



**Desafios para a Avaliação de Locais de Interesse Geológico em
Áreas Urbanizadas: Baixada Santista, Litoral do Estado de São Paulo**
Challenges for the Evaluation of Sites of Geological
Interest in Urban Areas: Baixada Santista, São Paulo State Coast

Debora Silva Queiroz; Maria da Glória Motta Garcia & Eliane Aparecida Del Lama

*Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Núcleo de Apoio à Pesquisa em
Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), Rua do Lago, 562, Cidade Universitária, 05508-080 São Paulo, SP, Brasil.
E-mails: deboraqueiroz@usp.br; mgmgarcia@usp.br; edellama@usp.br
Recebido em: 16/04/2019 Aprovado em: 15/07/2019
DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_3_129_144*

Resumo

Os elementos da geodiversidade são passíveis de ameaças, muitas vezes relacionadas às interferências antrópicas. A expansão urbana, particularmente, tem elevado os impactos causados à geodiversidade e resulta na perda de locais de interesse geológicos importantes. Os municípios de Santos, São Vicente e Cubatão possuem importantes registros do passado e da história evolutiva da região, contudo é uma área densamente urbanizada, e tais locais não são levados em consideração nos planos de ordenamento do território. Neste contexto, fez-se o inventário e a avaliação quantitativa dos locais de interesse geológico. Seis geossítios e três sítios da geodiversidade foram definidos, os quais representam a história geológica da região no período do Neoproterozoico ao Quaternário. Verificou-se que a urbanização afetou diretamente os locais de interesse geológico, provocando perda de elementos da geodiversidade, sendo que tais locais devem ser preservados e levados em consideração ao realizar intervenções na região.

Palavras-chave: Patrimônio geológico; urbanização; Baixada Santista

Abstract

The elements of geodiversity are susceptible to threats, mostly anthropic. Urban sprawl, in particular, has elevated the impacts caused to geodiversity and results in the loss of sites of geological interest. In the municipalities of Santos, São Vicente and Cubatão there are important records of the past and the evolutionary history of the region, however this area is highly urbanized and such sites are not taken into account in land use planning. In this context, inventory and quantitative evaluation of sites of geological interest were performed. Six geosites and three geodiversity sites were defined, which represent the geological history of the region from the Neoproterozoic to the Quaternary. The urbanization directly affected the sites of geological interest, causing the loss of elements of geodiversity, and these places must be preserved and taken into account when carrying out interventions in the region.

Keywords: Geological heritage; urbanization, Baixada Santista

1 Introdução

A Geodiversidade é caracterizada pela pluralidade do meio abiótico. As primeiras definições do termo priorizavam elementos, produtos e feições naturais (Semeniuk, 1997; Australian Heritage Commission, 2002; Serrano & Ruiz-Flano, 2007; Burek & Prosser, 2008), mas com a formulação de novos conceitos introduziu-se progressivamente a influência antrópica como agente integrante e modificador da geodiversidade (Nieto, 2001; Stanley, 2001; Kozłowski, 2004; Gray, 2004; Gray, 2013).

Gray (2013) compreende a geodiversidade como a variedade natural dos materiais e processos geológicos, incluindo as estruturas, sistemas e contribuições para paisagens. O autor frisa que tais contribuições não são apenas oriundas da natureza, mas que provêm também do homem e que muitas vezes se configuram como ameaças, provocando perdas irreparáveis aos elementos da geodiversidade.

Gray (2004, 2013) e Brilha (2005) descrevem várias ameaças à geodiversidade, muitas vezes relacionadas às interferências antrópicas. A expansão urbana, particularmente, tem elevado os impactos causados à geodiversidade e resulta na perda de locais de interesse geológicos importantes (Mucivuna *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2017; Queiroz & Garcia, 2017), provocando destruição ou perda da visibilidade dos diversos elementos da geodiversidade.

Gray (2013) afirma que locais de interesse geológico, além do valor intrínseco, fornecem bens e serviços para a sociedade, mas são passíveis de ameaças e necessitam de conservação. Já Brilha (2005) esclarece que é impossível proteger toda a geodiversidade da Terra, por isso deve-se realizar o inventário e a avaliação para estabelecer quais elementos são mais representativos e que devem ser protegidos através de propostas de geoconservação.

Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de apresentar o inventário de locais de interesse geológico de três dos municípios mais urbanizados do litoral paulista (Santos, Cubatão e São Vicente) (IBGE, 2018) e estabelecer a relação da geodiversidade local com a crescente expansão urbana.

2 Contextualização da Área

Os municípios de Santos, Cubatão e São Vicente localizam-se na parte central do litoral do Estado de São Paulo na Região Metropolitana da Baixada Santista (Figura 1).

2.1 Urbanização

A Baixada Santista possui uma posição estratégica no território brasileiro, pois está na área litorânea e serve de palco para pessoas e mercadorias entrarem ou saírem do Brasil. Essa característica re-

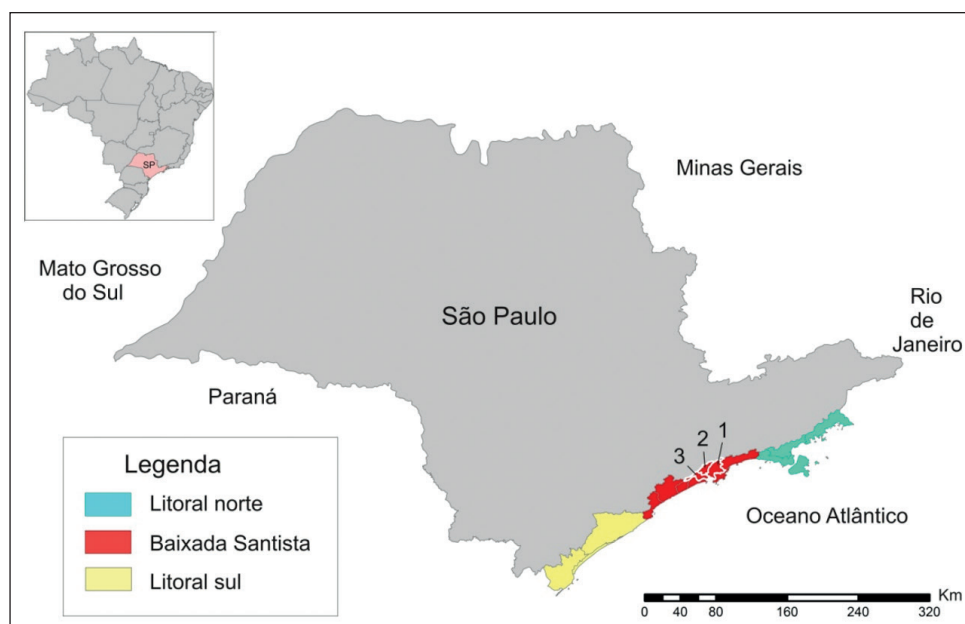


Figura 1 Mapa do Estado de São Paulo com destaque para o litoral e os municípios de (1) Santos, (2) Cubatão e (3) São Vicente.

flete-se em São Vicente, que foi a primeira vila fundada pelos portugueses na América em 1532. Essa vila expandiu-se, atualmente, é um dos municípios mais populosos do litoral paulista.

O território de Santos, devido às suas características geomorfológicas, foi o ponto escolhido para a implantação de um porto. O Porto de Santos sempre foi movimentado, influenciando no aumento da urbanização, alcançando o auge durante o século XIX, pois era local de escoamento do café. Atualmente é considerado o maior porto da América Latina.

Cubatão, localizado no sopé da Serra do Mar, desde o século XVI é rota dos principais caminhos que ligam a Baixada Santista com a capital São Paulo (Santos, 2004) e teve destaque maior com a implantação do Polo Industrial na década de 1970, promovendo crescimento econômico e urbano do município.

A área de estudo apresenta características de áreas densamente urbanizadas (Tabela 1). Além da população residente, estes municípios ainda recebem a população flutuante nos meses de férias. Os dados de população flutuante envolvem principalmente os turistas; Santos e São Vicente apresentam valores mais altos, pois têm praias muito visitadas e com infraestrutura para receber os visitantes, diferente de Cubatão. Em relação aos valores do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos municípios em comparação com o valor do Estado de São Paulo (0,783) nota-se que Santos apresenta um valor mais elevado, devido às atividades econômicas e portuárias.

Município	Santos	São Vicente	Cubatão
Área (km ²)	281,03	148,10	142,88
População	426.646	352.794	127.079
Densidade demográfica (hab/km ²)	1.518,15	2.382,13	889,41
População flutuante*	64.781	36.686	2.713
Grau de urbanização	99,93%	99,81%	100,00%
IDH**	0,840	0,768	0,737

Tabela 1 Dados demográficos de Santos, São Vicente e Cubatão. Fonte: Fundação SEADE, 2018. *AGEM, 2014. **IBGE, 2018.

2.2 Aspectos Físicos e Geológicos

A Baixada Santista apresenta clima tropical (Conti & Furlan, 2014) com temperatura média do mês mais quente acima de 18°C e precipitação anual

variando entre 1.600 mm a 2.000 mm. O clima favorece a formação de extensas áreas de Mata Atlântica (com árvores altas e com grande diversidade de espécies) e de ecossistemas a ela associados, como manguezais e matas de restinga, que comportam grande biodiversidade.

Geologicamente, a região insere-se na Província Mantiqueira, que comporta os orógenos Araçuaí, Ribeira, Brasília, Apiaí, Dom Feliciano e São Gabriel e tem sua configuração atual associada à Orogenia Brasileiro Pan-Africana, durante a amalgamação do Paleocontinente Gondwana Ocidental (Heilbron *et al.*, 2004). A área de estudo faz parte do Orógeno Ribeira, especificamente nos Terrenos Embu e Terreno Oriental (Domínio Costeiro). Para Heilbron *et al.* (2004), o orógeno apresenta *trend* estrutural NE-SW, sendo a separação entre os terrenos através de importantes zonas de cisalhamento. No caso dos terrenos Embu e Oriental, o limite é marcado pela Zona de Cisalhamento Cubatão.

De acordo com Heilbron *et al.* (2004), o Terreno Embu diferencia-se do entorno pelo magmatismo granítico e pelas idades neoproterozoicas mais antigas de seus episódios metamórficos. As zonas de cisalhamento transcorrentes, que limitam o terreno e o fatiam em um padrão anastomosado, são faixas miloníticas destrais, espessas e verticais, que controlam a colocação de granitos de *ca.* 590 Ma (Filipov & Janasi, 2001; Janasi *et al.*, 2003). Vlach (2001) indica um possível importante evento magmático e metamórfico no Terreno Embu entre 790-780 Ma.

O Terreno Oriental é subdividido em três domínios estruturais em que ocorrem sucessões metassedimentares distintas: Domínio Cambuci, Domínio Costeiro e Domínio Italva. Nessa pesquisa será focado apenas o Domínio Costeiro, local em que se encontra a área de estudo. Para Tupinambá *et al.* (2007), no Domínio Costeiro são encontradas sucessões metassedimentares com fácies anfibolito alto a granulito, intercaladas por rochas granitoides como os ortognaisses, os leucogranitos, os granitoides e granitos tardi a pós-tectônicos.

Almeida (1964) divide o estado de São Paulo em províncias geomorfológicas e insere o litoral na unidade geomorfológica da Província Costeira, onde

se observam duas estruturas de relevo: formação serrana escarpada e bacia sedimentar. A primeira é composta pelas Escarpas da Serra do Mar, um conjunto de escarpas com aproximadamente 1.000 km de extensão e direção NE-SW (Almeida & Carneiro, 1998), desenvolvidas por eventos tectônicos com movimentações verticais ocorridos no Cenozoico. A segunda estrutura de relevo compreende a bacia sedimentar, onde se encontram as planícies compostas de sedimentos provenientes de depósitos flúvio-marinheiros do Quaternário.

Mais especificamente, a área de estudo está inserida na Unidade Itanhaém-Santos da Planície Costeira (Suguio & Martin, 1978). A unidade é caracterizada por formações sedimentares depositadas no Quaternário devido às oscilações do nível médio do mar que resultaram nos eventos transgressivos Cananéia (Pleistoceno) e Santos (Holoceno).

3 Métodos

Neste item serão apresentados os métodos utilizados para o inventário e avaliação quantitativa dos geossítios e sítios da geodiversidade selecionados.

3.1 Inventário de Geossítios e Sítios da Geodiversidade

Para a realização do inventário dos locais de interesse geológico de Santos, Cubatão e São Vicente usou-se o método de Brilha (2016) para áreas restritas. O método utiliza o valor científico como principal critério para selecionar os elementos mais representativos para a história geológica da região. O autor estabelece que os elementos da geodiversidade *in situ* podem ser geossítios ou sítios da geodiversidade. Os geossítios constituem os locais que possuem valor científico, podendo ter ou não valor educativo e/ou turístico. Os sítios da geodiversidade, por sua vez, são locais que possuem valores educativo ou turístico, mas sem valor científico relevante.

Para o inventário de geossítios e sítios da geodiversidade, o método proposto por Brilha (2016) estabelece a seguinte ordem: i) coleta inicial dos dados, ii) trabalhos de campo e iii) seleção e caracterização dos geossítios.

i) Coleta inicial dos dados

Geossítios - consistiu na listagem dos potenciais geossítios, realizada por meio de consultas a publicações e pesquisadores. Para identificar as unidades e elementos geológicos da área utilizou-se o Mapa Geológico do Estado de São Paulo (Perrotta *et al.*, 2005). A lista potencial foi composta por afloramentos, pedreiras e locais em que já ocorreram trabalhos de campo na área de Geociências.

Sítios da geodiversidade - a listagem de locais potenciais foi feita através de consulta a pesquisadores e revisão de publicações, para estabelecer áreas utilizadas em atividades educativas, e consulta a materiais de divulgação turística, para definir locais já utilizados turisticamente.

ii) Trabalhos de campo

Geossítios - nesta etapa foram realizados trabalhos de campo nos potenciais geossítios para verificar características como representatividade, integridade, raridade e conhecimento científico. Dessa forma, foi possível excluir os pontos que estavam degradados por atividades antrópicas, processos naturais ou que não atendiam aos critérios acima.

Sítios da geodiversidade - nesta etapa foram visitados os potenciais sítios da geodiversidade para verificar o potencial didático, a diversidade de elementos geológicos, a acessibilidade e as condições de segurança dos locais com valor educativo e verificar a beleza cênica, o potencial interpretativo, a acessibilidade e as condições de segurança dos locais com valor turístico. Assim, foi possível suprimir os pontos que não proporcionavam boas condições de acesso ao público.

iii) Seleção e caracterização dos geossítios e dos sítios da geodiversidade

Geossítios - foram selecionados de modo a representar os principais eventos geológicos e unidades litoestratigráficas da região.

Sítios da geodiversidade - foram selecionados e caracterizados através do valor educacional e turístico e que pudessem estabelecer a geocronologia da região.

A tipologia foi estabelecida segundo Fuertes-Gutiérrez & Fernández-Martínez (2010), que classificam os locais de interesse geológico em ponto, seção, área, mirante ou área complexa. Para as categorias geológicas foi utilizado Garcia *et al.* (2019) que estabeleceu as categorias para o litoral de São Paulo. Assim, a caracterização foi feita de acordo com o interesse – com base na plataforma GEOSSIT (Rocha *et al.*, 2016), desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) – com a tipologia, com a categoria geológica e com o enquadramento legal.

3.2 Avaliação Quantitativa

Para a quantificação dos geossítios e sítios da geodiversidade selecionados utilizou-se a plataforma GEOSSIT (Rocha *et al.*, 2016).

O método analisa os critérios de representatividade, integridade, raridade e conhecimento científico. Os locais com elementos da geodiversidade cujo valor científico for igual ou maior que 200 são considerados geossítios (valor científico maior ou igual que 200 - relevância nacional; valor científico igual ou maior que 300 - relevância internacional). Os locais com valor científico menor que 200 são classificados pela plataforma como sítios da geodiversidade, podendo ser de interesse nacional (valor educativo ou turístico igual ou maior que 200) ou regional/local (valor educativo ou turístico menor que 200).

A avaliação quantitativa também fornece dados referentes ao risco de degradação de cada local de interesse geológico: valores acima de 300 indicam risco alto, valores entre 200 e 300, risco médio e valores abaixo de 200, risco baixo.

4 Resultados

A Figura 2 apresenta os locais de interesse geológico inventariados.

Como o mapa utilizado para a identificação das unidades litoestratigráficas possui escala regional, alguns locais selecionados não correspondem aos litotipos descritos devido à diferença entre as escalas. A numeração dos pontos no mapa corresponde à cronologia dos eventos relacionados à formação

das feições em cada um dos locais, sendo de 1 -6 geossítios (do mais novo ao mais antigo) e 7 -9 sítios da geodiversidade (do mais novo ao mais antigo).

4.1 Geossítios

Os seis geossítios inventariados estão descritos nas Tabelas 2 a 7, e ilustrados nas Figuras 3 e 4.

NOME	Gnaisse do Terreno Embu da Cachoeira Vêu de Noiva
Município	Localização Geográfica - UTM
Cubatão	355132.14/7362749.36 e 355157.54/7362741.47
Litotipo predominante	Tipologia
Gnaisse	Área complexa: Cachoeira e o lajedo adjacente
Interesses geológicos principais	Unidade Geológica (Perrotta <i>et al.</i>, 2005)
Tectono-estrutural, e metamórfico	Terreno Embu, Unidade Ortognáissica
Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Terrenos do Complexo Costeiro	Área protegida: Parque Municipal Perequê
Descrição geológica	Avaliação quantitativa
Afloramentos de biotita gnaisse milonitizado com foliações subverticais; apresenta indicadores cinemáticos, dobras redobradas e nítida segregação de minerais máficos e félsicos.	Valor Científico 240 Valor Educativo 295 Valor Turístico 270 Risco de degradação 120 Baixo Relevância nacional
Outros interesses	Observações
Didático e turístico	Área faz parte da trilha Caminho do Padre José (Santos, 2004), passagem entre o litoral paulista e o interior.

Tabela 2 Descrição do Geossítio Gnaisse do Terreno Embu da Cachoeira Vêu de Noiva.

NOME	Migmatitos do Terreno Costeiro da Antiga Pedreira dos Beneditinos
Município	Localização Geográfica - UTM
Santos	364205.19/7352237.19
Litotipo predominante	Tipologia
Migmatito	Ponto
Interesses geológicos principais	Unidade Geológica (Perrotta <i>et al.</i>, 2005)
Tectono-estrutural, e metamórfico	Depósitos Litorâneos Indiferenciados

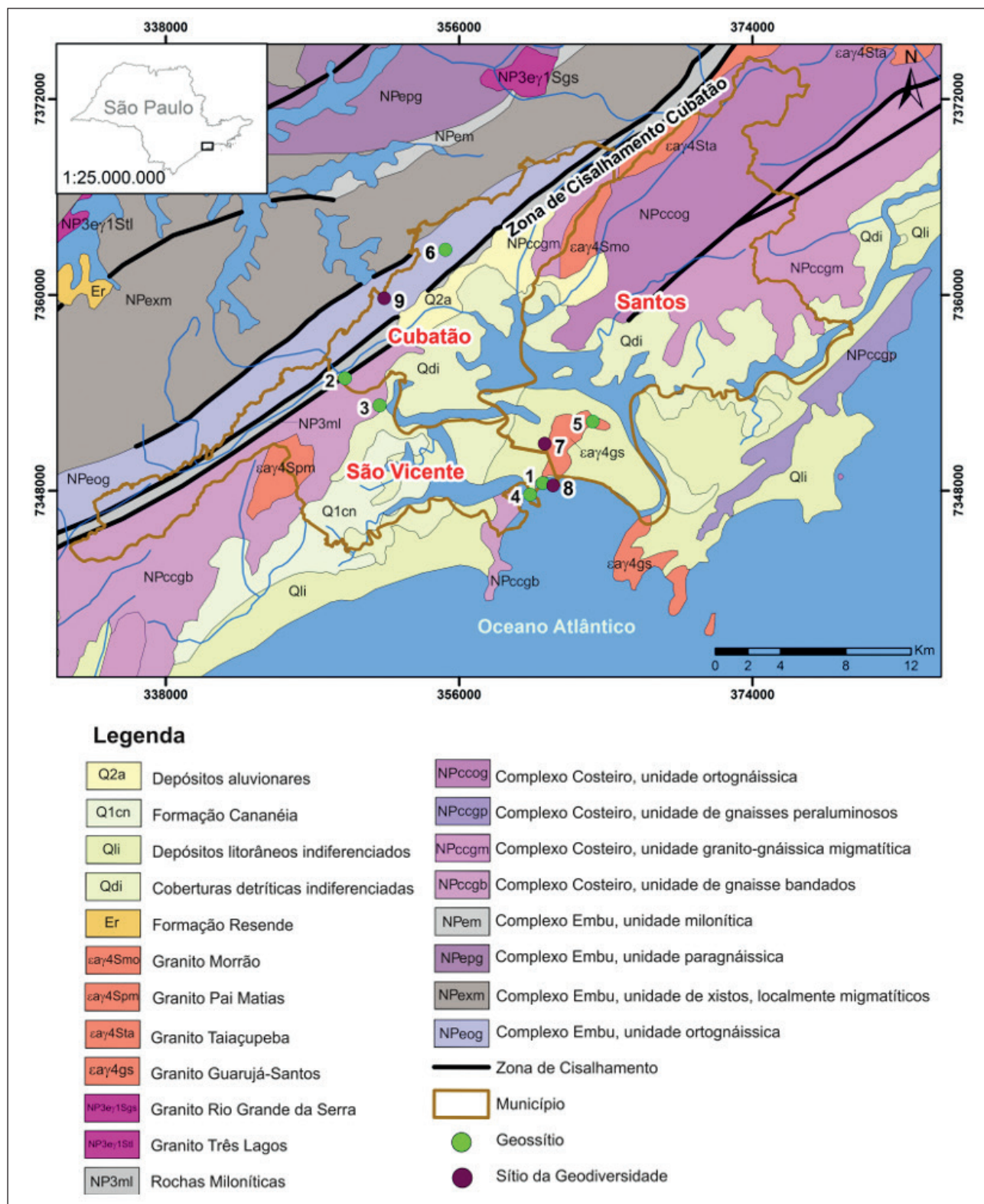


Figura 2 Mapa de localização dos geossítios e sítios da geodiversidade. Geossítios: 1) Granito Santos, 2) Milonitos da Zona de Cisalhamento Cubatão, 3) Migmatitos Bandados da Pedreira Maria Teresa, 4) Gnaisses Migmatíticos da Praia dos Milionários, 5) Migmatitos do Terreno Costeiro da Antiga Pedreira dos Beneditinos e 6) Gnaissse do Terreno Embu da Cachoeira Vêu de Noiva. Sítios da Geodiversidade: 7) Rampa de Colúvio do Engenho dos Erasmos, 8) Granito da Pedra da Feiticeira e 9) Mirante Caminhos do Mar. Modificado de Perrotta *et al.* (2005).

Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Terrenos do Complexo Costeiro	Área pública
Descrição geológica	Avaliação quantitativa
Rochas migmatíticas tipicamente bandadas de coloração cinza média, granulação média a fina e gnaissificação marcante; apresentam intrusões leucocráticas em que o neossoma exibe orientação, dobras intrafoliais e venulações.	Valor Científico 245 Valor Educativo 330 Valor Turístico 295 Risco de degradação 285 Médio Relevância nacional
Outros interesses	Observações
Didático	Antiga área de exploração. Iniciou no Período Colonial e foi desativada no início do século XX (Mantesso-Neto <i>et al.</i> , 2012).

Tabela 3 Descrição do Geossítio Migmatitos do Terreno Costeiro da Antiga Pedreira dos Beneditinos.

NOME	Gnaisses Migmatíticos da Praia dos Milionários
Município	Localização Geográfica - UTM
São Vicente	360369.00/7347755.00
Litotipo predominante	Tipologia
Gnaisse Migmatítico	Ponto
Interesses geológicos principais	Unidade Geológica (Perrotta <i>et al.</i>, 2005)
Tectono-estrutural, e metamórfico	Depósitos Litorâneos Indiferenciados
Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Terrenos do Complexo Costeiro	Área pública
Descrição geológica	Avaliação quantitativa
Afloramentos de gnaisses migmatíticos bandados de coloração cinza. Apresenta dobras com os flancos rompidos, indicando processo de gnaissificação. Ocorre alternância de rochas, com porções de gnaisse granítico, granito com textura fina e porções com textura grossa, além de rochas com composição mais máfica. As fraturas encontradas foram preenchidas por rochas graníticas com textura fina, e posteriormente ocorreu intrusão de granito porfirítico com megacristais de feldspatos.	Valor Científico 205 Valor Educativo 315 Valor Turístico 285 Risco de degradação 365 Alto Relevância nacional
Outros interesses	Observações

Educativo	O geossítio compõe a Área de Preservação de Tartarugas Marinhas, sendo local de visitação da Tartaruga Verde (<i>Chelonia mydas</i>) e da Tartaruga de Pente (<i>Eretmochelys imbricata</i>).
-----------	---

Tabela 4 Descrição do Geossítio Gnaisses Migmatíticos da Praia dos Milionários.

NOME	Migmatitos Bandados da Pedreira Maria Teresa
Município	Localização Geográfica - UTM
São Vicente	351122.00/7353219.00
Litotipo predominante	Tipologia
Migmatito	Ponto
Interesses geológicos principais	Unidade Geológica (Perrotta <i>et al.</i>, 2005)
Tectono-estrutural, e metamórfico	Terreno Costeiro, Unidade de Gnaisses Bandados
Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Terrenos do Complexo Costeiro	Área particular
Descrição geológica	Avaliação quantitativa
Gnaisses migmatíticos dobrados, com foliação do gnaisse em plano axial e dobras intrafoliais. Há presença de boudins máficos que foram gerados na mesma direção da foliação. Ocorre ainda intrusão granítica de coloração rósea e textura fina com limites não definidos, e xenólitos da rocha encaixante.	Valor Científico 250 Valor Educativo 235 Valor Turístico 235 Risco de degradação 305 Alto Relevância nacional
Outros interesses	
Educativo	

Tabela 5 Descrição do Geossítio Migmatitos Bandados da Pedreira Maria Teresa.

NOME	Milonitos da Zona de Cisalhamento Cubatão
Município	Localização Geográfica - UTM
Cubatão	349002.00/735489.00
Litotipo predominante	Tipologia
Granitoide	Ponto
Interesses geológicos principais	Unidade Geológica (Perrotta <i>et al.</i>, 2005)
Tectono-estrutural, e mineralógico	Terreno Embu, Unidade Ortognáissica

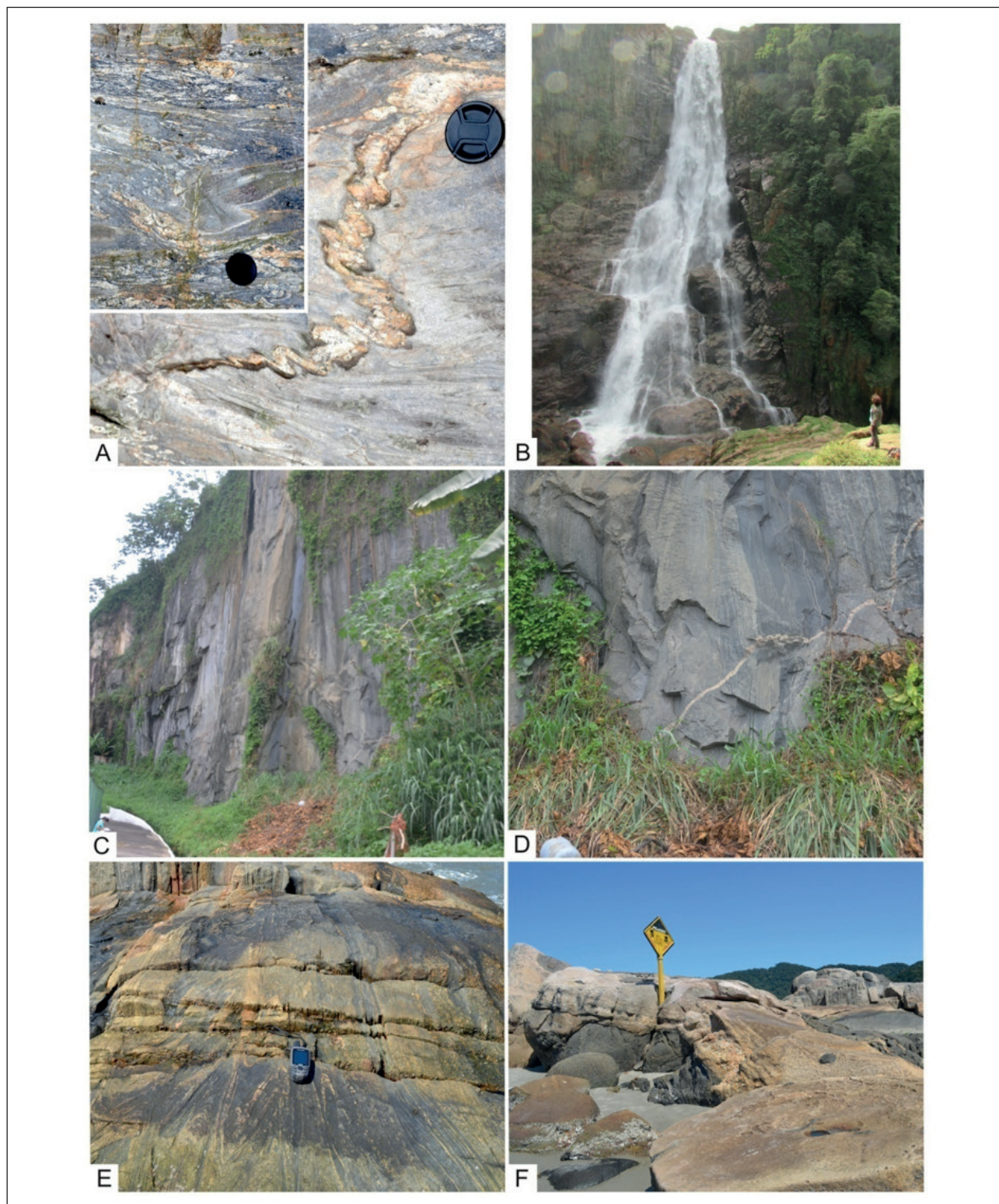


Figura 3 Geossítios. A) Geossítio Gnaiss do Terreno Embu da Cachoeira Vêu de Noiva. Presença de foliação plano axial, no detalhe, dobras redobradas. B) Cachoeira Vêu de Noiva na quebra do relevo devido à dinâmica do Rio Perequê. C) Geossítio Migmatitos do Terreno Costeiro da Antiga Pedreira dos Beneditinos. Afloramento com dobras intrafoliais e venulações. D) Detalhe do migmatito com gnaissificação vertical. E) Geossítio Gnaisses Migmatíticos da Praia dos Milionários. O gnaiss apresenta dobras com flancos rompidos, indicando processos de gnaissificação. F) Afloramento do gnaiss migmatítico da Praia dos Milionários com alternância de rochas: gnaiss granítico, granito com textura fina e porções com textura grossa e rochas com composição máfica.

Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Zona de cisalhamento	Área protegida
Descrição geológica	Avaliação quantitativa
Afloramento de rochas com foliação milonítica e mergulho subvertical da Zona de Cisalhamento Cubatão, um lineamento transcorrente dextral que marca o limite dos Terrenos Embu e Oriental da Província Mantiqueira desenvolvido no Ciclo Brasileiro.	Valor Científico 235 Valor Educativo 225 Valor Turístico 255 Risco de degradação 330 Alto Relevância nacional
Outros interesses	
Didático	

Tabela 6 Descrição do Geossítio Milonitos da Zona de Cisalhamento Cubatão.

NOME	Granito Santos
Município	Localização Geográfica - UTM
Santos/São Vicente	361383.00/7349004.00 e 361141.00/7348464.00
Litotipo predominante	Tipologia
Granito	Área complexa: afloramento da base eo mirante
Interesses geológicos principais	Unidade Geológica (Perrotta et al., 2005)
Tectono-estrutural, petrológico e geomorfológico	Depósitos Litorâneos Indiferenciados
Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Magmatismo pós-tectônico Cambro-Ordoviciano	Área pública
Descrição geológica	Avaliação quantitativa
Rocha maciça, de coloração cinza, granulação fina e composição mineralógica com quartzo, feldspato e biotita. Formado no final do Ciclo Brasileiro, datado em 497.3 ± 3.5 Ma (Janasi et al., 2012), relacionando-o com a Orogenia Búzios, de caráter pós-colisional na Faixa Ribeira. Apresenta veios de pegmatito de coloração rósea.	Valor Científico 285 Valor Educativo 365 Valor Turístico 370 Risco de degradação 325 Alto Relevância nacional
Outros interesses	Observações
Turístico	Integra o inventário do patrimônio geológico do Estado de São Paulo (Garcia et al., 2018).

Tabela 7 Descrição do Geossítio Granito Santos.

4.2 Sítios da Geodiversidade

Os três sítios da geodiversidade inventariados estão descritos nas Tabelas 8 a 10, e ilustrados na Figura 5.

NOME	Rampa de Colúvio do Engenho dos Erasmos
Município	Localização Geográfica - UTM
Santos	361257.00/7350875.00
Acesso	Tipologia
Rua Alan Ciber Pinto, 96, Voturuá	Área
Uso potencial	Unidade Geológica (Perrotta et al., 2005)
Educativo e Turístico	Depósitos Litorâneos Indiferenciados
Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Evolução do Quaternário	Área protegida
Descrição	Avaliação quantitativa
Formado pelas ruínas do Engenho dos Erasmos, localizado sobre as rampas de colúvio do Morro do Marapé, a construção é formada por blocos e matações sobrepostos e unidos com argamassa; os blocos são predominantemente de granito com textura fina e leucocrático.	Valor Científico 175 Valor Educativo 320 Valor Turístico 300 Risco de degradação 340 Alto Interesse nacional
Observações	
O Engenho dos Erasmos foi construído em 1533 e desativado no século XVIII. Atualmente é uma área tombada e administrada pela Universidade de São Paulo (USP).	

Tabela 8 Descrição do Sítio da Geodiversidade Rampa de Colúvio do Engenho dos Erasmos.

NOME	Granito da Pedra da Feiticeira
Município	Localização Geográfica - UTM
São Vicente	361773.92/7348317.93
Acesso	Tipologia
Praia de Itararé	Ponto
Uso potencial	Unidade Geológica (Perrotta et al., 2005)
Turístico	Depósitos Litorâneos Indiferenciados
Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Magmatismo pós-tectônico Cambro-Ordoviciano	Área pública
Descrição	Avaliação quantitativa



Figura 4 Geossítios. A) Geossítio Migmatitos Bandados da Pedreira Maria Teresa. Afloramento do gnaiss migmatítico com foliação em plano axial e dobras intrafoliais. B) Intrusão granítica no gnaiss migmatítico. No detalhe o xenólito da rocha encaixante foliada, evidencia de que a intrusão ocorreu após o metamorfismo. C) Geossítio Milonitos da Zona de Cisalhamento Cubatão. Afloramento nas margens do Rio Cubatão. D) Detalhe do afloramento evidenciando a foliação milonítica. E) Geossítio Granito Santos. Afloramento do Granito Santos e no detalhe a rocha granítica com coloração cinza. F) Forma de relevo gerada pelo Granito Santos, em frente à Praia de Itararé, em contraste com a área aplainada da orla. Fotos C e D: Dina Cabrita.

O sítio da geodiversidade é constituído por um afloramento de granito porfírico com megacristais de feldspatos que se destaca na paisagem. O valor turístico está associado a uma lenda sobre o local.	Valor Científico 150 Valor Educativo 300 Valor Turístico 255 Risco de degradação 325 Alto Interesse nacional
Observações	
O acesso é realizado somente em maré baixa.	

Tabela 9 Descrição do Sítio da Geodiversidade Granito da Pedra da Feiticeira.

NOME	Mirante Caminhos do Mar
Município	Localização Geográfica - UTM
Cubatão	351405.00/7359793.00
Acesso	Tipologia
Trilha Caminhos do Mar	Mirante
Uso potencial	Unidade Geológica (Perrotta et al., 2005)
Turístico	Terreno Embu, Unidade Ortognáissica
Categoria Geológica	Enquadramento Legal
Terrenos do Complexo Costeiro	Área protegida: Parque Estadual da Serra do Mar
Descrição	Avaliação quantitativa
No mirante é possível ter uma visão panorâmica de parte da Baixada Santista: Guarujá, Santos, São Vicente, Cubatão, Praia Grande, Itanhaém, as rodovias Imigrantes e Anchieta, Porto de Santos, meandros do Rio Cubatão e parte das escarpas da Serra do Mar.	Valor Científico 180 Valor Educativo 335 Valor Turístico 350 Risco de degradação 165 Baixo Interesse nacional
Observações	
A área era destinada a práticas esportivas de salto de voo livre, porém atualmente está desativada; está na Trilha Caminhos do Mar.	

Tabela 10 Descrição do Sítio da Geodiversidade Mirante Caminhos do Mar.

5 Discussão

Desde o início da colonização brasileira a expansão urbana é característica marcante da Baixada Santista. Ao longo dos anos, Santos, São Vicente e

Cubatão tiveram alterações no desenho da cidade, sendo que essas mudanças estavam ligadas, muitas vezes, ao desenvolvimento da economia.

Diante do crescimento urbano faz-se necessário o desenvolvimento de planos de ordenamento do território, como é o caso de leis e dos Planos Diretores Municipais, a fim de organizar e estabelecer os locais que poderão receber as atividades inerentes à cidade. O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) também é uma ferramenta de ordenação do território e estabelece as categorias do espaço em que podem ser desenvolvidas as diversas atividades (São Paulo, 2013), levando em consideração as características físicas do local: as áreas Z1 e Z2 não permitem a instalação de construções e as áreas Z3, Z4 e Z5 são destinadas a urbanização.

Ao realizar o inventário dos locais de interesse geológico de Santos, Cubatão e São Vicente e analisar o ZEE, verificou-se que os pontos selecionados não coincidem com as áreas destinadas à urbanização (Z4 e Z5) e sim com as unidades em que há proteção ao meio ambiente (Z1). A Figura 6 evidencia que nos locais em que já foram instaladas edificações, não há afloramentos que pudessem ser inventariados, mostrando a perda de elementos da geodiversidade decorrente da expansão urbana.

Na área de estudo o processo de urbanização tem sido constante e este, quando ocorre de forma desordenada, pode causar impactos negativos na natureza. Exemplos disso foram identificados nas obras de expansão do Porto de Santos que destruíram as ruínas do Forte de Santos, em 1905 (Mucivuna et al., 2016).

Os impactos da urbanização também afetam os locais de interesse geológico. Os geossítios definidos neste trabalho reúnem registros importantes da história geológica da região, mas não são alvo de nenhuma proteção legal. A expansão urbana dificultou a conservação de tais áreas, e impossibilita, em grande parte, a observação direta da geodiversidade local. Na etapa de inventário foram identificados potenciais geossítios que estavam destruídos, é o caso do Morro da Penha, do Morro dos Limas e dos Outeirinhos (Figura 7). Conforme relatado por Queiroz & Garcia (2017), ao realizar o levantamento biblio-

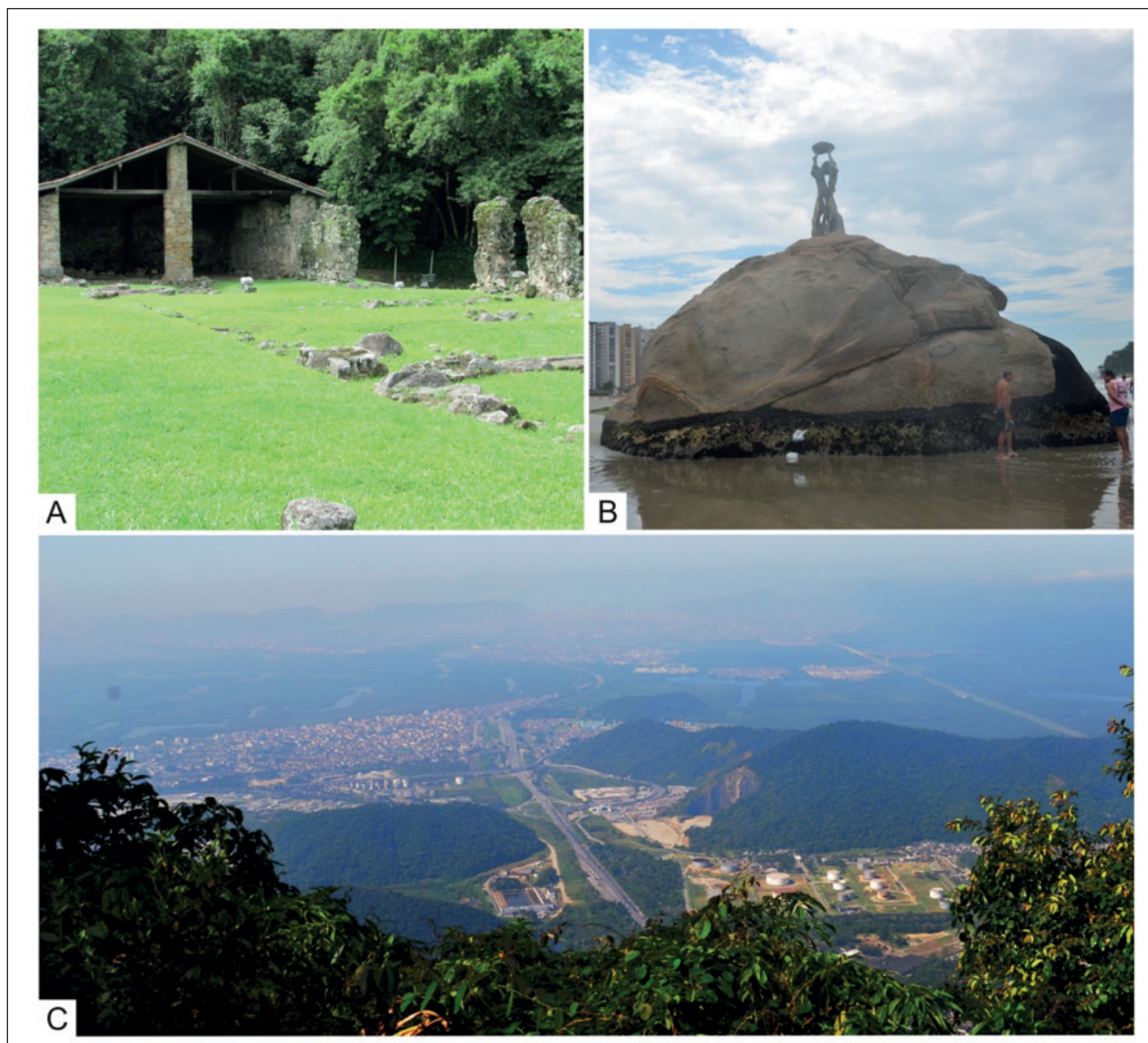


Figura 5 Sítios da geodiversidade. A) Sítio de Geodiversidade Rampa de Colúvio do Engenho dos Erasmos. B) Sítio de Geodiversidade Granito da Pedra da Feiticeira. C) Vista panorâmica a partir do Sítio de Geodiversidade Mirante Caminhos do Mar.

gráfico para potenciais geossítios foi listado um afloramento de biotita-hornblenda gnaisse cataclástico, com cristais de feldspato potássico bem estirados, descrito em Silva *et al.* (1977), em que apresenta as evidências de movimentos tectônicos que moldaram o continente sulamericano, porém na etapa de trabalho de campo verificou-se que o local havia sido destruído pelas obras de expansão do Porto de Santos.

O Morro dos Limas, localizado em Santos, é um outro exemplo de como a expansão urbana gera

perda de geodiversidade. O morro ficava situado na confluência da Avenida Senador Pinheiro Machado com a Avenida Doutor Bernardino de Campos (Figura 7A) e, constantemente, era retratado nos cartões postais do século XX. Com a demanda por materiais pétreos, o local passou a ser utilizado como pedreira para fornecer blocos de rochas destinados ao calçamento de ruas e construção de edifícios. Devido à constante retirada de material, o Morro foi destruído, sendo a área aplainada e loteada (Figura 7B).

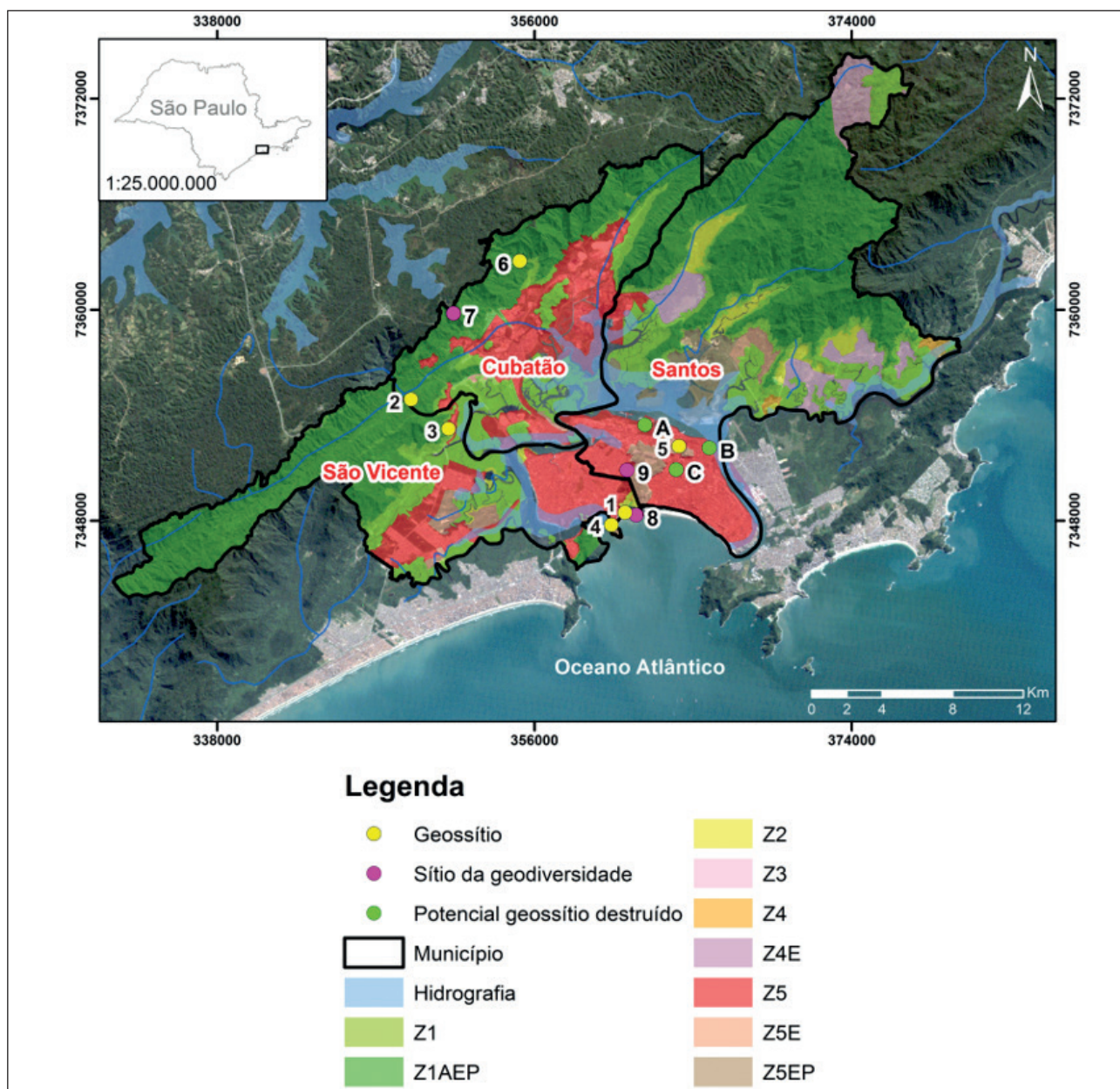


Figura 6 Mapa da área de estudo com o inventário dos locais de interesse geológico e o Zoneamento Ecológico-Econômico. Modificado de São Paulo (2013). 1 – 9: locais de interesse geológico. A – C: potenciais geossítios destruídos: A) Morro da Penha; B) Outeirinhos; C) Morro dos Limas.

Outro caso emblemático, também em Santos, são os Outeirinhos, ao lado do Estuário de Santos e retratados na obra de Benedicto Calixto *Forte do Itapema e Outeirinhos* (data desconhecida) (Figura 7C). Assim como o Morro dos Limas, as rochas dos Outeirinhos serviram de matéria-prima para a edificação da cidade e, atualmente, no local, existem construções de vários tipos (Figura 7D).

Um fato a ser destacado é que, dentre os geossítios e sítios da geodiversidade selecionados no inventário de Santos, São Vicente e Cubatão observa-se a ausência de registros relacionados ao Quaternário. Este fato ocorre porque os sedimentos quaternários formam as áreas de relevo aplainado, que foram os primeiros locais a serem ocupados pelas edificações. Apenas com o aumento da urbanização

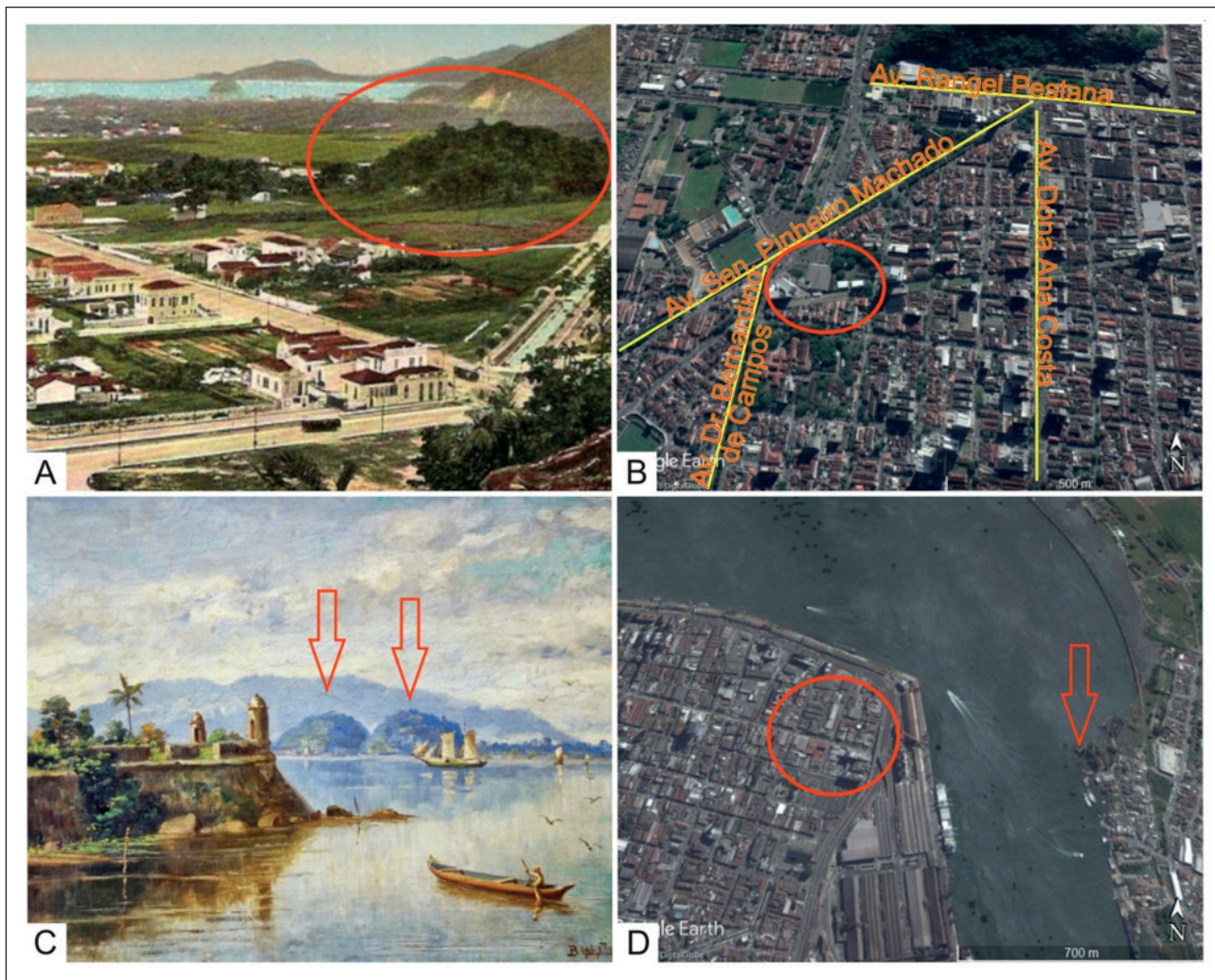


Figura 7 Exemplo de perda de geodiversidade em Santos. A) Detalhe de cartão postal do século XX (Novo Milênio, 2018); no primeiro plano a Avenida Rangel Pestana e confluência para as Avenidas Dona Ana Costa e Senador Pinheiro Machado, no segundo plano à direita o Morro dos Limas. B) Imagem evidenciando o local do antigo Morro dos Limas (Fonte: Google Earth). C) Detalhe da obra de Benedicto Calixto *Forte do Itapema e Outeirinhos* (data desconhecida), no primeiro plano o Forte do Itapema e ao fundo as setas indicam os outeirinhos retratados ao lado do Estuário de Santos. D) Imagem do Estuário de Santos, a seta indica o Forte do Itapema e o círculo indica o local dos antigos Outeirinhos (Fonte: Google Earth).

é que houve a ocupação das áreas de maior altitude, constituídas de rochas formadas em períodos anteriores ao Quaternário.

Outro fato é a presença de dois geossítios identificados neste trabalho se encontrarem em áreas de antigas extrações de rocha. Como na região afloram rochas que têm potencial de exploração e há a necessidade de materiais pétreos para a construção civil, a tendência é que se instalem empresas mineradoras.

No inventário, o enquadramento legal é importante para estabelecer a viabilidade das propostas

de geoconservação em um determinado local. Nesta pesquisa, apenas um geossítio - Migmatitos Bandados da Pedreira Maria Teresa - está em área particular, enquanto todos os outros localizam-se em locais geridos pelo poder público. Esse panorama indica que nos terrenos particulares não houve preocupação, por parte da população, de preservar as rochas e todo o espaço disponível foi utilizado para construir. O referido geossítio está situado em um terreno particular, no qual ocorriam atividades extrativas no passado. Atualmente a pedreira está desativada,

sendo utilizada apenas como depósito de material inerte. A desativação de pedreiras decorre principalmente do crescimento de bairros residenciais que se expandem até próximos à pedreira, o que força a sua desativação.

Com o inventário dos locais de interesse geológico de Santos, São Vicente e Cubatão foram identificadas áreas singulares sobre a evolução geológica da região que devem ser foco de medidas do gerenciamento territorial. Neste contexto, a área estudada possui geossítios e sítios da geodiversidade que necessitam de propostas de geoconservação e maior divulgação para serem inseridos nos planos de ordenamento do território.

6 Conclusões

O inventário de locais de interesse geológico dos municípios de Santos, São Vicente e Cubatão definiu seis geossítios e três sítios da geodiversidade, importantes do ponto de vista científico, educativo e/ou turístico. Em seu conjunto, estes locais constituem registros da história geológica da região e englobam 850 Ma (do Neoproterozoico ao Quaternário).

O registro mais antigo está retratado no Geossítio Gnaise do Terreno Embu da Cachoeira Vêu de Noiva, do Neoproterozoico, Período Criogeniano, enquanto a evidência mais recente está representada pelo Sítio da geodiversidade Rampa de Colúvio do Engenho dos Erasmos, do Holoceno (Quaternário). Em termos de unidades geológicas, foram representadas no inventário o Terreno Embu, o Terreno Costeiro e o Granito Santos, bem como as principais estruturas, como a Zona de Cisalhamento Cubatão. A avaliação quantitativa dos geossítios indica que são locais de relevância nacional e os sítios da geodiversidade são de interesse nacional.

Os litotipos predominantes e o relevo influenciaram na expansão urbana dos municípios em questão, uma vez que a urbanização ocupou inicialmente os locais com rochas e sedimentos do Quaternário, que são as áreas com menor altitude, e utilizou as rochas do Pré-Cambriano para a construção de edificações. Esta característica fica evidente na realização

do inventário, pois houve dificuldade de encontrar locais de interesse geológico em unidades de origem sedimentar, uma vez que o processo de urbanização ocorreu de forma intensa na planície, eliminando os possíveis afloramentos.

A expansão urbana é uma característica marcante de Santos, São Vicente e Cubatão e esse processo ocorreu de forma intensa devido à facilidade de materiais pétreos existentes no local. Na região verificou-se que a ocupação afetou diretamente os locais de interesse geológico, mas alguns elementos da geodiversidade estão presentes nas edificações, como é o caso das rochas que foram retrabalhadas e utilizadas em diversas construções locais (Queiroz, 2018).

Neste sentido, por meio inventário de locais de interesse geológico dos municípios em questão, identificou-se que há locais relevantes do ponto de vista científico que devem ser preservados e levados em consideração ao realizar intervenções na região. É necessário realizar um planejamento territorial que respeite os locais de interesse geológico para que a urbanização possa ser um instrumento de ocupação do espaço convivendo harmoniosamente com a geodiversidade.

7 Referências

- AGEM – Agência Metropolitana da Baixada Santista. 2014. Plano Metropolitano de Desenvolvimento Estratégico da Baixada Santista, 2014-2030. Disponível em: <<http://www.agem.sp.gov.br/midia/pmdebs.pdf>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2018.
- Almeida, F.F.M. 1964. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. *Boletim Geológico*, 41.
- Almeida, F.F.M. & Carneiro, C.D.R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2): 135-150.
- Australian Heritage Commission. 2002. *Australian Natural Heritage Charter: 2nd Australian Heritage Commission*, Canberra.
- Brilha, J. 2005. *Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga, Editora Palimage. 190 p.
- Brilha, J. 2016. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. *Geoheritage*, 8: 119-134.
- Burek, C.V. & Prosser, C.D. (eds). 2008. *The history of geoconservation*. London Geological Society. 312 p.
- Calixto, B. *Forte do Itapema e Outeirinhos*, (data desconhecida) Óleo sobre tela 40 cm x 60 cm, exposto na Fundação

- Pinacoteca Benedicto Calixto.
- Conti, J.B. & Furlan, S.A. 2014. Geocologia: o clima, os solos e a biota. In: ROSS, J.L.S. (org.). *Geografia do Brasil*. São Paulo, Edusp, p. 67-209.
- Filipov, M. & Janasi, V.A. 2001. The Mauá granitic massif, Central Ribeira Belt, São Paulo: petrography, geochemistry and U-Pb dating. *Revista Brasileira de Geociências*, 31: 341-348.
- Fuertes-Gutiérrez, I. & Fernández-Martínez, E. 2010. Geosites inventory in the Leon Province (Northwestern Spain): a toll to introduce geoheritage into regional environmental management. *Geoheritage*, 2: 57-75.
- Fundação Seade. 2018. Perfil dos municípios paulistas. Disponível em: <<http://www.perfil.seade.gov.br/>>. Acesso em: 20 de janeiro de 2018.
- 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.; Souza, C.R.G.; Oliveira, M.E.C.B.; Neves, B.B.B.; Campos Neto, M.C.; Christofolletti, S.R.; Henrique-Pinto, R.; Lobo, H.A.S.; Machado, R.; Passarelli, C.R.; Perinotto, J.A.J.; Ribeiro, R.R. & Shimada, H. 2018. The Inventory of Geological Heritage of the State of São Paulo, Brazil: Methodological Basis, Results and Perspectives. *Geoheritage*, 10: 239-258.
- Garcia, M.G.M.; Del Lama, E.A.; Martins, L.; Mazoca, C.E.M. & Bourotte, C. 2019. Inventory and assessment of geosites to stimulate regional sustainable management: the northern coast of the state of São Paulo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, (in press).
- Gray, M. 2004. *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. Londres, Editora John Wiley & Sons. 434p.
- Gray, M. 2013. *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature* (2nd edition). Londres, Editora John Wiley Blackwell. 495p.
- Heilbron, M.C.P.L.; Pedrosa-Soares, A.C.; Campos-Neto, M.C.; Silva, L.C.; Trouw, R.A.J. & Janasi, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: MANTESSO-NETO, V.; BARTORELLI, A.; CARNEIRO, C.D.R. & BRITO-NEVES, B.B. (org.). *Geologia do continente Sul-americano: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Deca, p. 203-236.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Conheça cidades e estados do Brasil. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>> Acesso em: 08 de fevereiro de 2018.
- Janasi, V.A.; Alves, A.; Vlach, S.R.F. & Leite, R.J. 2003. Granitos peraluminosos da porção central da Faixa Ribeira, Estado de São Paulo: Sucessivos eventos de reciclagem da crosta continental no Neoproterozóico. *Geologia USP, Série Científica*, 3(1): 13-24.
- Janasi, V.A.; Siga Jr., O.; Sato, K.; Machado, F.B.; Soares Junior, A.V.; Magalhães, A.O.B.F. & Machado, A.V. 2012. The young guys are in town: a~500 Ma U-Pb Shrimp age for the Santos and Guarujá granites extends further south the Ribeira “G5” magmatism. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46 e CONGRESSO DE GEOLOGIA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 1, Santos.
- Kozłowski, S. 2004. Geodiversity: the concept and scope of geodiversity. *Przegląd Geologiczny*, 52: 833-837.
- Mantesso-Neto, V.; Andrade, W.T.F.; Frigerio, A. & Stern, A.G. 2012. Guia geoturístico e histórico de Santos e São Vicente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 46 e CONGRESSO DE GEOLOGIA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 1, Santos.
- Mucivuna, V.C.; Del Lama, E.A. & Garcia, M.G.M. 2016. Aspectos geológicos, históricos e estado de conservação das fortificações da Baixada Santista, litoral paulista. *Revista do Instituto Geológico*, 37(1): 29-48.
- Nieto, L.M. 2001. Geodiversidad: Propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, 112: 3-12.
- Novo Milênio. 2018. Santos de antigamente: Vila Mathias, Cesário Bastos e Morro do Lima. Disponível em: <<http://www.novomilenio.inf.br/santos/fotos004.htm>> Acesso em: 22 de fevereiro de 2018.
- 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. 2005. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo: Serviço Geológico do Brasil CPRM, escala 1:750.000.
- Queiroz, D.S. & Garcia, M.G.M. 2017. Expansão urbana como ameaça à geodiversidade: estudo de caso em Santos-SP. In: PEREZ FILHO, A. & AMORIM, R.R. (org.). *Os desafios da Geografia Física na Fronteira do conhecimento*. Unicamp, p. 3102-3111.
- Queiroz, D.S. 2018. *Patrimônio geológico e construído em áreas fortemente urbanizadas: um estudo na Baixada Santista (SP)*. Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 121p.
- Rocha, A.J.D.; Lima, E. & Schobbenhaus, C. 2016. Aplicativo GEOSSIT – nova versão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 48, Porto Alegre, 2016. *Anais da Sociedade Brasileira de Geologia*, Porto Alegre, p. 1813.
- Santos, A.R. 2004. *A grande barreira da Serra do Mar: da trilha dos Tupiniquins à Rodovia dos Imigrantes*. São Paulo, O Nome da Rosa, 122 p.
- Santos, D.S.; Mansur, K.L.; Gonçalves, J.B.; Arruda Junior, E.R. & Manosso, F.C. 2017. Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil. *Applied Geography*, 85: 184-195.
- São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 2013. ZEE Baixada Santista: zoneamento ecológico-econômico – setor costeiro da Baixada Santista. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, SMA, 2013.
- Semeniuk, V. 1997. The linkage between biodiversity and geodiversity. In: EBERHARD, R. (ed.). *Pattern and process: towards a regional approach to national estate assessment of geodiversity*. Australian Heritage Commission, p. 51-58.
- Serrano, E. & Ruiz-Flano, P. 2007. Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, 62: 140-147.
- Silva, A.T.S.F.; Chiodi Filho, C.; Chiodi, D.K. & Pinho Filho, W.D. 1977. *Projeto Santos - Iguape - Relatório final geologia*. Brasília, Ministério das Minas e Energia, v.2.
- Stanley, M. 2001. Editorial. *Geodiversity Update*, 1 (1).
- Suguio, K. & Martin, L. 1978. Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul fluminense. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY. São Paulo, 1, p. 55.
- Tupinambá, M.; Heilbron, M.; Duarte, B. P.; Nogueira, J.R.; Valladares, C.; Almeida, J.; Silva, L.G.E.; Medeiros, S.R.; Almeida, C.G.; Miranda, A.; Ragatky, C.D.; Mendes, J. & Ludka, I. 2007. Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: Estado da Arte e Conexões com a Faixa Araçuaí. *Geonomos*, 15: 67-79.
- Vlach, S.R.F. 2001. Microprobe monazite constraints for an early (Ca. 790 Ma) Brasiliano orogeny: the Embu Terrane, Southeastern Brazil. In: SOUTH AMERICAN SYMPOSIUM ON ISOTOPE GEOLOGY. Pucón, Sociedad Geológica de Chile, p. 265-268.