Velha e as escarpas ao longo da Estrada de Castelhanos, a baía compõe os relevos em terreno pré-cambriano, os quais, devido ao soerguimento tectônico no Terciário inferior e a erosão diferencial das rochas da ilha, encontram-se mais dissecados, associados aos maiores depósitos fluviomarinhas. Durantes os ciclos erosivos pós tectônico, a erosão remontante marinha na Serra do Mar avançou no sentido normal à estruturação paleoproterozoica-arqueana de direção geral NE, modelando o litoral do Estado de São Paulo. No entanto, o recuo das escarpas serranas no litoral norte, encontrou nos maciços alcalinos da Ilha de São Sebastião um obstáculo litoestrutural, que impediu o alinhamento total da costa paulista, muito destacado no litoral centro-sul. Na referida baía, as estruturas gnáissicas remanescentes estão impressas na Pontas da Lagoa e do Costão ao sul, Ponta da Cabeçuda a nordeste e ilhas da Lago e do Ribeirão, no interior da baía, preservando, ainda, uma correlação geométrica possível de ser representada cartograficamente. A dissecção dos terrenos pré-cambrianos avançou por planos e descontinuidade estrutural com direção NW, concordante com o recuo regional da linha de costa, e atingiu as rochas alcalinas do <i>stock</i> da Serraria, onde as montanhas com cristas anelares formaram costões rochosos subverticais.
Síntese do conhecimento científico	Obs.: possível observar o alinhamento NE das ilhas, assim como as estruturas gnáissicas dos terrenos que limitam a Baía de Castelhanos, com destaque para a Ponta da Cabeçuda, além de parte das montanhas e escarpas do maciço alcalino.
Representatividade	( x ) alta ( ) média ( ) baixa
Integridade	( x ) alta ( ) média ( ) baixa Obs.: estrutura em bom estado de conservação.
Raridade	( x ) alta ( ) média ( ) baixa Obs.: paisagem particular do lado oceânico da Ilha de São Sebastião, formada por alinhamento de ilhas de rocha alcalina e a Baía de Castelhanos.
Valor turístico	
Apelo Cênico	( x ) alto ( ) moderado ( ) baixo ( ) ausente

(continua)

Potencial Interpretativo	<input checked="" type="checkbox"/> . alto <input type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade facilmente compreendido por leigos.
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input checked="" type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas	
Valor educativo		
Potencial didático	<input type="checkbox"/> . alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de níveis médio e superior.
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> . alta <input type="checkbox"/> média <input checked="" type="checkbox"/> baixa	Obs.: geomorfologia.
Uso educacional atual	<input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim	

**Figura 142** - Baía de Castelhanos, limitada a nordeste pela Ponta da Cabeçuda (esquerda). É possível observar também as Pontas da Lagoa e do Costão a sul (direita, ordenadas do primeiro ao último plano).



**Figura 143** - Canto do gato, ao norte da Praia de Castelhanos (canto inf. esq.), Ponta da Cabeçuda e Saco do Eustáquio (centro) e as Ilhas do Ribeirão, Sumítica, Búzios e Vitória (do primeiro ao último plano).



**Quadro 39** - Sítio de Geodiversidade 14 - Geologia e a Água na Estrada de Castelhanos.

Descrição geral	
Dimensão/tipo	<input type="checkbox"/> área <input checked="" type="checkbox"/> ponto isolado <input type="checkbox"/> vista panorâmica <input type="checkbox"/> trilha  Obs.: cachoeira em uma laje rochosa de 4 metros de comprimento, formada por quedas e desníveis totalizando, aproximadamente, 13 metros de altura.
Local	Estrada de Castelhanos
Coordenadas (SIRGAS 2000):	SG14 X: 467027 Y: 7362006
Acessibilidade	<input type="checkbox"/> muito fácil <input type="checkbox"/> fácil <input checked="" type="checkbox"/> moderada <input type="checkbox"/> difícil <input type="checkbox"/> muito difícil  Obs.: requer deslocamento de 9,3 km em veículo de passeio por, aproximadamente, 25 minutos até o início da Estrada de Castelhanos, sendo necessário ainda percorrer mais 8,6 km em veículo <i>off-road</i> , por cerca de 45 minutos. Ou pode ser uma caminhada de 3:20 horas por 16,6 km, em uma trilha com grau moderado de severidade, e apresenta cruzamentos bem definidos e percurso por caminhos escalonados em terrenos irregulares, exigindo um esforço físico significativo.
Proprietário	<input checked="" type="checkbox"/> Público <input type="checkbox"/> Privado
Proteção legal	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> parcialmente protegido <input type="checkbox"/> não Obs.: PEIb / com monitoramento de visitantes
Segurança	<input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> deficiente <input type="checkbox"/> ausente
Limitações de uso	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> necessidade de pagar taxa de entrada <input checked="" type="checkbox"/> restrições de capacidade de carga <input checked="" type="checkbox"/> limitações climáticas  Obs.: cachoeira junto à estrada, em um trecho muito estreito, com grande risco de acidentes graves, devido ao fluxo de veículos.
Diversidade ambiental associada	<input type="checkbox"/> inexistente <input checked="" type="checkbox"/> baixa <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> cultural <input checked="" type="checkbox"/> biodiversidade
Conteúdo e valor científico	
<i>Geological framework</i>	2. Magmatismo mesozoico
Tema:	2.1. Mesozoico inferior

(continua)

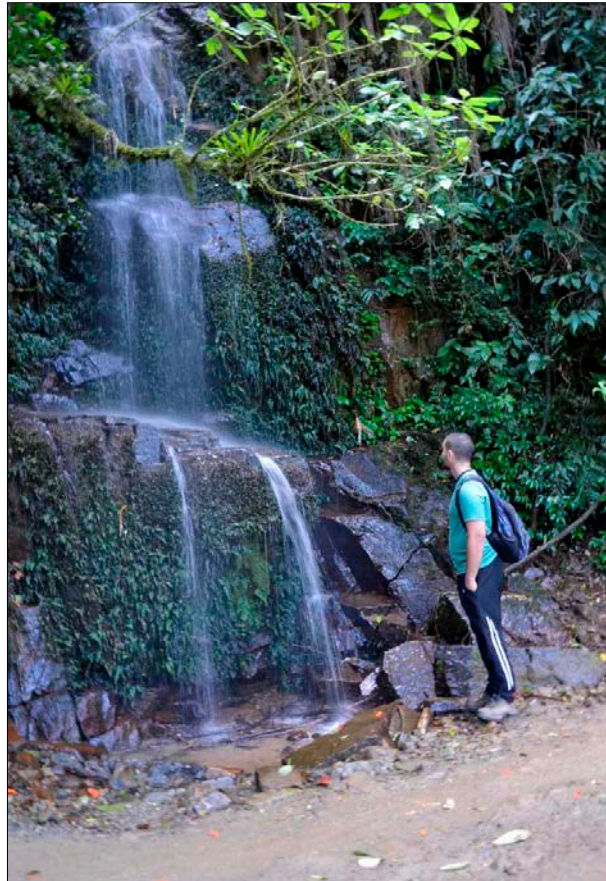
Sub-tema:		
Unidade de geodiversidade	5	
Elementos da geodiversidade	Queda d'água sobre dique muito fraturado andesítico muito fraturado	
Síntese do conhecimento científico	<p>Dique de andesito porfirítico de coloração cinza-esverdeada, composto de plagioclásio (oligoclásio e labradorita), clinopiroxênio (augita), minerais opacos (magnetita/ilmenita) e traços de quartzo e feldspato potássico, com fenocristais grossos (0,4–1 cm) de plagioclásio cinza-esbranquiçado (oligoclásio/labradorita), inseridos numa matriz fina (menor que 1 mm) composta de plagioclásio acinzentado (oligoclásio) e clinopiroxênio preto-esverdeado (augita).</p> <p>Diferentemente das demais cachoeiras associadas aos <i>nickpoints</i> descritos anteriormente, esse dique andesítico, assim como os outros de mesma litologia e atitude, está associado a grandes cristas alongadas em terrenos pré-cambrianos, de direção predominante nordeste, subparalela à foliação da rocha encaixante e mergulhos de alto ângulo. Comumente, exibem grandes dimensões, com espessura média de 15 m e vários quilômetros de comprimento. Apresentam-se muito fraturados com, pelo menos, três famílias de fraturas, uma com mergulho sub-horizontal, e outras duas verticais, uma com direção longitudinal e outra perpendicular ao corpo.</p> <p>Esta intersecção dos planos de fraturas define uma diferença regular entre seus ângulos de mergulho (em torno de 90°), e resulta nos degraus sobre o qual a queda d'água cai. Tal variação nos mergulhos das famílias está relacionada, respectivamente, ao posicionamento da superfície da rocha exposta à erosão (remoção do material sobrejacente ao dique, resultando, assim, na diminuição das tensões) e à contração do magma em resfriamento (VALLE, 2016).</p>	
Representatividade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: afloramento com planos de fraturamento facilmente visualizados.
Integridade	<input type="checkbox"/> alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	
Raridade	<input checked="" type="checkbox"/> alta <input type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa	Obs.: única cachoeira em local acessível, correndo exclusivamente sobre um dique.
<b>Valor turístico</b>		
Apelo Cênico	<input type="checkbox"/> alto <input type="checkbox"/> moderado <input checked="" type="checkbox"/> baixo <input type="checkbox"/> ausente	
Potencial Interpretativo	<input type="checkbox"/> alto <input checked="" type="checkbox"/> médio <input type="checkbox"/> baixo	Obs.: elemento de geodiversidade compreendido por pessoas interessadas no assunto.
Uso recreativo atual	<input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> população local <input checked="" type="checkbox"/> visitantes/turistas	

(continua)



Valor educativo	
Potencial didático	<input type="checkbox"/> . alto <input type="checkbox"/> médio <input checked="" type="checkbox"/> baixo  Obs.: Elemento de geodiversidade compreendido por estudantes de níveis médio e superior
Diversidade geológica	<input type="checkbox"/> . alta <input checked="" type="checkbox"/> média <input type="checkbox"/> baixa  Obs.: Litologia / Geomorfologia
Uso educacional atual	<input checked="" type="checkbox"/> não <input type="checkbox"/> sim

**Figura 144** - Cachoeira correndo sobre dique andesítico muito fraturado.



### 3.3.2 Avaliação Qualitativa dos Sítios de Geodiversidade

A presente discussão buscou avaliar qualitativamente os potenciais usos turístico e educacional dos sítios de geodiversidade, assim como seu potencial valor

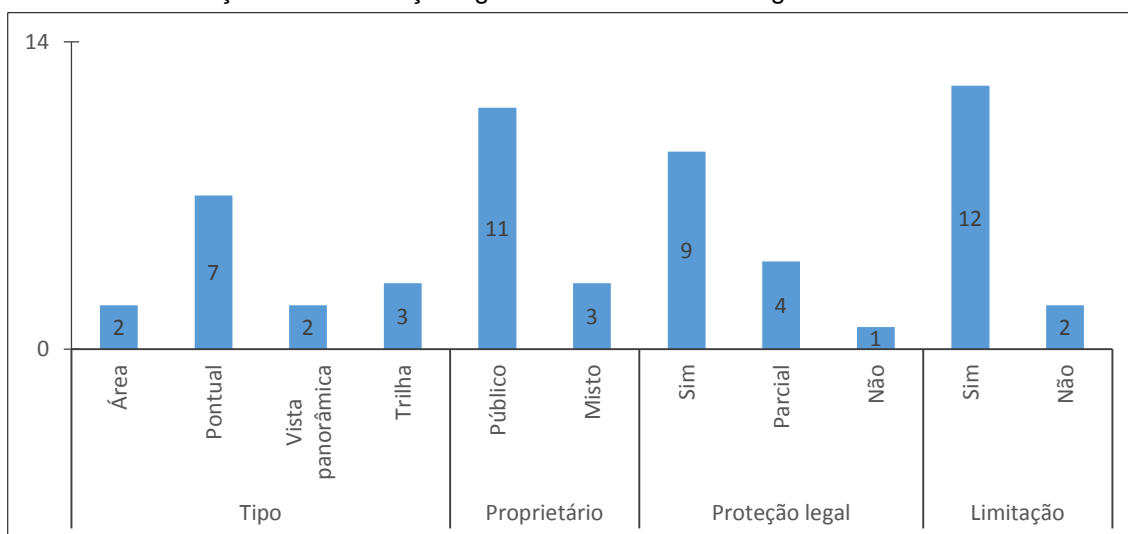
científico, e é apresentada a seguir. Os dados apresentados fornecem conteúdos importantes para implementação de projetos geoturísticos na área.

### 3.3.2.1 Informações gerais

Como etapa subsequente ao inventário e à quantificação, as propostas de diretrizes de conservação do patrimônio geológico devem levar em conta as informações gerais relacionadas a proteção legal, tipo de proprietário e limitações de uso. Tais informações permitem reconhecer, ainda, a tipologia dos sítios, e, assim, planejar a forma mais adequada de sua interpretação (DIAS, et al., 2003).

Sete sítios são classificados como pontos isolados, os quais podem ser explorados na forma de painéis, lançando mão de recursos interpretativos simplificados, focando no elemento de geodiversidade mais relevante. Já, nas três trilhas identificadas, onde o visitante irá encontrar mais de um local com conteúdo da geodiversidade, as informações podem ser disponibilizadas por meio de cartilhas, como por exemplo, nos moldes do passaporte verde distribuídos no âmbito do projeto 'Trilhas de São Paulo', pela Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SÃO PAULO, 2015). Para os sítios dos tipos área (dois) e vista panorâmica (dois), devem ser priorizados os recursos mais elaborados, como produtos cartográficos simplificados e ilustrações que traduzam os elementos observados, uma vez que os visitantes se encontram totalmente envolvidos pelos elementos de geodiversidade (PACHECO; BRILHA, 2014).

A interpretação da geodiversidade deve considerar, ainda, o trabalho de conscientização ambiental realizado pelo PEIb, uma vez que a maioria dos sítios ocorrem no seu interior, protegidos legalmente, embora alguns estejam sob ameaça devido à localização próxima da área urbana. Quase todos os sítios de geodiversidade apresentam limitações de uso, exigindo uma gestão específica a respeito da capacidade de carga e condições climáticas (Gráfico 1).

**Gráfico 1** - Avaliação das informações gerais sobre os sítios de geodiversidade.

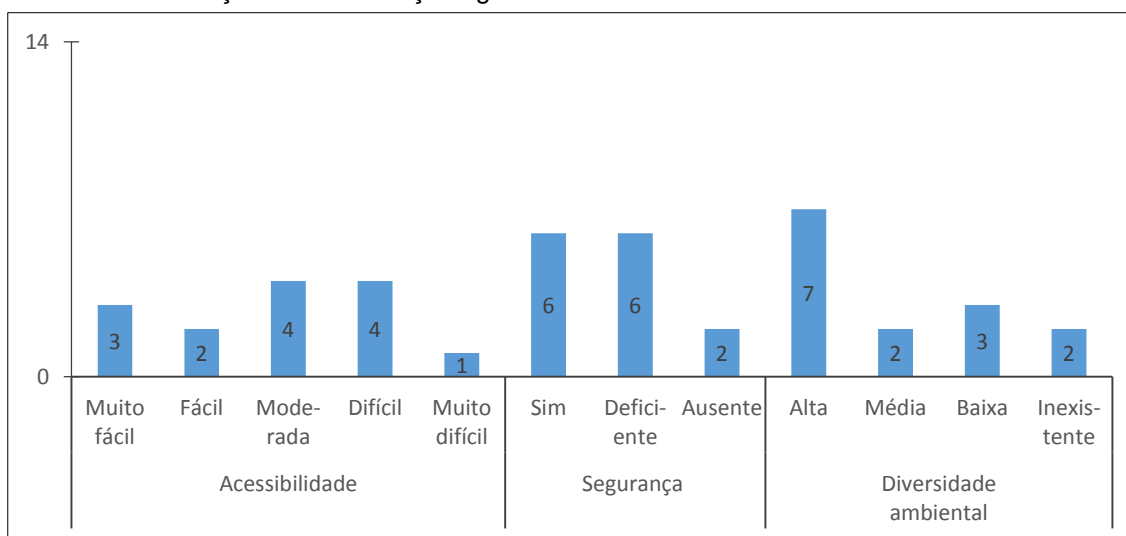
Conclui-se, a partir do gráfico anterior, que a conservação e a valorização dos sítios de geodiversidade devem ter em vista a heterogeneidade de suas características, os quais, na sua maioria, são do tipo pontual, sob proteção legal e com limitações de uso.

### 3.3.2.2 Valores e Potenciais Usos Turístico e Educacional

A maioria dos sítios tem acessibilidade moderada a muito difícil, o que prejudica, significativamente, as atividades turísticas e impede seu uso educacional. Nesse sentido, foram removidos da lista inicial de potenciais sítios de geodiversidade, aqueles com acessibilidade extremamente difícil, como o Morro da Ponta Alta, ou com imprecisão em sua localização, como as Cachoeiras da Pacuíba, Couro de Boi e Jabaquara.

Outro agravante observado na maioria dos sítios consiste na ausência de estruturas de segurança em boas condições. Por se tratar de atrativos turísticos em áreas naturais, onde não existe interferência antrópica, esse problema se intensifica devido ao elevado risco de acidentes graves. Por outro lado, a diversidade ambiental, um fator positivo na avaliação dos valores turístico e educacional, está presente em 12 dos 14 sítios de geodiversidade, sendo classificada como alta em sete destes.

O Gráfico 2 sintetiza as referidas informações utilizadas em comum na avaliação dos potenciais valores turístico, científico e educacional.

**Gráfico 2** - Avaliação das Informações gerais relativas aos valores turísticos e educacionais.

De maneira geral, os sítios de geodiversidade apresentaram alto valor educacional, associado a alto potencial didático e média diversidade geológica (Gráfico 3). Embora, as restrições de acesso e segurança inviabilizem projetos educacionais envolvendo excursões de alunos aos sítios, o alto valor dos atributos educacionais é um fator positivo na interpretação e promoção da geodiversidade, por meio de projetos voltados à população local e aos visitantes, em associações de moradores, escolas e centros de informações turísticas.

Como mencionado anteriormente, o elevado valor turístico da área estudada decorre, principalmente, da preservação ambiental em 80,4% do município, com cerca de 156,6 km<sup>2</sup> de remanescente de Mata Atlântica, caracterizados pela biodiversidade extremamente alta. Em contrapartida, a geodiversidade, expressa pela grande variedade geológica e geomorfológica, contribui diretamente para a elevada atratividade turística. Portanto, a avaliação qualitativa do apelo cênico focou, exclusivamente, nos elementos da geodiversidade, sendo possível reconhecer que mais da metade dos sítios exerce significativo impacto sobre os visitantes, devido a suas particularidades estéticas.

Da mesma forma, todos os sítios avaliados possuem médio ou alto potencial interpretativo. Este atributo é fundamental na valorização da geodiversidade e está relacionado à capacidade dos visitantes em discriminar e compreender o elementos de geodiversidade presentes nos sítios.

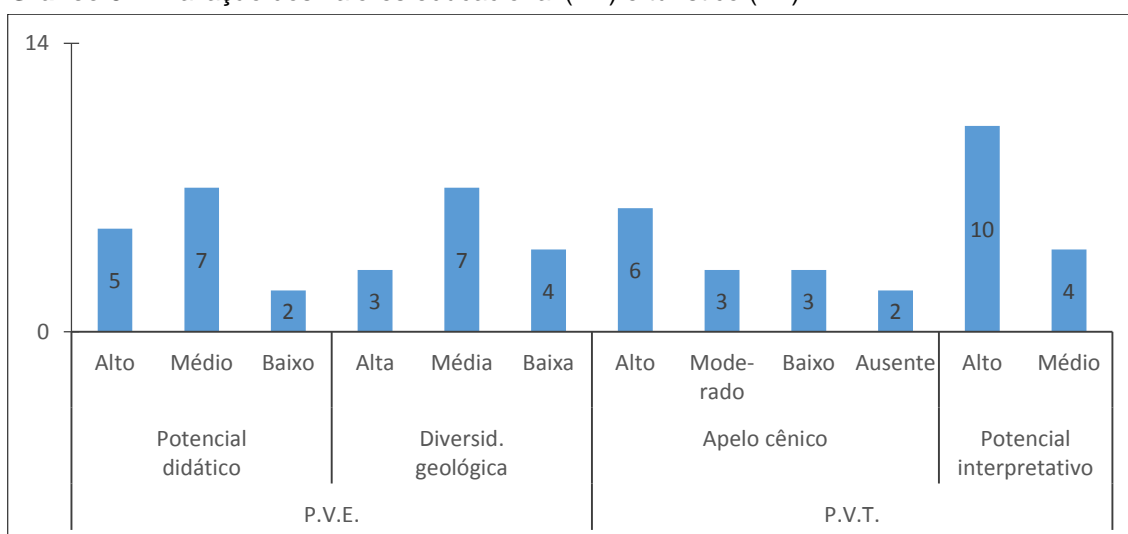
Por fim, a avaliação dos atributos 'acessibilidade' e 'segurança' visou identificar a melhor forma de desenvolver atividades turísticas, levando em conta que estas

limitações logísticas são comuns a muitos sítios de geodiversidade. Neste caso, os locais com elevada dificuldade de acesso e estruturas de segurança deficientes ou ausentes não são recomendados aos turistas convencionais. Tais visitantes têm o lazer como principal objetivo, possuindo pouca consciência dos riscos a que estão expostos, uma vez que é comum o consumo de bebida alcoólica e a concentração de grande número de pessoas no mesmo local. A estes turistas, condições de segurança, acessibilidade e equipamentos de serviço (alimentação e lazer) são fatores preponderantes para visitar um sítio de geodiversidade, mesmo que este apresente baixo apelo cênico.

De maneira oposta, os sítios com restrições de acesso e segurança, mas, com elevado apelo cênico, representam locais propícios ao turismo de aventura, ou seja, atividades físicas/esportivas de carácter recreativo, como montanhismo, caminhada e *camping*. Embora o cuidado com a segurança seja um fator primário para realização de qualquer modalidade turística, os praticantes do turismo de aventura buscam uma experiência genuína no local visitado, por meio do esforço físico e psicológico e exposição ao risco avaliado. Trata-se de um público reduzido, com conhecimento sobre normas, procedimentos e equipamentos de segurança, e com comportamentos e atitudes que minimizam os impactos ambientais.

O Gráfico 3 traz informações sobre os potenciais valores turísticos (PVT) e educacional (PVE) dos sítios de geodiversidade.

**Gráfico 3** - Avaliação dos valores educacional (VE) e turístico (VT).



Conclui-se, portanto, que os sítios de geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião apresentam alto valor educacional, motivado, principalmente, pelo elevado potencial didático. Semelhantemente, o alto potencial interpretativo confere aos sítios maior vocação ao geoturismo, em especial àqueles já considerados como atrativos turísticos. No entanto, é importante reconhecer as limitações de acessos e segurança, assim como o comportamento heterogêneo da diversidade geológica e apelo cênico neste sítios.

### 3.3.2.3. Potencial Valor Científico

O reconhecimento do valor científico tem o objetivo de legitimar a relevância dos sítios de geodiversidade na sociedade, atraindo o interesse da comunidade geocientífica às ocorrências importantes ainda não estudadas, principalmente em locais isolados da Ilha de São Sebastião. Assim como a síntese do conhecimento científico, centrado na caracterização dos elementos de geodiversidade, visa fornecer conteúdos importantes à interpretação da geodiversidade local, conscientização ambiental e manejo dos sítios com maior risco de degradação. Não obstante, a conservação dos sítios de geodiversidade deve ser feita de modo a integrar os aspectos abióticos às estratégias de planejamento e gestão ambiental.

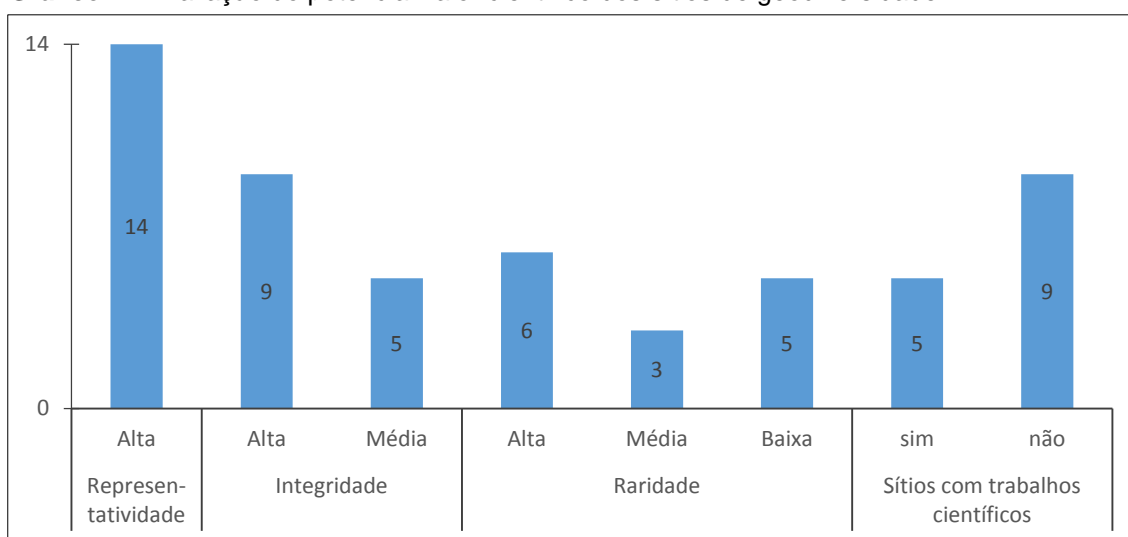
Todos os sítios possuem alta representatividade científica, devido à boa condição de observação dos elementos de geodiversidade e sua competência para ilustrar as características e fenômenos geológicos, relacionados às classes temáticas (Quadro 25, p. 138), sejam paredões subverticais ou lajes com afloramentos rochosos expondo feições ígneas e estruturas geológicas, ou paisagens e registros de processos morfogenéticos, como os sulcos erosivos nas rochas sieníticas, depósitos flúvio-marinhos, ou ainda *nickpoints*.

Quanto à integridade dos sítios, cabe lembrar que a geodiversidade local reflete a influência da ação climática costeira no processo de dissecação dos terrenos ígneo-tectônicos, sustentados por rochas granítico-gnáissicas, alcalinas, básicas e básico-alcalinas. Tais litotipos caracterizam-se pela elevada resistência natural à erosão, a qual, juntamente com a dificuldade de acesso e a existência do Parque Estadual de Ilhabela, conferem elevado grau de integridade (alto em nove sítios e médio em cinco) aos sítios de geodiversidade.

Para a avaliação da raridade, levou-se em conta o número de elementos de geodiversidade contendo características únicas em relação à área estudada, embora não sejam representativas para a definição de geossítios. Os resultados obtidos, quando analisados em conjunto com os demais critérios, permitem identificar de modo relativo, os sítios de geodiversidade com maior valor científico, que irão compor uma lista de potenciais geossítios. Ademais, constatou-se elevada singularidade de seis sítios contendo elementos de geodiversidade com significativa raridade. Estão localizados em terrenos alcalinos, o que eleva seu potencial valor científico, devido à restrita ocorrência do *geological framework* 'Magmatismo Mesozoico' no Estado de São Paulo.

Foram identificados cinco sítios de geodiversidade com trabalhos científicos direta ou indiretamente relacionados (Quadro 4, p. 50), os quais serviram de referência para definição dos possíveis geossítios. No entanto, a inexistência de pesquisas sobre uma determinada ocorrência não implica, necessariamente, ausência de valor científico, e sim uma nova oportunidade de estudo. O Gráfico 4 ilustra a avaliação geral do potencial valor científico dos sítios de geodiversidade e permite concluir que o patrimônio natural abiótico da região norte da Ilha de São Sebastião possui elevada representatividade e alto grau de integridade dos seus elementos de geodiversidade com significativa raridade.

**Gráfico 4** - Avaliação do potencial valor científico dos sítios de geodiversidade.

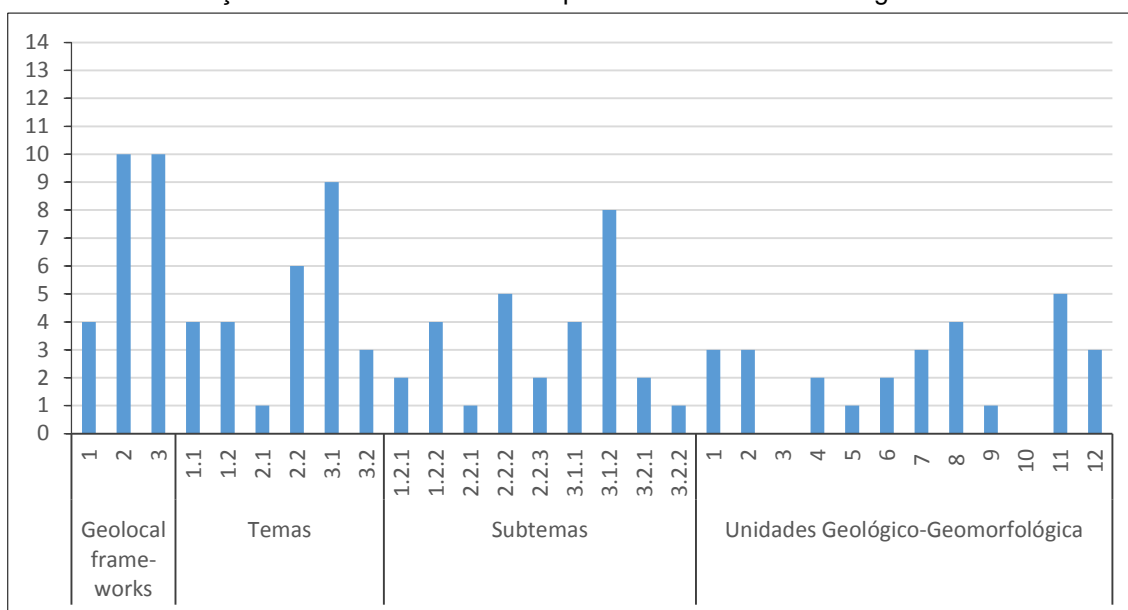


A seguir, o Gráfico 5 apresenta a frequência com que as categorias temáticas e unidades de geodiversidade estão retratadas nos sítios de geodiversidade. Sua

análise fornece um informação importante para o enquadramento da geodiversidade em relação ao patrimônio natural da área estudada e permite responder a seguinte pergunta:

*‘Qual é o tema a ser explorado na promoção do conhecimento geocientífico da região norte da Ilha de São Sebastião, a partir de locais representativos da sua geodiversidade?’.*

**Gráfico 5** - Avaliação das classes temáticas representadas nos sítios de geodiversidade.



Os temas da geodiversidade mais recorrentes da área de estudo estão representados por registros (geomorfológico, estrutural ou litológico) do magmatismo mesozoico plutônico, que retratam a evolução continental e costeira neogênica, ou seja, processos tectônicos e ciclos erosivos pós terciário. Desta forma, a resposta do questionamento acima é:

*‘os sítios de geodiversidade devem ser promovidos de modo que os usuários finais possam ter noção de que as rochas presentes nos pontos turísticos resultam de eventos magmáticos com mais de 3 km de profundidade, há aproximadamente 80 Ma.’*

Tal enquadramento contribui, significativamente, para a etapa de interpretação, por meio da seleção e adequação das informações geradas, com objetivo de promover o conhecimento geocientífico ao público leigo. Conforme Tilden (1977), esta etapa deve basear-se em conteúdos científicos sólidos, com um nível de detalhamento compatível com a capacidade de compreensão dos visitantes.



### 3.3.3 Avaliação Numérica dos Sítios de Geodiversidade

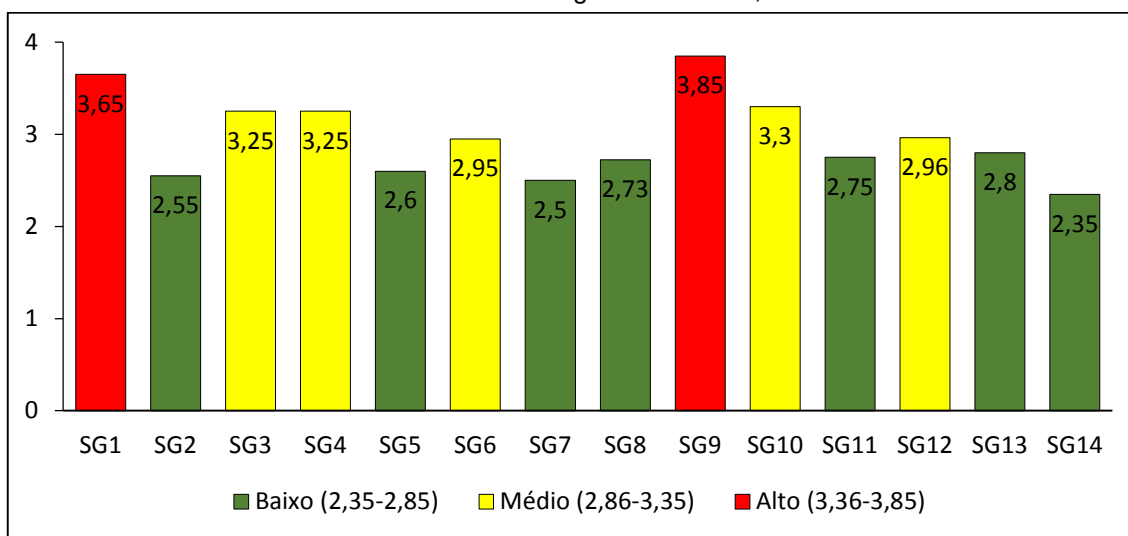
É apresentada a quantificação dos potenciais usos turísticos, educacional e científico dos sítios de geodiversidade, bem como seu risco de degradação. São feitas considerações sobre os principais resultados, focando-se nos sítios mais importantes para ações de conservação do patrimônio natural e de interpretação da geodiversidade, em decorrência de seus altos valores. A classificação de cada sítio de geodiversidade e atribuição dos respectivos índices estão contidos no APÊNDICE D, assim como sua quantificação.

#### 3.3.3.1 Potencial Uso Turístico

Como esperado, todos os sítios de geodiversidade possuem expressiva vocação turística, tanto convencional como de aventura. Em vista disso, a classificação em alto, médio e baixo, não foi definida de acordo com os valores máximo e mínimo possíveis de atribuir aos sítios (0 e 4), pois a distribuição dos mesmos seria pouco representativa, com a maioria concentrada nas classes superiores. Buscou-se hierarquizar os sítios relativamente aos valores extremos obtidos e, assim, facilmente identificar quais possuem maior potencial ao desenvolvimento de atividades geoturísticas.

Cabe destacar, ainda, que os sítios do tipo trilha tiveram seus locais com conteúdo da geodiversidade (SG11a, SG11b, SG11c, ...) avaliados individualmente, uma vez que possuem características distintas. A quantificação final destes sítios resultou da média dos valores parciais.

Em relação ao potencial uso turístico voltado aos visitantes convencionais (PTC), os valores obtidos pelos sítios foram superiores a 2,5 (exceto o SG14), ou seja, acima da média em termos absolutos, o que confirma o caráter turístico. Não obstante, a partir da classificação relativa dos valores máximo e mínimo (3,85 e 2,35), apenas os sítios SG1 e SG9 apresentaram alto PTC, o que ratifica a vocação destes atrativos turísticos para promoção do patrimônio natural abiótico de Ilhabela (Gráfico 6, Tabela 6).

**Gráfico 6** - Potencial uso turístico dos sítios de geodiversidade, voltado ao turismo convencional.**Tabela 6** - Quantificação dos sítios de geodiversidade com maiores PTC.

Sítio de Geodiversidade	Atributos mistos											Atributos Turísticos		Potencial Turístico Convencional
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	Vulnerabilidade	Acessibilidade	Limitações de uso	Segurança	Risco de acidentes	Logística	Densidade populacional	Diversidade ambiental	Apelo cênico	Unicidade	Condições de observação	Potencial interpretativo	Proximidade às áreas de lazer	
SG1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	3	4	3,65
SG9	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3,85

O elevado PTC do Sítio de Geodiversidade 1, 'Paredão Rochoso da Cachoeira da Água Branca', se deve, principalmente, à combinação de fatores positivos de acessibilidade, logística e segurança, com o forte apelo cênico de sua queda d'água sobre um grande afloramento gnáissico, o qual possui boa condição de observação. Outro fator favorável é sua proximidade a outras áreas de lazer na zona com maior densidade populacional do município.

Quanto ao potencial interpretativo deste sítio, por se tratar de um *nickpoint*, os visitantes podem apresentar dificuldade em compreender os processos morfogénéticos associados, porém, é possível introduzir informações básicas sobre rochas pré-cambrianas, fraturas e processos gravitacionais e erosivos. Conquanto, um fator positivo para promoção do SG1, é sua proximidade com o SG2, o qual expõe um perfil de alteração em depósito de tálus com alto potencial interpretativo, e contribui na ilustração dos eventos geomorfológicos em questão.

De maneira semelhante, o SG9, 'Sienitos da Praia da Garapocaia', mostra um PTC elevado (3,85) relacionado às boas condições de acesso, logística e localização

junto à área urbana, em uma das praias mais visitadas do município. No entanto, devido a suas características naturais, deve-se atentar para limitação de uso do sítio pelo espaço reduzido, sua proximidade com o mar e o moderado risco de acidentes graves, mesmo com a presença de uma passarela com corrimão sobre os blocos.

O SG9, popularmente chamado de Pedra do Sino, se destaca pelo mais alto PTC, devido aos aspectos já mencionados em conjunto com boa condição de observação e a unicidade do elemento de geodiversidade e, principalmente, pelo alto potencial interpretativo, em decorrência do efeito sonoro produzido. Embora ainda não haja uma explicação científica conclusiva para a ocorrência do campo de blocos de rochas alcalinas que formam essa costeira, os temas da geodiversidade retratados (magmatismo plutônico mesozoico) representam um recurso geoturístico muito relevante. Neste sítio, é possível introduzir aos visitantes, noções básicas sobre o *Stock* da Serraria, com ênfase nas características do sienito, como a compacidade dos minerais, associada à sonorização, e a estratificação ígnea, visível em alguns blocos.

O turismo de aventura em Ilhabela constitui uma modalidade ainda não formalizada em termos de política pública, cujo potencial econômico e social é subaproveitado pelo setor privado e pela administração municipal. No entanto, as atividades esportivas em contato com a natureza encontram-se em expansão, as quais consistem em *camping*, *hiking*, escalada, *rapel*, *surfe*, *windsurfe*, *kitesurf*, mergulho, ciclismo e corrida. Em geral, são serviços oferecidos por agências turísticas e monitores ambientais cadastrados, ou realizados de forma independente por iniciativas individuais, e com modesto envolvimento dos moradores das comunidades locais.

Este cenário reflete a necessidade de promoção do turismo, a partir da seleção dos locais mais aptos a receber recursos que viabilizem atividade sustentáveis de lazer e esporte, com foco principal na geração de renda e preservação ambiental.

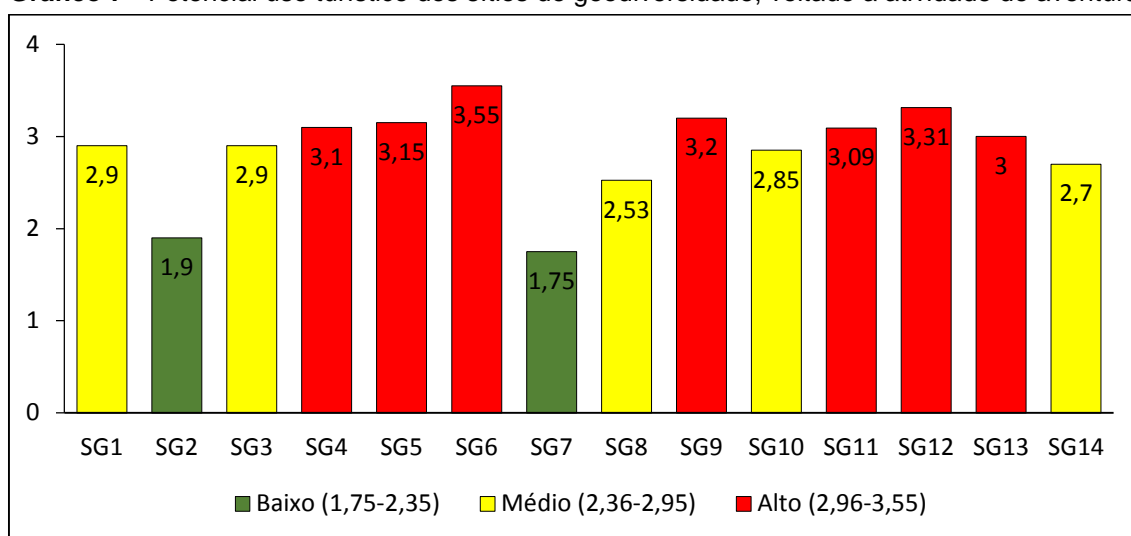
Neste sentido, a avaliação do potencial uso turístico de aventura (PTA) representa uma solução alternativa ao turismo convencional, especialmente em áreas preservadas.

Na maioria dos sítios de geodiversidade, o turismo de aventura possui significativo potencial de implementação, haja vista que, dos 14 sítios avaliados, 12 possuem um PTA acima de média em relação aos valores absolutos (de 0 a 4), ou seja, a metade apresenta valor igual ou maior que 3, quatro com valores superiores a

2,5, e apenas dois com valores inferiores a 2. A classificação final do PTA, semelhantemente ao PTC, baseou-se nos valores mínimo e máximo obtidos (1,7, e 3,55).

A seguir, são apresentados o Gráfico 7 e a Tabela 7, cuja análise indica os sítios de geodiversidade mais viáveis a projetos turísticos que envolvam atividades de aventura. Depreendem-se, também, informações sobre principais fatores que condicionam o elevado potencial destes sítios, assim como sobre os atributos adaptados, nomeadamente, acessibilidade, limitações de uso, logística e densidade populacional, os quais tiveram significativo impacto na avaliação do PTA.

**Gráfico 7** - Potencial uso turístico dos sítios de geodiversidade, voltado a atividade de aventura.



**Tabela 7** - Quantificação dos sítios de geodiversidade com maiores PTA.

Sítio de Geodiversidade	Atributos mistos											Atributos Turísticos		Potencial Turístico de Aventura
	1	2*	3*	4	5	6*	7*	8	9	10	11	12	13	
	Vulnerabilidade	Acessibilidade	Limitações de uso	Segurança	Risco de acidentes	Logística	Densidade populacional	Diversidade ambiental	Apelo cênico	Unicidade	Condições de observação	Potencial interpretativo	Proximidade às áreas de lazer	
SG4	4	2	4	4	4	1	2	4	4	4	1	2	4	3,1
SG5	3	3	4	1	1	4	4	4	4	2	4	3	4	3,15
SG6	4	4	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	3,55
SG9	4	1	2	3	3	1	1	4	4	4	4	4	4	3,2
SG11**	4	4	3	1	3	4	4	3	3	2	4	3	4	3,09
SG12**	4	4	1,5	1	4	3,5	3	4	4	3,5	3,5	3,5	4	3,31
SG13	4	3	1	3	2	4	2	4	4	1	3	3	4	3

\* Atributos adaptados para avaliação do PTA

\*\* Média dos valores parciais

O SG4, denominado 'Degraus da Cachoeira da Escada', possui alto PTA (3,1), devido a sua inserção na Trilha da Água Branca, a mais visitada dentre as trilhas oficiais do PEIb, com boa estrutura de acesso, logística e segurança, e localização privilegiada junto a outros atrativos turísticos. Tais fatores definem um PTC ainda maior (3,25), reforçando a necessidade do enquadramento deste sítio em projetos de valoração do patrimônio geológico, pelo grande número de visitantes e, principalmente, por se tratar de um atrativo turístico cujo nome, Cachoeira da Escada, provém de uma característica geológica (falha e diques que condicionam a queda d'água).

No entanto, o SG4 possui baixo potencial interpretativo, em decorrência da dificuldade de observação do elemento de geodiversidade. É importante o detalhamento das suas características geológicas, assim como encontrar a forma mais adequada de sua promoção. Propõe-se uma trilha alternativa até a parte superior da queda d'água, onde é possível observar um dique deslocado pela referida falha (Figura 105, p. 151).

O SG5, 'Geologia e a Água na Cachoeira do Bananal, apresentou alto PTA (3,15) e compartilha a mesma classe temática do sítio de geodiversidade anterior, ou seja, *nickpoint* associado a estruturas NE e diques mesozoicos em terreno pré-cambriano. Sua aptidão turística está relacionada ao elevado apelo cênico e à diversidade ambiental, sua proximidade a outras áreas de lazer e a um razoável potencial interpretativo dos elementos de geodiversidade, facilmente observados.

Denominado 'Geodiversidade no Pico do Baepi', o SG6 possui o mais alto PTA (3,55) dentre os sítios de geodiversidade, sendo o único na área de estudo onde a atividade de aventura, *hiking* – longa caminhada em meio natural, já está totalmente consolidada. Por se tratar de um atrativo turístico oficial do PEIb, a trilha ao SG6 é monitorada, com estruturas de acesso e segurança em todo seu traçado. Existem também painéis sobre biodiversidade ao longo da trilha e sinalização, que indicam o caminho, a distância percorrida e elevação do terreno.

Juntamente com tais atributos, seu elevado PTA decorre da diversidade geológica e ambiental, onde os visitantes têm contato com a vegetação tropical montana e temas da geodiversidade sobre geomorfologia da Serra do Mar e rochas plutônicas mesozoicas. No entanto, o risco de acidentes graves é muito alto, embora haja sinalização indicando o perigo.

O SG6 corresponde à escarpa de falha e um grande afloramento sienítico, sendo um dos poucos sítios onde é possível observar as rochas do *stock* da Serraria *in situ*. É possível, ainda, visualizar o processo de alteração concêntrica da rocha.

O principal atributo turístico deste sítio é o elevado potencial interpretativo, com excelente condição de observação, quando livre de nuvens, das paisagens montanhosas e costeiras do litoral norte de São Paulo. Trata-se da única ocorrência do litoral paulista onde é possível contemplar, em um ponto a mais de 1.000 metros de altitude e externo ao continente, os relevos da Serra do Mar, desde as planícies flúvio-marinhas, morros e escarpas, até o Planalto Atlântico (Figuras 108 a 111, p. 158). Vale destacar que, embora haja caminhadas ao Pico de São Sebastião, o mais alto da ilha, devido à vegetação que circunda seu cume, os visitantes não possuem a mesma condição de observação.

Com o terceiro maior PTA (3,2), novamente, a presença do SG9 entre os mais importantes, reforça sua relevância na promoção do patrimônio natural de Ilhabela. Contudo, a quantificação de seus atributos adaptados, atenuou-se quando comparado ao PTC muito elevado. Esse decréscimo indica, portanto, que o SG9 possui relativamente pouca aptidão para atividades de aventura, devido a sua proximidade de áreas com alta densidade populacional e de fácil acesso, um aspecto pouco atrativo a esta modalidade turística.

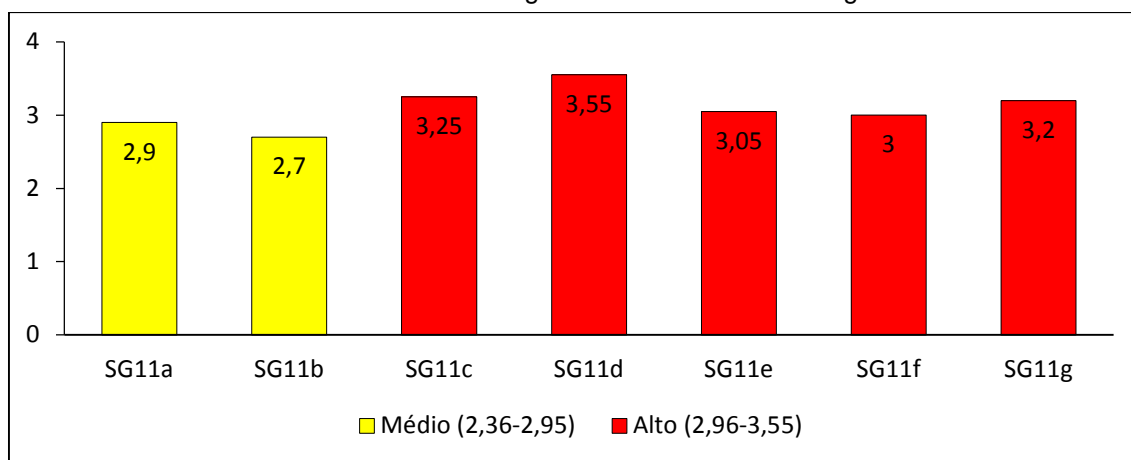
Apresentando o menor valor (3,0) dentre os sítios com alto PTA, o SG13, designado 'Geologia e as Ilhas na Estrada de Castelhanos', se destaca, porém, pela sua vocação intrínseca à atividade de aventura, por se tratar de um mirante construído junto à Estrada de Castelhanos, um dos atrativos turísticos mais famosos de Ilhabela. Contando com estrutura de segurança, o sítio localizado ao lado da referida estrada, propicia aos visitantes a contemplação da Baía de Castelhanos e demais ilhas do arquipélago, o que lhe atribui alto potencial interpretativo.

Neste mirante, é possível observar também a Ponta da Cabeçuda e o Saco do Eustáquio, os quais formam um istmo, com alta representatividade do processo de formação de ilhas, por meio da avulsão de uma porção de terra decorrente da erosão marinha sobre descontinuidades estruturais (diques e fraturas). No entanto, assim como o SG6, as condições de observação podem ser anuladas devido à presença de nuvens, fato mais frequente no SG13, em consequência dos efeitos climáticos orográficos mais intensos na costa lesta da ilha (MILANESI, 2007).

Conforme mencionado anteriormente, os sítios classificados como trilhas tiveram seus locais de conteúdo da geodiversidade avaliados separadamente, cujos PTA foram significativamente altos.

O SG11, denominado 'Caminho geológico da costa norte', com um valor global de 3,09, teve cinco locais com alto PTA, sendo o SG11d avaliado com o maior valor dentre todos os sítios de geodiversidade (3,55), além de dois com valores próximos a 2,96 (Gráfico 8, Tabela 8).

**Gráfico 8** - PTA dos locais de conteúdo da geodiversidade do sítio de geodiversidade 11.



**Tabela 8** - Quantificação do PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 11.

Locais de Interesse Geológico do SG11	Atributos mistos											Atributos Turísticos		Potencial Turístico de Aventura
	1	2*	3*	4	5	6*	7*	8	9	10	11	12	13	
	Vulnerabilidade	Acessibilidade	Limitações de uso	Segurança	Risco de acidentes	Logística	Densidade populacional	Diversidade ambiental	Apelo cênico	Unicidade	Condições de observação	Potencial interpretativo	Proximidade às áreas de lazer	
11a	4	1	3	2	2	4	2	2	4	2	4	3	4	2,9
11b	4	1	4	3	3	4	2	1	1	4	4	3	3	2,7
11c	4	4	1	1	4	3	3	4	3	2	4	4	4	3,25
11d	4	4	1	1	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3,55
11e	4	4	3	1	3	4	4	3	2	2	4	3	4	3,05
11f	4	4	3	1	2	4	4	3	4	0	4	3	2	3
11g	4	4	3	1	2	4	4	3	3	3	3	3	4	3,2

\* Atributos adaptados para avaliação do PTA

O SG11 é representado por trilhas ainda pouco exploradas turisticamente, porém, utilizadas pelos moradores das comunidades tradicionais das Praias do Jabaquara e da Fome, as quais, juntamente com a Praia do Poço, são muito visitadas por turistas em passeios de barco. Entretanto, o enquadramento deste sítio na

categoria trilha visa apoiar formas alternativas de promoção do turismo, com base no expressivo PTA de seus locais de conteúdo da geodiversidade.

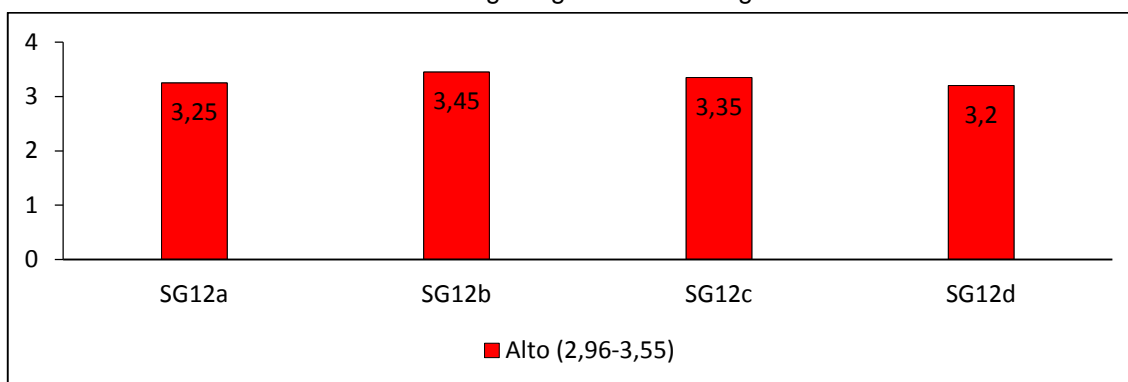
Esta proposta baseia-se nos altos valores de acessibilidade, logística e densidade populacional, os quais, em conjunto com a elevada diversidade ambiental (biótica e cultural), revelam a vocação do SG11 em proporcionar atividades de aventura. Destaca-se a prática de escalada em bloco de rocha sienítica no SG11a, conforme observado nos trabalhos de campo, assim como a viabilidade de atividades como *hiking*, camping e mergulho.

Adicionalmente, outro aspecto favorável deste sítio é a variedade de elementos de geodiversidade presentes nos LCG, possibilitando uma ampla abordagem de diferentes temas do magmatismo mesozoico (plutônico e hipoabissal). Ao longo da trilha, o visitante tem contato com diversas ocorrências geológicas, algumas com alto potencial interpretativo, como os blocos de rochas sieníticas das Praias da Fome e do Poço (respectivamente, SG11c e SG11d), e outras raras, como os sedimentos fluvio-marinhos, também da Praia do Poço e o afloramento de rocha alcalina com diques sin-plutônicos e porções pegmatíticas da costeira do Jabaquara (SG11b).

Dentro do mesmo escopo de promoção do patrimônio natural por meio de trilhas, o SG12, correspondente a 'Caminho geológico da costa leste', se destaca pelo elevado PTA (3,31), impulsionado pelos valores parciais de seus LCG. No entanto, este sistema de trilhas já é explorado pelo turismo, principalmente entre a Praia de Castelhanos e a Cachoeira do Gato. Ademais, as praias e atrativos ao longo da trilha reforçam a vocação geoturística do SG12, o qual conta com significativa diversidade ambiental, seja a biodiversidade da Mata Atlântica, assim como as comunidades tradicionais em quatro das cinco praias envolvidas e dois sítios arqueológicos.

Os locais de conteúdo da geodiversidade deste sítio se destacam pelo elevado PTC, em decorrência dos mesmo critérios adaptados do SG11 (Gráfico 9, Tabela 9), o que lhes atribui competência para receber práticas esportivas e de aventura. Além da viabilidade de *hiking* em um sistema de trilhas ainda maior, contando com a Estrada de Castelhanos e outras ao sul da ilha, o mergulho, o *camping* e o rapel já são realizados em alguns locais deste sítio.



**Gráfico 9** - PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 12.**Tabela 9** - Quantificação do PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 12.

Locais de Interesse Geológico do SG12	Atributos mistos											Atributos Turísticos		Potenc. Turístico de Aventura
	1	2*	3*	4	5	6*	7*	8	9	10	11	12	13	
	Vulnerabilidade	Acessibilidade	Limitações de uso	Segurança	Risco de acidentes	Logística	Densidade populac.	Diversid. ambiental	Apelo cênico	Unicidade	Condição de observ.	Potencial interpret.	Prox. de áreas de lazer	
12a	4	3	4	2	1	4	2	3	4	2	3	4	4	3,25
12b	4	4	2	1	4	3	3	4	4	3	3	4	3	3,45
12c	4	4	1	1	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3,35
12d	4	4	1	1	4	3	3	4	4	4	4	2	2	3,2

\* Atributos adaptados para avaliação do PTA

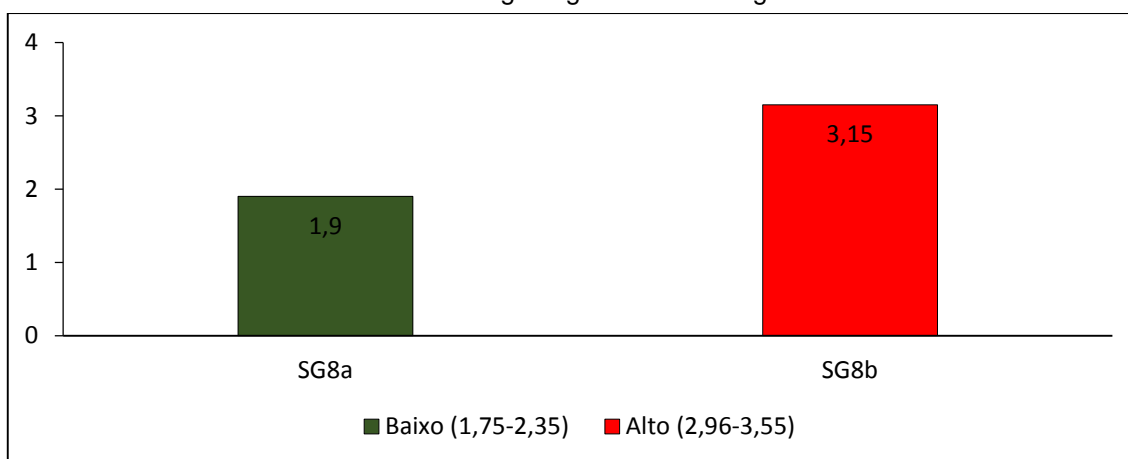
Juntamente com os atributos discutidos anteriormente, o PGA do SG12 é motivado pelos valores médio a alto do potencial interpretativo e pela condição de observação dos elementos de geodiversidade. Deve-se considerar, ainda, sua diversidade geológica, representada por temas relacionados ao magmatismo mesozoico, com afloramentos de rochas plutônicas alcalinas e hipoabissais máficos e de rochas do Embasamento Pré-Cambriano, além de aspectos geomorfológicos relacionados ao relevo costeiro e *nickpoints*.

Por fim, cabe destacar o PTA do SG8 (2,53), designados 'Sienitos e o Paredão Rochoso da Cachoeira da Friagem', o qual, devido aos valores discrepantes entre seus locais de conteúdo da geodiversidade, suprimiu a relevância do SG8b, que corresponde à Cachoeira da Friagem, um atrativo turístico oficial do PEIb.

Contudo, a importância deste sítio de geodiversidade se dá pela representatividade dos temas relacionados ao magmatismo mesozoico, com ocorrência de um dos poucos afloramentos *ipsis litteris* de rocha alcalina na face oeste da ilha (SG8b), bem como a presença de blocos alcalinos com, aproximadamente, 10 metros de diâmetro e cerca de 100 metros de altitude (SG8a), com sulcos erosivos muito particulares. Apesar da alta representatividade de seu elementos de

geodiversidade, o SG8a está localizado em propriedade privada na área urbana, o que lhe confere baixo PTA, situação contrária à Cachoeira da Friagem (Gráfico 10, Tabela 10). Desta forma, frente à impossibilidade de tratar o SG8 sob a perspectiva de uma trilha, como inicialmente proposto, recomenda-se inicialmente a inclusão da Cachoeira da Friagem como sítio de geodiversidade com expressivo potencial turístico convencional (2,9) e de aventura (3,15).

**Gráfico 10** - PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 8.



**Tabela 10** - Quantificação do PTA dos locais de interesse geológico do sítio de geodiversidade 8.

Locais de Interesse Geológico do SG8	Atributos mistos											Atributos Turísticos		Potencial Turístico de Aventura
	1	2*	3*	4	5	6*	7*	8	9	10	11	12	13	
	Vulnerabilidade	Acessibilidade	Limitações de uso	Segurança	Risco de acidentes	Logística	Densidade populacional	Diversidade ambiental	Apelo cênico	Unicidade	Condições de observação	Potencial interpretativo	Proximidade às áreas de lazer	
SG8a	1	1	1	3	4	0	1	1	1	2	3	4	2	1,9
SG8b	4	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	3,15

\* Atributos adaptados para avaliação do PTA

### 3.3.3.2. Potencial Uso Educacional

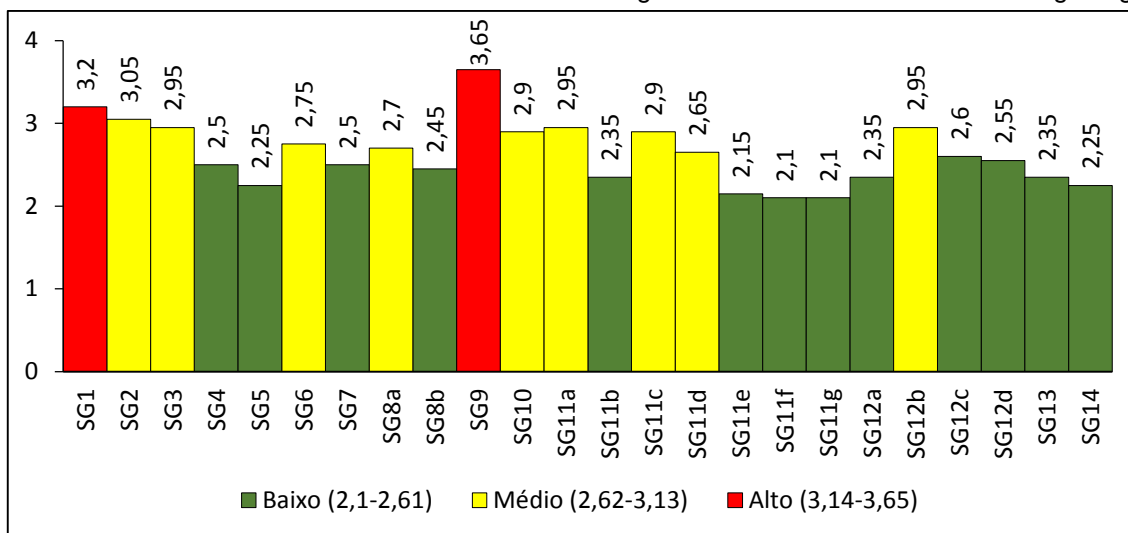
Devido às limitações logísticas dos sítios de geodiversidade, referentes às condições indispensáveis à prática didática *in loco*, o potencial uso educacional (PUE) foi menos expressivo, quando comparado aos potenciais usos turísticos. No entanto, este valor representa, ainda, um significativo contributo à interpretação da geodiversidade, haja vista que, em termos absolutos, todos os sítios apresentaram médio ou alto PUE. Dentre os 14 sítios avaliados, seis mostraram valores entre 2 e

2,5, cinco entre 2,5 e 3,0 (dois com valores entre 2,9 e 3,0) e três sítios com PUE acima de 3,0.

Cabe destacar que, diferentemente da avaliação final dos potenciais turísticos dos sítios da categoria trilha, o PUE de seus locais com conteúdo da geodiversidade, em um total de 13, são apresentados juntamente com os demais sítios, a fim de simplificar a análise dos resultados. Esta abordagem leva em conta que o presente trabalho centra-se no caráter turístico e a presente avaliação visa auxiliar a etapa de interpretação da geodiversidade, identificando os sítios mais aptos, e a melhor forma sua promoção.

Os 13 locais com conteúdo da geodiversidade e os 11 sítios de geodiversidade foram classificados em alto médio e baixo, a partir dos valores mínimo e máximo obtidos (2,1 e 3,65). Buscou-se com isso, identificar os sítios/locais com maior PUE (Gráfico 11, Tabela 11), assim como outras características importantes para interpretação da geodiversidade, uma vez que alguns se destacaram por seu atributos educacionais, em detrimento dos turísticos (Tabela 12).

**Gráfico 11** - Potencial uso educacional dos sítios de geodiversidade/locais de interesse geológico.



**Tabela 11** - Quantificação dos sítios de geodiversidade com maiores PUE.

Sítios de Geodiversidade	Atributos mistos											Atributos Educacionais		Potencial Uso Educacional
	1	2*	3*	4	5	6*	7*	8	9	10	11	12	13	
	Vulnerabilidade	Acessibilidade	Limitações de uso	Segurança	Risco de acidentes	Logística	Densidade populacional	Diversidade ambiental	Apelo cênico	Unicidade	Condições de observação	Potencial didático	Diversidade Geológica	
SG1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	1	3,2
SG9	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3,65

Os sítios de geodiversidade 1 e 9, novamente, se destacaram devido aos altos valores de seus atributos de acessibilidade, segurança e localização na área urbana. Além destes pontos favoráveis, seus elementos de geodiversidade contribuem com os elevados PUE, devido ao forte apelo cênico, alta diversidade ambiental e boas condições de observação.

O uso educacional do SG1 é reforçado por sua inserção no Parque Municipal das Cachoeiras, onde alunos e visitantes têm acesso a valores culturais e bióticos, respectivamente, no Museu Náutico de Ilhabela e no Viveiro de Mudanças Nativas. Entretanto, seu reduzido potencial didático, associado à complexidade na compreensão do *nickpoint*, é melhor explorado por alunos de nível médio ou superior, não excluindo a possibilidade de aplicação aos demais níveis de ensino, diante de recursos e técnicas pedagógicas adequados.

O SG9, com o maior PUE dentre todas as localidades, superando seu PGA, se sobressai, ainda, pelo elevado potencial didático relacionado às características do seu elemento de geodiversidade, ou seja, as propriedades geológicas responsáveis pela sonorização. Este recurso didático pode ser empregado na valorização do patrimônio natural, em todos os níveis de ensino, devido a sua competência em abordar temas básicos sobre rochas ígneas, aos mais elaborados assuntos sobre as reais causas da sonorização, resultado de uma combinação de fatores geológicos e geomorfológicos (síntese do conteúdo científico, Quadro 34, p.166).

Outro aspecto importante depreendido da avaliação do PUE é o reconhecimento dos sítios/locais com valores notadamente educacionais, os quais apresentaram baixo potencial turístico convencional. No entanto, são importantes para interpretação da geodiversidade local, por meio de projetos educacionais, o que justifica sua inclusão no presente inventário.

A existência de uma correlação entre os parâmetros educacionais e turísticos permite comparar o PTC e o PUE, uma vez que compartilham 11 dos 13 atributos, ou 85%, cujos pesos na quantificação são significativos, 80% e 70%, respectivamente.

Esta correlação é reforçada ainda pela necessidade que as atividades educacionais e de lazer tenham condições indispensáveis para sua realização, ou seja, acessibilidade, segurança, risco de acidentes e logística. Estes quatro atributos possuem pesos iguais na quantificação de ambos potenciais (10%, 5%, 5% e 5%, respectivamente). Assim sendo, o PUE e o PTC são diferenciados por fatores

intrínsecos às atividades fins e sua comparação indica a principal vocação do sítio/local avaliado.

Por outro lado, não se verifica a mesma expressividade na correlação entre PTA e PUE, em decorrência da adaptação metodológica já discutida, pois somente sete parâmetros são compartilhados, ou 53%, com pesos de, respectivamente, 55% e 45%. Outras considerações sobre esta relação numérica são feitas no item 3.3.4.2. Diretrizes à Promoção do Patrimônio Geológico, p. 225).

A comparação dos valores finais permite identificar os locais/sítios com PUEs superiores aos potenciais usos turísticos, haja vista que são avaliados pela mesma escala, de 0 a 4). A fim de facilitar a comparação dos dados apresentados, foram suprimidos os valores referentes ao PTC, quando maiores que o PUE (Tabela 12).

**Tabela 12** - Localidades com conteúdo da geodiversidade com PUE maior ou igual a PTC e/ou PTA.

Sítios de Geodiversidade/Locais de Interesse Geológico	Potencial Uso Educacional	Potenciais Turísticos	
		Convencional	de Aventura
SG 1	3,2	-	2,9
SG 2	3,05	2,55	1,9
SG 3	2,95	-	2,9
SG 7	2,5	2,5	1,75
SG 8a	2,7	2,55	1,9
SG 9	3,65	-	3,2
SG 10	2,9	-	2,85
SG 11a	2,95	-	2,9

Dos 11 sítios e 13 locais com conteúdo da geodiversidade, três são reconhecidos pelo seu caráter educacional, dada à superioridade do PUE sobre os potenciais turísticos PTC e PTA. Dentre estes, o SG2 se destaca pelo maior PUE (3,05) e por sua localização junto aos SG1 e SG3, ambos com expressivos PUE (3,2 e 2,95), além do elevado potencial turístico. Estes fatores revelam o importante papel do Parque Municipal das Cachoeiras na promoção do patrimônio geológico de Ilhabela, em adição às atividades educativas e turísticas já desempenhadas.

Os SG7 e SG8a se definem também pela vocação educacional, com PUE de 2,5 e 2,7, respectivamente, em detrimento de sua classificação dentre os mais baixos PTC e PTA. Caracterizam-se pelo inexpressivos apelo cênico e unicidade, porém, com alta representatividade de seus elementos de geodiversidade, além do significativo potencial didático e boa condição de observação.

Por fim, os altos PUEs dos SG10 e SG11a (2,9 e 2,95), em conjunto com seus também altos potenciais turísticos revelam que estas localidades representam ocorrências importantes para a promoção do patrimônio natural da área estudada. Assim como os sítios de geodiversidade 1, 3 e 9, estas localidades apresentaram equilíbrio entre seus potenciais usos, tanto por questões logísticas e de infraestrutura, como pelas características geológicas relevantes. Portanto, em conjunto aos demais valores quantificados, os PUE destas localidades devem ser considerados na estratégia de geoconservação.

#### 3.3.3.3. Risco de Degradação

O patrimônio natural do município de Ilhabela, assim como em todo litoral norte do Estado de São Paulo, encontra-se em constante ameaça pelas pressões socioeconômicas sobre os recursos naturais, ocupação de áreas protegidas e degradação ambiental. Neste sentido, o desenvolvimento da presente estratégia de geoconservação ambiciona ser um complemento às iniciativas de preservação de ecossistemas da Mata Atlântica e das culturas tradicionais com seus registros históricos e arqueológicos. Para tanto, é apresentada a quantificação do risco de degradação dos sítios de geodiversidade da área estudada, com o intuito de definir prioridades no manejo dos recursos naturais de valor turístico.

Conforme observado em campo, as principais ameaças ao patrimônio geológico da região norte da Ilha de São Sebastião estão diretamente relacionadas à depredação de afloramentos rochosos por atividades turísticas e pesquisas científicas. Nestes locais, os impactos ambientais decorrem do vandalismo por pichação e acúmulo de resíduos sólidos ao longo das trilhas e atrativos turísticos. Constatou-se, também, a degradação destes sítios pela extração de amostras, sem o devido cuidado com o valor estético dos afloramentos.

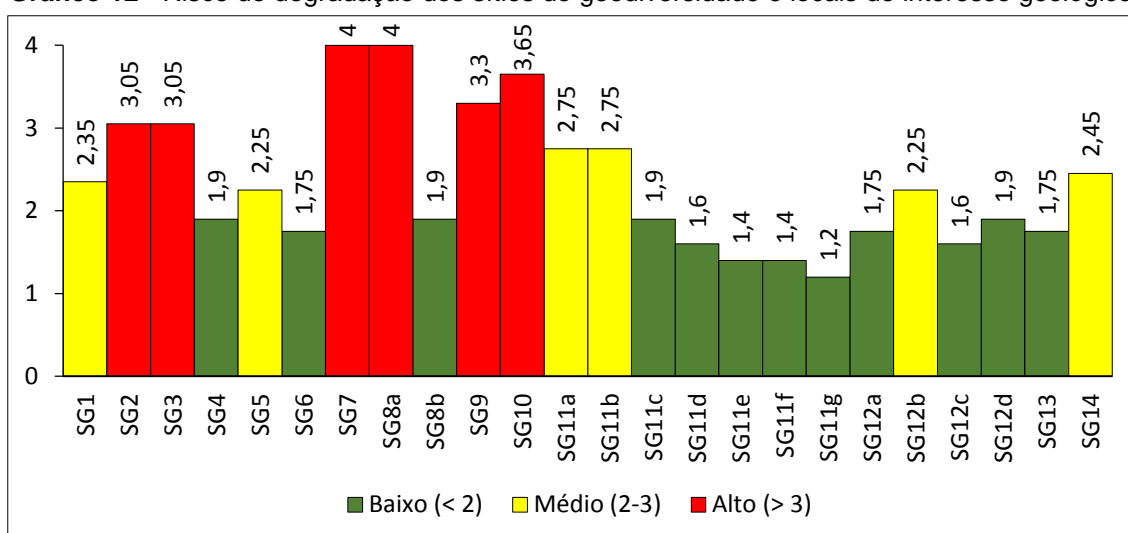
Em áreas de expansão urbana, caracterizadas por núcleos de ocupação irregular e pela especulação imobiliária, a remoção ou a destruição dos materiais geológicos por obras de engenharia é o principal fator de risco de degradação dos sítios de geodiversidade. Em alguns locais com vegetação nativa remanescente, a possibilidade de contaminação ambiental, devido a instalações sanitárias inadequadas, compromete, sobremaneira, a integridade e as condições de observação de alguns elementos de geodiversidade.

Em contrapartida, a presença do Parque Estadual de Ilhabela é o mais forte agente de proteção do patrimônio natural da ilha, em conjunto com o Parque Municipal das Cachoeiras e outros dispositivos legais de gestão territorial, especialmente os Terrenos da Marinha (Decreto-Lei nº 9.760, de 1946) e as Áreas de Preservação Permanente (Lei nº 12.651, de 2012).

Outro aspecto positivo de grande relevância centra-se na restrição de acesso dos sítios de geodiversidade, principalmente junto às comunidades tradicionais, áreas preservadas, praias e cachoeiras isoladas e picos montanhosos.

Frente a este cenário, a quantificação do risco de degradação (RD) revelou os níveis de ameaça ao patrimônio natural da área estudada, assim como condições de perigo e ameaça. Semelhantemente ao PUE, o RD dos sítios de geodiversidade e locais com conteúdo da geodiversidade foi avaliado individualmente (Gráfico 12, Tabela 13). No entanto, a classificação do RD em baixo, médio e alto, baseou-se nos valores absolutos entre 0 e 4, a fim de compreender o perigo real a que estas localidades estão expostas, conforme proposto por Brilha (2016). Dos 24 sítios/locais, a metade possui baixo RD, devido principalmente a sua localização no PIEb e em áreas isoladas de difícil acesso, seis classificadas com médio RD, e outras seis com alto RD, tendo dois apresentando o valor máximo, 4.

**Gráfico 12** - Risco de degradação dos sítios de geodiversidade e locais de interesse geológico.



**Tabela 13** - Quantificação dos locais com conteúdo da geodiversidade com maior RD.

Localidades com conteúdo da geodiversidade	Atributos do risco de degradação					Risco de degradação
	1	2	3	4	5	
	Degradação do elemento de geodiversidade	Proximidade de áreas / atividades com potencial de causar degradação	Proteção legal	Acessibilidade	Dens. Populacional	
SG2	3	4	1	4	4	3,05
SG3	3	3	2	4	4	3,05
SG7	4	4	4	4	4	4,0
SG8a	4	4	4	4	4	4,0
SG9	2	4	4	4	4	3,3
SG10	3	4	4	4	4	3,65

As ameaças aos sítios/locais com alto risco de degradação estão relacionadas, principalmente, à facilidade de acesso a áreas populosas e próximas às atividades com potencial de causar degradação. A possibilidade de destruição parcial ou completa dos elementos de geodiversidade é um fator secundário e está diretamente condicionada ao tipo de atividade perigosa a que o sítio/local está exposto, ao nível de proteção legal, assim como às características geológicas intrínsecas.

Os SG2 e SG3, protegidos pelo Parque Municipal das Cachoeiras, apresentam o menor RD (3,05) dentre as localidades mais ameaçadas, cujos principais elementos de geodiversidade estão sujeitos à deterioração irreversível. O SG2 caracteriza-se por um afloramento de depósito de tálus exposto pela erosão hídrica, a qual se encontra controlada por estruturas de drenagem superficial, no entanto, susceptível ao vandalismo, devido a sua proximidade à área urbana e facilidade de acesso.

O SG3 localiza-se na zona periférica do município, em área florestal, cujo elemento de geodiversidade é representado por um expressivo afloramento gnáissico intrudido por diques máficos com sinais de depredação por extração de amostras. Tais indícios apontam a falta de critérios quanto à preservação estética do local, haja vista que se trata de um atrativo turístico, cujo atributo recreativo são as quedas d'águas formadas por descontinuidades estruturais, ou seja, diques e fraturas. Este problema foi também observado no SG5, e consitui um impacto ambiental irreversível (Figura 145).



**Figura 145** - Depredação causada por furos de sondagem em diques no SG3 (esq.) e SG5 (dir.).



As localidades SG7 e SG8a, com os valores máximos de RD (4,0), localizam-se em meio urbano, com alta densidade populacional e são susceptíveis à depredação e ao lançamento de lixo e, principalmente, à total destruição por obras de engenharia civil. O SG7 é de fácil acesso e consiste em um expressivo afloramento gnáissico em talude de corte aberto para ampliação de uma avenida, onde a possibilidade de futuras intervenções o colocam em risco de total supressão. Da mesma forma, o SG8a, representado por grandes blocos alcalinos localizados em terreno particular, pode ser completamente destruído para construção de moradias. Portanto, o valor máximo do RD destas localidades ressaltam sua importância nas estratégias de geoconservação, em virtude de sua elevada representatividade e potenciais didático e interpretativo de seus elementos de geodiversidade. No entanto, é importante destacar que se trata de ocorrências geológicas relativamente comuns na área de estudo, ou seja, sua raridade é baixa, o que exige levantamento de outros sítios com as mesmas características antes de sua supressão.

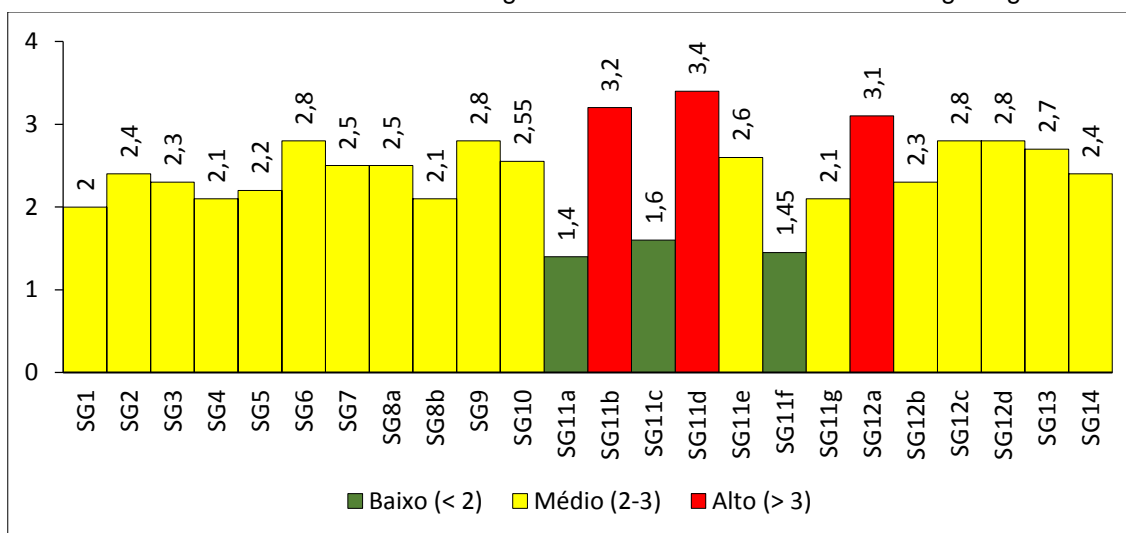
O SG9 se destaca pelo alto RD (3,3) de seu elemento de geodiversidade, associado ao vandalismo por pichação dos blocos e acúmulo de lixo, devido à facilidade de acesso. O uso turístico indiscriminado deste sítio, com percussão do mesmo bloco para geração do efeito sonoro, pode representar outro agravante a sua

integridade, porém, não caracteriza uma forte ameaça ao sítio, dado à dureza da rocha sienítica. Recomenda-se o estudo da capacidade de carga, levando em vista o grande número de visitantes, a fim de garantir a melhor forma de promover o geoturismo neste sítio.

#### 3.3.3.4. Potencial Valor Científico

A quantificação do potencial valor científico (PVC) identificou as ocorrências que se destacaram como potenciais geossítios, com uma relevância equivalente ao geossítio do inventário estadual (SG12a). Foi possível selecionar, ainda, outros sítios/locais com expressivo PVC, importantes para interpretação da geodiversidade, cujos conteúdos científicos possuem alta representatividade dos temas relacionados. Dos 24 sítios de geodiversidade e locais com conteúdo da geodiversidade avaliados, três apresentaram alto PVC, 18 foram classificadas com médio PVC e outros três com baixo PVC (Gráfico 13).

**Gráfico 13** - Potencial valor dos sítios de geodiversidade e locais de interesse geológico.



Os locais de interesse com conteúdo da geodiversidade com baixo PVC apresentaram índices muito baixos para os atributos conhecimento científico e diversidade geológica, assim como valor nulo para o atributo raridade. Estas ocorrências geológicas consistem em campos de blocos de rochas alcalinas em diferentes situações topográficas (SG11a em topo rochoso, SG11c na praia e SG11f

em fundo de vale), com baixa representatividade dos temas de geodiversidade associados.

Das 18 localidades (sítios/locais) com médio PVC, sete se destacaram com valores acima de 2,5, cujo conteúdo científico possui potencial uso na interpretação da geodiversidade. Estas ocorrências consistem nos sienitos da Pedra do Sino, nos gabros estratiformes da Praia da Pacuíba e quatro afloramentos (*ipsis litteris*) de rochas mesozoicas, além do mirante para a Baía de Castelhanos. Dentre estes, quatro localidades sobressaíram ainda com um PVC de 2,8 (SG6, SG9, SG12c e SG12d), resultante da elevada raridade de seus elementos de geodiversidade e de sua razoável representatividade e conhecimento científico.

As três localidades com conteúdo da geodiversidade de maior potencial valor científico localizam-se em terrenos sustentados por rochas plutônicas mesozoicas e caracterizam-se pela alta representatividade, raridade e conhecimento científico (Tabela 14).

**Tabela 14** - Quantificação dos locais com conteúdo da geodiversidade com maior PVC.

Localidades com conteúdo da geodiversidade	Atributos do potencial valor científico					Potencial valor científico
	1	2	3	4	5	
	Representatividade	Conhecim. científico	Integridade	Diversidade geológica	Raridade	
S11b	4	4	4	0	2	3,2
SG11d	4	2	4	1	4	3,4
SG12a	4	4	4	1	1	3,1

O SG11b refere-se a reintrusões hipoabissais em rochas plutônicas e representa uma localidade-chave para compreensão do processo de formação do *Stock* da Serraria. Típica de zonas essexíticas, semelhantemente à ilha de Búzios (MOTOKI, 1995), os registros observados em campo podem auxiliar no estudo do magmatismo plutônico alcalino destas ilhas, cuja relação de contato com a rocha encaixante ainda não está elucidada. Esta ocorrência tem uma raridade relativamente baixa por se manifestar ao longo da costa nordeste da ilha de São Sebastião e caracteriza-se por xenólitos, enclaves, pegmatitos e diques sin-plutônicos (AZZONE et al., 2009; FERREIRA et al., 2014; GILL, 2014), como observados na Prancha 1.

**Prancha 1** - (a) Porção pegmatítica e (b) *backing-veining* em dique de rocha máfica junto ao Saco de Furnas / (c) enclaves do dique sin-plutônico em venulação sienítica, expressa por contato difuso e (d) dique máfico apresentando *backing-vaining* no costão dos pescadores.



Apesar da relativamente pouca raridade, o SG11b é a melhor exposição deste registro (Prancha 1, Fotos c, d) e trata-se de uma contribuição para o conhecimento geológico dos eventos magmáticos mesozóicos manifestados no arquipélago de Ilhabela, assim como nas demais ilhas de rocha alcalina do litoral norte de São Paulo, cujo alinhamento segue as estruturas com direção NE.

O SG11d representa o sistema deposicional em ambiente costeiro, formado por processos gravitacionais de massa e transporte fluvial de sedimentos predominantemente rudáceos (Prancha 2, Foto a). A raridade deste local é muito elevada por se tratar da única praia do Estado de São Paulo inserida totalmente em terreno alcalino, não contendo areia quartzosa.

Localizado na Praia do Poço, seu nome deriva de uma lagoa na foz do ribeirão homônimo (Prancha 2, Foto b), cuja bacia hidrográfica drena, sob elevado gradiente topográfico, a região central do *Stock* da Serraria, resultando em diversidade granulométrica e litológica de seus depósitos. Apesar de não se tratar de afloramentos

*ipsis litteris*, representam um registro importante das rochas do interior da ilha de São Sebastião (Prancha 2, Foto c).

**Prancha 2** - Sedimentos fluviais exclusivamente rudáceos alcalinos (a); foz do Rib. do Poço (b); dique sienítico em bloco de rocha alcalina (c); terraço de material aluvio-coluvionar (d).



Complementarmente, o Saco do Poço, uma baía muito fechada, com limites formados pelas cristas circulares das intrusões sieníticas, protege a referida praia da sedimentação marinha.

Além dos cascalhos presentes na praia e ao longo do talvegue, blocos maiores, alguns com aproximadamente 10 metros de diâmetro, formam depósitos descontínuos ao longo do ribeirão e junto à costeira, estendendo-se aproximadamente, por, 240 metros a norte da praia. Observa-se, ainda, a existência de uma rampa de colúvio em meio aos blocos rochosos, onde o retrabalhamento flúvio-marinho formou um terraço sub-horizontal de cerca de 2 metros altura, também ao norte da referida praia (Prancha 2, Foto d).

As evidências de processos gravitacionais pretéritos e a dinâmica fluvial atual responsável pelo transporte de sedimentos e retrabalhamento destes depósitos, corroboram para alta representatividade do SG11d quanto à evolução continental e

costeira neogênica da área estudada. No entanto, são escassos e pouco precisos os trabalhos sobre os eventos tectônicos e ciclos erosivos pós-terciários responsáveis pela geração dos relevos alcalinos da Ilha de São Sebastião.

A relevância científica do SG11d, juntamente com SG11e (PVC = 2,6), consiste na disponibilidade de amostras para estudos laboratoriais, visando compreender a evolução geológica e geomorfológica do *Stock* da Serraria. Caso semelhante é observado na Praia da Pacuíba, onde Lima (2001), por meio de técnicas laboratoriais (geocronologia e geoquímica) em amostras coletadas em campo de blocos na Praia da Pacuíba, concluiu pela origem mantélica do magmatismo gábrico do tipo OIB e sua relação cronológica com o magmatismo sienítico.

Por fim, a presente avaliação confirmou o valor científico do SG12a (PVC = 3,1), reconhecido como geossítio de relevância estadual, 'Magmatismo Sienítico de Ilhabela', cujo inventário teve forte peso para o atributo conhecimento científico.

Embora os critérios adotados indiquem pouca raridade do SG12a, em virtude de outras ocorrências geológicas equivalentes, constatou-se sua elevada representatividade e diversidade geológica relativas aos *geological frameworks* 'Magmatismo mesozoico' e 'Evolução neogênica'. Os elementos da geodiversidade identificados consistem em fragmentos de um dique máfico no paredão sienítico, assim como um corpo intrusivo circular correlato ao magmatismo sienítico, cujo registro geomorfológico é uma crista isolada por uma fratura ou falha, no flanco esquerdo da cachoeira. Tais características determinam a relevância científica desta localidade para compreensão dos eventos tectônicos associados à reativação da Falha de Santos nos terrenos alcalinos da Ilha de São Sebastião.

#### 3.3.4 Análise dos Resultados

A avaliação numérica dos sítios de geodiversidade consiste em uma ferramenta de gestão turística e exige reflexão final sobre os valores calculados, continuamente aprimorada a partir de sua aplicação. É necessária a comunicação entre o responsável pela quantificação, e os gestores, a fim de confirmar a qualidade dos valores calculados e corrigir eventuais classificação inválidas. Neste sentido, os resultados ora apresentados devem ser usados de acordo com as demandas de seus usuários, administração pública e setor privado, atentando-se, porém, aos critérios empregados.

A seguir, são feitas considerações sobre os resultados obtidos, com vistas à conservação do patrimônio natural abiótico e à interpretação da geodiversidade local.

#### 3.3.4.1. Recomendações à Conservação dos Sítios de Geodiversidade

A presença do Parque Estadual de Ilhabela e outros instrumentos de preservação ambiental reforçam o alto nível de proteção do patrimônio natural abiótico da área estudada. Contudo, a avaliação do risco de degradação (RD) é imprescindível para definição de prioridades na gestão, a partir da seleção dos locais mais susceptíveis à destruição, em consequência de fatores naturais ou de atividade humana. Em contrapartida, os potenciais turísticos e o valor científico (PTC, PTA e PVC) indicam os sítios mais aptos à valorização da geodiversidade, por meio do geoturismo.

Importa ressaltar que esses conjuntos de dados (RD e PTC/PTA/PVC) são calculados a partir de atributos com naturezas diferentes e, por isso, não devem ser computados em uma única fórmula, com intuito de obter um *ranking* final de prioridades (BRILHA, 2016). Por outro lado, estes dados numéricos podem ser agrupados, a partir de técnicas analíticas multivariadas, a fim de avaliar a priorização de ações no sentido de proteção e aproveitamento turístico (FRANÇA et al., 2016).

No presente caso, as 24 localidades foram avaliadas entre si, relativamente a um único fator, conforme apresentado no item 3.3.3 Avaliação Numérica dos Sítios de Geodiversidade. No segundo momento, o risco de degradação e potenciais usos turísticos e valor científico de todas as localidades são comparados, a fim de identificar aquelas mais importantes segundo sua vulnerabilidade e aptidão ao geoturismo.

O Quadro 40 consiste em uma referência inicial para implementação do geoturismo, constatando a viabilidade de projetos voltados a este tema. A partir da definição de metas e objetivos a serem alcançados, o uso da classificação final será eficaz quando combinado com os valores parciais da quantificação e o inventário precedente. Portanto, os resultados ora apresentados compõem uma base de dados elaborada com a finalidade de apoiar a tomada de decisão de gestores públicos, empresários e técnicos envolvidos.

**Quadro 40** - Avaliação comparativa dos sítios e locais com conteúdo da geodiversidade.

	Potencial uso turístico		Potencial uso educacional	Risco de degradação	Potencial valor científico
	convencional	de aventura			
SG1	Alto	Médio	Alto	Médio	Médio
SG2	Médio	Médio	Médio	Alto	Médio
SG3	Médio	Médio	Médio	Alto	Médio
SG4	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG5	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG6	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG7	Médio	Médio	Médio	Alto	Médio
SG8a	Médio	Médio	Médio	Alto	Médio
SG8b	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG9	Alto	Alto	Alto	Alto	Médio
SG10	Médio	Médio	Médio	Alto	Médio
SG11a	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
SG11b	Médio	Médio	Médio	Médio	Alto
SG11c	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG11d	Médio	Alto	Médio	Médio	Alto
SG11e	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG11f	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG11g	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG12a	Médio	Alto	Médio	Médio	Alto
SG12b	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG12c	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG12d	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG13	Médio	Alto	Médio	Médio	Médio
SG14	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Classes	Baixo		Médio		Alto

Ao analisar o referido quadro, é possível obter as seguintes conclusões em termos de gestão dos recursos turísticos, especificamente quanto às localidades que apresentam alto risco de degradação em conjunto com um ou mais fatores também classificados como alto:

- 1) O sítio de geodiversidade 9 se destaca pelos elevados potenciais geoturísticos e de uso educacional, ameaçado pelo alto risco de degradação, decorrente, principalmente, da ameaça de vandalismo e depredação pelos visitantes. A proteção deste local é fundamental para manutenção da sua atratividade turística, assim como para interpretação da geodiversidade ali presente, haja vista que os visitantes se deslocam com o objetivo de vivenciar a experiência sonora oferecida pelos blocos sieníticos.



Recomenda-se a instalação de placas interpretativas, que indiquem os blocos que emitem som, a fim de descentralizar o uso de apenas um, fazendo com que toda costeira seja explorada de forma consciente e respeitada pelos visitantes. Sinalizações para não jogar lixo devem ser incentivadas em detrimento da instalação de lixeiras no sítio, uma vez que trata-se de um local exposto ao mar.

- 2) O sítio de geodiversidade 10 apresenta médios potenciais geoturísticos e alto risco de degradação, devido aos riscos de depredação por turistas, semelhante ao SG9. Localizado em uma praia sem estruturas de alvenaria e de acesso relativamente difícil, sua atratividade está associada à natureza preservada e, portanto, as intervenções devem considerar a manutenção do ecossistema ali presente, do qual a geodiversidade é o substrato.

Sugere-se a execução de obras de engenharia que minimizem a supressão de vegetação e intervenções na topografia, evitando comprometer significativamente a dinâmica atual de fluxo das águas superficiais/subterrâneas, de modo a não agravar a erosão e o aporte de sedimentos e matéria orgânica para o mar, que impactariam diretamente os elementos de geodiversidade.

- 3) O sítio de geodiversidade 3 também apresenta médios potenciais geoturísticos e alto risco de degradação associado aos mesmos fatores do SG9, vandalismo e descarte inadequado de lixo. São observadas lixeiras ao logo do sítio, o que não impede o problema, recomendando-se a conscientização sobre o trabalho de interpretação da geodiversidade ali existente como complemento às iniciativas atuais. A proteção deste sítio deve focar-se também em atuar a depredação dos elementos de geodiversidade pela extração de amostras.

Recomenda-se, portanto, que a conscientização seja endereçada aos pesquisadores em geociências, no sentido de sensibilizá-los quando aos outros valores que uma ocorrência geológica possui para a comunidade local e demais usuários.

- 4) O sítio de geodiversidade 5, com alto potencial geoturístico de aventura e médio risco de degradação, encontra-se sujeito às mesmas ameaças do SG3,

com acúmulo de lixo e depredação por atividade científica. Devido à dificuldade de acesso, a proteção deste sítio deve centrar-se na conscientização de visitantes susceptíveis a conteúdos interpretativos mais robustos, destacando a diversidade ambiental presente (aspectos geológicos, bióticos e culturais).

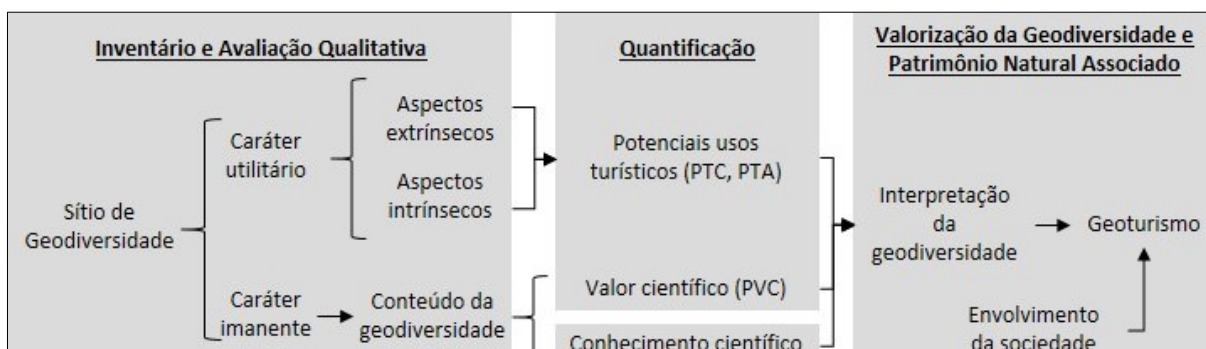
- 5) O local com conteúdo da geodiversidade 12b também apresenta alto potencial geoturístico de aventura e médio risco de degradação, relacionado, principalmente, ao descarte irregular de lixo e efluente sanitário (Saco do Eustáquio), o que se agrava pela reduzida dimensão da praia e o alto índice de preservação ambiental. Este problema não é exclusivo deste local, sendo observado em todas as praias com populações tradicionais, e assim recomenda-se a valorização dos sítios de geodiversidade ali existentes, por meio da promoção do geoturismo, cujo objetivo final é o desenvolvimento sustentável destas comunidades caiçaras.
  
- 6) O local com conteúdo da geodiversidade 11b é um dos potenciais geossítios de relevância estadual e merece ser considerada nas estratégias de geoconservação, devido a seu médio risco de degradação. Por se tratar de um costão rochoso sem atratividade turística, no entanto de fácil acesso, localizado junto a outros atrativos, a principal ameaça consiste na depredação de visitantes ocasionais, como pichação, o que pode causar danos significativos aos elementos de geodiversidade.

Portanto, recomenda-se a instalação de painéis interpretativos da geodiversidade ali representada, a fim de garantir a preservação deste afloramento, por meio do reconhecimento de seu valor científico.

#### 3.3.4.2. Diretrizes à Promoção do Patrimônio Geológico

A presente estratégia de geoconservação ressalta o geoturismo como forma de promoção do patrimônio geológico na área estudada (Quadro 3, p. 48). Sob este escopo, a síntese do inventário e a quantificação apontam os locais mais aptos à interpretação da geodiversidade, levando em conta o conteúdo da geodiversidade e o caráter utilitário dos sítios (Figura 146).

**Figura 146** - Diagrama conceitual da síntese dos resultados.



O caráter utilitário dos sítios é reconhecido em função da sua disponibilidade ao bem-estar da sociedade, cuja relevância é condicionada por aspectos extrínsecos, como logística e acessibilidade, e intrínsecos, referentes às particularidades como apelo cênico e unicidade (BOULLÓN, 2002). A avaliação conjunta destes aspectos resulta no potencial uso do sítio de geodiversidade como recurso geoturístico.

O caráter imanente dos sítios refere-se ao seu conteúdo geocientífico identificado nos trabalhos de campo e na literatura, cujas informações constituem a matéria-prima das atividades interpretativas, posteriormente adaptadas a uma linguagem acessível (TILDEN, 1977). Paralelamente, a quantificação do valor científico indica os sítios com conteúdo interpretativo para atrair a atenção dos visitantes, em virtude de alta representatividade, diversidade geológica, raridade ou integridade dos elementos de geodiversidade existentes.

Os sítios mais qualificados à promoção do patrimônio natural abiótico, portanto, são aqueles que agregam, simultaneamente, alto potencial turístico e conteúdo científico disponível à interpretação da geodiversidade local. O potencial uso educacional não foi considerado na presente análise, devido à baixa correlação de seus parâmetros com o potencial uso turístico de aventura, conforme discutido anteriormente (3.3.3.2. Potencial Uso Educacional, p. 209). A seguir é apresentada a avaliação final dos PTC, PTA e PVC, mantendo-se o critério da classificação relativa aos valores mínimos e máximos, no entanto, refinando o número de classes para cinco (Tabela 15).

**Tabela 15** - Classificação final dos potenciais uso turístico e valor científico.

Potenciais usos e valor	Valores		Intervalo de classificação	Classes				
	Mínimo	Máximo		Muito baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto
PTC	2,35	3,85	0,3	2,35 – 2,65	2,65 – 2,95	2,95 – 3,25	3,25 – 3,55	3,55 – 3,85
PTA	1,75	3,55	0,36	1,75 – 2,11	2,11 – 2,47	2,47 – 2,83	2,83 – 3,19	3,19 – 3,55
PVC	1,4	3,4	0,4	1,4 – 1,8	1,8 – 2,2	2,2 – 2,6	2,6 – 3,0	3,0 – 3,4

Sítios de Geodiversidade		PTC	PTA	PVC			
SG1		3,65	2,9	2			
SG2		2,55	1,9	2,4			
SG3		3,25	2,9	2,3			
SG4		3,25	3,1	2,1			
SG5		2,6	3,15	2,2			
SG6		2,95	3,55	2,8			
SG7		2,5	1,75	2,5			
SG8	a	2,725	2,55	2,525	1,9	2,3	2,5
	b		2,9		3,15		2,1
SG9		3,85	3,2	2,8			
SG10		3,3	2,85	2,55			
SG11	a	2,75	3,1	3,09	2,9	2,25	1,4
	b		2,75		2,7		3,2
	c		3		3,25		1,6
	d		3,1		3,55		3,4
	e		2,4		3,05		2,6
	f		2,35		3		1,45
	g		2,55		3,2		2,1
SG12	a	2,96	2,9	3,31	3,25	2,75	3,1
	b		3,1		3,45		2,3
	c		2,9		3,35		2,8
	d		2,95		3,2		2,8
SG13		2,8	3	2,7			
SG14		2,35	2,7	2,4			

Conforme mostrado na Tabela 15, quando os valores numéricos incidem no limite entre as classes ‘muito baixa’, ‘baixa’ e ‘média’ atribuiu-se a menor destas ao sítio, e, de maneira oposta, entre as classes ‘média’, ‘alta’ e ‘muito alta’. Buscou-se, com isso, superestimar a diferença entre os atributos com altos índices daqueles com valores intermediários a baixo.

A lista final resulta da seleção dos sítios classificados de médio a muito alto potencial turístico e de valor científico. Para tanto, realizou-se uma análise combinatória das possíveis relações entre PTC x PVC e PTA x PVC, a fim de estabelecer um *ranking* de priorização dos sítios aos projetos geoturísticos (Quadro 41).

**Quadro 41** - Relação dos potenciais turísticos e valor científico e definição das ordens de prioridades.

Combinações possíveis		Ordem de Prioridades	
		1ª	★★★★★
		2ª	★★★★
		3ª	★★★
		4ª	★★
		5ª	★

A seguir, é apresentada a seleção final dos sítios mais aptos ao geoturismo convencional e de aventura. Os Quadros 42 e 43 mostram os sítios classificadas de médio a muito alto potencial turístico ou de valor científico e a indicação daqueles considerados prioritários.

**Quadro 42** - Seleção dos sítios mais aptos ao geoturismo convencional.

Sítios de geodiversidade		PTC	PVC	Prioridade
SG1				
SG2				
SG3				★
SG4				
SG5				
SG6				
SG7				
SG8	a			
	b			
SG9				★★★★
SG10				★
SG11	a			
	b			
	c			
	d			
	e			
	f			
	g			
SG12	a			
	b			
	c			
	d			
SG13				
SG14				

**Quadro 43** - Seleção dos sítios mais aptos ao geoturismo de aventura.

Sítios de geodiversidade		PTA	PVC	Prioridade
SG1		■	■	
SG2				
SG3		■		
SG4		■	■	
SG5		■	■	
SG6		■	■	★★★★
SG7				
SG8	a			
	b	■	■	
SG9		■	■	★★★★
SG10		■	■	★
SG11	a	■	■	
	b	■	■	★★
	c			
	d	■	■	★★★★★
	e	■	■	★★★★
	f	■	■	
	g	■	■	
SG12	a	■	■	★★★★★
	b	■	■	★★
	c	■	■	★★★★
	d	■	■	★★★★
SG13		■	■	★★★
SG14				

É essencial uma reflexão final sobre os resultados obtidos, uma vez que a subjetividade inerente à avaliação numérica nunca pode ser totalmente eliminada. Para tanto, tais informações devem estar em constante atualização, em virtude da adequada gestão dos atrativos turísticos existentes, assim como de novas publicações científicas sobre a geodiversidade da área.

Os três sítios de geodiversidade que se sobressaíram foram:

SG9 – “Sienitos da Praia da Garapocaia”: indispensável em qualquer iniciativa geoturística, em razão do alto nível de prioridade a ambas modalidades;

SG 6 – “Geodiversidade no Pico do Baepi”: com prioridade de 2ª ordem, sua inserção em projetos geoturísticos é imprescindível, uma vez que se trata do único sítio onde atividades de aventura já ocorrem (*hiking*);

SG 12 – “Caminho geológico da costa leste”: possui uma localidade de 1ª ordem (a) e duas de 2ª ordem de prioridade (c, d), e sua relevância para o geoturismo

é estratégica, devido à localização entre as trilhas do norte e sul da ilha, e a Estrada de Castelhanos.

Outros dois casos que merecem destaque são:

SG 10 – “Magmatismo da Praia da Pacuíba”: com significativa aptidão geoturística em ambas as modalidades (5ª ordem de prioridade), sua relevância está relacionada à necessidade de proteção dos seus elementos de geodiversidade sob alto risco de degradação;

SG 11d – “Sedimentos e blocos alcalinos da Praia do Poço”: apresenta-se prioritário ao geoturismo de aventura (1ª ordem) e sua promoção objetiva o desenvolvimento sustentável das comunidades caiçaras da região norte da Ilha de São Sebastião e a preservação ambiental.

### **3.4 Interpretação da Geodiversidade e Patrimônio Natural Associado**

Dada à variedade de temas que podem ser abordados, conforme mostrado no Quadro 25, p.138), optou-se por apresentar uma proposta preliminar de conteúdos interpretativos. Foi realizada, portanto, uma introdução geral da geodiversidade da área estudada, com destaque aos cinco sítios de geodiversidade melhor avaliados.

Cabe frisar que não será discutido o meio de divulgação destas informações, ou seja, painel, *folder*, guia ilustrado, aplicativo de celular, etc., por motivos já mencionados no item 2.4 Interpretação da Geodiversidade. A seguir, são apresentadas as diretrizes a esta proposta, com base nas questões ‘*Quem?*’, ‘*Onde?*’, ‘*Quando?*’, ‘*Como?*’ e ‘*O que?*’ (VEVERKA, 1998; SCOTTISH NATURAL HERITAGE, 2000; PACHECO, 2012).

#### **3.4.1 A que tipo de público se dirige a mensagem de interpretação?**

Uma vez que o principal acesso ao município de Ilhabela é por balsa, em cujo trajeto os visitantes contemplam a imponência das montanhas insulares, em uma travessia de cerca de 20 minutos, o material interpretativo destina-se ao público em geral (Figura 147). É possível, também, atrair a atenção dos visitantes para os sítios de geodiversidade, apresentando-os como atrativos turísticos.

Tal opção implica o uso de uma linguagem sucinta e provocativa, com o intuito de gerar um sentimento de inquietação nos visitantes, induzindo-os a conhecer em mais a respeito da geodiversidade 'escondida' sob a biodiversidade da Mata Atlântica, com a qual estão prestes a ter contato.

**Figura 147** - Região norte da Ilha de São Sebastião vista durante a travessia da balsa.



#### 3.4.2 Onde, quando e como interpretar?

Centrado o foco nos visitantes que estão atravessando o canal de São Sebastião (onde e quando), o material interpretativo foi elaborado de modo a iniciar uma 'história geológica' (como), cujo livro é o mapa de geodiversidade e os capítulos são os sítios de geodiversidade.

#### 3.4.3 O que interpretar?

Levando em conta o caráter introdutório da presente proposta, optou-se por abordar dois *geological frameworks* (nº 2 – Magmatismo Mesozoico e nº 3 – Evolução continental e costeira neogênica e quaternária). Desta forma, os visitantes que chegam em Ilhabela, terão a noção de que as rochas presentes nos pontos turísticos estão associadas a tais classes temáticas e resultam de eventos magmáticos que ocorreram a cerca de 3 km de profundidade, há 80 Ma, além de ciclos erosivos pós-Terciário (Gráfico 5, p. 199).

A partir da fotografia anterior (Figura 147), o cartograma tridimensional foi seccionado, tendo como pontos de referência os sítios de geodiversidade mais próximos, Sienitos do Sino (SG9), Ilhas, montanhas e planícies costeiras (SG6) e Cachoeira do Gato (SG12a). A seguir, é apresentada a proposta do material interpretativo (Prancha 3)



Prancha 3 - Proposta do Conteúdo Interpretativo.

# A GEODIVERSIDADE DE ILHABELA

Algumas rochas que existem no arquipélago de Ilhabela não são encontradas em nenhuma outra parte do litoral do Estado de São Paulo. Elas se formaram por processos magmáticos que ocorreram cerca de 80 milhões de anos atrás. Estas rochas magmáticas são as raízes de antigos vulcões e se alojaram a 3 quilômetros de profundidade. Desde então, a ação erosiva do clima, dos rios e do mar desgastou as rochas da parte de cima, a uma taxa de 0,004 centímetros por ano.

Juntamente com o desgaste destes vulcões e rochas, as forças tectônicas ergueram este conjunto de rochas magmáticas, as quais hoje em dia, encontram-se em picos montanhosos a mais de 1.000 metros acima do nível do mar.



O Pico do Baepi é o melhor exemplo deste processo da natureza tão demorado! Acessível por uma trilha de 3,7 km, em meio à Mata Atlântica e com um visual panorâmico sem igual, a 1.050 metros de altura.

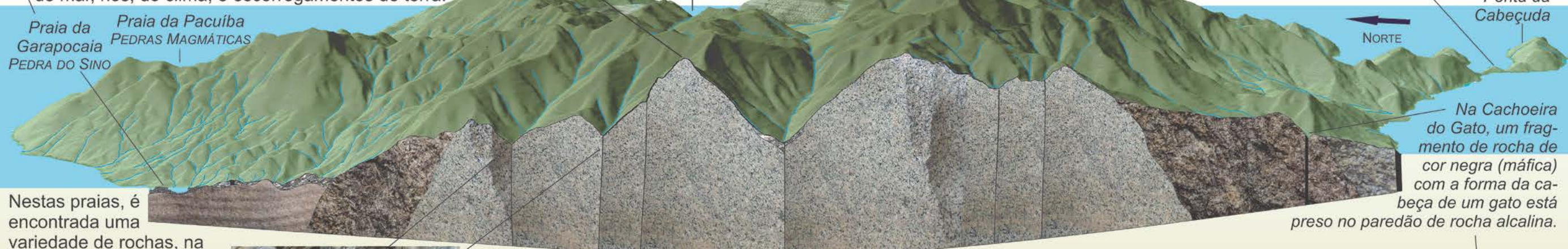


Os eventos magmáticos duraram aproximadamente 30 milhões de anos e criaram um relevo montanhoso singular na região norte da Ilha de São Sebastião, conhecido como SERRA E ESCARPAS ANELARES, devido ao alinhamento circular de suas cristas e picos.



Com base na taxa de erosão dos últimos 80 milhões de anos, a Ponta da Cabeçada se tornará uma ilha daqui 0,97 milhões de anos

As praias são um depósito do registro desta história geológica, a qual ainda continua sendo escrita, pela ação do mar, rios, do clima, e escorregamentos de terra.



Nestas praias, é encontrada uma variedade de rochas, na forma de grandes blocos, cascalhos e areias trazidas das montanhas.



Os rios sempre procuram o caminho mais fácil para correr, uma condição proporcionada por estruturas geológicas, como as fraturas geradas em grandes profundidade por forças tectônicas.

Nas cachoeiras, além das fraturas, algumas rochas facilmente erodidas que se alojaram nas estruturas de rochas mais antigas e mais resistentes, também influenciam na formação das quedas d'água.



## 4 CONCLUSÃO

A geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião foi caracterizada e avaliada qualitativamente, levando em conta os atributos do meio físico passíveis de representação cartográfica (GRAY, 2017).

Ao aplicar técnicas de mapeamento geoambiental, esta pesquisa apresentou uma síntese da geodiversidade, centrando-se na interação entre os processos terrestres endógenos e exógenos, *landforms*, recursos hídricos, estruturas geológicas, tipos de rochas, solos e sedimentos. Desta forma, foi definida e apresentada a evolução geológico-geomorfológica da área estudada, relacionando-a com as paisagens existentes e o patrimônio natural associado.

Em termos metodológicos, o mapeamento da geodiversidade foi realizado de modo a integrá-lo às estratégias de geoconservação (BRILHA, 2005; LIMA et al., 2010). Especificamente, a principal contribuição desta pesquisa é tornar o mapeamento da geodiversidade o passo inicial da referida estratégia, antecedendo e permeando as etapas de inventário e avaliação qualitativa.

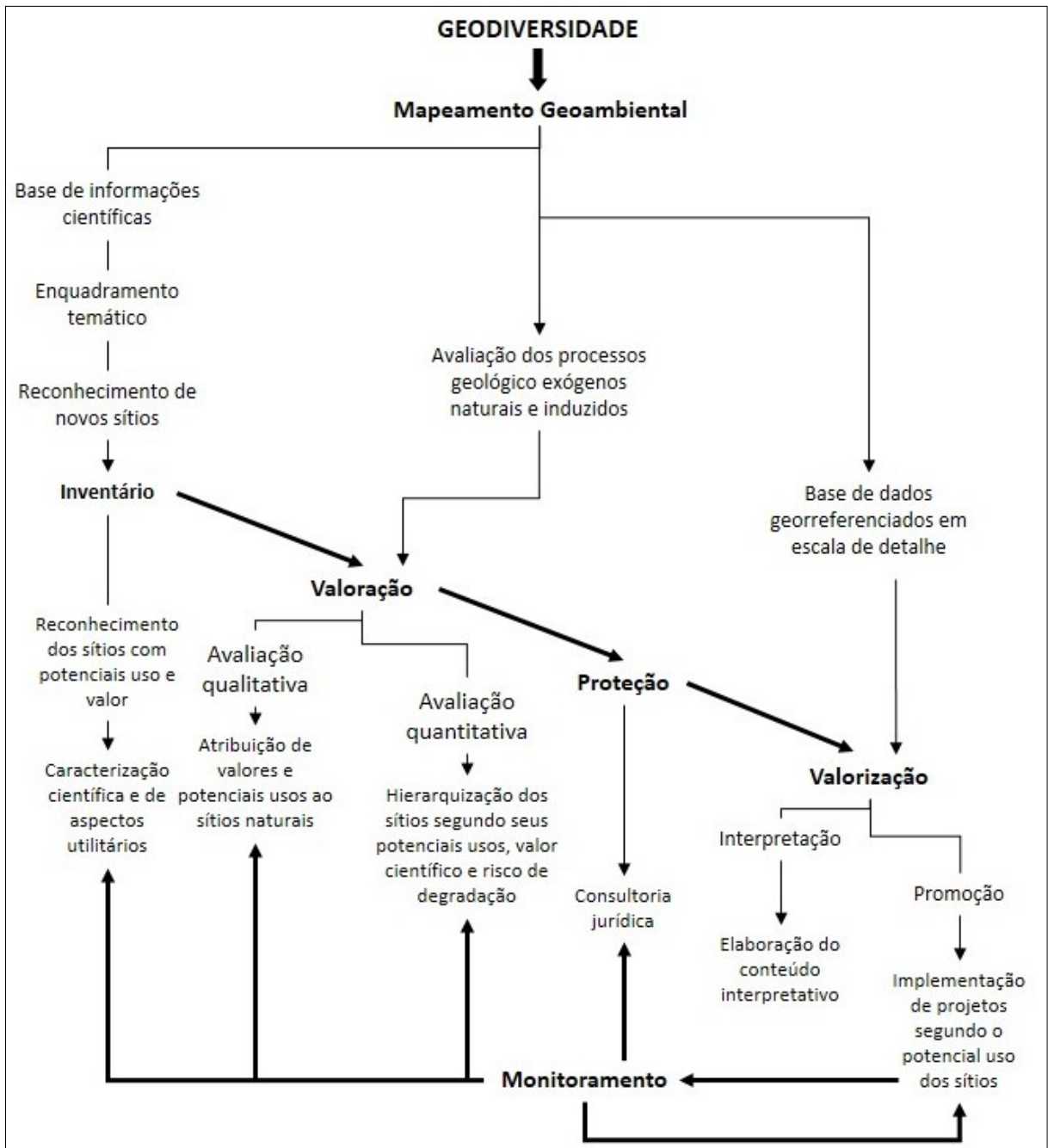
Neste sentido, a presente proposta apresentou-se vantajosa, por superar as dificuldades iniciais em relação à consulta *ad hoc*, para definição dos *geological frameworks*, exigindo, porém, uma pesquisa bibliográfica exaustiva. Embora haja claras limitações quanto à definição do real valor científico dos sítios (BRILHA, 2016), avançou-se no detalhamento dos *geological frameworks*, em classes e subclasses temáticas.

Simultaneamente ao inventário, o mapeamento da geodiversidade gerou um volume significativo de informações, destinado a subsidiar as etapas seguintes. Cabe ressaltar que, semelhantemente aos princípios da melhoria contínua, comum nos planos de gestão ambiental (SANTOS, 2004; SANCHEZ, 2006), a estratégia de geoconservação requer constante atualização da sua base de dados. Assim, o responsável pelas etapas iniciais (mapeamento e inventário) exerce um papel importante e proativo na formulação de conteúdos interpretativos, colaborando ainda no monitoramento das atividades de proteção e promoção.

Como conclusão, propõe-se que o mapeamento da geodiversidade seja incorporado à estratégia de geoconservação (Figura 148), na medida em que os resultados gerados direcionem: 1) Obtenção do conteúdo científico referente aos

sítios visitados; 2) Definição/detalhamento dos temas representativos da geodiversidade local; 3) Reconhecimento de novos sítios com valor científico, não citados na literatura; 4) Avaliação dos processos geológicos que podem colocar os sítios em risco, e 5) Criação de um banco de dados georreferenciados destinado às fases de interpretação da geodiversidade e patrimônio natural associado, e implementação de projetos geoturísticos.

**Figura 148** - Proposta de inclusão do mapeamento da geodiversidade na estratégia de geoconservação.



A análise e a aplicação das metodologias relativas à estratégia de geoconservação resultaram no diagnóstico do potencial geoturístico da área estudada. Tendo em vista as especificidades que levaram às significativas adaptações metodológicas, esforçou-se, sobretudo, em manter a essência conceitual dos critérios de cada atributo modificado. Buscou-se, com isso, contribuir para o desenvolvimento e a aplicação de metodologias de inventariação sistemática e quantificação de geossítios e sítios de geodiversidade.

Dado o caráter aplicado desta pesquisa, a seleção dos sítios mais aptos à implementação do geoturismo priorizou tanto aspectos turísticos como científicos, direcionando a alocação de recursos aos locais que terão melhor desempenho em termos econômicos e de conservação da natureza. É esperado, portanto, que os produtos gerados sejam utilizados por gestores públicos, do setor turístico e ambiental de Ilhabela. Enfatiza-se, ainda, que o geoturismo de aventura é uma alternativa à degradação ambiental gerada pelo turismo de massa e pela especulação imobiliária, uma vez que a maioria dos sítios com maior potencial estão localizados no Parque Estadual de Ilhabela ou em comunidades tradicionais caiçaras distantes do centro urbano.

Por fim, recomenda-se a avaliação dos locais com conteúdo da geodiversidade 11b e 11d, com vista a sua inclusão no inventário de geossítios do Estado de São Paulo (GARCIA et al., 2017), respectivamente, nos *geological frameworks* Magmatismo mesozoico e Evolução continental e costeira neogênica e quaternária.

No mesmo sentido, cabe destacar a diversidade geomorfológica da região norte da Ilha de São Sebastião, como patrimônio natural de relevância nacional. Trata-se de montanhas anelares com mais de mil metros de altura, em um contexto insular único no Brasil, em adição ao alto índice de preservação da Mata Atlântica. Estas feições inspiraram e definiram o modo de se relacionar com a natureza, desde os primeiros habitantes da ilha, sendo este aspecto, atualmente, o principal recurso turístico do município.

Recomenda-se, portanto, que a região norte da Ilha de São Sebastião seja considerada um *hotspot* de geodiversidade, como já o é em termos de biodiversidade, dada a convergência de fatores geológicos, geomorfológicos e climáticos, o que corrobora com a proposta de sua inserção no referido inventário estadual, especificamente no *geological framework* Unidades Geomorfológicas e *Landforms*.

## REFERÊNCIAS

- ADABANIJA, M. A.; OLADUNJOYE, M. A. *Geoenvironmental assessment of abandoned mines and quarries in South-western Nigeria*. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 145, p. 148–168, 2014.
- ADAMS, W. M. *Landforms, authenticity and conservation value*. **Area**, v. 30, n. 2, p. 168–169, 1998. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/area.1998.30.issue-2/issuetoc>>. Acesso em: 4 ago 2016.
- AITCHISON, G. D.; GRANT, K. *The P.U.C.E. programme for terrain description, evaluation and interpretation for engineering purposes*. In: *Regional Conference in Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 4. Cidade do Cabo, 1967. **Proceedings...** v. 1, p. 1 – 8, 1967.
- ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. R. Origem e Evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, v 28, n. 2, pp. 135 – 150, 1988.
- ALMEIDA, J. M. Dicionário Geográfico da Província de São Paulo. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico de São Paulo**, v. 7, 1902. Disponível em: <[https://archive.org/stream/diccionariogeog00almegoog/diccionariogeog00almegoog\\_djvu.txt](https://archive.org/stream/diccionariogeog00almegoog/diccionariogeog00almegoog_djvu.txt)>. Acesso em: 20 set 2016.
- ALVES, F. R. **Contribuição ao conhecimento geológico e petrológico das rochas alcalinas da Ilha de Búzios, SP**. Tese de doutorado – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2 vols., 1997.
- 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**, v. pp. 1001 – 114, 2001.
- AMARAL, G.; BUSHEE, J.; CORDANI, U. G.; KAWASHITA, K.; REYNOLDS, J. H. *Potassium-argon ages of alkalines rocks from Southern Brazil*. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 31, pp. 117 – 142, 1967.
- AMORIM, D. G. A.; ZAINE, J. E.; RODRIGUES, F. H. Avaliação de suscetibilidade à erosão e movimentação gravitacional de massa no Parque Estadual do Juquery, Franco da Rocha (SP). **Geologia USP. Série Científica**, v. 17, n. 2 p. 3 – 21, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT 54.003.02-001**: Turismo de aventura – Sistemas de gestão e segurança – Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Turismo de Aventura. In: \_\_\_\_\_ **Boletim ABNT**, v. 12, n. 145, p. 34 – 38. Disponível em: <[http://www.abnt.org.br/images/boletim/maiojun2015/Boletim\\_ABNT\\_145\\_maio\\_junho\\_2015\\_Net.pdf](http://www.abnt.org.br/images/boletim/maiojun2015/Boletim_ABNT_145_maio_junho_2015_Net.pdf)>. Acesso em: 01 junho de 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Gui de Implementação: Turismo de Aventura – Sistema de gestão da segurança**. Rio de Janeiro: ABNT; SEBRAE, 84 p., 2016. Disponível em: <<http://abnt.org.br/paginampe/biblioteca/files/upload/anexos/pdf/bdca9a1aa7e53c40a9785ed2674002ff.pdf>>. Acesso em: 01 junho de 2017.

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

AZZONE, R. G.; RUBERTI E.; ENRICH G. E. R.; GOMES, C. B. *Zr-and Ba-rich minerals from the Ponte Nova alkaline mafic-ultramafic massif, southeastern Brazil: indication of an enriched mantle source.* **The Canadian Mineralogist.** v. 47, n. 5, pp. 1087 – 1103, 2009.

BALMFORD, A. (a); CRANE, P.; DOBSON, A.; GREEN, R. E.; MACE, G. M. *The 2010 challenge: Data availability, information needs and extraterrestrial insights.* **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences,** Londres, v. 360, n. 1454, p. 221–228, 2005.

BALMFORD, A. (b); BENNUN, L.; BRINK, B. T.; COOPER, D.; CÔTE, I. M.; CRANE, P.; DOBSON, A.; DUDLEY, N.; DUTTON, I.; GREEN, R. E.; GREGORY, R. D.; HARRISON, J.; KENNEDY, E. T.; KREMEN, C.; LEADER-WILLIAMS, N.; LOVEJOY, T. E.; MACE, G.; MAY, R.; MAYAUX, P.; MORLING, P.; PHILLIPS, J.; REDFORD, K.; RICKETTS, T. H.; RODRÍGUEZ, J. P.; SANJAYAN, M.; SCHEI, P. J.; VAN JAARVELD, A. S.; WALTHER, B. A. *Ecology: The Convention on Biological Diversity's 2010 target.* **Science,** Cambridge, v. 307, n. 5707, p. 212–213, 2005.

BELLIENI, G.; CAVAZZINI, G.; MONTES-LAUAR, C. R.; MELFI, A. J.; PACCA, I. G.; DE MIN, A.; PICCIRILLO, E. M. *Early and late cretaceous magmatism from Sao Sebastiao island (SE-Brazil): geochemistry and petrology.* **Geochimica Brasiliensis;** v. 4, n. 1, p. 59 – 83, 1990. Disponível em: <<http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/geobras/article/viewFile/10579/10075>>. Acesso em: 26 set 2017.

BENDAZZOLI, C. **O Panorama da Ocupação Sambaqueira no Arquipélago de Ilhabela, SP.** Tese de Doutorado (Arqueologia) – Museu de Arqueologia e Etnologia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 403 p., 2014.

BOBROWSKY, P. T. *Geoenvironmental Mapping: Methods, Theory and Practice.* **Environmental and Engineering Geoscience,** v. 8, n. 4, p. 335–337, 2002.

BOURNE, R. *Regional Survey and its Relation of Stocktaking of Agricultural and Forest Resources of the British Empire.* **Ox. For. Mem.,** v. 13, [s.p.], 1931.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC.** Brasília, DF, 23 p., 2000.

BRASIL. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. **Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas – PNAP.** Brasília, DF, 17 p., 2006.

BRASIL Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes. **O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.** [2012?]. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/240/\\_publicacao/240\\_publicacao05072011052536.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/240/_publicacao/240_publicacao05072011052536.pdf)>. Acesso em: 13 out. 2017.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Turismo de Aventura: orientações básicas.** Brasília: Ministérios do Turismo, 3 ed. 75 p., 2010. Disponível em: <[http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o\\_ministerio/publicacoes/downloads\\_](http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/downloads_)

publicacoes/Turismo\_de\_Aventura\_Versxo\_Final\_IMPRESSxO\_.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2017.

BRASIL. Ministério do Turismo. **Turismo de Aventura – busca e salvamento: Manual de criação e organização de grupos voluntários de busca e salvamento**. Brasília: Ministérios do Turismo, 199 p., 2005. Disponível em: <[http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o\\_ministerio/publicacoes/downloads\\_publicacoes/Manual\\_GVBS.pdf](http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/downloads_publicacoes/Manual_GVBS.pdf)>. Acesso em: 01 de junho de 2017.

BRESSANI, L. A.; COSTA, E. A. Cartas Geotécnicas Aplicadas ao Planejamento Territorial – Alguns Ajustes no Instrumento. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. v. 5, n. 1, p. 09 – 20, 2015.

BRILHA, J. **Patrimônio Geológico e Geoconservação. A Conservação da Natureza na sua Vertente Geológica**. Braga: Palimage, 190 p., 2005.

BRILHA, J (a). *Geoconservation, Concept of*. In: TIESS, G.; MAJUMDER, T.; CAMERON, P. (Org.). **Encyclopedia of mineral and energy policy**, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016.

BRILHA, J (b). *Geoconservation, History of*. In: TIESS, G.; MAJUMDER, T.; CAMERON, P. (Org.). **Encyclopedia of mineral and energy policy**, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016.

BRILHA, J (c). *Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: A Review*. **Geoheritage**, v. 8, n. 2, p. 119–134, 2016.

BOULLÓN, R. C. **Planejamento do Espaço Turístico**. Tradução Josely Vianna Baptista. Bauru, SP: Editora da Universidade do Sagrado Coração, EDUSC, 2002.

BUTCHART, S. H. M.; WALPOLE, M.; COLLEN, B.; VAN STRIEN, A.; SCHARLEMANN, J. P. W.; ALMOND, R. E. A.; BAILLIE, J. E. M.; BOMHARD, B.; BROWN, C.; BRUNO, J.; CARPENTER, K. E.; CARR, G. M.; CHANSON, J.; CHENERY, A. M.; CSIRKE, J.; DAVIDSON, N. C.; DENTENER, F.; FOSTER, M.; GALLI, A.; GALLOWAY, J. N.; GENOVESI, P.; GREGORY, R. D.; HOCKINGS, M.; KAPOS, V.; LAMARQUE, J F.; LEVERINGTON, F.; LOH, J.; MCGEOCH, M. A.; MCRAE, L.; MINASYAN, A.; HERNÁNDEZ MORCILLO, M.; OLDFIELD, T. E. E.; PAULY, D.; QUADER, S.; REVENGA, C.; SAUER, J. R.; SKOLNIK, B.; SPEAR, D.; STANWELL-SMITH, D.; STUART, S. N.; SYMES, A.; TIERNEY, M.; TYRRELL, T. D.; VIÉ, J. C.; WATSON, R. *Global biodiversity: Indicators of recent declines*. **Science**, Cambridge, v. 328, n. 5982, p. 1164–1168, 2010.

CAMARGO, C. **Memórias de uma Ilha**. São Paulo: Intermeios; Programa e Ação Cultural do Estado de São Paulo (PROAC), 172 p., 2011.

CARDENAS, F. P. A. **Zoneamento Geoambiental de uma parte da Bacia do Rio Nechi – Colômbia, por meio de Técnicas de Geoprocessamento**. Dissertação de Mestrado (Geologia) –Instituto de Geologia, UnB, Brasília, 1999.

CENDRERO A., NIETO M., ROBLES F., SÁNCHEZ J., DIAZ De TERÁN J. R., FRANCÉS F., GONZÁLEZ-LASTRA J. R., BOLUDA R., GARAY P., GUTIÉRREZ G., JIMENEZ J., MARTINEZ J., MOLINA M. J., OBARTI J., PÉREZ A., PONS V., SANTOYO A., STÜBING G. **Mapa Geocientífico de la Provincia de Valencia**. Valencia: Diputación Provincial de Valencia, p. 71-350. 1986.

CENDRERO, A. *Mapping and evaluation of costal areas for planning*. **Ocean & Shoreline Management**. v. 12, p. 427-462. 1989.

CENDRERO, A.; SÁNCHEZ, J.; ANTOLIN, C.; ARNAL, S.; DIAZ de TERÁN, J. R.; FRANCÉS, E.; MARTÍNEZ, V.; MOIUNO, M.; NIETO, M.; NOGALES, I.; PÉREZ, E.; RIOS, C.; ROBLES, F.; ROMERO, A.; SUAÁREZ, C. *Geoscientific maps for planning in semi-arid regions: Valencia and Gran Canaria, Spain*. **Engineering Geology**, v. 29, n. 4, p. 291–319, 1990.

CHIARADIA, C. **Dicionário de Palavras Brasileiras de Origem Indígena**. São Paulo: Limiar, 1 ed., 728 p., 2008. Disponível em: <<https://www.dicionariotupiguarani.com.br/dicionario/baepi/>>. Acesso em: 05 set 2017.

COAD, L.; LEVERINGTON, F.; KNIGHTS, K.; GELDMANN, J.; EASSOM, A.; KAPOS, V.; KINGSTON, N.; LIMA, M.; ZAMORA, C.; CUARDROS, I.; NOLTE, C.; BURGESS, N. D.; HOCKINGS, M. *Measuring impact of protected area management interventions: Current and future use of the Global Database of Protected Area Management Effectiveness*. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, Londres, v. 370, n. 1681, 2015.

COELHO, J. O. M.; ZAINE, J. E.; RODRIGUES, F. H. Análise Fisiográfica, a partir de Técnicas de Fotointerpretação, Aplicada ao Mapeamento Geológico-Geotécnico de Obras Rodoviárias. **Revista Brasileira de Cartografia**. V. 68, n. 10, p. 2063 – 2082, 2016.

COOKE, R. U.; BRUNSDEN, D.; DOORKAMP, J. C., D. K. C. JONES. **Urban Geomorphology in Drylands**. Oxford: *Oxford University Press*. 323 p. 1982.

COOKE, R.U., DOORKAMP, J.C. **Geomorphology in Environmental Management**. Nova York: *Claredon Press*, 2 ed., 1990.

CORRÊA, P. R. S.; RAMOS, V. L. S. Mapa Geoambiental. In: **Mapas Municipais – Município de Morro do Chapéu, BA**. Salvador: CPRM, 1995.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO BRASILEIRO. **Geodiversidade**. 2016 Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade-162>>. Acesso em: 29 nov 2016.

DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; SILVA, C. R.; SHINZATO, E. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terræ Didática**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 4-13, 2015.

DAVIS, W. M. *The Geographical Cycle*. **Geographical Journal**., v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899. Disponível em: <[http://www.ugb.org.br/home/artigos/classicos/Davis\\_1899.pdf](http://www.ugb.org.br/home/artigos/classicos/Davis_1899.pdf)>. Acesso em: 6 fev 2017.

DE MULDER, E. F. J. *Thematic applied Quaternary maps – a profitable investment or expensive wallpaper?* In: DE MULDER, E. F. J.; HAGEMAN, B. P. (ed.) **Applied Quaternary**. Balkema, Rotterdam, p. 105-117, 1978.

DELLA JUSTINA, E. E. **Zoneamento Geoambiental da Reserva Biológica do Jaru e Zona de Amortecimento – RO, como Subsídio ao seu Plano de Manejo**. Tese (doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009.

DEARMAN, W. R. **Engineering geological mapping**. Oxford: Butterworth-Hainemann Ltd, 1 ed., 396 p., 1991.



DIAS, G., BRILHA, J., ALVES, M. I. C., PEREIRA, D., FERREIRA, N., MEIRELES, C., PEREIRA, P., SIMÕES, P. P. Contribuição para a valorização e divulgação do Património Geológico com recurso a painéis interpretativos: exemplos em áreas protegidas do NE de Portugal. **Ciências da Terra (UNL)**, n.º esp. V, p. 132 – 135, 2003.

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, n. 2, p. 29-78, 2012.

DINIZ, T. D.; ZAINÉ, J. E.; RODRIGUES, F. H. Compartimentação fisiográfica aplicada ao mapeamento em detalhamento progressivo do núcleo urbano central de Ilhabela-SP. **Geologia USP. Série Científica**, v. 16, n. 3, p. 57 - , 2016

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA). **Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo – Mapeia São Paulo**. São Paulo, [2010 – 2011]. Fotografias aéreas do município de Ilhabela (SP), 108, dig., col., estereosc., *ground sample distance* 45 cm.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO S.A. (EMPLASA). **Projeto de Atualização Cartográfica do Estado de São Paulo – Mapeia São Paulo**. São Paulo, [2010 – 2011]. Ortofotos do município de Ilhabela (SP), 9, dig., col., resolução aproximada 1 m.

ESCHWEGE, W. L. *Pluto brasiliensis*. Tradução Domício de Figueiredo Murta **Brasiliana**, São Paulo: Companhia Editora Nacional, v. 257, 1944.

FAO. *A framework for land evaluation*. Roma: **FAO Soils Bulletin**, v. 32, 72 p. 1976. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/x5310e/x5310e00.htm#Contents>>. Acesso em: 29 de agosto de 2017.

FOOKES, P. G.; GRAY, J. M. *Geomorphology e civil engineering*. In: GARDINER, V. (ed.). **International Geomorphology**, vol. 1, p. 83 – 105. 1987.

FORSTER, A.; HOBBS, P. R. N.; WYATT, R. J.; ENTWISLE, D. C. *Environmental geology maps of Bath and the surrounding area for engineers and planners*. In: CULSHAW, M. G. *Planning and engineering geology: Annual Conference of the Engineering Group of the Geological Society*, 22. Londres: *Plymouth Polytechnic*, 8 a 12 setembro de 1986. **Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications**, v. 4, n. 1, p. 221–235, 1987. Disponível em: <<http://egsp.lyellcollection.org/content/4/1/221>>. Acesso em: 28 agosto de 2017.

FRANÇA, A. A Ilha de São Sebastião. **Boletim da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – USP**. v. 178, n. 10, 108 p., 1954.

FRANÇA, L. F. O.; MARIANO, G.; HORA, B. R. N. Avaliação quantitativa de sítios de geodiversidade utilizando a técnica de análise de agrupamentos: estudo de caso. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 45, pp. 27 – 54, 2016.

FRANCISCO, C. N. **O Uso de Sistemas Geográficos na Elaboração de Planos Diretores de Unidades de Conservação – Uma Aplicação No Parque Nacional da Tijuca, RJ**. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Transportes). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

FRANCO, G. B.; MARQUES, E. A., G; CALIJURI, M. A.; GOMES, R. L. Cartografia Geotécnica: Estágio Atual do conhecimento. **Caminhos da Geografia**. v. 11, n. 35.p; 158 – 172, 2010.

FREITAS, C. G. L.; CAMPANHA, V. A. Abordagem Ambiental no Planejamento Municipal. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. v. 4, n. 2, p. 43 – 50, 2014.

FREITAS, R. O. Geomorfogênese da Ilha de São Sebastião. **Boletim da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, ano IV, n. 4, p. 16 – 30. 1944.

FREITAS, R. O. Geologia e Petrologia da Ilha de São Sebastião. **Boletim da Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – USP**. n. 85., 224 p., 1947.

GARCIA, M. G. M.; BRILHA, J.; LIMA, F. F.; VARGAS, J. C.; PÉREZ-AGUILAR, A.; ALVES, A.; CAMPANHA, G. A. C.; DULEBA, W.; FALEIROS, F. M.; FERNANDES, L. A.; FIERZ, M. S. M.; GARCIA, M. J.; JANASI, V. A.; MARTINS, L.; RAPOSO, M. I. B.; RICARDI-BRANCO, F.; ROSS, J. L. S.; FILHO, W. S.; SOUZA, C. R. G.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; BRITO NEVES, B. B.; CAMPOS NETO, M. C.; CHRISTOFOLETTI, S. R.; HENRIQUE-PINTO, R.; LOBO, H. A.; MACHADO, R.; PASSARELLI, C. R.; PERINOTTO, J. A. J.; RIBEIRO, R. R.; SHIMADA, H. *The Inventory of Geological Heritage of the State of São Paulo, Brazil: Methodological Basis, Results and Perspectives*. **Geoheritage**, v. 41, n. 2, p. 169, 2017.

GARCIA, M. G. M. *Gondwana Geodiversity and Geological Heritage: Examples from the North Coast of São Paulo State, Brazil*. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro: UFRJ, 35\_1, n. 1, p. 100–111, 2012.

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

GARDA, G. M.; SCHORSCHER, J. H. D. Os diques costeiros básicos e ultrabásicos adjacentes ao Canal de São Sebastião (Litoral norte do Estado de São Paulo). **Revista do Instituto Geológico**, v. 17, n. 1-2, p. 7–31, 1996.

GEOHERIDITAS – NÚCLEO DE APOIO À PESQUISA EM PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOTURISMO. **De que é Foramada Ilhabela?** São Paulo: Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.igc.usp.br/index.php?id=1008>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

GEORGE, H. **An overview of land evaluation and land use planning at FAO**. Roma: Serviço de Gestão da Terra e Nutrição Vegetal da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 16 p., 2005. Disponível em: <<http://www.fao.org/fileadmin/templates/nr/images/resources/images/landevaluationatfao.doc>>. Acesso em: 19 set. 2017.

GEORGE, T. S. **Minamata: Pollution and the struggle for democracy in postwar Japan**. Cambridge: *Harvard University Press*, v. 194, 385 p., 2002.

GILBERT, G. K. **The Geology of the Henry Mountains**. Washington: *Government Printing Office*. 213 p., 1877. Disponível em: <[http://www.ugb.org.br/home/artigos/classicos/Gilbert\\_1877.pdf](http://www.ugb.org.br/home/artigos/classicos/Gilbert_1877.pdf)>. Acesso em: 10 mar 2017.

GILL, R. **Rochas e Processos Ígneos Um Guia Prático**. Tradução Félix Nonnenmacher. Porto Alegre: Bookman, vol. 1, 502 p., 2014.

- GODOY, D. F.; HACKSPARCHER, P. C.; HADLER NETO, J. C. RIBEIRO, L. F. B.; GUEDES, S.; TELLOY, C. A. S.; SIQUEIRA, M. C. S.; F. CADAZZI. Análises de Traços de Fissão em Apatitas em Dois Corpos Alcalinos da Ilha de São Sebastião, (SP). In: Congresso Brasileiro de Geologia, 41., João Pessoa (PB). **Anais...** João Pessoa: SBG, p. 537, 2002.
- GOMES, C. B.; ALVES, F. R.; AZZONE, R. G.; ROJAS, G. E. E.; RUBERTI, E.. *Geochemistry and petrology of the Búzios Island alkaline massif, SE, Brazil. **Brazilian Journal of Geology***, v. 47, n. 1, p. 127–145, 2017.
- GORDON, J. E.; LEYS, K. E. (ed.) *Earth Science and the Natural Heritage: Interactions and Integrated Management. **Journal do Environmental Planning and Management***, v. 46, n. 3, p. 467 – 469, 2003.
- GRANT, K. Terrain evaluation: a logical extension of Engineering Geology. In: International Congress of The International Association of Engineering Geologists, 1., 1970, Paris. **Proceedings...**, v. 2, p. 971-980, 1970.
- GRANT, K. The PUCE Programme for terrain calculation for engineering purposes. Part 2. procedure for terrain classification. **Technical Paper**, n. 19, 1974.
- GRAY, M. **Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature**. 2 ed. Oxford: John Wiley & Sons, Ltd. 495 p. 2013.
- GRAY, M.; GORDON, J. E.; BROWN, E. J. *Geodiversity and the ecosystem approach: The contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. **Proceedings of the Geologists' Association***, v. 124, n. 4, p. 659–673, 2013.
- GRAY, M. *Measuring Geodiversity*. In: *Workshop em Geoconservação da Universidade do Minho, Braga, Portugal, 2017. **Palestras...*** 2017.
- GRIFFITHS, J. S.; STOKES, M.; STEAD, D.; GILES, D. *Landscape evolution and engineering geology: Results from IAEG Commission 22. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment***, v. 71, n. 4, p. 605–636, 2012. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/257473340\\_Landscape\\_evolution\\_and\\_engineering\\_geology\\_Results\\_from\\_IAEG\\_Commission\\_22](https://www.researchgate.net/publication/257473340_Landscape_evolution_and_engineering_geology_Results_from_IAEG_Commission_22)>. Acesso em: 12 abr 2017.
- GUIZZO, J.; ANTONIOLI, E.; COLTRINARI, L. **A Terra**. São Paulo: Editora Ática, 3. ed., 63p. 1995. (Série Atlas Visual).
- GUY, M. *Quelques principes e quelques experiences sur la methodologie de La photo-interpretation. In: **Symposium International de Photo-Interpretation, 2., Symposium International de Photo-Interpretation, 2., Paris, 1966. **Acte*****, v.1, p.21-41, 1966.
- HASSUI, Y. Tectônica de Placas In: HASUI, Y.; DAL RÉ CARNEIRO, C.; ALMEIDA, F. F. M.; BARTORELLI, A. (Ed.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 1 vol., cap. 5, p. 66 – 97, 2012.
- HATHEWAY, A. W. *Geoenvironmental protocol for site and waste characterization of former manufactured gas plants; worldwide remediation challenge in semi-volatile organic wastes. **Engineering Geology***, v. 64, n. 4, p. 317–338, 2002.
- HENRIQUES M. H.; PENA DOS REIS R.; BRILHA J.; MOTA T.S. *Geoconservation as an emerging geoscience. **Geoheritage*** 3(2):117–128, 2011.

HENNIES, W. T.; HASUI, Y. Geocronologia das Rochas Eruptivas Alcalinas da Ilha de São Sebastião, SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 22, 1968, Belo Horizonte. **Atas...** p. 145 – 148, 1968.

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

HERBERTSON, A. J. *The major natural regions: an essay in systematic geography.* **The Geographical Journal**, v. 25, n. 3, p. 300-310, 1905.

IHERING, H. A Ilha de São Sebastião. **Revista do Museu Paulista**, São Paulo, v. 2, p. 129–171, 1897.

IMURA, H.; SCHREURS, M. A (ed.). **Environmental policy in Japan.** Northampton (Inglaterra): *Edward Elgar Pub.* 406 p. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Diagnóstico do potencial geoambiental e aptidão agrícola das terras da região de alta Bacia do Rio Paraguaçu-BA.** Salvador: EPABA/IBGE, 76 p., 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Diagnóstico Geoambiental e sócio-econômico: área de influência da BR-364 – Trecho Porto Velho/Rio Branco. In: **Projeto de Proteção do Meio Ambiente e das Comunidades Indígenas.** Rio de Janeiro, 132 p., 1990.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Projeto de Conversão Digital - Vetorização de Cartas Topográficas nas escalas de 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000.** 2016. Cartas topográficas Caraguatatuba, Ilha Anchieta, Ilha de São Sebastião e Paranabi, arquivos dig. vetor. (hidrografia, hipsografia, sistema viário, localidade, obra e edificação, ponto de referência, limite e vegetação, das). Escala 1:50.000. Disponível em: <[https://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](https://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 02 de maio de 2015.

INSTITUTO GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (IGC). **Mapeamento Topográfico - escala 1:10.000.** São Paulo, 1 ed., 1978. Cartas topográficas do município de Ilhabela (SP), 32, P & B, levantamento aereofotogramétrico: Terrafoto S.A., 1977. Escala: 1.10.000

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). **Taludes de Rodovias – Orientação para Diagnóstico e Soluções de seus Problemas.** São Paulo: IPT, 1991.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (IPT). Sistema da base de dados geoambientais do Estado de São Paulo. In: **Relatório 42.331.** São Paulo: IPT, 1999.

IAEG COMMISSION ON ENGINEERING GEOLOGICAL MAPPING; UNESCO. **Guide pour la preparation des cartes géotechniques.** Paris: *Les Press de l'Unesco*, 1976.

IUGS – GEM. *Report of Commission on Geosciences for Environmental Management of International Union of Geological Sciences.* **Revista Tarræ**, 2005. Disponível em: <[http://www.ige.unicamp.br/terrae/V1/PDF-N1/terrae\\_2005\\_v02n01-02\\_p63\\_iugs-gem.pdf](http://www.ige.unicamp.br/terrae/V1/PDF-N1/terrae_2005_v02n01-02_p63_iugs-gem.pdf)>. Acesso em: 12 out 2017.

IUGS – GEM. **Commission on Geoscience for Environmental Management 2014 to 2016 – Final Report**. Windhoek (Namíbia): Universidade da Namíbia, 33p. 2016. Disponível em: < <http://iugs.org/uploads/IUGS-GEM%202004-2016%20FINAL%20REPORT.pdf>>. Acesso em: 26 setembro de 2017.

JHA, V. C.; SAHA, S. *Geoenvironmental Degradation in Peninsular River Basin in Jharkhand, India*. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 22, n. 2, p. 251 – 265, 2010.

JULIANI, C. **Geologia dos Granitos Porfíricos de Ilhabela – Petrogênese e Evolução Crustal**. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

KEZIC, M. E. L.; CURTO; S. I. *El territorio como puente ente la cultura y la política, parte II. El pensamiento de Federico A. Daus 1922 – 1957*. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**. São Paulo, v. 28, p. 1 – 24, 2014.

KIERNAN, K. *Landform conservation and protection*. In.: **FIFTH REGIONAL SEMINAR ON NATIONAL PARKS AND WILDLIFE MANAGEMENT, Tasmania 1991, Resource Document**, Tasmanian Parks, Wildlife & Heritage Department, p. 112-129, 1991.

LIMA, F. F.; BRILHA, J. B.; SALAMUNI, E. *Inventoring Geological Heritage in Large Territories: A Methodological Proposal Applied to Brazil*. **Geoheritage**, v. 2, 3-4, p. 91–99, 2010.

LIMA, G. A. **Gabros Estratiformes da Região Norte da Ilha de São Sebastião, SP**. Tese (Dissertação de Mestrado em Mineralogia e Petrologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

LIVERMAN, D. G. E. *Environmental geoscience; communication challenges: Table 1*. **Geological Society, London, Special Publications**, Londres, v. 305, n. 1, p. 197–209, 2008.

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

LUTIG, G. W. *Geoscientific maps of the environment as an essential tool in planning*. **Geologie en mijnbouw**. v. 57, n. 4, 524 – 532, 1978.

MARKER, B. R.; MCCALL, G.J.H. *Applied earth-science mapping: The planners' requirement*. **Engineering Geology**, v. 29, n. 4, p. 403–411, 1990.

MATTHEWS, T. J. *Integrating Geoconservation and Biodiversity Conservation: Theoretical Foundations and Conservation Recommendations in a European Union Context*. **Geoheritage**, v. 6, n. 1, p. 57–70, 2014.

MATTIG, U. *Maps of the natural environment's potential in West Germany and Norway as an aid for mineral resources management and protection*. **Engineering Geology**, v. 29, n. 4, p. 321–331, 1990.

MEIJERINK, A. M. J. *Data acquisition and data capture through terrain mapping units*. **ITC Journal**, p.23 – 44, 1988.

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

MIRANDA, G. A. **Por um conhecimento transdisciplinar: reflexões, trilhas e entraves**. 201 p. Tese de Doutorado (Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MOHAMED, A. M. O.; ANTIA, H. E. **Geoenvironmental engineering**. Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Online-Ressource. (Engineering village, 82), 1998.

MOLDAN, B. *Environmental geology mapping in Czechoslovakia*. In: WOLFF F. C. (ed.). **Geology for Environmental Planning**. Trondheim (Noruega): Serviço Geológico Norueguês, p.82-83, 1988.

MONDELLI, G.; GIACHETI, H. L.; BOSCOV, M. E. G.; ELIS, V. R.; HAMADA, J. *Geoenvironmental site investigation using different techniques in a municipal solid waste disposal site in Brazil*. **Environmental Geology**, v. 52, n. 5, p. 871–887, 2007.

MOTOKI, A. **Geologia e petrologia do Maciço Alcalino da Ilha de Vitória, SP**. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1986.

MOTOKI, A., SICHEL, S. E. Avaliação de aspectos texturais e estruturais de corpos vulcânicos e subvulcânicos e sua relação com o ambiente de cristalização, com base em exemplos do Brasil, Argentina e Chile. **REM - Revista Escola de Minas**, v. 59, n. 1, p. 13-23, 2006

NASCIMENTO, F. R.; CUNHA, S. B.; ROSA, M. F. *Geo-environmental Analysis and Identification of Degraded Areas Susceptible to Desertification in a Semi-Arid, Tropical Ecozone: The Acaraú River Basin in Northeastern Brazil*. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, *Special Issue*, p. 361 – 368, 2005.

NOFFS, P. S. **A Disputa pela Hegemonia do Espaço na Baía de Castelhanos**. Dissertação de mestrado (Geografia humana) – Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 261 p., 2007.

OHARA, T.; MATTOS, J. T.; RUEDA, J. R. J. Estudo de Zoneamento Geoambiental com Imagens TM/Landsat na região do alto-médio Paraíba do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 14 a 19 abril de 1996. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. p. 649-657. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/01.29.15.45/doc/T200.pdf>>. Acesso em: 28 ago 2017.

OLIVEIRA, S. L. **Tratado de Metodologia Científica: projetos de pesquisa, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 320 p., 2002.

PACHECO, J.; BRILHA, J. Importância da interpretação na divulgação do patrimônio geológico: uma revisão. **Comunicações Geológicas**. v. 101, n. 1. Pp. 101 – 107, 2014.

PASTORE, E.L.; FONTES, R.M. Caracterização e Classificação de Solos. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (org.). **Geologia de Engenharia**. 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**, v. 16, n. esp., p. 23 – 29, 1995.
- PENCK, W. **Morphological Analysis of Land Forms**. Londres: Macmillian and Co., 1953.
- PEREIRA, D. I.; PEREIRA, P. J. S.; BRILHA, J.; CUNHA, P. P. *The Iberian Massif Landscape and Fluvial Network in Portugal: A geoheritage inventory based on the scientific value*. **Proceedings of the Geologists' Association**, v. 126, n. 2, p. 252–265, 2015.
- PEREIRA, P. J. S. **Património Geomorfológico: conceptualização, avaliação e divulgação. Aplicação ao Parque Natural de Montesinho**. (Tese de Doutorado em Geologia). Departamento de Ciências da Terra da Escola de Ciências da Universidade do Minho, Braga, Portugal. 2006.
- PEREIRA, P. J. S.; PEREIRA, D. I.; ALVES, M. I. C. Avaliação do património geomorfológico: proposta de metodologia. **Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos**. v. 5., p. 235 – 247, 2007.
- 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. In: **Programa Geologia do Brasil – PGB**. São Paulo: CPRM, Escala 1:750.000. 2005.
- PRANDINI, F. L. O Brasil e a Geologia no Planejamento Territorial e Urbano. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. v. 1, edição especial, p. 29 – 40, 2011.
- PROCHOROFF, R. **O Patrimônio geológico de Ilhabela: estratégias de geoconservação**. Dissertação de mestrado (Mineralogia experimental e Aplicada) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- PROSSER, C. D. *Our rich and varied geoconservation portfolio: The foundation for the future*. **Proceedings of the Geologists' Association**, Londres, v. 124, n. 4, p. 568–580, 2013.
- RAMALHO, R. **Geomorfologia**. In: CHIODI, D. K.; THEODOROVICZ, A. M. G.; THEODOROVICZ, A.; SILVA, M.; ALGARTE, J. P.; BATTOLA JUNIOR, F.; CHIODI FILHO, C.; RAMALHO, R.; BREITAG, E. Projeto Planejamento Minerário na Ocupação do Solo em Área de Atuação da SUDELPA. São Paulo: SUDELPA / CPRM, v. 2, Anexo 5 – Mapa Geomorfológico, 1982
- RAY, R. G. **Aerial photographs in geological interpretation and mapping**. [tradução de Jesuino Felicíssimo Júnior]. 88 p. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, 1963.
- RICCI M.; S. PETRI. Princípios de Aerofotogrametria e Interpretação Geológica. 1º ed, 226 p. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1965.
- RIEDEL, P. S. **Estudo das coberturas de alteração de parte do centro leste paulista através de dados de sensoriamento remoto. 1988**. Dissertação de Mestrado (Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1988
- RIVEREAU, J.C. Curso de fotointerpretação: notas de aulas. **Serie Didática**. Brasília, Departamento de Geociências - UNB, n. 4, 1972, 128p.

- RIYIS, M. T.; GIACHETH, L.; DERRITE, R. M.; RIYIS, M. T. Investigação Geoambiental com Elaboração do Modelo Conceitual em Campo Utilizando Ferramentas de Alta Resolução (HRSC). **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. v. 3, 1, p. 125 – 137, 2013.
- ROBINSON, G. D.; SPIEKER, A. M. **“Nature to be commanded...”: Earth-science maps applied to land and water management**. Washington: United States Government Printing Office (*Geological Survey Professional Paper*, v. 950, 104 p.), 1978. Disponível em: <<https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp950>>. Acesso em: 04 out 2017.
- RODRIGUES, F. H.; ZAINÉ, J. E. Mapeamento Geológico-Geotécnico da Estrada de Castelhanos, Ilhabela (SP). **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. v. 3, 1, p. 159 – 172, 2013.
- RODRIGUES, F. H.; ZAINÉ, J. E. Geração de Imagens Estereoscópicas a partir de Produtos do *Google Earth* com Aplicações no Mapeamento Geotécnico e Geoambiental In: 15º CBGE – Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Bento Gonçalves, RS, 18 a 21 de outubro de 2015. **Anais...**, CD-ROM. 2015.
- ROSS, J.L.S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. *Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo*, 6. ed., 1992.
- ROSS, J. L. S. Análise e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, v. 9, n.1, p.65-75, 1995. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53692>>. Acesso em: 19 de junho de 2011.
- 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.
- ROSSITER, D. G. *A theoretical framework for land evaluation*. **Geoderma**, v. 72, 3-4, p. 165–190, 1996.
- RUCHYS, U. A.; MANSUR, K. L.; BENTO, L. C. *A Historical and Statistical Analysis of the Brazilian Academic Production, on Master’s and PhD Level, on the Following Subjects: Geodiversity, Geological Heritage, Geotourism, Geoconservation and Geoparks*. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. Rio de Janeiro, v. 40, n. 1, p. 180 – 190, 2017.
- SCOTTISH NATURAL HERITAGE - SNH. **Provoke, Relate and Reveal: SNH’s Policy Framework for Interpretation**. Perth (Escócia), 1997.
- SCOTTISH NATURAL HERITAGE - SNH. **Evaluating interpretation: SNH’s Policy Framework for Interpretation**. Perth (Escócia), 2000.
- SANEJOUAND, R. **La cartographie géotechnique en France**. Paris: *Ministère de l’équipement e du logement*, 1972.
- SÃO PAULO (Estado). Fundação Florestal do Estado de São Paulo. **Plano de Manejo do Parque Estadual de Ilhabela**. São Paulo, 2015. Disponível em:



<<http://fflorestal.sp.gov.br/pagina-inicial/planos-de-manejo/planos-de-manejo-planos-concluidos/plano-de-manejo-pe-ilhabela/>>. Acesso em: 03 dez 2016.

SATO, E. N. **Petrografia e geocronologia U/Pb (TIMS) de rochas alcalinas da Ilha de São Sebastião (SP)**. Monografia de Trabalho de Formatura(Geologia) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, 65 p., 2006.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 1 ed., 184 p., 2004.

SANCHES, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 1 ed., 495 p., 2006.

SERRANO, E.; RUIZ-FLANO, P. *Geodiversity: a theoretical and applied concept*. **Geographica Helvetica**, v. 62, p. 140–147, 2007. Disponível em: <<https://www.geogr-helv.net/62/140/2007/>>. Acesso em: 10 mar 2016.

SHARMA, R. S.; PHANIKUMAR, B. R. *Geoenviromental investigation of a contaminated site*. **Engineering Geology**, v. 85, 1-2, p. 229–237, 2006.

SHARPLES, C. **A Methodology for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes**. Tasmania: Forestry Comission, 1993.

SHARPLES, C. *Geoconservation in forest management: principles and procedures*. **Tasforests**, v. 7, p. 38–50, 1995. Disponível em: <<http://ecite.utas.edu.au/48507>>. Acesso em: 22 ago. 2017.

SHARPLES C (ed.). **Concepts and Principles of Geoconservation**. Tasmanian Parks and Wildlife Service. 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/266021113\\_Concepts\\_and\\_principles\\_of\\_geoconservation](https://www.researchgate.net/publication/266021113_Concepts_and_principles_of_geoconservation)> Acesso em: 23 mai 2017.

SILVA, C. D. R. **Cidade e Natureza: mercado imobiliário, turismo e desenvolvimento urbano em Ilhabela**. Dissertação de mestrado (Arquitetura e urbanismo) –Faculdade de Arquitetura e urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 147 p., 2009.

SILVA, C.R. da (ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 264p., 2008.

SILVA, C. R., DANTAS, M. E., Mapas Geoambientais. In. Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 7. 08 a 12 de agosto de 2012, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: ABGE, 2012. 1 CD-ROM.

SIQUEIRA, A. G.; AZEVEDO, A. A.; SOUZA, L., A., P.; SILVA, M. Modificações Fluviais à Jusante de Barragens. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**. v. 3, n.1, p. 113 – 123, 2013.

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.

SOUTO, P. G.; *Geografía y Univsersidad: Institucionalización adadémica y legitimación científica del discurso territorial em la Faculda de Filosofia y Letras de la Universidad de Buenos Aires*. **Caderno de Territorio 8. Serie Monográfica**. Buenos Aires, 1996.

SOUZA C.R. de G. Considerações sobre a origem de um depósito marinho pleistocênico no litoral norte do Estado de São Paulo. **Boletim do IG-USP**, Série Científica, n. 23, p. 43-54. São Paulo, 1992.

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 de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**, v 29 (1/2), p. 1 – 18. São Paulo, 2008.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M. G.; CANTARINO, S. C. **Atlas Geoambiental da Região Metropolitana de Curitiba: subsídio ao planejamento Territorial**. São Paulo: CPRM, 48 p., 1998.

THEODOROVICZ, A.; THEODOROVICZ, A. M. G.; CANTARINO, S. C. **Atlas geoambiental das Bacias Hidrográficas dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo-SP: subsídios para o planejamento territorial e gestão ambiental**. São Paulo: CPRM; Secretaria de Estado do Meio Ambiente de São Paulo, 77 p. 2000.

THOMAS, W. L. *Introductory. Annals of the Association of American Geographers*. Oxford: Taylor & Francis, Ltd. v. 49, n. 3. p. 1 – 7, 1959.

TILDEN, F. *Interpreting our Heritage*. 3. ed. Chapel Hill (EUA): University of North Carolina Press. xix, 119 p., 1977.

TINÓS, T. M. **Mapeamento geológico-geotécnico a partir de metodologia de análise integrada: ensaio de aplicação no município de Poços de Caldas - MG**. Dissertação de mestrado (Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

TINÓS; T. M.; FERREIRA, M. V.; RODRIGUES, F. H; ZAINÉ, J. E.; RIEDEL, P. S. Avaliação e Recomendação de Produtos Derivados do SRTM em Procedimentos de Reconhecimento e Caracterização Inicial do Terreno. In. 14º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2013, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ABGE, 2013.

TINÓS; T. M.; FERREIRA, M. V.; ZAINÉ, J. E.; RIEDEL, P. S. Técnicas de Visualização de Modelos Digitais de Elevação para o Reconhecimento de Elementos de Análise do Relevo. **Geociências**. Rio Claro, v.33, n2, p. 202 – 2015. 2014.

TOMBA C. L. B.; SATO, E. N. Campo de Esforços Controlador do Enxame de Diques Máficos e Ultramáficos da Ilha de São Sebastião, SP. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 43., 3 a 8 de setembro de 2006, Aracaju (SE). **Anais...** Aracaju: SBG, 2006.

TOMBAC. L. B. **Análise Estrutural dos Enxames de Diques Máficos Eocretáceos do Sul-Sudeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado (Geoquímica e Geotecnônica) – Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, São Paulo. 133 p., 2012.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, 1975.

TWIDALE, C. R. *The two-stage concept of landform and landscape development involving etching: Origin, development and implications of an idea. Earth-Science Reviews*, v. 57, 1-2, p. 37–74, 2002.

UNEP-WCMC. **Protected Planet**. 2017. Apresenta *Global Statistics from the World Database on Protected Areas (WDPA)*. Disponível em: <<https://www.protectedplanet.net/>>. Acesso em: 25 ago 2017.

UNEP-WCMC; IUCN (Ed.). **Protected Planet Report 2016: How protected areas contribute to achieving global targets for biodiversity**. Cambridge, Gland (Suíça), 2016. Disponível em: <<https://www.protectedplanet.net/c/protected-planet-report-2016>>. Acesso em: 25 ago 2017.

VALLE, V. A. S. **Diques mesozoicos básicos e intermediários como condicionantes do relevo na porção noroeste da Ilha de São Sebastião – SP**. Trabalho de Formatura (Geologia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016.

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

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

VEDOVELLO, R. Uso da Cartografia Geotécnica na Elaboração de Planos de Manejo de Unidades de Conservação no Litoral de São Paulo. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, 10 Outro Preto, MG, 25 a 28 de agosto de 2002. **Anais...** São Paulo, SP: ABGE, 1 CD-ROM. 2002.

VEDOVELLO, R (relator). Aplicações da Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, Mesa Redonda, Tema 6, 2004. São Carlos, SP, In: PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. (ed.) **Conhecimento do Meio Físico: Base para a Sustentabilidade**. São Carlos, SP: Suprema Gráfica Editora Ltda., p. 337 – 342, 2004.

VEDOVELLO R. Análise comparativa da técnica de compartimentação fisiográfica de terrenos, por sensoriamento remoto e com a obtenção de unidades básicas de compartimentação fisiográfica de compartimentação (UBCs), em três diferentes regiões do estado de São Paulo. Ipojuca, PE. In: 12º CBGE – Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, Ipojuca, PE, 23 a 27 de novembro de 2008. **Anais...**, 2008. CD-ROM.

VENEZIANI, P.; ANJOS. C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982. Disponível em: <[http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.19.09.07/doc/publicacao\\_.pdf](http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1912/2005/07.19.09.07/doc/publicacao_.pdf)>. Acesso em: 11 out 2017.

WARREN, A.; FRENCH, J. R. **Habitat conservation: Managing the physical environment**. Chichester, New York: Wiley, 2001.

WERNICK, E. **Rochas magmáticas: Conceitos fundamentais e classificação modal, química, termodinâmica e tectônica**. São Paulo: Editora UNESP, 655 p., 2004.

WOLF, E. R. *General and Theoretical: Man's Role in Changing the Face of the Earth*. (William L. Thomas, Jr). **American Anthropologist**, v. 59, n. 6, p. 1089 –1091, 1957. Disponível em: <<http://anthrosource.onlinelibrary.wiley.com/hub/issue/10.1111/aman.1957.59.issue-6/>>. Acesso em: 13 de setembro de 2017.

WORBOYS, G.; LOCKWOOD, M.; KOTHARI, A.; FEARY, S.; PULSFORD, I. **Protected area governance and management**. Canberra: ANU Press, 2015.

YARHAM, R. **How to Read the Landscape: A crash course in interpreting the great outdoors**. Londres: Herbert Press, 4 ed. 2015.

YONG, R. N.; MULLIGAN, C. N.; FUKUE, M. **Sustainable practices in geoenvironmental engineering**. Londres: CRC Press, 2 ed., 2014. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=eGVOBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Sustainable+Practices+in+Geoenvironmental+Engineering&ots=LUotryFMzB&sig=gg1OTmYiz6OG8kf4gyki2NDvT2w#v=onepage&q&f=true>>. Acesso em: 26 agosto de 2017.

ZAINE, J. E. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaios de aplicação na área urbana do Município de Rio Claro (SP)**. Tese de doutorado (Geociências e Meio Ambiente) – 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 de livre-docência – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.

ZEKŤSER, I. S.; MARKER, B. **Geology and ecosystems**. Nova York: Springer, 392 p., 2006.

ZHANG, Y.; LU, W.; GUO, J.; ZHAO, H.; YANG, Q.; CHEN, M. *Geo-environmental impact assessment and management information system for the mining area, Northeast China*. **Environmental Earth Sciences**, v. 74, n. 10, p. 7173–7185, 2015.

ZUQUETTE, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras**. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1987.

ZUQUETTE, Lázaro Valentim. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico: fundamentos e guia para elaboração**. Tese de Livre Docência. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1993.

ZUQUETTE, L. V. Um Breve Relato sobre a Geologia de Engenharia. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia**. v. 1, edição especial, p. 41 – 55, 2011.

ZUQUETTE, L. V. Cartografia Geotécnica e Geoambiental e as Novas Perspectivas para o Planejamento Territorial, In: Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, 9. Cuiabá, MT: Universidade Federal do Mato Grosso, 22 a 25 de março de 2015. **Anais...** Cuiabá, MT: ABGE, 1 CD-ROM. 2015.

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

ZUQUETTE, L.V. & NAKAZAWA, V.A. Cartas de Geologia de Engenharia. In: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. cap. 17, p.283-300. São Paulo: ABGE, 1998.

### APÊNDICE A – Tabela descritiva dos pontos de campo

22 a 25 de fev. e 12 a 15 de maio de 2016								
Ponto	X	Y	Data	Toponímia	Tipo de Afloramento	Litologia	Fraturas	Foliação
1	463309	7364149	22.02.2016	Pq Municipal das Cachoeiras	Paredão de cachoeira e blocos	Gnaiss porfirítico		
2	463032	7364007	22.02.2016	Captação/Pq das Cachoeiras	Lajeado/leito de drenagem	Gnaiss porfirítico e diques indefinidos	320/65 (dique)	320/65
3	463028	7363880	22.02.2016	Pq das Cachoeiras (ponto da cobra coral)	Lajeado/leito de drenagem	Gnaiss porfirítico		
4	463641	7363103	22.02.2016	Poço da Escada	Lajeado/leito de drenagem	Gnaiss porfirítico e diques indefinidos	045/90, 320/75 (dique)	
5	463030	7368921	23.02.2016	SP-131 - Pequeá	Corte de estrada	Gnaiss porfirítico	Família: 180/73, 175/70, 167/73, 177/76, 170/85	310/60, 304/67
6	463459	7370121	23.02.2016	SP-131 - Centro	Blocos na praia	Alkali feldspato sienito		
7	464181	7371391	23.02.2016	SP-131 - Mirante Praia dos Barreiros	Corte de estrada	Gnaiss e dique indefinido	130/70 (dique)	310/74
8	464213	7372475	23.02.2016	Praia do Viana	Blocos na praia	Alkali feldspato sienito		
9	466424	7372465	23.02.2016	Cachoeira da Friagem	Paredão de cachoeira	Alkali feldspato sienito	330/86	
10	465528	7372368	23.02.2016	Início Trilha Cachoeira da Friagem	Blocos e lajeados alterados	Gnaiss		320/64
11	465433	7372342	23.02.2016	Antes do início da Trilha da Friagem	Bloco rolado	Alkali feldspato sienito		
12	465103	7372435	23.02.2016	Alameda dos Pássaros - Sirúba	Blocos rochosos	Alkali feldspato sienito		
13	464454	7373808	23.02.2016	Praia do Sino	Blocos na praia	Nefelina monzogabro/monzodiorito		
14	464584	7374057	23.02.2016	SP-131 - Ponta Azeda	Corte de estrada	Gnaiss		340/60
15	466633	7376350	23.02.2016	SP-131 - Pacuíba	Corte de estrada	Gnaiss		310/65
16	467649	7376032	23.02.2016	Praia do Pacuíba	Blocos na praia	Gabros, piroxenitos		
17	463821	7367598	24.02.2016	Início Trilha do Baepi	Lajeado	Rocha porfirítica esverdeada	172/50	
18	464593	7367803	24.02.2016	Trilha do Baepi	Blocos	Gnaiss		
19	464947	7367922	24.02.2016	Trilha do Baepi	Blocos	Indefinida		
20	465625	7368161	24.02.2016	Trilha do Baepi	Blocos	Gnaiss		
21	465867	7368225	24.02.2016	Trilha do Baepi	Blocos	Gnaiss		
22	466015	7368317	24.02.2016	Trilha do Baepi	Blocos	Indefinida		

(continua)

23	466130	7368464	24.02.2016	Trilha do Baepi	Blocos	Alkali feldspato sienito		
24	466154	7368711	24.02.2016	Pico do Baepi	Lajeado	Alkali feldspato sienito c/ quartzo		
25	469483	7375261	25.02.2016	Saco de Furnas	Blocos e lajeado	Indefinida	320/20 (veios pegmatíticos)	
26	472702	7374204	25.02.2016	Praia da Fome	Blocos e lajeado	Sienito		
27	473259	7371788	25.02.2016	Córrego do Poço	Blocos e lajeado	Sienito	250/90	
28	472766	7371821	25.02.2016	Córrego do Poço	Blocos e lajeado	Sienito	250/90	
29	472690	7371820	25.02.2016	Córrego do Poço	Blocos	Sienito		
30	473729	7372133	25.02.2016	Praia do Poço	Blocos na praia	Sienito	NE (dique)	
31	475792	7371248	26.02.2016	Entre Praia do Poço e Praia da Serraria	Blocos e lajeado	Possível sienito e dique indefinido	315/85 (dique)	
32	476143	7370606	26.02.2016	Entre Praia do Poço e Praia da Serraria	Blocos	Possível sienito e dique indefinido		
33	476308	7369605	26.02.2016	Entre Praia do Poço e Praia da Serraria	Blocos e lajeado	Possível sienito e dique indefinido	315/85 (dique)	
34	475307	7366716	26.02.2016	Praia da Serraria	Blocos e lajeado	Gnaiss e dique indefinido	145/80 (dique); 192/87 (família); 035/41 (família)	NE
35	474782	7365056	26.02.2016	Praia da Caveira	Blocos e lajeado	Gnaiss e sienito		
36	475796	7364400	26.02.2016	Entre Praia da Caveira e Praia do Eustáquio	Lajeado	Possível gnaiss e dique indefinido	NE (dique)	
37	471490	7362996	26.02.2016	Praia do Gato	Blocos	Possível gnaiss e dique indefinido	NE (dique)	
38	470665	7363743	26.02.2016	Cachoeira do Gato	Lajeado e blocos	Possível sienito e dique indefinido	140/90 (dique)	
39	475141	7363809	26.02.2016	Praia do Eustáquio	Lajeado e blocos	Gnaiss porfirítico		
40	461599	7365755	12.05.2016	Ponta da balsa	Corte de estrada e lajeado de costa	Gnaiss e dique porfirítico esverdeado	NE (dique)	
41	461143	7365240	12.05.2016	Dique na SP-131	Corte de estrada	Gnaiss e dique porfirítico esverdeado	NE (dique)	
42	461220	7365249	12.05.2016	Perfil de solo R. Barra Velha	Corte de estrada	Dique porfirítico esverdeado	NE (dique)	
43	461842	7365091	12.05.2016	Dique no fim da R. Sta Catarina	Blocos	Dique porfirítico esverdeado	NE (dique)	
44	462153	7365352	12.05.2016	Dique no fim da R. Amazonas	Blocos	Dique porfirítico esverdeado	NE (dique)	
45	463744	7369185	12.05.2016	Blocos na crista do Bairro Engenho d'Água	Blocos e perfil de alteração	Gnaiss porfirítico e dique indefinido	310/40 (dique)	310/40,290/40

(continua)

46	464227	7368813	12.05.2016	Trilha Engenho d'Água	Blocos	Embasamento, alcalinas, diques		
47	464429	7368756	12.05.2016	Trilha Engenho d'Água	Blocos	Embasamento, alcalinas, diques		
48	464603	7368901	12.05.2016	Trilha Engenho d'Água	Blocos	Embasamento, alcalinas, diques		
49	469925	7375067	13.05.2016	Crista do Jabaquara	Blocos	Alkali feldspato sienito c/ quartzo		
50	470115	7375263	13.05.2016	Ponta do Jabaquara	Lajeado e blocos	Alkali feldspato sienito c/ quartzo+diques alcalinos	Diques: 230/80, 200/85, 190/80	
51	469442	7374308	13.05.2016	Drenagem do Jabaquara	Blocos	Alkali feldspato sienito c/ quartzo		
52	469345	7374155	13.05.2016	Drenagem do Jabaquara	Lajeado e blocos	Alkali feldspato sienito c/ quartzo	130/85	
53	467552	7375507	13.05.2016	Drenagem do Pacoíba	Blocos	Alcalina indefinida		
54	467456	7375369	13.05.2016	Drenagem do Pacoíba	Blocos	Alcalina indefinida		
55	465459	7375961	13.05.2016	Ponta de Canas	Blocos na costa e em solo próximo	Alcalina indefinida		
56	464475	7367390	14.05.2016	Trilha do Bananal	Blocos	Dique porfirítico esverdeado	NE (dique)	
57	464816	7367552	14.05.2016	Trilha do Bananal	Blocos	Gnaiss porfirítico e dique porfirítico esverdeado	NE (dique)	
58	465571	7367718	14.05.2016	Trilha paralela à cachoeira	Blocos	Gnaiss porfirítico+nord markito		
59	465942	7367737	14.05.2016	Ponto mais alto da trilha paralela à cachoeira	Blocos	Gnaiss porfirítico		
60	466008	7367548	14.05.2016	Trilha que desce até drenagem do Bananal	Blocos	Alcalina indefinida		
61	466191	7367612	14.05.2016	Drenagem do Bananal ponto mais alto	Lajeado e blocos	Gnaiss porfirítico	140/70	
62	465819	7367425	14.05.2016	Dique definindo drenagem do Bananal	Leito de drenagem	Dique indefinido+gnaiss porfirítico	136/90 (dique); fraturas no dique: 210/90, 136/90, 312/90	
63	465648	7367405	14.05.2016	Cachoeira do Bananal	Lajeado	Gnaiss porfirítico+diques indefinidos	297/65 (diques)	297/65
64	464230	7371443	14.05.2016	Mirante do late Club	Corte de estrada	Embasamento indefinido+diques porfiríticos esverdeados	126/60 (diques & fraturas)	126/60

(continua)

65	467027	7362006	15.05.2016	Cachoeira na Estrada dos Castelhanos	Lajeado de cachoeira	Dique porfírico esverdeado	fraturas no dique: 40/85, 32/85	
66	466576	7362839	15.05.2016	Crista na Estrada dos Castelhanos	Corte de estrada+blocos	Dique porfírico esverdeado	NE (dique)	
67	466437	7362888	15.05.2016	Alcalina próxima à crista dos Castelhanos	Corte de estrada	Alcalina indefinida		

**Levantamento fotográfico em embarcação (24 fevereiro de 2016)**

Ponto	coordx	coordy	Tipo	Descrição
1	462759	7369302	Panorâmica	Pico do Baepi e relevo adjacente
2	462775	7369477	Panorâmica	Baepi/matacões do possível dique anelar no Canta Galo/Afloramento dique retilíneo no hotel Itapema
3	462726	7369925	Panorâmica	Baepi/Canta Galo/Morro Alinhado de Sta Tereza em Dique Retilíneo/Afloramento do Stock
4	462977	7370445	Panorâmica	Baepi/Canta Galo/Morro de Sta Tereza - RELEVO DAS UNIDADES!!
5	463140	7371496	Panorâmica	Morro de Sta Tereza (crista alinhada) e afloramento - diques paralelos subverticais NE
6	463340	7371734	Panorâmica	Sta Tereza/mirante Yatch Club/Praia Barreiro/stock alcalino (possível falha condicionando limite das unidades)
7	463476	7371909	Panorâmica	Relevo de morros alinhados Siriúba/montanhas stock alcalino/possível falha na Cachoeira da Friagem NE
8	463559	7372197	Panorâmica	Relevo de morros alinhados Siriúba/montanhas stock alcalino
9	463670	7372864	Panorâmica	Morros residuais Siriúba com topos em diques anelares
10	463940	7374356	Panorâmica	Montanhas alcalinas/morros sustentados por diques em costas inferiores indicando escalonamento por falhas 2
11	464031	7374636	Panorâmica	Relevo de morros em rochas gnáissicas e cristas sustentadas por rochas alcalinas
12	464116	7374776	Panorâmica	Ponta das Canas com encostas apresentando quebras positivas associadas aos diques anelares deste stock
13	464228	7374985	Panorâmica	Relevo/armação/encosta retilínea-convexa e Ponta das Canas/Stock das Canas
14	464320	7375241	Panorâmica	Relevo de morros em gnáissicas e topos sustentados por diques anelares próximos a costa/topo rochoso
15	464399	7375435	Panorâmica	Relevo/armação/Praia do Pinto
16	464520	7375580	Panorâmica	Relevo/armação/Praia do Pinto/Stock das Canas e da Serraria
17	464685	7375706	Panorâmica	Armação/Ponta das Canas/Stock das Canas/Stock da Serraria - relevo das unidades!!
18	464713	7375952	Panorâmica	Stock das Canas e relevo adjacente
19	465334	7376479	Panorâmica	Relevo/encostas retilíneas/topo sustentado por possível dique anelar
20	465693	7376883	Panorâmica	Relevo/topo sustentado por possível dique anelar/pico do Stock das Canas
21	466101	7376986	Panorâmica	Relevo/topo sustentado por possível dique anelar/pico do Stock das Canas
22	466669	7376914	Local/ Afloramento	Costão gnáissico/relevo local/morro sustentado possivelmente por rocha alcalina
23	467215	7376766	Panorâmica/ Afloramento	Costão gnáissico/costeira possivelmente alcalina/cristas alinhadas Stock da Serraria
24	467538	7376728	Panorâmica/ Afloramento	Costão gnáissico/costeira possivelmente alcalina/cristas alinhadas Stock da Serraria

(continua)



25	467732	7376727	Panorâmica	Cristas alinhadas Stock da Serraria
26	468162	7376593	Panorâmica	Praia da Pacuíba/Stock das Canas/cristas sustentadas pelo diques no Stock da Serraria - relevo das unidades!!
27	468618	7376467	Panorâmica	Cristas alinhadas/paralelas/Stock da Serraria
28	468849	7376287	Panorâmica	Cristas alinhadas/paralelas/Stock da Serraria
29	469419	7375762	Local	Costeira blocos alcalinos/possível laje dique anelar/Stock da Serraria
30	469608	7375472	Local	Costeira blocos alcalinos/saco de furnas
31	471016	7375225	Local/ Afloramento	Costeira com blocos de um possível dique ou provável fratura/falha
32	471567	7375235	Local/ Afloramento	Rochas do stock (afloramento) e diques ou fraturas (blocos orientados retilineamente fotointerpretados)
33	471783	7375224	Local/ Afloramento	Costão rochoso expondo afloramento rochoso de rochas possivelmente do stock
34	472070	7375177	Local/ Afloramento	Descontinuidade (fratura/falha) ou possível contato entre dique retilíneo e stock alcalino
35	472234	7375062	Local/ Afloramento	Costeira com blocos/diques ou descontinuidade (foto 46)
36	472440	7374820	Local/ Afloramento	Fraturas verticais subparalelas e cristas formando pontões rochosos
37	472631	7374768	Local/ Afloramento	Fratura vertical direção
38	472846	7374504	Local/ Afloramento	Costão com afloramento de rochas fraturadas paralelas (ou acamadadas) de mergulho ~45° direção NE
39	472293	7374908	Local/ Afloramento	Afloramento e blocos na linha de costa e meia encosta/orientação do possível dique anelar
40	473140	7374468	Local/ Afloramento	Costão rochoso/blocos rochosos orientados associados à possível fratura /topo arredondado
41	473240	7374458	Panorâmica/ Afloramento	Costão rochoso/blocos rochosos/topos montanhosos de possíveis diques anelares
42	473373	7374450	Local/ Afloramento	Costão rochoso/rochas muito fraturada/vertical
43	473463	7374328	Local/ Afloramento	Costão rochoso/blocos rochosos/topos montanhosos de possíveis diques anelares
44	473514	7374157	Panorâmica/ Afloramento	Costão rochoso/blocos rochosos/topos montanhosos de possíveis diques anelares
45	473739	7373817	Local/ Afloramento	Costeira com blocos orientados/diques ou descontinuidade(foto 46)
46	473941	7373678	Panorâmica/ Afloramento	Costão rochoso com diques escuros/Morro do Eixo/panorâmica da Bacia do Poço
47	474035	7373545	Local/ Afloramento	Costão com diques (não influenciando o relevo) e fraturas associadas às cristas alinhadas
48	473999	7373229	Local/ Afloramento	Costão com rochas estruturadas verticalmente muito fraturadas/possíveis falhas NE com escalonamento de blocos
49	474068	7373468	Local/ Afloramento	Costão com diques com descontinuidades falhas ou xenólitos (foto 81) rocha com aspecto de acamamento
50	473984	7373338	Local/ Afloramento	Costão rochoso
51	474070	7373099	Panorâmica	Cristas dos diques anelares interceptados por falhas (foto 84)
52	473699	7372734	Local/ Afloramento	Costão rochoso pouco fraturado e blocos de possível dique anelar/topo rochoso de dique anelar junto à costa
53	473769	7372853	Panorâmica/ Afloramento	Costão rochoso pouco fraturado e blocos de possível dique anelar/crista do dique anelar/topo rochoso
54	473567	7372739	Local/ Afloramento	Costão rochoso com dique (foto 90) e fratura/falha possivelmente com a mesma atitude
55	473558	7372785	Afloramento	Costão rochoso com dique de coloração negra com mergulho aparentemente vertical
56	473542	7372719	Afloramento	Descontinuidade dos diques passível de interpretação como falha

(continua)

57	473581	7372691	Local/ Afloramento	Costão rochoso com dique de coloração negra com mergulho aparentemente horizontal
58	473541	7372700	Local/ Afloramento	Costão rochoso com dique de coloração negra com mergulho aparentemente horizontal
59	473534	7372675	Afloramento	Descontinuidade em dique (fotos 96, 97) passível de interpretação como falha
60	472858	7374173	Local/ Afloramento	Costão com direção no (fotointerpretação) apresentando rochas com aspecto de acamamento (foto 65)
61	473743	7372585	Afloramento	Costeira com blocos associados ao dique anelar alterado/topo rochoso próximo à superfície na Praia do Poço
62	473866	7372479	Panorâmica	Bacia do Ribeirão do Poço com divisores de água formado pelos diques anelar/topos agudos/lajedos/cristas alinhadas
63	473915	7372397	Local	Encosta com matações e afloramentos/costão rochoso/topo rochoso próximo à superfície/dique anelar
64	473973	7372288	Panorâmica	Bacia do Ribeirão do Poço (foto 108) / blocos rochosos do suposto dique anelar alterado
65	473991	7372191	Panorâmica/ Local	Dique anelar (topo anguloso) e cristas sustentadas por dique retilíneos sub paralelos/NE
<b>Levantamento fotográfico em embarcação (25 fevereiro de 2016)</b>				
Pon- to	coodx	coordy	Tipo	Descrição
66	475087	7372353	Panorâmica/ Afloramento	Costão rochoso e costeira separados por fraturas/cristas e encostas dos diques anelares com afloramentos e blocos
67	475069	7372164	Local/ Afloramento	Costão/possível dique anelar/dique retilíneo (cinza escuro) encaixado em falha ou fratura
68	475197	7372091	Afloramento	Costão/fraturas e diques subverticais e xenólitos/rochas alteradas semelhantes à Siriúba/Garapocaiá/Jabaquara
69	475239	7372051	Afloramento	Costão com fraturas e diques subverticais (fraturados cinza claro) e xenólitos (cinza escuro/negro)
70	475401	7371851	Afloramento	Costão com fraturamentos verticais paralelos espaçados (~10 m) diques concordantes/descontinuidades (falhas)
71	475730	7371620	Panorâmica/ Afloramento	Laje (possivelmente correlata aos blocos do Poço)/picos dediques anelares truncados por diques retilíneos/falh
72	475855	7371378	Local/ Afloramento	Costão fraturado (foto 20) e blocos com orientação levemente concordante/possível topo de dique anelar
73	475858	7371327	Local/ Afloramento	Costão rochoso associado à possível dique anelar remanescente com afloramento e blocos no topo
74	475838	7371243	Afloramento	Dique 85/315 (cinza escuro ~4 m de espessura) seccionando Costão rochoso
75	476209	7370588	Local/ Afloramento	Costeira com blocos rochosos do stock e possivelmente de diques retilíneos
76	476153	7370618	Afloramento	Costeira com blocos de possível dique (cinza escuro) e rocha encaixante (cinza claro)
77	476328	7370643	Local/ Afloramento	Costão fraturado/rochas alteradas (Siriúba.)/dique retilíneo espesso (~15 m) concordante às descontinuidades
78	476450	7370652	Panorâmica/ Afloramento	Costeira/blocos stock (siriúba)/diques (cinza escuros/fraturados) (foto 36)
79	476615	7370640	Panorâmica/ Afloramento	Pico de possível dique retilíneo alinhado com dique aflorante na Costeira (fotos 36, 37)
80	476725	7370524	Afloramento	Costeira de blocos de rochas alcalinas
81	476726	7370364	Afloramento	Costeira de blocos de rochas alcalinas
82	476579	7370161	Afloramento	Costeira de blocos de rochas alcalinas
83	476542	7370066	Panorâmica	Pico de possível dique retilíneo e picos mais altos de dique anelar
84	476304	7369978	Local/ Afloramento	Costeira com blocos cinza escuros e meia encosta com blocos cinza claro (provavelmente dique e rochas do stock)
85	476193	7369914	Local/ Afloramento	Costeira com blocos cinza escuros e meia encosta com blocos cinza claro (provavelmente dique e rochas do stock)

(continua)

86	476322	7369743	Local/ Afloramento	Blocos possivelmente de um dique retilíneo (fotointerpretação)/costão fraturado rochas do stock
87	476376	7369730	Local/ Afloramento	Costão fraturado rochas do stock/grande dique retilíneo seccionando as rochas do stock
88	476448	7369657	Local/ Afloramento	Costão fraturado rochas do stock/grande dique retilíneo seccionando as rochas do stock
89	476465	7369595	Local/ Afloramento	Costão (fotos 45, 47) com estruturação subvertical ne/costeira com blocos (foto 45) outro costão com mesma altitude
90	476324	7369649	Afloramento	Dique subvertical ne fraturado intrudido em rocha do stock (~17 m de espessura)
91	476291	7369613	Afloramento	Pequeno dique (~0,25 m de espessura) indicando falhamentos paralelos subhorizontais direção NO
92	476322	7369396	Local/ Afloramento	Costão rochas do stock fraturadas e falhadas e dique retilíneo na mesma estruturação
93	476307	7369303	Local/ Afloramento	Intercalação stock/dique-relação diques anelares/diques retilíneos falhamentos-morfologia da costa na unidade
94	476127	7368845	Local/ Afloramento	Costeira com blocos orientação residual ne concordando com a linha de costa/encostas
95	476114	7368738	Local/ Afloramento	Blocos menores (Siriúba...)
96	476045	7368602	Local/ Afloramento	Encosta orientada com rocha alcalina aflorante (dique anelar)/costeira com intercalação de blocos (fotos 58,59)
97	476058	7368551	Local/ Afloramento	Encosta orientada (foto 59) /laje da prainha/blocos alcalinos (Siriúba)/superfície aplainada/dique anelar
98	476043	7368475	Panorâmica/ Afloramento	Blocos (foto 60) e possivelmente afloramentos de rochas alcalinas/montanhas do stock/topos rochosos e angulosos
99	476078	7367971	Panorâmica/ Afloramento	Blocos submersos (Perce da Pirajica) /montanhas com picos e cristas alinhadas paralelas dos diques anelares
100	475917	7367604	Afloramento	Costeira com blocos do dique retilíneo e possivelmente do stock e com orientação NE (fotointerpretação)
101	475803	7367567	Afloramento	Costão com dique retilíneo cinza escuro associado à orientação ne da costa
102	475415	7366882	Afloramento	Costeira com dique cinza escuro e rochas possivelmente alcalinas
103	475406	7366767	Local/ Afloramento	Praia da Serraria com rochas alcalinas aflorantes costão rochoso formado por dique cinza escuro
104	475427	7366737	Panorâmica	Morro alinhado com solo exposto sob processo erosivo e topo rochoso profundo (unidade de domínio gnáissico)
105	475574	7366730	Panorâmica	Montanhas com picos e cristas alinhadas/morros alinhados com encostas convexas - relevo das unidades
106	475649	7366742	Local/ Afloramento	Costão com dique muito fraturados cinza/morro com solo exposto em alta encosta (vermelho claro)
107	475952	7366810	Local/ Afloramento	Costão com dique muito fraturados cinza e rochas gnáissicas
108	475919	7366666	Local/ Afloramento	Costão com dique muito fraturados cinza e rochas gnáissicas
109	475963	7366469	Local/ Afloramento	Costão de gnaiss muito fraturado/possível dique/relevo com topo rochoso/matações em meia encosta
110	475876	7366041	Local/ Afloramento	Costão de gnaiss muito fraturado/possível dique/relevo com topo rochoso/laje em meia encosta
111	475731	7365694	Local/ Afloramento	Costão de gnaiss pouco fraturado
112	475673	7365618	Afloramento	Costão de gnaiss pouco fraturado/dique cinza escuro sub vertical NE (~5 m de espessura) (foto 136)
113	475082	7365281	Panorâmica/ Afloramento	Costão com dique NE/ dique anelar com encosta subvertical com afloramento e crista alinhada
114	474920	7365163	Panorâmica	Dique anelar com encosta subvertical com afloramento e crista alinhada (fotos 139-143)
115	475134	7364958	Local/ Afloramento	Costão gnáissico/diques (cinza escuro) ~ 0,4 m/dique ~24 m muito fraturado-blocos/estruturação subverticais
116	475285	7364672	Local/ Afloramento	Praia da Quãxuma/Costão gnáissico-ne/blocos de litologia indefinível (diques?) morros de crista alinhada

(continua)

117	475492	7364645	Panorâmica	Montanhas do setor leste do maciço alcalino (picos cristas e paredes) /morros gnáissicos alinhados subparalelo
118	475830	7364410	Afloramento	Costão gnáissico/diques fraturados cinza escuro(~4e20m) subverticais estruturação concordante (foto157-159)
119	475832	7364279	Afloramento	Costão gnáissico/dique cinza escuro estruturação concordante ne (foto 157-161)
120	475514	7363704	Local	Prainha do Eustáquio/lajes de rochas gnáissicas e blocos de possíveis diques
121	476371	7364013	Afloramento	Costão gnáissico/dique sub vertical cinza escuro ~2 m espessura/grande dique-blocos escuros/zona de fraqueza
122	476644	7363959	Afloramento	Costão gnáissico/blocos cinza escuro de diques espessos (40-80 m) ~definindo zonas de fraqueza/reentrâncias
123	476834	7363965	Afloramento	Costão gnáissico/dique sub vertical cinza escuro ~2 m/dique espesso ~25 m muito fraturado
124	476953	7363930	Afloramento	Dique espesso ~25 m muito fraturado com dique cinza escuros intrudidos de ~3,5 m descontínuos indicando falhas
125	476988	7363869	Afloramento	Costão gnaisse e dique/dique espesso (foto 164-167) concordantes com estruturação direção NE/mergulho aparente
126	476983	7363813	Afloramento	Costão gnaisse e dique falhado/dique espesso-falhado/deslocado (lado oposto a foto 168/fotointerpretação)
127	476881	7363686	Local/ Afloramento	Costão gnaisse/fraturas e diques-definem morfologia retilínea (paralelismo) da costa/queda de blocos rochosos
128	476418	7363277	Local/ Afloramento	Costão muito fraturado e meia encosta com matações de dique alcalinos e rochas gnáissicas
129	476124	7363162	Local/ Afloramento	Costão gnáissico com fraturas e diques espessos-definem morfologia retilínea/escalonada da costa
130	475867	7363087	Afloramento	Costão gnáissico fraturado e grande dique muito fraturado/queda de blocos rochosos
131	475481	7363228	Local/ Afloramento	Costão gnáissico e dique muito fraturado/costeira com blocos gnáissicos e diques
132	475368	7363293	Local/ Afloramento	Costeira blocos gnáissicos e dique/formação de sulcos/erosão pluvial (alteração in loco-Sirúba)
133	475031	7363603	Local/ Afloramento	Costão gnaisse muito fraturado (quedas) com diques concordantes e transversal (descontínuo) possível zona falhada
134	474580	7363591	Local/ Afloramento	Cicatriz em encosta de queda de blocos gnaisse e diques/condicionantes estruturais/costeira associada
135	473235	7363651	Local/ Afloramento	Costão rochoso possivelmente associado a dique anelar/alteração semelhante a Siriúba e fotointerpretação
136	472924	7363413	Local/ Afloramento	Laje preta/superfície associada às descontinuidades do dique anelar (foto 178)
137	472808	7363424	Local/ Afloramento	Laje preta/possivelmente com blocos de rochas alcalinas e gnáissicas (fotos 178, 179)
138	472111	7363413	Local/ Afloramento	Costão rochoso fraturado de coloração cinza escuro de dique retilíneo
139	472058	7363341	Local/ Afloramento	Dique retilíneo (foto 181) com blocos possivelmente de gnaisses
140	471521	7362940	Local	Praia do Gato (fotos 184, 185) com blocos sub-aflorantes de rocha alcalinas (semelhantes à Pacuíba/Poço/Serraria)
141	471523	7362762	Local/ Afloramento	Costeira com blocos de possível dique retilíneo (cinza escuro) e embasamento cinza claro
142	471513	7362680	Local/ Afloramento	Costeira (foto 186) associada à possível pequena laje semelhante às demais localizadas na costa lesta
143	471409	7362372	Local/ Afloramento	Costeira e terreno adjacente (topo rochoso) possivelmente associados à superfície remanescente/dique anelar

(continua)

144	471295	7362288	Panorâmica/ Afloramento	Cristas-dique anelar/costão-dique retilíneo/costeira-dique anelar remanescente - relevo das unidades!
145	471226	7362257	Panorâmica	Picos-diques anelares-stock/morros altos-cristas alinhadas/baixos-encostas convexas-perfil de solo espesso
<b>Levantamento fotográfico em embarcação (24 fevereiro de 2016)</b>				
Pontos	coordx	coordy	Foto	Descrição
CAPARM2	465203	7374603	533 - 541	Rochas alcalinas e diques
CAPENG1	465123	7368478	322-330	Blocos angulosos/escuros alcalina colúvio avermelhado
CAPENG3	464391	7368757	343-348	Erosão fluvial, blocos angulosos/textura lisa alcalina
CAPFUR2	468686	7374839	396-397	Drenagem em blocos rochosos (alcalina/dique?)
CAPFUR3	468678	7374832	398-399	Blocos rochosos (alcalina/dique?)
CAPFUR4	468662	7374821	400-405	Afloramento de rocha alcalina laje com saltos
CAPFUR5	468651	7374817	406-408	Rochas alcalinas e blocos arredondados (gnaiss?)
CAPFUR6	468602	7374777	419-422	Areia grossa, blocos rochas claras arredondados(?)
CAPGPK10	464655	7364635	267-268	Blocos angulosos/arredondados, textura granular/lisa (gnaiss?)
CAPGPK11	464667	7364663	269-272	Blocos angulosos/ arredondados, textura granular/lisa (gnaiss?)
CAPGPK2	464595	7364533	198-203	Blocos angulosos/arredondados, textura granular/lisa, gnaiss/alcalina
CAPGPK3	464594	7364515	204-207	Blocos angulosos/arredondados, textura granular/lisa, gnaiss/alcalina
CAPGPK4	464657	7364243	210-215	Blocos angulosos/arredondados textura granular, dique/alcalina?
CAPGPK5	464682	7364156	219-224	Afloramento textura granular clara
CAPGPK8	464743	7364565	338-347	Afloramento rocha clara/textura lisa, quebra negativa
CAPGPK9	464660	7364601	253-257	Blocos angulosos/arredondados, textura granular, minerais orientados, gnaiss?
CAPJAB1	470495	7374094	349-356	Drenagem encaixada em fratura/dique
CAPJAB2	470494	7374000	361 - 365	Deposito arenoso fraturas/dique gnaiss (?)
CAPJAB3	469499	7374364	367-372	Blocos soltos gnaiss (?), erosão fluvial
CAPJAB4	469437	7374329	373 - 387	Drenagem sob blocos rochosos deposito arenoso
CAPMIN1	463615	7367740	306-321	Rocha com minerais orientados, blocos angulosos/claros
CAPPAC1	467575	7375508	425-431	Blocos arredondados/angulosos, claras/escuras
CAPPAC2	467542	7375437	432-445	Blocos angulosos/escuros, rocha alcalina/dique?
CAPPAC3	467534	7375444	438-445	Blocos angulosos claras/escuras, alcalina/dique?
CAPPAC4	467603	7375648	468-473	Deposito argiloso blocos angulosos, claras
CAPSIR1	465403	7372195	523-527	Erosão fluvial, blocos arredondados, gnaisses (?)
CAPSIR2	465376	7372180	528-531	Deposito arenoso, blocos arredondados, gnaisses (?)
CAPSSP1	464563	7370238	474 - 481	Blocos semiangulosos claros granular/liso (??)
CAPSSP2	464584	7370236	482 - 486	Blocos angulosos escura/claro, diques/alcalinas?
CAPSSP3	464960	7370187	492-495	Erosão fluvial/deposito arenoso/blocos angulosos/escuro/claro
CAPSSP4	464987	7370185	499-502	Deposito arenoso blocos semiangulosos/claro, gnaiss?
CAPSSP5	465033	7370232	503-508	Deposito arenoso blocos claro/semiangular, orientação mineralógica
CAPSSP6	465141	7370194	509-512	Deposito arenoso/blocos claro/semiangular/ textura granular
CAPSSP7	464514	7370226	513-522	Erosão fluvial bloco claro/arredondados/textura granular/solo argiloso
CXENG1	464292	7368751	336	Afloramento de rocha alcalina laje
CAPGPK12	464885	7364396	225-230	Estrutura fratura/dique?

## APÊNDICE B – Síntese das descrições petrográficas macroscópicas e microscópicas

Pnts de campo / nº da amostra	Lâminas	Contexto Geológico	Litologia
IB-02a	x	Diques intrudidos nos granitoides	Dique máfico porfirídico fino
IB-02b	x	Diques intrudidos nos granitoides	Basalto porfirítico
IB-04a	x	Diques intrudidos nos granitoides	Basalto intergranular
IB-08a	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito (granulação grossa)
IB-08c	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito (granulação grossa)
IB-09a	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito (granulação grossa)
IB-09b	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito (granulação grossa)
IB-12	x	<i>Stock</i> Alcalino	Sienito
IB-13	x	<i>Stock</i> Alcalino	Rocha alcalina Indefinida
IB-17	x	Diques intrudidos nos granitoides	Andesito porfirítico
IB-24	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito com quartzo
IB-25	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito (granulação grossa)
IB-25a	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito com quartzo
IB-26	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito com quartzo
IB-27	x	<i>Stock</i> Alcalino	Sienito
IB-28	x	<i>Stock</i> Alcalino	Sienito
IB-30a	x	Diques finais	Sienito ou monzonito
IB-30b	x	<i>Stock</i> Alcalino	Rocha alcalina Indefinida
IB-30c	granulometria	Sedimentos fluviais	Rocha alcalina Indefinida
IB-34a	x	Pré-Cambriano	-
IB-34B	x	Diques intrudidos nos granitoides	Dique máfico fino
IB-34c	x	Pré-Cambriano	-
IB-38a	x	<i>Stock</i> Alcalino	Rocha alcalina Indefinida
IB-49	x	<i>Stock</i> Alcalino	Álcali feldspato Sienito (granulação grossa)
IB-50a	x	Diques finais	Quartzo sienito
IB-50c	x	Diques finais	Diorito ou monzodiorito
IB-53b	x	Intrusões Gábricas Estratiformes	-
IB-64a	x	Pré-Cambriano	-
IB-64b	x	Diques intrudidos nos granitoides	Dique máfico porfirídico fino
IB-67	x	Diques intrudidos nos granitoides	Dique máfico porfirídico grosso

### Amostra IB – 02A = Rocha Básica

Amostra de mão: rocha preta a cinza escuro, granulação muito fina com porfiroclastos brancos de até 1mm em uma matriz escura.

Petrografia: presença abundante de biotitas, opacos em uma massa alterada de plagioclásio+feldspatos (saussoritizados) e piroxênios lamelares.

Amostra IB – 08A = Sienito ou Alkali Feldspato Sienito

Amostra de mão: rocha cinza escura, granulação fina, equigranular, homogênea, sem orientação de minerais. Apresenta biotita, plagioclásio, hornblenda, feldspato.

Petrografia: biotita, plagioclásio dominante, ausência de quartzo e k-feldspato muito pouco presente.

Amostra IB – 08C = Alkali feldspato sienito ou sienito grosseiro (provavelmente a mesma rocha que a Amostra IB-08A, só que um pouco mais grosseira)

Amostra de mão: rocha de granulação grossa, branco amarelada, equigranular e sem orientação dos minerais. Apresenta plagioclásio, k-feldspato, biotita, anfibólio, e pouco quartzo.

Petrografia: hornblenda, biotita, k-feldspato, plagioclásio, pouco quartzo, rutilo.

Amostra IB – 09B = Alkali feldspato sienito

Granulação um pouco menor que a amostra IB-09A, em amostra de mão, com composição aparentemente semelhante quando olhado macroscopicamente.

Petrografia: hornblenda, biotita, plagioclásio, k-feldspato.

Amostra IB – 09A = Alkali feldspato sienito

Petrografia: biotita, hornblenda, piroxênios muito alterados, K-Feldspato, pouquinho de quartzo, plagioclásio.

Amostra IB – 12 = Sienito ou alcali feldspato sienito

Rocha branca acinzentada, com pintas de biotita espalhadas em uma matriz composta por plagioclásio e k-feldspato.

Petrografia: biotita, hornblenda (muito alteradas), olivina ou piroxênios, plagioclásio e K-Feldspato.

Apresenta grãos muito pequenos de plagioclásio/k-feldspato com difícil diferenciação, em meio a grãos maiores de plagioclásio.

#### Amostra IB – 13 = Monzonito ou monzodiorito

Rocha cinza clara, granulação média, equigranular, homogênea, sem orientação de minerais em amostra de mão. Apresenta plagioclásio, feldspatos, biotita, quartzo.

Petrografia: biotita, plagioclásio (em cristais maiores do que a matriz), k-feldspato, quartzo.

#### Amostra IB – 22 = Rocha alcalina/básica estirada

Rocha fina, apresenta uma porção central cinza envolta em uma porção amarelada, provavelmente alteração da porção central ou a porção central é um xenólito.

Essa massa amarelada está orientada, marcada por cristais de quartzo orientados, enquanto o núcleo apresenta uma menor orientação quando comparada com a da rocha envoltória. O contato entre essas duas porções é marcada por um agregado de minerais avermelhados, e parece apresentar uma faixa de 5mm de minerais não orientados (metamorfismo de contato?).

Petrografia: massa orientada de quartzo/plagioclásio estirada, com algumas biotitas muito alteradas.

#### Amostra IB – 23 = Sienito ou monzonito

Rocha de granulação média, cinza escura, semelhante a Amostra IB-08A, composta de uma massa de minerais homogêneos, equigranulares, de feldspato, plagioclásio, anfibólios e aparentemente sem quartzo.

Petrografia: biotita, piroxênio, olivina, plagioclásio, k-feldspato (muito pequenos e moídos, menores que os cristais de plagioclásio).

#### Amostra IB – 24 = Alkali feldspato sienito com quartzo

Amostra de mão: rocha cinza clara, granulação grossa, sem orientação preferencial dos minerais. Apresenta cristais de anfibólio, plagioclásio, pouco quartzo e feldspato potássico.

Petrografia: hornblenda, opacos como produto de alteração das hornblendas, alguns grãos de quartzo, plagioclásio, K-feldspato.



Amostra IB – 25 = Alkali feldspato sienito ou sienito

Rocha porfirítica, com fenocristais de plagioclásio/k-feldspato, com granulação média, em uma matriz composta também por plagioclásio, feldspato, biotita/anfibólios, com alguns grãos de quartzo.

Petrografia: bastante biotita, hornblenda alterada, k-feldspato, plagioclásio, piroxênio (provavelmente augita), muito pouco quartzo.

Amostra IB – 25A = Alkali feldspato sienito com quartzo ou sienito com quartzo

Rocha equigranular, de coloração cinza escuro, homogênea e sem orientação dos minerais, semelhante as rochas alcalinas descritas. Apresenta plagioclásio, provavelmente biotita e anfibólio, feldspato.

Petrografia: biotita, hornblenda, plagioclásio, k-feldspato, augita, pouco quartzo.

Amostra IB – 26 = Rocha alcalina alkali feldspato sienito com quartzo

Rocha branca, com minerais pretos em abundância (biotita, anfibólio) em meio a uma matriz composta por plagioclásio e feldspatos. É uma rocha equigranular, com granulação média, homogênea e sem orientação mineral.

Petrografia: biotita, hornblenda, plagioclásio, k-feldspato, quartzo.

Amostra IB – 27 = SIENITO – corpo alcalino (retirada de um bloco, possivelmente rolado)

Amostra de mão: granulação fina, coloração acizentada, apresenta cristais de feldspato branco, anfibólios e muito pouco quartzo. Não apresenta orientação dos cristais e nem uma foliação aparente.

Petrografia: plagioclásio, hornblenda, piroxênios, opacos, muito pouco quartzo.

Amostra IB – 28 = Sienito – alcalina *Stock* (apresenta uma região orientada com muito quartzo, hornblenda)

Amostra de mão: rocha cinza escura, com pequenas manchas milimétricas de minerais pretos, presença de uma matriz cinza escura e por vezes esbranquiçada. Provavelmente apresenta anfibólios, piroxênios, plagioclásio e muito pouco quartzo. Granulação muito fina, cristais muito pequenos. Granulação mais fina do que foi observado para a Amostra IB-27.

Petrografia: hornblenda (tabular, fina e aparentemente orientada na borda da lâmina), biotita (muito pouco), plagioclásio, rutilo.

O quartzo aparece em maiores quantidades nas regiões onde há a orientação dos cristais de hornblenda, aparecendo de maneira alongada e com extinção ondulantes. Essa região apresenta granulação bem maior do que se observa para a matriz geral da rocha.

#### Amostra IB – 30A = Rocha alcalina (sienito) ou monzonito

Amostra de mão: rocha cinza escura, equigranular e sem orientação preferencial de minerais (pode apresentar uma leve orientação muito pobremente marcada). Apresenta minerais brancos e pequenos veios brancos provavelmente de plagioclásio com pouco quartzo.

Petrografia: hornblenda, feldspatos, plagioclásio, pouquinho de quartzo.

#### Amostra IB – 30B = Sienito ou monzonito

Rocha branca, com granulação grossa, composta por plagioclásio, feldspato, e manchas de 1mm de biotita nesta matriz. Homogênea, inequigranular, grossa, sem orientação dos minerais da rocha.

Petrografia: biotita, hornblenda, plagioclásio, k-feldspato, augita.

#### Amostra IB – 34A = Gnaisse ou porção pegmatítica (embasamento)

Amostra de mão: muito semelhante com a amostra IB-34C. Apresenta apenas uma granulação um pouco mais grossa.

Petrografia: cristais de quartzo (com extinção ondulante) e quebrados com limites angulares, plagioclásio e feldspatos, biotita, opacos. Apresenta algumas porções com pequenos grãos de quartzo (<< 1mm) com uma direção preferencial com formato arredondado e por vezes estirados juntamente com biotitas.

#### Amostra IB – 34B = Rocha Básica (dique)

Amostra de mão: rocha cinza escuro, granulação muito fina cortada por um veio milimétrico de coloração mais clara que a matriz. Presença de manchas milimétricas de minerais brancos.

Petrografia: matriz fina de coloração cinza amarronzada, com presença anfibólio esverdeado pleocróico (hornblenda?), minerais opacos, plagioclásio saussoritizado, veio milimétrico provavelmente composto por minerais carbonáticos.

Amostra IB – 34b = SIENITO (com muito quartzo, possivelmente do stock – diferenciação final mais saturada)

Amostra de mão: rocha branca, granulação fina a média, com cristais transparentes com no máximo 1mm de tamanho em meio a esta matriz fina de cor branca. Cristais de quartzo parecem apresentar uma certa orientação e estiramento. Apresenta um mineral arredondado, avermelhado e brilhantes, podendo ser possivelmente granada.

Petrografia: cristais milimétricos de quartzo, plagioclásio saussoritizado, mineral colorido avermelhado e isotrópico (granada ?). Pouca deformação e preservação de estruturas magmáticas. Granada não apresenta sombra de pressão, indicando a não presença de tectônica e deformação em sua formação.

Amostra IB – 34C = Provavelmente um pedaço de um Granito/Gnaiss (não se vê estruturação) ou porção/veio pegmatítico (embasamento) ou ainda sienito porção ácida da borda

Amostra de mão: rocha de granulação grossa, apresentando grandes cristais de quartzo (máximo 1cm), feldspatos e plagioclásios grosseiros, e biotita.

Petrografia: quartzo, feldspatos e plagioclásios milimétricos com granulação grossa, e provavelmente biotita muito alterada (formação de clorita).

Amostra IB – 38A = Rocha alcalina – sienito ou monzonito

Amostra de mão: rocha branca alaranjada, granulação média, com cristais milimétricos de hornblenda/biotita, plagioclásio e feldspatos. Equigranular e homogênea, não apresentando orientação dos minerais.

Petrografia: hornblenda, biotita, opacos, piroxênios, plagioclásio e feldspato potássico, pouco quartzo.

#### Amostra IB – 49 = Alkali feldspato sienito

Rocha texturalmente parecida com a amostra IB-34C, de granulação grossa, inequigranular, homogênea e sem orientação dos cristais. Apresenta grandes cristais de plagioclásio-feldspato, quartzo, biotita, anfibólios.

Petrografia: biotita, anfibólio (hornblenda), piroxênios muito alterados, k-feldspato, plagioclásio, não apresenta grãos de quartzo em lâmina.

#### Amostra IB – 50A = Quartzo sienito na forma de dique

Amostra de mão: rocha cinza escura, muito fina, sem observação dos cristais a olho nu.

Petrografia: biotita, hornblenda, quartzo, piroxênio (pouco), opacos, plagioclásio e K-feldspato (pouco).

#### Amostra IB – 50C = Diorito ou monzodiorito na forma de dique

Amostra de mão: rocha cinza escura, granulação fina a média, com cristais aciculares/tabulares brancos de plagioclásio ou feldspato. Apresenta um pequeno veio milimétrico cortando a amostra, de cor branca e com cristais menores que 1mm, preto, provavelmente de biotita e plagioclásio.

A lâmina não cortou esse pequeno veio, pegando apenas a matriz geral da rocha.

Petrografia: abundancia de biotita, piroxênios, plagioclásio, pouco quartzo, opacos.

#### Amostra IB – 53b = Gabro

Amostra de mão: rocha cinza escura, por vezes esverdeada, com granulação média. Apresenta quartzo, plagioclásio, biotita e alguns anfibólios vistos a olho nu. Não apresenta orientação preferencial dos minerais, apresentando textura homogênea e maciça.

Petrografia: biotita, olivina, plagioclásio (provavelmente albita), piroxênio (augita), pouco quartzo.

Amostra IB – 64A = possivelmente um gnaisse granítico (embasamento)

Amostra de mão: rocha branca alaranjada, presença de uma leve orientação mineral e presença de porções com maior granulação em relação a granulação

Petrografia: quartzo, plagioclásio e feldspato (microclínio). Presença de quartzo com extinção ondulante, alongados e arredondados, e com estiramento segundo uma direção preferencial. Apresenta bandas de quartzo de granulação fina em uma direção. Pode apresentar porções com feições de recristalização.

Amostra IB – 64B = Dique porfirítico de andesito ou monzodiorito.

Amostra de mão: rocha cinza escura a preta, sem cristais visíveis a olho nu, com alguns pequenos cristais menores que 1mm, brancos, provavelmente de plagioclásio. Não apresenta orientação preferencial dos minerais.

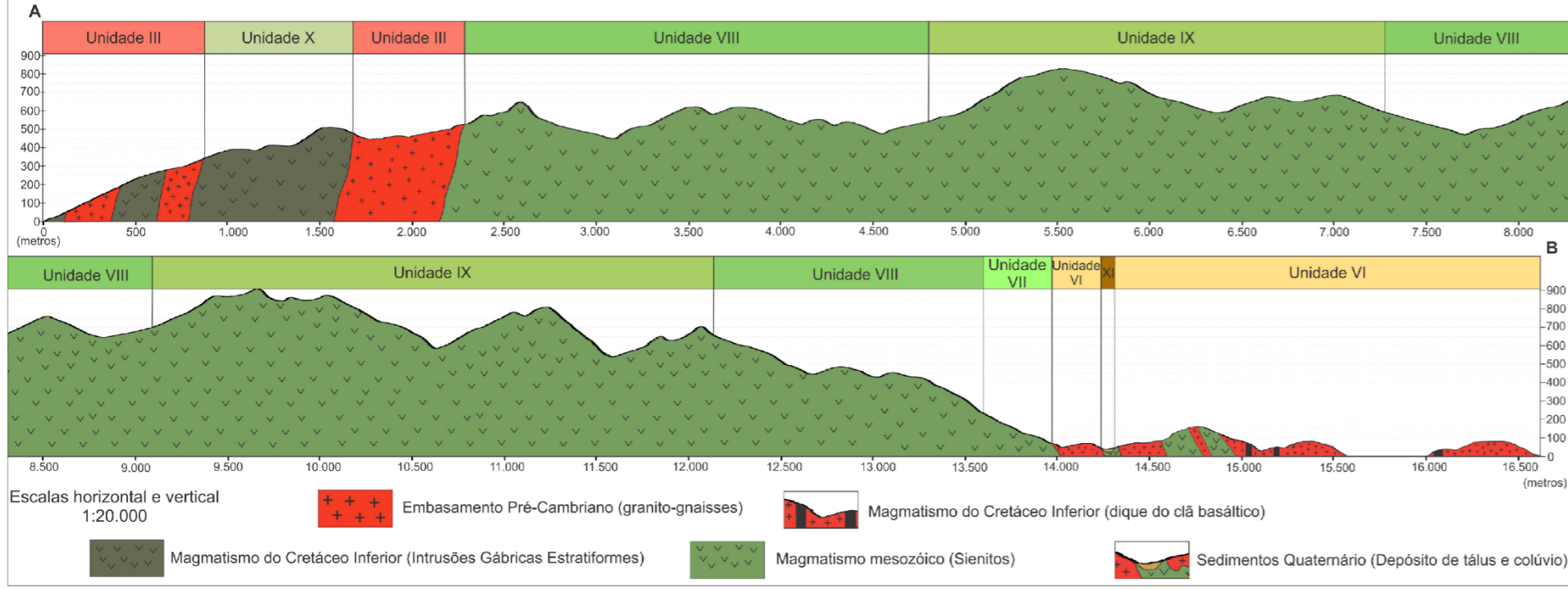
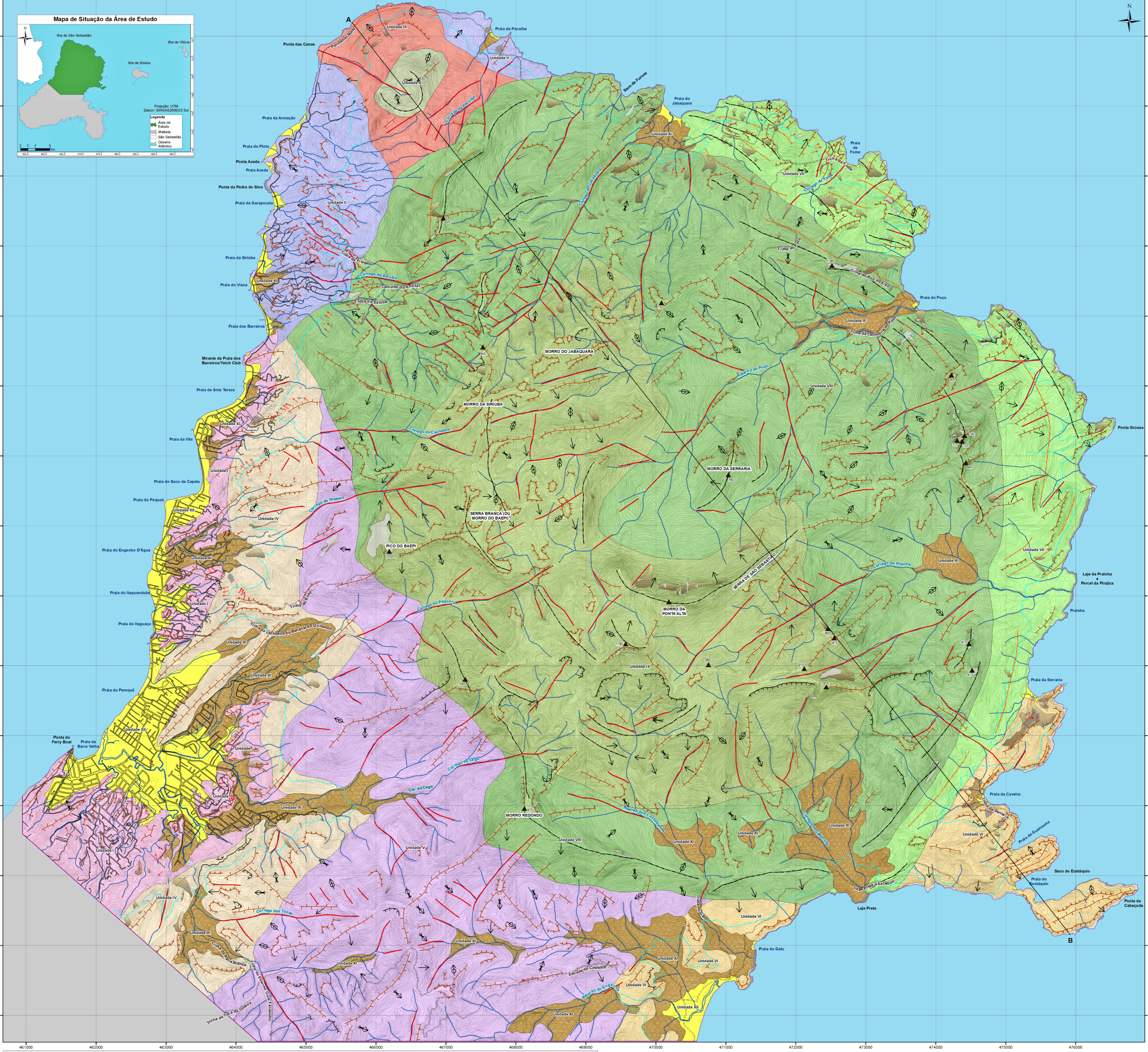
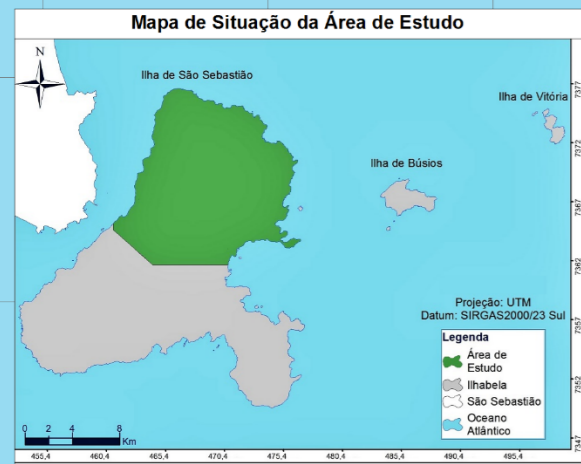
Esta rocha é semelhante aos diques que se encontram em toda a ilha.

Petrografia: pequenos cristais porfiríticos menores que 1mm de plagioclásio (albita), piroxênio (augita), opacos, hornblenda.

Amostra IB – 67 = Dique de monzodiorito porfirítico ou Andesito porfirítico

Amostra de mão: granulação grossa, com fenocristais de plagioclásio/k-feldspato muitas vezes maiores que 1cm, coloração cinza escura, matriz fina em meio aos fenocristais. A rocha apresenta uma textura porfirítica, devido aos grandes fenocristais. Pode apresentar hornblenda, biotita, plagioclásio e pouco quartzo.

Petrografia: plagioclásio grandes (fenocristais), hornblenda, biotita, pouquinho de quartzo.



**Legenda**

- Estradas e Trilhas Oficiais - PEIb
- Área Urbana
- Límite do PEIb
- Curvas de Nível
- Rede de Drenagem
- Oceano Atlântico

**Unidades de Geodiversidade**

- XII - Sedimentos Quaternários em Planícies Flúvio-Marinhas
- XI - Sedimentos quaternários em Depósitos de Meia e Baixa-Encosta e Vales Entulhados
- X - Montanha em Terreno Básico-Alcalino
- IX - Serra Anelar e Morros Alongados em Terreno
- VIII - Escarpas Anelares e Morros Altos em Terreno
- VII - Cristas Anelares Dissecadas e Morros Altos Alongados em Terreno
- VI - Morros baixos alongados em terreno gnáissico
- V - Encostas montanhosas e escarpas em terreno gnáissico
- IV - Morros altos em terrenos gnáissicos
- III - Encostas montanhosas e morros altos em terreno gnáissico com intrusões básico-alcalinas
- II - Morros alongados em terreno gnáissico
- I - Morrotes e Morros Baixos em Terreno Gnáissico

**Feições fotointerpretadas**

- Vertente retilínea
- Vertente côncava
- Vertente convexa
- Topo aplainado (quebra positiva)
- Anfiteatro de cabeceira de drenagem
- Alinhamentos reentrantes circulares e retilíneos de relevo (quebra negativa)
- Alinhamento reentrante de drenagem
- Alinhamento circular de relevo
- Alinhamento vertical/assimétrico de relevo
- Escoamento superficial concentrado
- Ravina / Voçoroca
- Blocos rochosos
- Afloramento rochoso
- Cicatriz de escorregamento
- Picos

**Estudo da Geodiversidade da Região Norte da Ilha de São Sebastião, Ilhabela, São Paulo: Uma Proposta de Mapeamento Geoambiental Aplicado à Estratégia de Geoconservação**

APÊNDICE C: Mapa de Geodiversidade da Região Norte da Ilha de São Sebastião/Ilhabela, SP

Versão encaminhada para defesa: Rio Claro - SP, Dezembro / 2017

Doutorando: Flávio H. Rodrigues  
Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Zaine  
Co-orientador: Prof. Dr. Diamantino M. I. Pereira

Base Topográfica Instituto Geográfico Cartográfico Secretária de Economia e Planejamento Estado de São Paulo  
Cartas Topográficas (1:10.000)  
Projeção: UTM / Datum: SIRGAS 2000 - 23 Sul

Equidistância das curvas de nível: 5 metros  
Escala: 1:20.000

**APÊNDICE D – Tabelas das avaliações numéricas dos sítios de geodiversidade**

Sítio de Geodiversidade		Atributos mistos (turístico e educacionais)															Atributos turísticos		Usos turísticos	
		1	2		3		4	5	6		7		8	9	10	11	12	13	Convencional	(*) de Aventura
		Vulnerabilidade	Acessibilidade	(*)	Limitações de uso	(*)	Segurança	Risco de acidentes	Logística	(*)	Densidade populacional	(*)	Diversidade ambiental	Apelo cênico	Unicidade	Condições de observação	Potencial interpretativo	Proximidade às áreas de lazer		
1	SG01	4	4	1	4	1	4	4	4	1	4	1	4	4	2	4	3	4	3,65	2,9
2	SG02	3	4	1	3	2	3	4	4	1	4	1	1	0	0	4	4	2	2,55	1,9
3	SG03	3	4	1	2	3	3	2	2	3	4	1	3	4	3	4	3	4	3,25	2,9
4	SG04	4	3	2	1	4	4	4	4	1	3	2	4	4	4	1	2	4	3,25	3,1
5	SG05	3	2	3	1	4	1	1	1	4	1	4	4	4	2	4	3	4	2,6	3,15
6	SG06	4	1	4	1	1	1	1	1	4	1	4	4	4	4	4	4	4	2,95	3,55
7	SG07	1	4	1	4	1	4	4	4	1	4	1	2	0	0	4	4	2	2,5	1,75
8	SG08a	1	4	1	4	1	3	4	1	0	4	1	1	1	2	3	4	2	2,55	1,9
9	SG08b	4	3	2	2	3	3	3	1	4	1	4	3	3	3	3	4	4	2,9	3,15
	SG8	2,5	3,5	1,5	3	2	3	3,5	1	2	2,5	2,5	2	2	2,5	3	3,5	3	2,73	2,53
10	SG09	4	4	1	3	2	3	3	4	1	4	1	4	4	4	4	4	4	3,85	3,2
11	SG10	4	4	1	4	1	3	4	1	4	4	1	2	3	3	4	3	4	3,3	2,85
12	SG11a	4	4	1	3	3	2	2	1	4	3	2	2	4	2	4	3	4	3,1	2,9
13	SG11b	4	4	1	1	4	3	3	1	4	3	2	1	1	4	4	3	3	2,75	2,7
14	SG11c	4	1	4	4	1	1	4	2	3	2	3	4	3	2	4	4	4	3	3,25
15	SG11d	4	1	4	4	1	1	4	1	4	1	4	4	4	4	4	3	4	3,1	3,55
16	SG11e	4	1	4	2	3	1	3	1	4	1	4	3	2	2	4	3	4	2,4	3,05
17	SG11f	4	1	4	2	3	1	2	1	4	1	4	3	4	0	4	3	2	2,35	3
18	SG11g	4	1	4	2	3	1	2	1	4	1	4	3	3	3	3	3	4	2,55	3,2
	SG11	4	1	4	2	3	1	3	1	4	1	4	3	3	2	4	3	4	2,75	3,09
19	SG12a	4	2	3	1	4	2	1	1	4	3	2	3	4	2	3	4	4	2,9	3,25
20	SG12b	4	1	4	3	2	1	4	2	3	2	3	4	4	3	3	4	3	3,1	3,45
21	SG12c	4	1	4	4	1	1	4	1	4	1	4	4	3	4	4	3	3	2,9	3,35
22	SG12d	4	1	4	4	1	1	4	2	3	2	3	4	4	4	4	2	2	2,95	3,2
	SG12	4	1	4	3,5	2	1	4	2	4	2	3	4	4	4	3,5	3,5	3	2,96	3,31
23	SG13	4	2	3	1	1	3	2	1	4	3	2	4	4	1	3	3	4	2,8	3
24	SG14	4	2	3	1	4	2	3	1	4	3	2	3	2	2	4	2	2	2,35	2,7

(continua)

<b>Avaliação dos potenciais usos turísticos</b>		
	PTC	PTA
Maior	3,85	3,55
Menor	2,35	1,75
Classes	0,5	0,6
Baixo	2,35	1,75
	2,85	2,35
Médio	2,95	2,45
	3,35	2,95
Alto	3,45	3,05
	3,85	3,55

<b>Quantificação dos atributos educacionais</b>															
Sítio de Geodiversidade		Atributos mistos (turístico e educacionais)										Atributos educacionais		Potencial uso educacional	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		13
		Vulnerabilidade	Acessibilidade	Limitações de uso	Segurança	Risco de acidentes	Logística	Densidade populacional	Diversidade ambiental	Apelo cênico	Unicidade	Condições de observação	Potencial didático		Diversidade geológica
1	SG01	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	2	1	3,2
2	SG02	3	4	3	3	4	4	4	1	0	0	4	4	2	3,1
3	SG03	3	4	2	3	2	2	4	3	4	3	4	2	3	3
4	SG04	4	3	1	4	4	4	3	4	4	4	1	1	1	2,5
5	SG05	3	2	1	1	1	1	1	4	4	2	4	2	2	2,3
6	SG06	4	1	1	1	1	1	1	4	4	4	4	4	2	2,8
7	SG07	1	4	4	4	4	4	4	2	0	0	4	2	1	2,5
8	SG08a	1	4	4	3	4	1	4	1	1	2	3	4	1	2,7
9	SG08b	4	3	2	3	3	1	1	3	3	3	3	2	1	2,5
	SG8	2,5	3,5	3	3	3,5	1	2,5	2	2	2,5	3	3	1	2,6
10	SG09	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	2	3,7
11	SG10	4	4	4	3	4	1	4	2	3	3	4	2	1	2,9
12	SG11a	4	4	3	2	2	1	3	2	4	2	4	3	2	3
13	SG11b	4	4	1	3	3	1	3	1	1	4	4	1	1	2,4
14	SG11c	4	1	4	1	4	2	2	4	3	2	4	4	1	2,9
15	SG11d	4	1	4	1	4	1	1	4	4	4	4	2	2	2,7
16	SG11e	4	1	2	1	3	1	1	3	2	2	4	2	1	2,2
17	SG11f	4	1	2	1	2	1	1	3	4	0	4	2	1	2,1
18	SG11g	4	1	2	1	2	1	1	3	3	3	3	2	1	2,1
	SG11	4	1	2	1	3	1	1	3	3	2	4	2	1	2,4
19	SG12a	4	2	1	2	1	1	3	3	4	2	3	2	2	2,4
20	SG12b	4	1	3	1	4	2	2	4	4	3	3	4	2	3
21	SG12c	4	1	4	1	4	1	1	4	3	4	4	2	2	2,6
22	SG12d	4	1	4	1	4	2	2	4	4	4	4	1	2	2,6
	SG12	4	1	3,5	1	4	2	2	4	4	4	3,5	2	2	2,6
23	SG13	4	2	1	3	2	1	3	4	4	1	3	2	1	2,4
24	SG14	4	2	1	2	3	1	3	3	2	2	4	1	2	2,3

(continua)



<b>Avaliação do potencial uso educacional</b>	
	PUE
Maior	3,7
Menor	2,1
Classes	0,5
Baixo	2,1
	2,6
Médio	2,7
	3,1
Alto	3,2
	3,7

<b>Quantificação dos atributos do risco de degradação</b>							
Sítio de Geodiversidade		Atributos do risco de degradação					Risco de degradação
		1	2	3	4	5	
		Degradação do elemento de geodiversidade	Proximidade de áreas / atividades com potencial de causar degradação	Proteção Legal	Acessibilidade	Densidade populacional	
1	SG01	1	4	1	4	4	2,4
2	SG02	3	4	1	4	4	3,1
3	SG03	3	3	2	4	4	3,1
4	SG04	1	3	1	3	3	1,9
5	SG05	3	3	1	2	1	2,3
6	SG06	2	3	1	1	1	1,8
7	SG07	4	4	4	4	4	4
8	SG08a	4	4	4	4	4	4
9	SG08b	1	3	2	3	1	1,9
SG8		2,5	3,5	3	4	2,5	3
10	SG09	2	4	4	4	4	3,3
11	SG10	3	4	4	4	4	3,7
12	SG11a	1	3	4	4	4	2,8
13	SG11b	1	3	4	4	4	2,8
14	SG11c	1	3	3	1	2	1,9
15	SG11d	1	2	3	1	1	1,6
16	SG11e	1	1	3	1	1	1,4
17	SG11f	1	1	3	1	1	1,4
18	SG11g	1	1	2	1	1	1,2
SG11		1	2	3	1	1	1,6
19	SG12a	1	3	1	2	3	1,8
20	SG12b	2	3	3	1	2	2,3
21	SG12c	1	2	3	1	1	1,6
22	SG12d	1	3	3	1	2	1,9
SG12		1	3	3	1	2	1,8
23	SG13	1	3	1	2	3	1,8
24	SG14	3	3	1	2	3	2,5

(continua)

<b>Avaliação do risco de degradação</b>	
	PUE
Maior	4
Menor	1,2
Classes	0,9
Baixo	1,2
	2,1
Médio	2,2
	3,1
Alto	3,2
	4

<b>Quantificação dos atributos do potencial valor científico (PVC)</b>							
Sítio de Geodiversidade		Atributos do risco de degradação					Potencial valor científico
		1	2	3	4	5	
		Representatividade	Conhecimento científico	Integridade	Diversidade geológica	Raridade	
1	SG01	1	2	4	0	2	2
2	SG02	2	2	4	1	2	2,4
3	SG03	2	2	4	2	1	2,3
4	SG04	2	2	4	0	1	2,1
5	SG05	2	2	4	1	1	2,2
6	SG06	2	2	4	1	4	2,8
7	SG07	4	2	4	0	0	2,5
8	SG08a	4	2	4	0	0	2,5
9	SG08b	2	2	4	0	1	2,1
	SG8	3	2	4	0	0,5	2,3
10	SG09	2	2	4	1	4	2,8
11	SG10	4	1	4	0	1	2,55
12	SG11a	1	0	4	1	0	1,4
13	SG11b	4	4	4	0	2	3,2
14	SG11c	1	2	4	0	0	1,6
15	SG11d	4	2	4	1	4	3,4
16	SG11e	4	0	4	0	2	2,6
17	SG11f	1	1	4	0	0	1,45
18	SG11g	2	2	4	0	1	2,1
	SG11	2	2	4	0	1	2,1
19	SG12a	4	4	4	1	1	3,1
20	SG12b	2	2	2	1	4	2,3
21	SG12c	2	2	4	1	4	2,8
22	SG12d	2	2	4	1	4	2,8
	SG12	2	1	3	1	4	2,4
23	SG13	2	2	4	0	4	2,7
24	SG14	2	1	3	1	4	2,4

<b>Avaliação do potencial valor científico</b>				
	Baixo	Médio		Alto
PVC	< 2	2	3	> 3

Fonte: Brilha (2016c)