61

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**"ESTRATÉGIAS DE GEOCONSERVAÇÃO APLICADAS À
GEODIVERSIDADE DO MUNICÍPIO DE BERTIOGA-SP E ÀS
FORTIFICAÇÕES DO LITORAL PAULISTA"**

VANESSA COSTA MUCIVUNA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria da Glória Motta Garcia

Dissertação de Mestrado

COMISSÃO JULGADORA

Nome

Assinatura

Presidente: Dr^a. Maria da Glória Motta Garcia

Dr. Andre Weissheimer de Borba

Dr^a. Christine Laure Marie Bourotte

SÃO PAULO
2016
versão original

T
M 942
VC.e
v: corrigida
u.2

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica preparada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação do
Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo

Mucivuna, Vanessa Costa

Estratégias de geoconservação aplicadas à
geodiversidade do município de Bertioga-SP e às
fortificações do litoral paulista / Vanessa Costa
Mucivuna. – São Paulo, 2016.

140, il.

Dissertação (Mestrado) : IGc/USP

Orient.: Garcia, Maria da Glória Motta

1. Avaliação quantitativa 2. Baixada Santista 3.
Geossítios 4. Inventário 5. Sítios de Geodiversidade
I. Título

Dedico este trabalho à minha avó Maria, aos meus pais João e Lucilia, às minhas irmãs Simone e Karina e às minhas sobrinhas Kamilly e Rafaella, pelo incentivo e apoio em todas as minhas escolhas e decisões.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Prof.^a Dra. Maria da Glória Motta Garcia por me orientar com tanto carinho, dedicação e paciência, pela confiança e por acreditar no meu potencial para realização deste trabalho. Pelos conselhos e críticas construtivas que contribuíram para meu crescimento científico e profissional.

À minha coorientadora Prof.^a Dra. Eliane Aparecida Del Lama por me acolher e orientar com tanto carinho, dedicação e paciência, pelos ensinamentos e contribuições de extremo valor para realização deste trabalho. Pelo contínuo estímulo que contribuíram para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por fornecer subsídios para a realização desta dissertação por meio da concessão da bolsa de mestrado (processo 134376/2014-5).

Aos responsáveis pelas autorizações de trabalhos de campo, em especial à Cleia Araújo e Michele Martins do Parque das Neblinas, à Mylene Lyra da Secretaria de Meio Ambiente de Bertioga, à Ana Vasques e Mari Sakai do Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, à Lilian Abreu Cortes da Alfândega do Porto de Santos, ao Major Fabiano do Forte dos Andradás e ao Sargento Lemos da Fortaleza de Itaipu.

Aos professores e funcionários do Instituto de Geociências, pela receptividade, ensinamentos e por sempre estarem dispostos a colaborar ao longo desses anos.

Aos integrantes do Núcleo de Apoio à Pesquisa GeoHereditas, em especial ao Carlos Eduardo Mazoca pela inestimável ajuda na elaboração dos mapas.

Aos colegas da pós-graduação, particularmente aos da sala B9 (Caio, Gustavo, Laísa, Mariana, Pedro e Rafaela) e em especial a Eliana Mazzucato, Fernanda Reverte, Karlla Arruda, Mariana Ambrósio e Raquel Romão pelo companheirismo e amizade e à Patrícia Magon por me auxiliar no *abstract*.

Aos amigos e companheiros da turma de 2007 (e correlatas) do curso de Geografia da Universidade Cruzeiro do Sul, em especial a Fabiana Luz, Fabrício Robson, Mayra Dias e Mônica Santana.

Aos colegas da turma de 2008 do curso de Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental, em especial aos amigos Ariane Ferreira Neves, Diogo Braz Soares, Lúcia Shibata e Rodrigo Marinangeli.

À Prycilla Perez pela amizade de longa data, e aos amigos André Henrique Santos, Andrea Geraldes, Andreia Caldeira, Alan Cotrim, Carina Ferrari, Kelly Avelino, Rogério Cavalcanti, Sibeles Mazieiro e Zuleika Veronesi por todo apoio e incentivo.

À minha avó Maria, aos meus pais João e Lucília, às minhas irmãs Simone e Karina e às minhas sobrinhas Kamilly e Rafaella pelo incentivo contínuo e amor incondicional.

“- Ah, o sorriso que eu tenho nos lábios é um sorriso geológico – o sorriso de quem sabe, olha, vê e compreende. Este barranco é para mim um livro aberto, uma página da história da Terra na qual leio mil coisas interessantíssimas”.

O poço do Visconde – Monteiro Lobato

RESUMO

MUCIVUNA, V. C. **Estratégias de geoconservação aplicadas à geodiversidade do município de Bertioga-SP e às fortificações do litoral paulista**. 2016. 140 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

O município de Bertioga insere-se, geologicamente, no Terreno Serra do Mar, em grande parte coberto por sedimentos cenozoicos e sua história geológica está relacionada aos estágios de evolução do Supercontinente Gondwana até os eventos de variação do nível relativo do mar durante o Quaternário. Além da notável geodiversidade, o município possui extraordinária importância em relação às fortificações militares construídas com materiais pétreos entre os séculos XVI e XX no litoral paulista, pois, dentre as dezoito fortificações inicialmente existentes, restam apenas sete, das quais uma (Forte São João) está nele situado. As restantes (Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande, Fortim da Praia do Góes, Fortaleza de Vera Cruz de Itapema, Forte São Luiz, Fortaleza de Itaipu e Forte dos Andradás), situam-se em Guarujá e Praia Grande. Com base nestes fatos, esta pesquisa foi estruturada de forma a elaborar estratégias de geoconservação para a geodiversidade *in situ* e *ex situ* da região. A avaliação da geodiversidade *in situ* foi feita por meio do inventário de geossítios (com valor científico) e de sítios de geodiversidade (com valor educativo e turístico). Como resultado, foram definidos os seguintes geossítios: Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão, Milonitos da Praia de São Lourenço, Gnaisses do Canto do Itaguá, Mirante da Serra do Mar, Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú, Paleoterraço do Rio Guaratuba, Captura fluvial do Rio Guaratuba e Terraços Marinhos da Praia de Itaguaré. Os sítios de geodiversidade são: Granitos da Praia do Indaiá, Gnaisses da Praia de São Lourenço, Blocos rolados do Rio Itatinga e Granitos da Cachoeira do Guaratuba. A análise da geodiversidade *ex situ* foi feita de forma a identificar os tipos de pedras utilizadas na construção das fortificações, inferir sobre a provável proveniência destes materiais, avaliar o estado de conservação, reconhecer seu uso atual e apresentar um levantamento histórico-bibliográfico sobre as fortificações remanescentes. Com base nos resultados para a geodiversidade *in situ* foi possível constatar que os sítios que apresentam maior risco de degradação por atividades antrópicas são aqueles localizados em praias e cachoeiras devido ao grande número de visitantes, enquanto os sítios que possuem baixo risco de degradação são os protegidos por meio das Unidades de Conservação. Por sua vez, os sítios

que possuem moderado risco de degradação localizam-se em praias e em áreas não protegidos. Os resultados da geodiversidade *ex situ* atestam os blocos de pedras utilizadas nas construções são de granitos e gnaisses, rochas provenientes do Terreno Serra do Mar e outras representantes da geodiversidade local. Com base nesses resultados foram elaboradas propostas de gestão, divulgação e valorização para os geossítio e sítio de geodiversidade e propostas de roteiros geoturísticos para as fortificações. Essas propostas oferecem subsídios para as estratégias de geoconservação da geodiversidade *in situ* e *ex situ* e visam contribuir com o planejamento territorial de forma a proteger a geodiversidade para esta e para as futuras gerações.

Palavras-chave: Avaliação Quantitativa; Baixada Santista; Geossítios; Inventário; Sítios de Geodiversidade.

ABSTRACT

MUCIVUNA, V, C. **Geoconservation strategies applied to the geodiversity of the municipality of Bertioga - SP and to the fortifications of the coast of São Paulo State. .** 2016. 140 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

The town of Bertioga is situated, in terms of geology, on the Serra do Mar Terrain, covered to a large extent by Cenozoic sediments, and its geological history is related to the stages of evolution of the Gondwana supercontinent up to the relative sea level variation events during the Quaternary. In addition to the outstanding geodiversity, the municipality has extraordinary importance regarding the military fortifications built with stone materials between the XVI and XX centuries on the coast of São Paulo State, considering that, among the eighteen initially existing fortifications, only seven have been preserved, one of which (São João Fort) is located within the city limits. The others (Fortress of Santo Amaro da Barra Grande, Fortress of Praia do Góes, Fortress of Vera Cruz de Itapema, São Luiz Fort, Fortress of Itaipu and Andradas Fort) are located in Guarujá and Praia Grande. Based on these facts, this research was conceived in such a way as to develop geoconservation strategies for the geodiversity *in situ* and *ex situ* of the region. The assessment of the geodiversity *in situ* was done through the inventory of geosites (with scientific value) and geodiversity sites (with educational and touristic value). As a result, the following geosites were determined: Tectonic records of Cachoeira do Sertão, Mylonites of São Lourenço beach, Gneiss of Canto do Itaguá, Viewpoint of Serra do Mar, Pleistocene terrace of Itapanhaú river, Paleoterrace of Guaratuba river, River capture of Guaratuba river and Marine terraces of Itaguaré beach. The geodiversity sites are: Granites of Indaiá beach, Gneiss of São Lourenço beach, Rolled stone blocks of Itatinga river and Granites of Cachoeira do Guaratuba. The analysis of the geodiversity *ex situ* was made in order to identify the types of stones used in the construction of the fortifications, infer the probable origin of these materials, evaluate their conservation status, recognize their current use and present a historical literature review on the remaining fortifications. Based on the results for the geodiversity *in situ*, it was found that the sites with higher possibility of degradation by anthropic activities are those located on beaches and waterfalls due to the large number of visitors, while the sites with low risk of degradation are protected within environmental protection areas. For their part, the sites

with moderate risk of degradation are located on beaches and on non-protected areas. The results for the geodiversity *ex situ* attest that the stone blocks used in the constructions are granites and gneisses, rocks from the Serra do Mar Terrain and other representatives of the local geodiversity. Based on these results, proposals were developed for management, publicity and valorization for the geosites and geodiversity sites, and geotourism routes for the fortifications. These proposals present information for geoconservation strategies for the geodiversity *in situ* and *ex situ* and aim to contribute to the land-use planning in order to protect the geodiversity for this and future generations.

Keywords: Quantitative assesement; Baixada Santista; Geosites; Inventory; Geodiversity sites.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Localização dos geossítios e sítios de geodiversidade nas Unidades de Conservação do Parque Estadual da Serra do Mar, Parque Estadual Restinga de Bertioxa, Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro, Área de Relevante Interesse Ecológico Itaguapé e das Reservas Particulares do Patrimônio Natural.25
- Figura 2** - Estação Biológica de Boraceia. A) Placa de Localização; B) Laboratório da EBB: local onde poderia ser instalado um centro de interpretação ambiental. Figura B – (Fonte: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/fotos/ebb/labebbb.htm>).30
- Figura 3** - Danos antrópicos irreversíveis causados no Geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé. A) Degradação antrópica causada por pichações próximas aos tubos de icnofósseis; B) Nomes pichados na base no terraço marinho; C) Pichações ao longo da extensão do geossítio; D) Marca de mão escavada no geossítio.32
- Figura 4** - Ameaças naturais do geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé. A) Geossítio sem contato direto com as águas do rio Itaguapé numa imagem de satélite de 2012; B) Imagem de 2012 da foz do Rio Itaguapé durante a maré alta; C) Imagem de 2014 da foz do Rio Itaguapé durante a maré baixa; D) Imagem de 2014 da foz do Rio Itaguapé onde grande parte da praia e toda área do geossítio é atingida pelas águas marinhas.32
- Figura 5** - Parque das Neblinas. A) Placa indicativa da entrada do parque; B) Centro de visitantes e local para refeições; C) Vista o centro de visitantes e área onde são realizadas atividades de EA; D) Exemplo de painel exposto no centro de visitantes.35
- Figura 6** - Localização dos pontos geoturísticos sugeridos para parada do roteiro 1. Na figura 1 é o Forte São João e 2 é o Forte São Luiz.45
- Figura 7** - Localização dos pontos geoturísticos sugeridos para parada do roteiro 2. Na figura 1 é a Fortaleza de Vera Cruz de Itapema, 2 é a Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande, 3 é o Fortim da Praia do Góes, 4 é o Forte dos Andradas e o 5 é a Fortaleza de Itapu.47

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros da avaliação quantitativa pelo método de Pereira (2010).....	9
Quadro 2 - Parâmetros da avaliação quantitativa pelo método de Brilha (2016) para os geossítios.	12
Quadro 3 - Parâmetros da avaliação quantitativa pelo método de Brilha (2016) para os sítios de geodiversidade com valor educativo.	13
Quadro 4 - Parâmetros da avaliação quantitativa pelo método de Brilha (2016) para os sítios de geodiversidade com valor turístico.	15
Quadro 5 - Parâmetros da avaliação quantitativa do risco de degradação pelo método de Brilha (2016).	17
Quadro 6 - Unidades de Conservação do Município de Bertiooga, SP (Fonte: SMA / FF, 2013).	24
Quadro 7 - Enquadramento Legal do patrimônio geológico do município de Bertiooga.	26
Quadro 8 - Enquadramento legal dos geossítios e sítios de geodiversidade com riscos associados.....	27
Quadro 9 - Quadro com o ranking dos geossítios e sítios de geodiversidade e risco de degradação.	41
Quadro 10 - Características presentes nos geossítios e sítios de geodiversidade do município que podem ser associadas às rochas utilizadas na construção do Forte São João.	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP - Antes do Presente

APA - Área de Proteção Ambiental

ARIE - Área de Relevante Interesse Ecológico

CONDEPHAAT - Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico

CPRM - Companhia de Pesquisas e Recursos Minerais

EA - Educação Ambiental

EBB - Estação Biológica Boraceia

EERG – Estação Elevatória do Rio Guaratuba

ESEC- Estação Ecológica

FLONA - Floresta Nacional

GILGES - Global Indicative List of Geological Sites

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

IUCN - International Union for Conservation of Nature

IUGS - International Union of Geological Sciences

LOE - Luminescência Opticamente Estimulada

MONAT - Monumento Natural

NRM - Nível Relativo do Mar

PARNA - Parque Nacional

PERB - Parque Estadual Restinga de Bertiooga

PESM - Parque Estadual da Serra do Mar

ProGeo - Associação Europeia para a Conservação do Patrimônio Geológico

R - Relevância

RD - Risco de Degradação

RDS - Reserva de Desenvolvimento Sustentável

REBIO - Reserva Biológica

REFAU - Reserva de Fauna

RESEX - Reserva Extrativista

RMBS - Região Metropolitana da Baixada Santista

RPPN - Reserva Particular do Patrimônio Natural

RVS - Refúgio da Vida Silvestre

SIGEP - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC - Unidades de Conservação

UNESCO - United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

VC - Valor de Conservação

Vci - Valor científico

Vi - Valor Intrínseco

Vtur - Valor turístico

VUC - Valor de Uso Científico

Vug - Valor de Uso e Gestão

VUT - Valor de Uso Turístico

ZCBA - Zona de Cisalhamento do Bairro Alto

ZCC - Zona de Cisalhamento Camburu

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Justificativa	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Gerais	5
1.3.2 Específicos	5
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	6
2.1 Métodos utilizados para o patrimônio natural	6
2.1.1 Seleção dos pontos do inventário	6
2.1.2 Trabalhos de campo	7
2.1.3 Descrição do patrimônio geológico e avaliação quantitativa dos geossítios e sítios de geodiversidade.....	8
2.1.4 Integração dos dados e propostas para o patrimônio geológico do município	17
2.2 Métodos utilizados para o patrimônio construído	18
2.2.1 Seleção das fortificações	18
2.2.2 Trabalhos de campo	18
2.2.3 Integração dos dados e propostas de divulgação e conservação das construções militares	19
3. INVENTÁRIO E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE BERTIOGA, SP	20
4. FORTIFICAÇÕES DO LITORAL PAULISTA: GEOLOGIA DE SUAS PEDRAS E O ESTADO DE CONSERVAÇÃO.....	21
5. GEOCONSERVAÇÃO EM BERTIOGA: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES	22
5.1 Enquadramento Legal dos geossítios e sítios de geodiversidade e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação	22
5.2 Gestão dos geossítios e sítios de geodiversidade	28
5.2.1 Propostas de gestão para o Parque Estadual da Serra do Mar	29
5.2.2 Propostas de gestão para o Parque Estadual Restinga de Bertioiga	31
5.2.3 Propostas de gestão para Área de Relevante Interesse Ecológico Itaguaré.....	33
5.2.4 Propostas de gestão para a Reserva Particular do Patrimônio Natural Ecofuturo	34
5.2.5 Propostas de gestão para Prefeitura do Município de Bertioiga.....	35
5.2.6 Propostas educativas para os sítios de geodiversidade com valor educativo	36
5.2.6.1 Sítio de geodiversidade Granitos da Praia do Indaiá.....	37
5.2.6.2 Sítio de geodiversidade Gnaisses da Praia de São Lourenço	38

5.2.6.3	Sítio de geodiversidade Blocos rolados do Rio Itatinga	39
5.2.6.4	Projeto Barco Escola “Arca do Saber”	39
5.3	Considerações finais sobre as propostas de gestão dos geossítios e sítios de geodiversidade	41
5.4	Propostas de divulgação e conservação das fortificações da Baixada Santista	42
5.5	O geodiversidade do município de Bertioga e sua utilização na construção do Forte São João	49
5.6	Conclusões.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		53
APÊNDICE A		61
Inventário e avaliação quantitativa do patrimônio geológico do município de Bertioga, SP		61
APÊNDICE B.....		107
Fortificações do litoral paulista: geologia de suas pedras e o estado de conservação		107

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Desde os primórdios, a humanidade sempre utilizou os recursos naturais em seu benefício. No entanto, principalmente após a Revolução Industrial, o aumento significativo no uso destes recursos tem gerado grande inquietação em muitos cientistas. As questões relacionadas à conservação da natureza foram impulsionadas e, durante a década de 1970, as discussões sobre a possibilidade de destruição do patrimônio cultural e natural ganharam espaço.

Um dos marcos destas discussões foi a Convenção para Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural, realizada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) na cidade de Paris em 1972. De acordo com as diretrizes então estabelecidas, o patrimônio cultural envolve as diversas obras de arquitetura, escultura, pintura ou obras conjugadas pelo homem que possuam valor do ponto de vista histórico, estético, etnológico, antropológico, da arte e da ciência. Por sua vez, o patrimônio natural inclui os monumentos naturais constituídos por formações físicas, biológicas, geológicas e fisiográficas além das áreas que são *habitat* de animais e vegetais ameaçados de extinção, e que apresentem valor do ponto de vista estético, científico, da conservação e da beleza natural (UNESCO 1972).

Apesar dos esforços em incluir tanto os aspectos naturais quanto culturais no conceito de patrimônio, é nítida a maior preocupação em resguardar o patrimônio cultural. De acordo com os dados da UNESCO (2016), existem 1.031 locais listados como patrimônio mundial. Deste total, 802 são classificados como sítios culturais, 197 como naturais e 32 como mistos (locais em que tanto o patrimônio cultural como o natural são importantes).

A conservação do patrimônio natural iniciou-se por meio da criação de áreas protegidas. Segundo a *International Union for Conservation of Nature* - IUCN (1994) essas áreas compreendem territórios delimitados e dedicados à proteção e manutenção da diversidade biológica e dos recursos naturais e culturais a eles associados. Apesar de não ser possível definir com exatidão qual foi a primeira área natural protegida no mundo, atribui-se como marco, a criação do Parque Nacional do Yellowstone, nos Estados Unidos em 1872. No Brasil, o Parque Nacional de Itatiaia foi implementado em 1937 e é considerado a primeira área natural protegida

do país, regulamentadas por meio das Unidades de Conservação - UCs e com diretrizes focadas, essencialmente, nas características biológicas. O conceito de diversidade biológica fundamenta-se na variedade de vida na Terra e foi utilizado pela primeira vez durante a Convenção Internacional sobre Diversidade Biológica, em 1974. Anos mais tarde, a expressão foi contraída para biodiversidade por Walter Rosen do *National Research Council* em 1985 (Franco 2013, Gray 2013).

Somente na década de 1990 é que a discussão sobre a geodiversidade inicia-se, quando geólogos e geomorfólogos começaram a utilizar o termo para descrever a variedade da natureza abiótica (Gray 2004, 2005). Existem diversas definições acerca do termo e, neste trabalho, adotou-se a conceituação de Gray (2013), que trata a geodiversidade como “a variedade natural (diversidade) de feições geológicas (rochas, minerais e fósseis), geomorfológicas (paisagens, topografia, processos físicos), solos e feições hidrogeológicas. Isso inclui as associações, estruturas, sistemas e contribuições para as paisagens” (p. 12).

A geodiversidade está sujeita a ameaças, tanto antrópicas quanto naturais e, ao conjunto de medidas utilizadas com o propósito de proteger seus diversos aspectos, denomina-se Geoconservação. Brilha (2005, 2016) estabelece um método sistemático para estratégias de geoconservação que consiste no inventário, avaliação quantitativa, enquadramento legal, conservação, valorização/divulgação e monitoramento. Somente após um trabalho sistemático e criterioso que indique o que deve ser enquadrado como patrimônio geológico é que as demais estratégias de geoconservação devem ser estabelecidas. A etapa do inventário envolve a escolha dos geossítios que são locais que apresentem valor superlativo em relação aos demais, e que contenham um ou mais elementos da geodiversidade “bem delimitado geograficamente e que apresente algum valor singular do ponto de vista científico, pedagógico, cultural, turístico ou outro” (Brilha, 2005). Mais recentemente, Brilha (2016) conceituou geossítios como sendo somente os locais com interesse geológico de valor científico; já os locais que possuem como principal valor os usos educacionais ou turísticos são nomeados de sítios de geodiversidade. Sendo que o conjunto dos geossítios engloba o patrimônio geológico (Brilha, 2005, 2016)

A execução de sólidas estratégias de geoconservação permite salvaguardar os registros da história geológica da Terra, para esta e para as futuras gerações. No Brasil e no mundo, as pesquisas nesta temática têm se mostrado crescentes, seus resultados têm permitido mapear áreas com interesse do ponto de vista geológico que precisam ser conservadas, além de ter o propósito de auxiliar no planejamento e na gestão do território (Alfama 2007, Azevedo 2007, García-Cortez & Carcavilla Urquí 2009, Brilha *et al.* 2010, Pereira 2010, Santos 2010, Santos

2012, Borba *et al.* 2013, Lopes *et al.* 2013, Ribeiro *et al.* 2013, Wilson 2013, Albani *et al.* 2014, Ferreira 2014, Prochoroff 2014, Reverte 2014, Santos 2014, Arruda *et al.* 2015, Garcia *et al.* 2015, Meira 2016, Santos 2016).

Ao analisar os trabalhos desenvolvidos no Brasil na temática da geodiversidade, patrimônio geológico e geoconservação e os realizados na temática do patrimônio construído constata-se que eles foram efetuados mais ou menos no mesmo momento histórico. Vale destacar que o patrimônio cultural construído já vem sendo objeto de pesquisa há muitas décadas, embora, no Brasil, as pesquisas de geocientistas investigando os patrimônios culturais pétreos, com a finalidade de tentar conservá-los seja relativamente recente. Pesquisas relacionadas a esta temática vêm crescendo significativamente, como atestam as diversas publicações na área (Ascaso *et al.* 2002, Sant'Anna *et al.* 2002, Silva & Roeser 2003, Batista-Neto *et al.* 2006, Philipp & Di Benedetti 2007, Delgado Rodrigues 2007, Del Lama *et al.* 2008, Reys *et al.* 2008, Delgado Rodrigues 2008, Costa 2009, Delgado Rodrigues & Charola 2011, Gimenez & Del Lama 2014, Grossi & Del Lama 2015).

Com fundamento nos diversos estudos realizados na temática da geoconservação e do patrimônio construído, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de aplicar estratégias de geoconservação à geodiversidade do município de Bertioga-SP e às fortificações do litoral paulista. Para tal fim, esta dissertação foi estruturada em cinco capítulos com o propósito de expor e discutir os resultados aqui obtidos. No capítulo 1 é apresentada a introdução da temática, a justificativa e os objetivos da pesquisa. O capítulo 2 respalda-se na descrição dos principais materiais e métodos utilizados para concretização dos objetivos propostos. O capítulo 3 traz o manuscrito aceito pela Revista Pesquisa em Geociências, que discute a abordagem metodológica utilizada no inventário do patrimônio geológico do município de Bertioga com interesse científico, turístico e educativo e sua avaliação quantitativa utilizando-se os métodos de Pereira (2010) e Brilha (2016). O capítulo 4 traz o manuscrito aceito pela Revista do Instituto Geológico, que discorre sobre a identificação dos tipos de rochas utilizados na construção das fortificações do litoral paulista, sua provável proveniência, bem como a análise do seu uso atual e o estado de conservação. O capítulo 5 apresenta as discussões e conclusões em relação aos dados apresentados nos capítulos 3 e 4, além disso, propõe estratégias de gestão dos geossítios e sítios de geodiversidade e sugere propostas de conservação e divulgação do patrimônio cultural-pétreo.

1.2 Justificativa

O primeiro passo para efetivar qualquer estratégia de Geoconservação deve ser o inventário do patrimônio geológico que, quando feito de maneira adequada, constitui-se num sólido embasamento para uma série de atividades que vão desde políticas públicas de ordenamento territorial até o turismo. Numa região turística, como é o caso do litoral do estado de São Paulo, o reconhecimento de pontos de interesse geológico relevantes pode ser utilizado como base para ações de sustentabilidade que levem em conta o meio ambiente e as populações locais.

Neste sentido, o município de Bertioga apresenta diversos elementos da geodiversidade que são representativos da rica história geológica da região, construída a partir de diferentes eventos geológicos desde a evolução do Supercontinente Gondwana até os eventos de variação do nível relativo do mar, no Quaternário. Esta história geológica está registrada nas belas paisagens, praias, mirantes e trilhas que atraem milhares de turistas todos os anos.

No entanto, apesar da notável geodiversidade, pouco se divulga sobre seu potencial científico, educativo, turístico e cultural. Isso acontece porque ainda não há no município um inventário sistemático do patrimônio geológico e, por conta disso, não se pode afirmar quais são os riscos e ameaças aos quais está sujeito. Além disso, Bertioga não possui mapeamentos geológicos de detalhe e, apesar de existirem diversas publicações do ponto de vista geológico, geomorfológico e pedológico que nos permitem inferir acerca de áreas com acentuada geodiversidade, nenhum desses trabalhos analisam esses locais sobre a perspectiva da geoconservação.

Em adição aos aspectos naturais, a geodiversidade da região pode ser inferida a partir das pedras utilizadas nas construções das fortificações militares do litoral paulista. A escolha por analisar-se as pedras utilizadas em suas construções se deu por conta do imenso potencial em relacionar as pedras das edificações com as rochas aflorantes na região e também por constituir-se como edificações remanescentes e representativas da história de defesa militar do litoral paulista.

Com base nestes fatos, este trabalho busca identificar e avaliar a geodiversidade da região em seu caráter natural (geossítios e sítios de geodiversidade) e construído (fortificações do litoral), de modo a utilizar estas informações em ações de valorização deste patrimônio.

1.3 Objetivos

1.3.1 Gerais

Esta pesquisa tem por objetivo desenvolver estratégias de geoconservação para o município de Bertioga-SP, através da realização do inventário, quantificação e enquadramento legal, bem como sugerir propostas que contribuam com a gestão, valorização e divulgação do patrimônio geológico. Além disso, propõe-se a identificar as pedras utilizadas nas fortificações do litoral paulista e apresentar propostas de incentivo à conservação e divulgação dessas construções.

1.3.2 Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho consistem em:

- Realizar o inventário do patrimônio geológico do município de Bertioga, por meio da caracterização dos geossítios e sítios de geodiversidade;
- Descrever e quantificar os geossítios e sítios de geodiversidade;
- Apresentar propostas de gestão com a finalidade de valorizar e divulgar os geossítios e sítios de geodiversidade;
- Apresentar propostas educativas para os sítios de geodiversidade para fins pedagógicos;
- Identificar as pedras utilizadas nas construções das fortificações da Baixada Santista e inferir sobre a proveniência das rochas com base na geodiversidade local;
- Verificar o uso atual das fortificações e avaliar seu estado de conservação;
- Elaborar propostas de conservação e divulgação das fortificações da Baixada Santista por meio de roteiros geoturísticos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Métodos utilizados para o patrimônio natural

2.1.1 Seleção dos pontos do inventário

Para identificar e selecionar o patrimônio geológico num inventário Lima (2008) recomenda a execução das seguintes etapas para a área de estudo: levantamento de dados geológicos, organização e classificação destes dados, identificação e caracterização do patrimônio geológico a partir dos critérios estabelecidos para o objetivo do inventário.

Brilha (2016) propõe uma sequência de tarefas para a realização do inventário de geossítios em áreas restritas, que consiste nas etapas de revisão bibliográfica; consulta a especialistas que já trabalharam na área; elaboração de lista com potenciais geossítios; trabalhos de campo para avaliação qualitativa e identificação de novos geossítios; elaboração de lista final dos geossítios com caracterização completa; quantificação do valor científico e do risco de degradação - RD; elaboração de lista final de geossítios classificados pelo critério científico e RD e eventual avaliação quantitativa para uso educacional e turístico.

O inventário dos sítios de geodiversidade seguem na mesma linha, diferindo nas etapas de revisão de sítios utilizados em atividades educativas / revisão de materiais turísticos, e na quantificação do potencial uso educacional e/ou turístico (Brilha 2016).

Apesar da valiosa história geológica da região, o conhecimento específico da geologia de Bertioga ainda é escasso, sendo os principais trabalhos de cunho regional. Isso se deve, principalmente, à dificuldade para realização trabalhos de campo devido à densa cobertura de Mata Atlântica que cobre a região. Em virtude disso, adaptações as metodologias de inventário vêm sendo realizados nos trabalhos desenvolvidos no litoral paulista (Garcia *et al.* 2014).

Mucivuna *et al.* (2015) descreveram critérios e metodologia para seleção de pontos do inventário do município de Bertioga que compõe as seguintes etapas: i) revisão bibliográfica, apesar de deficitária, foi realizada para caracterizar a área de estudo em termos geológicos, geomorfológicos e pedológicos com objetivo de identificar potenciais geossítios e sítios de geodiversidade de maneira direcionada; ii) entrevistas com pesquisadores que já desenvolveram pesquisas ou trabalhos de campo na região no âmbito da geologia, com o propósito de obter pontos de interesse geológico; iii) trabalhos de gabinete para análise de mapas geológicos

(Perrotta *et al.* 2005), estruturais (Maffra 2000) e imagens de satélites (através do *Google Earth*) com o intuito de reconhecer as principais unidades, estruturas e áreas de interesse geomorfológico que se enquadrassem como áreas com potenciais geossítios e sítios de geodiversidade; iv) pesquisas em *websites* e na Secretaria Municipal de Turismo com a finalidade de determinar pontos já utilizados com fins turísticos e que poderiam se enquadrar como sítios de geodiversidade; v) pesquisas aos *websites* da Secretaria Municipal de Educação, da Prefeitura Municipal e da Secretaria Municipal de Meio Ambiente para identificar locais onde são realizadas atividades educativas e que tenham potencial a se tornar sítios de geodiversidade.

A realização destas etapas foi fundamental para a seleção das áreas potenciais, pois apenas as referências bibliográficas não são suficientes para a seleção dos geossítios e sítios de geodiversidade. Com a localização dessas áreas, verificou-se a possibilidade de acesso para realização dos trabalhos de campo.

2.1.2 Trabalhos de campo

Foram efetuados diversos trabalhos de campo totalizando nove dias. Eles foram realizados de forma direcionada aos pontos obtidos através de referências bibliográficas, entrevistas com pesquisadores e nas áreas potenciais (Mucivuna *et al.* 2015).

Durante os trabalhos de campo os seguintes procedimentos foram adotados para caracterizar cada ponto: descrição detalhada com ênfase aos aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e estruturais; obtenção de coordenadas UTM com auxílio de GPS (Global Positioning System); uso de bússola para medir foliação, lineação, orientação e mergulho; desenho de croquis esquemáticos; levantamento fotográfico e coleta de amostras para análises posteriores. Além disso, determinou-se a área aproximada e verificou-se as condições de acesso e facilidade de observar as feições e processos, principalmente nos sítios de geodiversidade.

Durante os trabalhos de campo foram visitados trinta pontos que se localizavam em trilhas ecoturísticas existentes nas UCs do município, costões rochosos, praias e afloramentos em cortes de estrada que resultaram na seleção de oito geossítios e quatro sítios de geodiversidade (três de valor educativo e um com valor turístico).

2.1.3 Descrição do patrimônio geológico e avaliação quantitativa dos geossítios e sítios de geodiversidade

Cada ponto do inventário foi detalhadamente descrito em trabalhos de campo, e informações complementares foram inseridas naqueles que possuíam referências bibliográficas.

As informações acerca da localização geográfica, tipologia do geossítio (Fuentes-Gutiérrez & Fernández-Martínez 2010), proteção legal, acesso, dimensão, unidade geológica de acordo com Perrotta *et al.* (2005) e susceptibilidade às ameaças naturais e antrópicas foram adicionadas nas descrições.

Concluída essa etapa, os geossítios foram quantificados a partir dos métodos de Pereira (2010) e Brilha (2016), a quantificação dos sítios de geodiversidade foi realizada somente pelo método de Brilha (2016). Todos os pontos do inventário foram quantificados em relação ao RD pelo método de Brilha (2016).

Método de Pereira (2010)

Devido aos métodos europeus existentes não se adequarem ao contexto de UC da Chapada Diamantina-BA, Pereira (2010) elaborou um método em conformidade com o contexto geológico-geomorfológico da região.

Este método avalia os aspectos relevantes do patrimônio geológico num conjunto de vinte parâmetros. Cada parâmetro pode ser valorado numa pontuação de 0 a 4 pontos, sendo estes agrupados em quatro categorias de valores: Intrínseco (Vi), científico (Vci), turístico (Vtur) e uso/gestão (Vug) - (Quadro 1).

Quadro 1 - Parâmetros da avaliação quantitativa pelo método de Pereira (2010).

Valor Intrínseco (Vi)		
A1	Vulnerabilidade associada a processos naturais	Refere-se à vulnerabilidade do geossítio face aos processos naturais atuantes no local, que podem descaracterizá-lo ou mesmo culminar na sua destruição.
A2	Abundância / raridade	Importância do local em termos de sua ocorrência na área investigada.
A3	Integridade	Indicativo do nível de conservação do geossítio e da possibilidade de visualização dos aspectos de interesse.
A4	Variedade de elementos da geodiversidade	Quantidade de interesses e elementos da geodiversidade associados (hidrologia, hidrogeologia, mineralogia, petrologia, etc.).
Valor Científico (Vci)		
B1	Objeto de referências bibliográficas (grau de conhecimento científico)	Indica se o geossítio propriamente dito já foi alvo de estudos acadêmico ou citados em artigos técnico-científicos.
B2	Representatividade de materiais e processos geológicos	Indicativo da relevância do geossítio como registro de elemento ou processos relacionados com a evolução geológica ou geomorfológica da região e o contexto em que ela se insere.
B3	Diversidade de interesses / temas associados	Associação do geossítio com outros tipos de interesse (dentro das geociências) ou outras temáticas de estudo (ex.: biodiversidade, meteorologia, arqueologia).
B4	Relevância didática	Potencial do geossítio para ilustrar elementos ou processos da geodiversidade e possibilidade de uso do local para ensino das geociências e/ou escolas secundárias.
Valor Turístico (Vtur)		
C1	Aspecto estético	Relativo ao aspecto da beleza cênica do local. Consiste no parâmetro com maior grau de subjetividade, uma vez que depende do sentimento que o local provoca no avaliador.
C2	Acessibilidade	Indicativo das dificuldades de acesso ao local.
C3	Presença de infraestrutura	Indicativo da presença de infraestruturas que facilitam e sirvam de apoio para a utilização do local.
C4	Existência de utilização em curso	Indica as condições atuais de utilização turística do geossítio.
C5	Presença de mecanismos de controle de visitantes	Indicativo da existência de medida de controle de visitantes, gerando informações para uma futura análise da capacidade de carga dos geossítios. Não foram aqui considerados os números efetivos de visitantes, perante a falta de uniformização e falta de confiabilidade destas informações.

Continua

Continuação...

Valor de Uso / Gestão (Vug)		
D1	Relevância cultural	Ilustra a associação do geossítio com elementos culturais. Utilização para fins religiosos, toponímias ou realização de eventos culturais.
D2	Relevância econômica	Refere-se ao potencial de exploração econômica do geossítio e utilização como recurso natural, excluindo-se a exploração turística. Sendo assim, foi valorado de maneira inversa, já que são consideradas atividades excludentes.
D3	Nível oficial de proteção	Indicativo se o local já está inserido em Unidade de Conservação.
D4	Passível de utilização econômica	Indica se o local é passível de utilização econômica, excluindo o turismo, ou está inserido em área com algum tipo de uso que acarrete em restrições para o uso turístico.
D5	Vulnerabilidade associada ao uso antrópico	Indicativo da susceptibilidade do local sofrer deterioração mediante o uso para diversos fins.
D6	População do núcleo urbano mais próximo	Indicativo da população da região onde se insere o geossítio, que poderá visitá-lo e, teoricamente, será beneficiada com sua valorização e utilização.
D7	Condições socioeconômicas dos núcleos urbanos mais próximos	Indicativo das condições socioeconômicas da região onde se insere o geossítio, que indiretamente influenciam nas infraestruturas disponíveis e perfil dos visitantes.

Para cada categoria de valor, obtém-se uma nota a partir da média aritmética dos valores atribuídos para cada conjunto de parâmetros.

- Valor Intrínseco: $Vi = \frac{A1+A2+A3+A4}{4}$
- Valor Científico: $Vci = \frac{B1+B2+B3+B4}{4}$
- Valor Turístico: $Vtur = \frac{C1+C2+C3+C4+C5}{5}$
- Valor de Uso / Gestão: $Vug = \frac{D1+D2+D3+D4+D5+D6+D7}{7}$

A partir da média aritmética das categorias Vi, Vci, Vtur e Vug, foi realizado o cálculo das pontuações para o Valor de Uso Científico (VUC), o Valor Turístico (VUT), Valor de Conservação (VC) e Relevância (R) que determinou o *ranking* do conjunto de geossítios inventariados. Para calcular esses valores as seguintes ponderações e equações foram utilizadas:

- Valor de uso científico: $VUC = \frac{2*Vi+3*Vci}{5}$
- Valor de uso turístico: $VUT = \frac{3*Vtur+2*Vug}{5}$
- Valor de conservação: $VC = \frac{3*Vi+Vci+Vug}{5}$
- Relevância: $R = \frac{\left\{2*\left[\left(\frac{VUC}{20}\right)*100\right]+\left[\left(\frac{VUT}{20}\right)*100\right]\right\}}{3}$

O parâmetro R define a relevância do geossítio de acordo com os seguintes critérios:

- Geossítios de relevância local: locais onde $R \leq 10$.
- Geossítios de relevância regional: locais onde $10 < R < \text{valor médio obtido para a relevância do conjunto de geossítios avaliados}$.
- Geossítios de relevância nacional: locais onde $R > \text{valor médio obtido para a relevância do conjunto de geossítios avaliados}$.
- Geossítios de relevância internacional: locais onde $R > \text{valor médio obtido para a relevância do conjunto de geossítios avaliados}$ e onde, simultaneamente, os parâmetros A-02 e A-03 são maiores ou iguais a três e os parâmetros B-01, B-02, C-02 e C-03 maiores ou iguais a dois.

Método de Brilha (2016)

O método de Brilha (2016) foi elaborado para distinguir o patrimônio geológico de valor científico (geossítios) da geodiversidade com valor educativo, turístico ou cultural (sítios de geodiversidade).

A avaliação quantitativa é distinta para cada valor. A quantificação de geossítios avalia um conjunto de sete parâmetros que podem ser valorados com 0, 1, 2, ou 4 pontos (Quadro 2). A quantificação dos sítios de geodiversidade de valor educativo avalia um conjunto de doze parâmetros (Quadro 3) e o de valor turístico treze (Quadro 4), ambos podem ser valorados com pontuações que variam de 0 a 4 pontos.

Quadro 2 - Parâmetros da avaliação quantitativa pelo método de Brilha (2016) para os geossítios.

Valor Científico (VC)			
	4	2	1
A - Representatividade	O geossítio é o melhor exemplo da área de estudos para ilustrar elementos ou processos, relacionado com a categoria temática em questão (quando aplicável)	O geossítio é um bom exemplo da área de estudos para ilustrar elementos ou processos, relacionado com a categoria temática em questão (quando aplicável)	O geossítio ilustra razoavelmente os elementos ou processos, relacionado com a categoria temática em questão (quando aplicável)
B – Local chave	O geossítio é reconhecido pela IUGS como GSSP ou ASSP ou é um sítio de referência da IMA	O geossítio é utilizado pela ciência internacional, diretamente relacionado com a categoria temática em questão (quando aplicável)	O geossítio é utilizado para a ciência nacional, diretamente relacionado com a categoria temática em questão (quando aplicável)
C – Conhecimento científico	Existem artigos sobre o geossítio em revistas científicas internacionais, diretamente relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável)	Existem artigos sobre o geossítio em revistas científicas nacionais, diretamente relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável)	Existem resumos apresentados em eventos científicos internacionais sobre o geossítio, diretamente relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável)
D - Integridade	Os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) estão muito bem preservados	O geossítio não está muito bem preservado, mas os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) ainda estão preservados	O geossítio tem problemas de preservação e com os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) estão alterados ou modificados
E – Diversidade geológica	Geossítio com mais de três tipos diferentes de aspectos geológicos com relevância científica	Geossítio com três tipos diferentes de aspectos geológicos com relevância científica	Geossítio com dois tipos diferentes de aspectos geológicos com relevância científica
F - Raridade	O geossítio é a única ocorrência deste tipo na área de estudo (representando a categoria temática em questão, quando aplicável)	Existem, na área de estudo, 2-3 exemplos de geossítios semelhantes (representando a categoria temática em questão, quando aplicável)	Existem, na área de estudo, 4-5 exemplos de geossítios semelhantes (representando a categoria temática em questão, quando aplicável)
G – Limitação de uso	Não existem limitações (necessidade de autorização, barreiras físicas, ...) para realizar amostragem ou trabalho de campo	É possível fazer amostragem ou trabalhos de campo depois de ultrapassar as limitações existentes	A realização de amostragem ou trabalhos de campo é muito difícil de ser conseguida devido a existência de limitações (necessidades de autorização, barreiras físicas, ...)

Quadro 3 - Parâmetros da avaliação quantitativa pelo método de Brilha (2016) para os sítios de geodiversidade com valor educativo.

Potencial educacional e uso educativo				
	4	3	2	1
A - Vulnerabilidade	Os elementos geológicos do sítio não apresentam possibilidade de deterioração por atividades antrópicas	Possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários por atividade antrópica	Possibilidade de deterioração dos principais elementos geológicos por atividade antrópica	Possibilidade de deterioração de todos os elementos geológicos por atividade antrópica
B – Acessibilidade	Sítio localizado a menos de 100 m de uma estrada asfaltada com local para estacionamento de ônibus	Sítio localizado a menos de 500 m de uma estrada asfaltada	Sítio acessível por ônibus em estrada não asfaltada	Sítio sem acesso direto por estrada mas situado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus
C – Limitações de uso	O sítio não tem limitações a ser usado por estudantes e turistas	O sítio pode ser usado por estudantes e turistas, mas apenas ocasionalmente	O sítio pode ser usado por estudantes e turistas, mas só depois de ultrapassar certas limitações (autorização, barreiras físicas, marés, inundações, ...)	O uso por estudantes e turistas é muito difícil de conseguir devido à dificuldade em ultrapassar certas limitações (autorização, barreiras físicas, marés, inundações, ...)
D – Segurança	Sítio com infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.), rede de comunicações móveis e situado a menos de 5 km de serviços de socorro	Sítio com infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.), rede de comunicações móveis e situado a menos de 25 km de serviços de socorro	Sítio sem infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.) mas com rede de comunicações móveis e situado a menos de 50 km de serviços de socorro	Sítio sem infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.) nem rede de comunicações móveis e situado a mais de 50 km de serviços de socorro
E - Logística	Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 15 km do sítio	Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 50 km do sítio	Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 100 km do sítio	Existem restaurantes e alojamentos para grupos até 25 pessoas a menos de 50 km do sítio

Continua

Continuação...

Potencial educacional e uso educativo				
	4	3	2	1
G – Associação com outros valores	Existem diversos valores ecológicos e culturais a menos de 5 km do sítio	Existem diversos valores ecológicos e culturais a menos de 10 km do sítio	Existe um valor ecológico e um cultural a menos de 10 km do sítio	Existe um valor ecológico ou um cultural a menos de 10 km do sítio
H – Beleza cênica	Sítio habitualmente usado em campanhas turísticas do país, mostrando aspectos geológicos	Sítio ocasionalmente usado em campanhas turísticas do país, mostrando aspectos geológicos	Sítio habitualmente usado em campanhas turísticas locais, mostrando aspectos geológicos	Sítio ocasionalmente usado em campanhas turísticas locais, mostrando aspectos geológicos
I – Singularidade	Ocorrência de aspectos únicos e raros no país e em países vizinhos	Ocorrência de aspectos únicos e raros no país	Ocorrência de aspectos comuns na região, mas raros no resto do país	Ocorrência de aspectos comuns na generalidade do país
J – Condições de observação	A observação de todos os elementos geológicos é feita em boas condições	Existem obstáculos que tornam difícil a observação de alguns elementos geológicos	Existem obstáculos que tornam difícil a observação dos principais elementos geológicos	Existem obstáculos que praticamente impossibilitam a observação dos principais elementos geológicos
K – Potencial didático	Ocorrência de elementos geológicos que são ensinados em todos os níveis de ensino	Ocorrência de elementos geológicos que são ensinados nas escolas de ensino básico	Ocorrência de elementos geológicos que são ensinados nas escolas de ensino secundário	Ocorrência de elementos geológicos que são ensinados no ensino superior
L – Diversidade geológica	Ocorrem mais de 3 tipos de elementos da geodiversidade (mineralógicos, paleontológicos, geomorfológicos, etc.)	Ocorrem 3 tipos de elementos da geodiversidade	Ocorrem 2 tipos de elementos da geodiversidade	Ocorre apenas 1 tipo de elemento da geodiversidade

Quadro 4 - Parâmetros da avaliação quantitativa pelo método de Brilha (2016) para os sítios de geodiversidade com valor turístico.

Potencial uso turístico				
	4	3	2	1
A - Vulnerabilidade	Os elementos geológicos do sítio não apresentam possibilidade de deterioração por atividades antrópicas	Possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários por atividade antrópica	Possibilidade de deterioração dos principais elementos geológicos por atividade antrópica	Possibilidade de deterioração de todos os elementos geológicos por atividade antrópica
B – Acessibilidade	Sítio localizado a menos de 100 m de uma estrada asfaltada com local para estacionamento de ônibus	Sítio localizado a menos de 500 m de uma estrada asfaltada	Sítio acessível por ônibus em estrada não asfaltada	Sítio sem acesso direto por estrada mas situado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus
C – Limitações de uso	O sítio não tem limitações a ser usado por estudantes e turistas	O sítio pode ser usado por estudantes e turistas, mas apenas ocasionalmente	O sítio pode ser usado por estudantes e turistas, mas só depois de ultrapassar certas limitações (autorização, barreiras físicas, marés, inundações, ...)	O uso por estudantes e turistas é muito difícil de conseguir devido à dificuldade em ultrapassar certas limitações (autorização, barreiras físicas, marés, inundações, ...)
D – Segurança	Sítio com infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.), rede de comunicações móveis e situado a menos de 5 km de serviços de socorro	Sítio com infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.), rede de comunicações móveis e situado a menos de 25 km de serviços de socorro	Sítio sem infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.) mas com rede de comunicações móveis e situado a menos de 50 km de serviços de socorro	Sítio sem infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.) nem rede de comunicações móveis e situado a mais de 50 km de serviços de socorro
E - Logística	Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 15 km do sítio	Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 50 km do sítio	Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 100 km do sítio	Existem restaurantes e alojamentos para grupos até 25 pessoas a menos de 50 km do sítio

Continua

Continuação...

Potencial uso turístico				
	4	3	2	1
G – Associação com outros valores	Existem diversos valores ecológicos e culturais a menos de 5 km do sítio	Existem diversos valores ecológicos e culturais a menos de 10 km do sítio	Existe um valor ecológico e um cultural a menos de 10 km do sítio	Existe um valor ecológico ou um cultural a menos de 10 km do sítio
H – Beleza cênica	Sítio habitualmente usado em campanhas turísticas do país, mostrando aspectos geológicos	Sítio ocasionalmente usado em campanhas turísticas do país, mostrando aspectos geológicos	Sítio habitualmente usado em campanhas turísticas locais, mostrando aspectos geológicos	Sítio ocasionalmente usado em campanhas turísticas locais, mostrando aspectos geológicos
I – Singularidade	Ocorrência de aspectos únicos e raros no país e em países vizinhos	Ocorrência de aspectos únicos e raros no país	Ocorrência de aspectos comuns na região, mas raros no resto do país	Ocorrência de aspectos comuns na generalidade do país
J – Condições de observação	A observação de todos os elementos geológicos é feita em boas condições	Existem obstáculos que tornam difícil a observação de alguns elementos geológicos	Existem obstáculos que tornam difícil a observação dos principais elementos geológicos	Existem obstáculos que praticamente impossibilitam a observação dos principais elementos geológicos
K – Potencial para divulgação	Ocorrência de elementos geológicos que são evidentes e perceptíveis para todos os tipos de público	O público necessita de algum conhecimento geológico para entender os elementos geológicos que ocorrem no sítio	O público necessita de bons conhecimentos geológicos para entender os elementos geológicos que ocorrem no sítio	Os elementos geológicos que ocorrem no sítio apenas são evidentes e perceptíveis para quem possui graduação em Geociências
L – Nível econômico	Sítio localizado num município com pelo menos o dobro do rendimento médio per capita que se verifica no país	O sítio localizado num município com rendimento médio per capita superior ao que se verifica no país	O sítio localizado num município com rendimento médio per capita idêntico ao que se verifica no país	O sítio localizado num município com rendimento médio per capita inferior ao que se verifica no país
M – Proximidade a áreas recreativas	Sítio localizado a menos de 5 km de uma zona recreativa ou com atrações turísticas	Sítio localizado a menos de 10 km de uma zona recreativa ou com atrações turísticas	Sítio localizado a menos de 15 km de uma zona recreativa ou com atrações turísticas	Sítio localizado a menos de 20 km de uma zona recreativa ou com atrações turísticas

Após a avaliação quantitativa de acordo com o uso (científico, educativo ou turístico), Brilha (2016) recomenda que seja realizada a quantificação do RD para o conjunto de sítios inventariados. Esse método leva em conta cinco critérios que podem ser valorados entre 0 e 4 pontos (Quadro 5).

Quadro 5 - Parâmetros da avaliação quantitativa do risco de degradação pelo método de Brilha (2016).

Risco de degradação				
	4	3	2	1
A – Deterioração dos elementos geológicos	Possibilidade de deterioração de todos os elementos geológicos	Possibilidade de deterioração dos principais elementos geológicos	Possibilidade de deterioração dos elementos geológicos secundários	Existem reduzidas possibilidade de deterioração dos elementos geológicos secundários
B – Proximidade de áreas / atividades com potencial para causar degradação	Sítio situado a menos de 50 m de área/atividade com potencial para causar degradação	Sítio situado a menos de 200 m de área/atividade com potencial para causar degradação	Sítio situado a menos de 500 m de área/atividade com potencial para causar degradação	Sítio situado a menos de 1 km de área/atividade com potencial para causar degradação
C – Proteção Legal	Sítio situado numa área sem proteção legal nem controle de acesso	Sítio situado numa área sem proteção legal mas com controle de acesso	Sítio situado numa área com proteção legal mas sem controle de acesso	Sítio situado numa área com proteção legal e com controle de acesso
D – Acessibilidade	Sítio localizado a menos de 100 m de uma estrada asfaltada com local para estacionamento de ônibus	Sítio localizado a menos de 500 m de uma estrada asfaltada	Sítio acessível por ônibus em estrada não asfaltada	Sítio sem acesso direto por estrada mas situado a menos de 1 km de uma estrada acessível por ônibus
E – Densidade da população	Sítio localizado num município com mais de 1000 habitantes por km ²	Sítio localizado num município com 250-1000 habitantes por km ²	Sítio localizado num município com 100-250 habitantes por km ²	Sítio localizado num município com menos de 100 habitantes por km ²

2.1.4 Integração dos dados e propostas para o patrimônio geológico do município

Com base nas etapas descritas anteriormente foram elaboradas propostas a fim de promover as estratégias de geoconservação nos geossítios e sítios de geodiversidade no município. Para tal, levou-se em conta a importância científica, educativa e/ou turística

associada aos resultados do RD e as observações empíricas dos locais durante os trabalhos de campo.

2.2 Métodos utilizados para o patrimônio construído

2.2.1 Seleção das fortificações

A seleção das fortificações foi executada por meio de pesquisa bibliográfica com o objetivo de identificar as fortificações ainda existentes no território paulista. A pesquisa foi realizada em livros, dissertações e teses, periódicos e em *websites* específicos sobre a temática.

Após a identificação das fortificações ainda existentes, constatou-se que elas se concentram na Região Metropolitana da Baixada Santista - RMBS e que algumas delas possuem uso restrito. Com base nisso, foi feito o pedido de autorização para realizar os trabalhos de campo, todos os pedidos foram deferidos, e a partir disso, verificou-se as vias de acesso para realização dos trabalhos de campo.

2.2.2 Trabalhos de campo

Foram realizados trabalhos de campo nas fortificações e obras de defesa militar da RMBS durante três dias totalizando a análise de nove pontos (sete fortificações, o Museu do Instituto de Pesca e a Casa do Trem Bélico).

Durante os trabalhos de campo os seguintes procedimentos foram realizados: descrição macroscópica das rochas utilizadas nas construções; obtenção de coordenadas UTM com auxílio de GPS (Global Positioning System); desenho de croquis esquemáticos; levantamento fotográfico; análise das intervenções realizadas (quando disponíveis) e análise do uso atual e estado de conservação das fortificações.

2.2.3 Integração dos dados e propostas de divulgação e conservação das construções militares

A análise e interpretação da proveniência das pedras utilizadas nas fortificações foi realizada com base nos dados obtidos nos trabalhos de campo e no Mapa Geológico do estado de São Paulo (Perrotta *et al.* 2005). Por se tratar de um mapa na escala 1:750.000 em alguns casos a unidade geológica apresentada no mapa não correspondia as rochas observadas em campo e na construção das fortificações, além disso, a falta de documentos históricos não permitiu definir com exatidão os locais de onde as rochas foram retiradas, por isso foram definidas somente a procedência em relação as unidades geológicas das rochas utilizadas nas construções.

Com base nas referências bibliográficas e nos trabalhos de campo, foram apresentadas propostas de dois roteiros geoturísticos a fim de divulgar o patrimônio cultural existente nas fortificações da Baixada Santista com o propósito de assegurar sua conservação.

3. INVENTÁRIO E AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DO PATRIMÔNIO GEOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE BERTIOGA, SP

Artigo aceito pelo periódico “*Revista Pesquisa em Geociências*”, em fase de revisão. Vide apêndice A.

Resumo: Bertioga localiza-se no litoral do estado de São Paulo e é reconhecida por sua notável geodiversidade. Por isso, este trabalho tem por objetivo discorrer sobre a abordagem metodológica utilizada no inventário e na quantificação do patrimônio geológico do município. A seleção dos pontos do inventário foi realizada a partir de: I) revisão bibliográfica; II) entrevistas com pesquisadores que desenvolveram pesquisas em geociências na região; III) análise de mapas geológicos, estruturais e imagens de satélites para definir as áreas potenciais; trabalhos de campo; seleção e descrição dos pontos. O inventário engloba oito geossítios, três sítios de geodiversidade de uso educativo e um de uso turístico e são representativos da história geológica do município. A quantificação do patrimônio geológico foi realizada a partir de métodos existentes e a relevância dos sítios foi realizada com a finalidade de orientar futuras estratégias de geoconservação. De acordo com os resultados, somente o geossítio Captura fluvial do Rio Guaratuba obteve a mesma posição no *ranking* nos dois métodos. Com base nos resultados, comparou-se o *ranking* obtido entre os métodos de modo a avaliar quais os parâmetros responsáveis pelos resultados distintos. Há no município treze Unidades de Conservação - UCs que têm por prioridade a conservação da biodiversidade; atualmente não há nenhuma proposta de conservação da geodiversidade. Através dos resultados da avaliação do risco de degradação, concluiu-se que alguns sítios inseridos em UCs possuem risco de degradação moderado e necessitam de políticas públicas para a sua gestão.

Palavras-chave: Estratégias de geoconservação, Geodiversidade, Geossítios, Litoral Paulista, Quantificação, Sítios de Geodiversidade.

4. FORTIFICAÇÕES DO LITORAL PAULISTA: GEOLOGIA DE SUAS PEDRAS E O ESTADO DE CONSERVAÇÃO

Artigo aceito pelo periódico “*Revista do Instituto Geológico*”, em fase de revisão. Vide apêndice B.

Resumo: Este trabalho tem por objetivo identificar os tipos de pedras utilizadas nas construções das fortificações militares do litoral paulista e inferir sobre sua provável proveniência, além de avaliar seu estado de conservação, e apresentar um levantamento bibliográfico sobre o histórico dessas fortificações. Para atingir esses objetivos, foram efetuadas as etapas de revisão bibliográfica, trabalhos de campo com a finalidade de identificar os tipos de pedras utilizadas nas construções, diagnóstico do estado de conservação, reconhecimento do seu uso atual e análise do mapa geológico em relação aos dados das pedras utilizadas nas construções das fortificações, para inferir sobre sua provável proveniência. A identificação do tipo de material utilizado nessas construções permite avaliar a geodiversidade utilizada, além de compreender a história, a cultura e a evolução técnica da época em que foi construída. A avaliação do estado de conservação e seu uso atual visa subsidiar as ações às quais as fortificações poderão ser submetidas no sentido de preservação e manutenção do patrimônio cultural pétreo. As fortificações estudadas localizam-se na Baixada Santista, nos municípios de Bertioga, Guarujá e Praia Grande e representam as fortificações construídas entre os séculos XVI e XX. Elas foram edificadas, principalmente, com granitos e gnaisses, rochas que afloram na região e que são representativas da geodiversidade local. Apesar de algumas delas serem tombadas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e terem seu uso voltado à visitação turística, parte delas apresenta-se deteriorada, sendo que ações de reparo são indispensáveis para sua conservação e preservação. Outras fortificações simbolizam o total esquecimento produzido pela falta de pertencimento com esse patrimônio, que representa um momento histórico único da defesa do território paulista.

Palavras-chave: Baixada Santista; Conservação; Fortificações; Monumentos Pétreos; Patrimônio Histórico.

5. GEOCONSERVAÇÃO EM BERTIOGA: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

5.1 Enquadramento Legal dos geossítios e sítios de geodiversidade e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação

Brilha (2005) sugere que a terceira etapa de uma estratégia de geoconservação seja o enquadramento legal. Esta etapa tem a finalidade de categorizar os geossítios e sítios de geodiversidade num regime de proteção legal. Quando esta etapa não é realizável por razões como o desinteresse do poder público ou outras limitações, Lima (2008) propõe que o enquadramento legal desses sítios seja realizado através de outras legislações ambientais, possibilitando, assim, a conservação dos sítios de forma indireta.

No Brasil, apesar da intensa preocupação com a conservação da natureza, a implantação de mecanismos legais para sua efetivação é relativamente recente. Na Constituição Federal de 1988 o Artigo 225 dedica-se a conservação da natureza e no direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, onde o poder público e os cidadãos têm a incumbência de defendê-lo e preservá-lo. O inciso 1º do mesmo artigo expõe sobre a indispensabilidade de “definir, em todas Unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei” (Brasil 1988).

Apesar da Constituição Federal ressaltar sobre a importância da criação de mecanismos legais para a conservação da natureza, a regulamentação da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, ocorreu somente após mais de uma década de espera. O SNUC foi regulamentado para estabelecer as normas e critérios para a criação, implantação e gestão das UCs. De acordo com o SNUC a UC é definida como um

“Espaço territorial seus e recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídas pelo Poder Público, com objetivo de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” (Brasil 2000).

Dentre os diversos objetivos do SNUC, destaca-se o de “proteger as características relevantes de natureza geológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural” e de “proteger e recuperar recursos hídricos e edáficos” (Brasil 2000). Apesar de os elementos da geodiversidade estarem englobados dentre os objetivos do SNUC, observa-se que nas UCs do município esses artigos muitas vezes não são aplicados. Um exemplo disso foi observado no decreto de criação do Parque Estadual da Serra do Mar - PESM, que justifica sua criação para “assegurar integral proteção à fauna, à flora, às belezas naturais, bem como garantir sua utilização a objetivos educacionais, recreativos e científicos” (São Paulo 1977), neste decreto os aspectos da geodiversidade podem ser relacionados, de forma indireta, com às belezas naturais, contudo, evidencia-se que a criação do parque foi pautada principalmente em suas características biológicas. Este fato pode ser corroborado a partir da leitura do seu plano de manejo, onde a introdução dedica somente oito linhas para descrever os aspectos físicos do PESM, em contrapartida, as descrições das características da biodiversidade são realizadas em cinquenta linhas (SMA 2008).

Dentre as UCs englobadas no SNUC elas são classificadas nas categorias de Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As UCs de Proteção Integral são compostas pela Estação Ecológica (ESEC), Reserva Biológica (REBIO), Parque Nacional (PARNA), Monumento Natural (MONAT) e Refúgio da Vida Silvestre (RVS), e têm por objetivo “preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais” (Brasil 2000). Já as UCs de Uso Sustentável são compostas pela Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), Floresta Nacional (FLONA), Reserva Extrativista (RESEX), Reserva de Fauna (REFAU), Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) e têm por objetivo “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais” (Brasil 2000).

No município de Bertioga os exemplo de UC de proteção integral são o Parque Estadual da Serra do Mar - PESM e Parque Estadual Restinga de Bertioga - PERB (eles têm por objetivo preservar os ecossistemas com grande relevância ecológica e beleza cênica) e são exemplos de UC de uso sustentável a APA Marinha do Litoral Centro: Setor Guaibê, a ARIE Itaguapé e as RPPNs Ecofuturo, Costa Blanca, Hércules Florence I, II, III, IV, V e VI (a APA tem por objetivo “proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais”, a ARIE tem por objetivo a conservação da natureza e as RPPN têm por objetivo conservar a biodiversidade), (Brasil 2000), Quadro 6.

Quadro 6 - Unidades de Conservação do Município de Bertioga, SP (Fonte: SMA / FF, 2013).

Unidade de Conservação	Legislação para criação	Responsável	Área (ha)
PESM	Decreto nº 10.251 de 31/08/1977	Fundação Florestal	24.059,21
PERB	Decreto nº 56.500 de 10/12/2010	Fundação Florestal	9.312,32
APA Marinha do Litoral Centro: Setor Guaibê	Decreto nº 53.526 de 08/10/2008	Fundação Florestal	270.239,98
ARIE Itaguapé	Decreto nº 56.500 de 10/12/2010	Fundação Florestal	57,98
RPPN Ecofuturo	Resolução SMA nº 20 de 06/04/2009	Suzano Papel e Celulose S. A.	518,50
RPPN Costa Blanca	Resolução SMA nº 07 de 01/02/2011	BARMA Empreendimentos e Participações Ltda	296,93
RPPN Hécules Florence I e II	Resolução SMA nº 06 de 01/02/2011	Companhia Fazenda Acaraú	709,57
RPPN Hécules Florence III, IV, V e VI	Resolução SMA nº 39 de 05/06/2012	Companhia Fazenda Acaraú	213,31
Parque Ilha Rio da Praia	Decreto nº 1.636 de 26/01/2001	Prefeitura de Bertioga	216,56

A grande quantidade de UCs no município enquadra Bertioga com um dos municípios que possuem maior área com vegetação de Mata Atlântica em todo o estado. A maior área de proteção integral do litoral brasileiro é o PESM que abrange parte de 23 municípios paulistas que vão desde o município de Ubatuba, divisa com o estado do Rio de Janeiro, até o município de Pedro de Toledo, ao sul. Bertioga insere-se dentro de seus limites, no núcleo homônimo, e sua área ocupa 49,92% da área do município (SMA / IF 2006).

A figura 1 apresenta as UCs existentes no município em conjunto com a distribuição dos geossítios e sítios de geodiversidade. Na área da terra indígena guarani do Ribeirão Silveira não foi selecionado nenhum ponto, pois além de não existir referência bibliográfica com aspectos da geodiversidade, não foram realizados trabalhos de campo devido à dificuldade para se obter autorização de visita.

Figura 1 - Localização dos geossítios e sítios de geodiversidade nas Unidades de Conservação do Parque Estadual da Serra do Mar, Parque Estadual Restinga de Bertioga, Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro, Área de Relevante Interesse Ecológico Itaguapé e das Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

No inventário do patrimônio geológico do município de Bertioga, bem como nos inventários dos municípios do litoral norte, foram selecionados geossítios que se localizam dentro de UCs e em locais sem proteção legal (Prochoroff 2014, Reverte 2014, Santos 2014, Arruda *et al.* 2015, Reverte & Garcia, 2016). Os dados evidenciam que os sítios são legalmente protegidos pela legislação do SNUC, porém sua proteção efetiva não ocorre por meio da gestão das UCs, negligência que pode causar danos e perdas irreversíveis dos registros geológicos que representam a origem e a evolução deste trecho do litoral paulista.

O Quadro 7 apresenta o enquadramento legal dos geossítios e sítios de geodiversidade do município, elaborado com a finalidade de identificar os órgãos responsáveis pela efetiva conservação de cada sítio.

Quadro 7 - Enquadramento Legal do patrimônio geológico do município de Bertioga.

Geossítios	Enquadramento Legal
Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão	RPPN Ecofuturo
Milonitos da Praia de São Lourenço	Patrimônio da União
Gnaisse do Canto do Itaguá	PERB
Mirante da Serra do Mar	PESM
Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú	Patrimônio da União
Paleoterraço do Rio Guaratuba	PESM
Captura fluvial do Rio Guaratuba	PESM
Terraços Marinhos da Praia de Itaguaré	PERB
Sítios de Geodiversidade	Enquadramento Legal
Granitos da Praia do Indaiá	Patrimônio da União
Gnaisses da praia de São Lourenço	ARIE Itaguaré
Blocos rolados do Rio Itatinga	PERB
Granitos da Cachoeira do Guaratuba	PERB

Dos doze pontos selecionados no inventário, somente três não estão enquadrados em UCs, sendo estas áreas pertencentes à União. Dos nove pontos que estão inseridos dentro de UC, dois estão em UC de uso sustentável (Geossítio Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão e Sítio de geodiversidade Gnaisses da praia de São Lourenço) e sete em UC de proteção integral (Geossítios: Gnaisse do Canto do Itaguá, Mirante da Serra do Mar, Paleoterraço do Rio Guaratuba, Captura fluvial do Rio Guaratuba e Terraços Marinhos da Praia de Itaguaré e sítios de geodiversidade: Blocos rolados do Rio Itatinga e Granitos da Cachoeira do Guaratuba).

A associação entre o enquadramento legal, fragilidade, vulnerabilidade e RD não é direta. O Quadro 8 apresenta os pontos do inventário e sua relação entre as ameaças naturais e antrópicas (obtidas em observações em trabalhos de campo) em conjunto com a quantificação do RD de Brilha (2016).

Quadro 8 - Enquadramento legal dos geossítios e sítios de geodiversidade com riscos associados.

Geossítios	Enquadramento Legal	Unidade de Conservação	Fragilidade (fatores naturais)	Vulnerabilidade (fatores antrópicos)	Risco de Degradação (Brilha, 2016)
Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão	RPPN Ecofuturo	Uso sustentável	Baixa	Baixa	Baixo
Milonitos da Praia de São Lourenço	Patrimônio da União	--	Baixa	Moderada	Moderado
Gnaisse do Canto do Itaguá	PERB	Proteção integral	Baixa	Moderada	Moderado
Mirante da Serra do Mar	PESM	Proteção integral	Baixa	Baixa	Baixo
Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú	Patrimônio da União	--	Alta	Baixa	Moderado
Paleoterraço do Rio Guaratuba	PESM	Proteção integral	Baixa	Baixa	Baixo
Captura fluvial do Rio Guaratuba	PESM	Proteção integral	Baixa	Baixa	Baixo
Terraços Marinhos da Praia de Itaguaré	PERB	Proteção integral	Alta	Alta	Moderado
Sítios de Geodiversidade	Enquadramento Legal	Unidade de Conservação	Fragilidade (fatores naturais)	Vulnerabilidade (fatores antrópicos)	Risco de Degradação (Brilha, 2016)
Granitos da Praia do Indaiá	Patrimônio da União	--	Baixa	Moderada	Moderado
Gnaisses da praia de São Lourenço	ARIE Itaguaré	Uso sustentável	Baixa	Moderada	Moderado
Blocos rolados do Rio Itatinga	PERB	Proteção integral	Baixa	Baixa	Baixo
Granitos da Cachoeira do Guaratuba	PERB	Proteção integral	Baixa	Moderada	Baixo

A fragilidade dos geossítios e sítios de geodiversidade foi avaliada, porém, esse parâmetro não foi considerado como essencial para relacionar com a proteção legal, uma vez que a fragilidade aos fatores naturais independe da proteção legal.

A partir da análise dos dados do Quadro 8 em conjunto com os resultados da quantificação do RD (Brilha 2016) foi possível concluir que a fragilidade dos geossítios e sítios de geodiversidade, em geral, é baixa. A exceção ocorre nos geossítios Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú e Terraços Marinhos da Praia de Itaguaré, ambos com fragilidade alta decorrente de sua localização, pois encontram-se em locais com erosão flúviomarinha ativa. Em geral, a

vulnerabilidade dos sítios é baixa, com exceção dos pontos localizados em praias e cachoeiras, devido ao grande número de visitantes. A única ocorrência de vulnerabilidade alta ocorre devido ao geossítio localizar-se numa praia com muitos visitantes e por conta da sua fragilidade intrínseca. Os resultados da quantificação do RD são proporcionais em relação ao risco moderado e baixo. O RD baixo é resultante de sítios que se encontram protegidos em UC, enquanto o RD moderado se deve a dois fatores: não estar legalmente protegido e por se localizar em praias do município que recebem grande número de turistas.

Desta forma, concluímos que os geossítios e sítios de geodiversidade que se localizam em locais que recebem grande número de pessoas possuem moderada vulnerabilidade e/ou moderado RD, independentemente de estar protegido ou não pelas UCs.

5.2 Gestão dos geossítios e sítios de geodiversidade

De acordo com as estratégias de geoconservação propostas por Brilha (2005), após o enquadramento legal é necessário proceder com a gestão. Esta etapa integra as ações de conservação, valorização/divulgação e monitoramento do conjunto de sítios inventariados.

A gestão dos geossítios e sítios de geodiversidade deve ocorrer com a elaboração de um plano de gestão que leve em conta as necessidades pontuais de cada sítio. Este plano consiste num documento específico e abrangente e tem o objetivo de que o sítio inventariado atinja o estado de conservação favorável. Durante sua elaboração, a caracterização do sítio deve ser realizada de modo a identificar as causas que podem influenciar seus aspectos e sub-aspectos. Avaliações periódicas devem ser realizadas por equipes técnicas para determinar o estado de conservação do sítio, com base nisso, estratégias de conservação e medidas de gestão podem ser propostas com a finalidade de serem implementadas. O plano deve ainda levar em consideração a necessidade de revisão caso os objetivos de conservação do sítio não sejam atingidos (Lima 2012, Lima *et al* 2014).

Dentro de um plano de gestão, a conservação tem por objetivo promover a integridade dos sítios inventariados. Para tal é necessário avaliar sua susceptibilidade em relação à perda dos aspectos da geodiversidade devido aos fatores naturais e/ou antrópicos (Brilha 2005). Os locais prioritários para a conservação devem ser definidos pelo resultado da quantificação do seu valor em conjunto com o resultado da quantificação do RD (Brilha 2016).

Somente após assegurar a integridade dos geossítios e sítios de geodiversidade é que estratégias de valorização e divulgação devem acontecer. Os sítios que apresentam menor risco de descaracterização e tenham as melhores condições de observação devem ser os selecionados nas estratégias de valorização e divulgação. Nesta etapa, intervenções e técnicas de interpretação devem ser instaladas para disseminar as informações acerca de cada sítio (Brilha 2005).

O monitoramento dos sítios deve ocorrer com o objetivo de manter seu controle. Avaliações periódicas devem ocorrer para a identificar os riscos e ameaças a qual estão sujeitas e quantificar a perda de sua relevância ao longo do tempo (Brilha 2005).

Não é objetivo deste trabalho elaborar planos de gestão detalhados para geossítios individuais. No entanto, a partir dos resultados obtidos, foram elaboradas propostas de gestão com base no enquadramento legal (Quadro 7) para os geossítios e sítios de geodiversidade do município de Bertioga. A conservação de cada local deve ser executada e monitorada pelo órgão responsável pela sua gestão.

5.2.1 Propostas de gestão para o Parque Estadual da Serra do Mar

Dentro dos limites do PESM - Núcleo Bertioga localizam-se os geossítios Mirante da Serra do Mar, Paleoterraço do Rio Guaratuba e Captura Fluvial do Rio Guaratuba. O acesso ao primeiro geossítio realiza-se por meio de trilha que tem seu início na RPPN Ecofuturo. O acesso aos demais geossítios ocorre pela Estação Biológica Boraceia - EBB (Figura 2A). Propõe-se que as estratégias de gestão desses geossítios estejam pautadas na valorização e divulgação.

O geossítio Mirante da Serra do Mar possui potencial educativo e turístico voltado ao público de todas as idades. Ele pode ser utilizado com fins didáticos para relacionar os eventos de abertura do Oceano Atlântico Sul e das variações do Nível Relativo do Mar - NRM durante o Quaternário com as observações das feições geomorfológicas da Serra do Mar e da planície costeira.

O geossítio Paleoterraço do Rio Guaratuba tem potencial educativo voltado para alunos a partir do ensino fundamental II. Ele pode ser utilizado com fins pedagógicos para correlacionar o antigo terraço fluvial com a presença da linha de seixos.

O geossítio Captura fluvial do Rio Guaratuba apresenta potencial educativo voltado para alunos o ensino superior. Ele pode ser utilizado com fins educacionais para associar a erosão regressiva da Serra do Mar com a formação da captura fluvial.

Figura 2 - Estação Biológica de Boraceia. A) Placa de Localização; B) Laboratório da EBB: local onde poderia ser instalado um centro de interpretação ambiental. Figura B – (Fonte: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/fotos/ebb/labebbb.htm>).

Para proceder à valorização e divulgação, sugere-se a elaboração e instalação de dois painéis interpretativos nas áreas do PESM. Os painéis devem ser elaborados com linguagem simples e adequada para o público geral. As informações presentes no painel do geossítio Mirante da Serra do Mar devem conter informações, ilustrações e esquemas simplificados sobre a formação da Serra do Mar e da planície costeira e deve estar disposto horizontalmente de modo a não competir visualmente com os aspectos da paisagem. Recomenda-se que o segundo painel seja instalado próximo à área onde atualmente localiza-se o laboratório da EBB e deve ser elaborado com o objetivo de descrever e ilustrar simplificadaamente os principais aspectos de interesse de cada geossítios e sítios de geodiversidade do município, além de incluir um mapa de localização desses locais. Propõe-se que este painel também seja instalado em outros pontos do município.

Recomenda-se que, no espaço que atualmente não está sendo utilizado no prédio do Laboratório da EBB (Figura 2B), seja criado um Centro de Interpretação Ambiental no qual seja possível realizar atividades de EA de forma a promover a interpretação e divulgação destes e dos demais sítios do município.

O monitoramento dos geossítios deve ser executado pelos técnicos e guardas florestais do PESM.

5.2.2 Propostas de gestão para o Parque Estadual Restinga de Bertioga

Dentro dos limites do PERB encontram-se os geossítios Gnaisses do Canto do Itaguá, Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé e os sítios de geodiversidade Blocos Rolados do Rio Itatinga e Granitos da Cachoeira do Rio Guaratuba. O acesso ao primeiro geossítio ocorre por meio da praia de Boraceia, ao segundo pela praia de Itaguapé e aos sítios de geodiversidade por trilhas ecoturísticas.

O geossítio Gnaisses do Canto do Itaguá apresenta potencial educativo a estudantes de ensino superior com conhecimentos em Geociências. Ele pode ser utilizado com fins didáticos para relacionar o evento de fragmentação do Supercontinente Gondwana através da presença de dique de diabásio.

O geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé possui potencial educativo voltado para estudantes de ensino médio e superior. Ele pode ser aproveitado com fins pedagógicos para relacionar os eventos de variações do NRM durante o Quaternário com a presença de tubos de icnofósseis do gênero *Callichirus major*.

O sítio de geodiversidade Blocos Rolados do Rio Itatinga possui potencial educativo voltado para o público de todas as idades. Ele pode ser utilizado com fins educacionais para associar os processos de erosão, transporte e sedimentação com a fragmentação das rochas.

O sítio de geodiversidade Granitos da Cachoeira do Rio Guaratuba possui potencial educativo e turístico voltado ao público de todas as idades. Ele pode ser utilizado para ilustrar feições de erosão em forma de marmitas e sua relação com a ação das águas.

Propõe-se que as estratégias de gestão do geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé esteja pautada, principalmente, na sua conservação.

O geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé está sujeito a diversas ameaças antrópicas (Figura 3A, B, C e D), além das variações diárias da maré que atingem o geossítio e contribui para que ocorra uma intensa erosão flúviomarinha. A análise das figuras 4A, 4B, 4C e 4 D permite constatar como o geossítio (círculo vermelho) é atingido durante as marés altas.

Figura 3 - Danos antrópicos irreversíveis causados no Geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé. A) Degradação antrópica causada por pichações próximas aos tubos de icnofósseis; B) Nomes pichados na base no terraço marinho; C) Pichações ao longo da extensão do geossítio; D) Marca de mão escavada no geossítio.

Figura 4 - Ameaças naturais do geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé. A) Geossítio sem contato direto com as águas do rio Itaguapé numa imagem de satélite de 2012; B) Imagem de 2012 da foz do Rio Itaguapé durante

a maré alta; C) Imagem de 2014 da foz do Rio Itaguapé durante a maré baixa; D) Imagem de 2014 da foz do Rio Itaguapé onde grande parte da praia e toda área do geossítio é atingida pelas águas marinhas.

Como proposta para conservação, sugere-se que uma passarela de madeira seja instalada próxima ao geossítio. A instalação dessa passarela deve ser realizada com vistas a diminuir a erosão flúviomarinha causada pelo fluxo de água que atinge diretamente o geossítio. Essa barreira física tem o objetivo de contribuir com a conservação do geossítio, e evitar que os visitantes tenham contato direto com os principais elementos de interesse do geossítio. Para realizar esta intervenção, estudos detalhados devem ser realizados para analisar os impactos ambientais que podem ser causados pela implementação desta barreira física, bem como possíveis mudanças na dinâmica costeira e fluvial.

Após garantir a conservação do geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé propõe-se que as estratégias de gestão dos sítios sejam pautadas na sua divulgação.

Para isso, sugere-se a elaboração e instalação de dois painéis interpretativos nas áreas do PERB. Os painéis devem ser elaborados com linguagem simples e adequada para o público geral. O painel do geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé deve conter informações, ilustrações e esquemas simplificados sobre as variações do NRM durante o Quaternário e apresentar este geossítio como representante desses eventos. Recomenda-se que o segundo painel seja instalado próximo ao sítio de geodiversidade Cachoeira do rio Guaratuba, este deve ser elaborado com as mesmas diretrizes da sugestão de painel da EBB, nas áreas do PESM.

As propostas de valorização dos sítios de geodiversidade Blocos Rolados do Rio Itatinga e Granitos da Cachoeira do Rio Guaratuba do ponto de vista educacional são descritas no item 5.2.6 deste trabalho.

O monitoramento dos geossítios e sítios de geodiversidade deve ser realizada pelos técnicos e monitores ambientais do PERB.

5.2.3 Propostas de gestão para Área de Relevante Interesse Ecológico Itaguapé

Dentro dos limites do ARIE Itaguapé encontra-se o sítio de geodiversidade Gnaisses da Praia de São Lourenço. O acesso a ele ocorre por meio da praia homônima.

Este sítio tem potencial educativo voltado para alunos a partir do 4º ano do ensino fundamental I. Ele pode ser utilizado com fins pedagógicos para associar o comportamento mecânico das rochas com as fraturas presentes no costão. As propostas de valorização deste sítio do ponto de vista educacional são descritas no item 5.2.6 deste trabalho.

5.2.4 Propostas de gestão para a Reserva Particular do Patrimônio Natural Ecofuturo

No Parque das Neblinas (Figura 5A) localiza-se o geossítio Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão. O acesso a ele é realizado por trilha ecoturística.

O geossítio tem potencial educativo voltado, principalmente, para alunos de ensino superior. Ele pode ser utilizado com fins educacionais para relacionar os registros da Zona de Cisalhamento do Bairro Alto – ZCBA com a foliação de alto ângulo.

O Parque já possui um centro de visitantes (Figura 5B), que é o ponto de partida para todas as trilhas e onde também são realizadas atividades de Educação Ambiental - EA pelos monitores ambientais do parque (Figura 5C). No centro de visitantes existem diversos painéis com informações acerca da criação do parque, mapa de localização com seus limites, aspectos da fauna e flora nativa, dentre outros (Figura 5D).

Sugere-se que as estratégias de gestão deste geossítio estejam pautadas na sua valorização e divulgação.

Para isso, sugere-se que seja elaborado um vídeo a ser exibido aos estudantes e visitantes sobre a história geológica da região. O vídeo deve ser produzido em forma de um pequeno documentário no qual seja possível realizar uma “viagem há milhares de anos atrás”. O documentário deve iniciar-se com esquemas sobre a evolução da Terra ao longo dos milhares de anos. Durante a evolução do Supercontinente Gondwana devem ser feitas relações com as feições observadas no geossítio; durante as variações do NRM os eventos de transgressão e regressão devem ser simulados de forma a apresentar o Oceano Atlântico avançando e recuando sobre o continente. Trechos de vídeos capturados por *drones* devem ser acrescentados para demonstrar que a região continua transformando-se através da dinâmica externa do planeta. A finalização do documentário deve acontecer de forma a conscientizar os espectadores sobre a importância da geodiversidade local.

Figura 5 - Parque das Neblinas. A) Placa indicativa da entrada do parque; B) Centro de visitantes e local para refeições; C) Vista o centro de visitantes e área onde são realizadas atividades de EA; D) Exemplo de painel exposto no centro de visitantes.

Recomenda-se também a elaboração e instalação de um painel interpretativo com as mesmas diretrizes da sugestão de painel da EBB, nas áreas do PESM. Propõe-se ainda a inclusão dos aspectos da geodiversidade do geossítio no *website* da RPPN Ecofuturo, e também nos *folders* que já são distribuídos aos visitantes.

O monitoramento do geossítio deve ser executado pelos técnicos e monitores ambientais que acompanham os visitantes nas atividades desenvolvidas no Parque.

5.2.5 Propostas de gestão para Prefeitura do Município de Bertioga

Encontram-se em áreas pertencentes à União os geossítios Milonitos da praia de São Lourenço, Terraço Pleistocênico do rio Itapanhaú e o sítio de geodiversidade Granitos da praia do Indaiá. O acesso ao primeiro geossítio ocorre por meio da praia homônima, ao segundo por pequena trilha e ao terceiro pela praia homônima.

O geossítio Milonitos da Praia de São Lourenço tem potencial educativo voltado, principalmente, para alunos de ensino superior. Ele pode ser utilizado com fins pedagógicos para relacionar os registros da Zona de Cisalhamento Camburu - ZCC com foliação de alto ângulo.

O geossítio Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú apresenta potencial educativo para alunos de ensino médio e superior. Ele pode ser utilizado com fins educacionais para exemplificar processos ativos de erosão.

O sítio de geodiversidade Granitos da praia do Indaiá tem potencial educativo voltado para alunos a partir do 4º ano do ensino fundamental I. Ele pode ser utilizado com fins didáticos para associar com os processos de erosão e formação de grãos de areia da praia. As propostas de valorização deste sítio do ponto de vista educacional são descritas no item 5.2.6 deste trabalho.

Propõe-se que as estratégias de gestão do geossítio Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú esteja pautada na conservação. Como proposta para conservação sugere-se a instalação de uma passarela de madeira próxima ao geossítio de modo a diminuir a erosão flúviomarinha causada pelo fluxo de água que atinge diretamente o geossítio.

5.2.6 Propostas educativas para os sítios de geodiversidade com valor educativo

A educação é um dos pilares da geoconservação e, por isso, propostas educativas foram elaboradas a fim de contribuir com a disseminação do conhecimento dos aspectos da geodiversidade.

Propõe-se a elaboração de cartilha educativa de modo a facilitar a interpretação e valorização de todos os sítios de geodiversidade do município. Sugere-se que pelo menos duas versões sejam elaboradas, uma destinada ao público infantil e outra para adolescentes e adultos, além da versão exclusiva para professores, que deve incluir sugestões de como abordar a temática e materiais de apoio.

A cartilha deve ser elaborada de modo a incluir todos os aspectos da geodiversidade existentes nos sítios de geodiversidade. Dentre as sugestões de temas estão tempo geológico; formação da Terra; minerais e suas características; rochas ígneas, sedimentares e metamórficas; ciclo das rochas; placas tectônicas; deformação das rochas; erosão e intemperismo e ação da

água na modelagem do relevo. Em cada temática devem ser feitas relações com os sítios de geodiversidade do município, além de incluir exercícios práticos.

Recomenda-se que este material seja distribuído para as escolas do município de Bertiooga e que seja utilizada pelos professores de Ciências e Geografia do ensino fundamental I e II e pelos professores de Química e Geografia do ensino médio.

Em todas as propostas educativas sugere-se a utilização dos “slides portáteis” com fotografias e desenhos esquemáticos, para facilitar a compreensão das questões abordadas.

5.2.6.1 Sítio de geodiversidade Granitos da Praia do Indaiá

Dentre os sítios de geodiversidade selecionados no município de Bertiooga, o Granitos da Praia do Indaiá é o único local utilizado atualmente com fins educativos. Neste local é desenvolvido o projeto Eco-caiaque com os alunos matriculados no 4º ano do ensino fundamental I das escolas municipais de Bertiooga.

A atividade EA ocorre no costão rochoso do Cantão do Indaiá e também na praia. É dividida em duas etapas principais: i) exercício com caiaque na areia da praia envolvendo noções de remo e flutuação, e posteriormente a prática com o caiaque no mar; e ii) atividades de EA no costão rochoso que envolve princípios de ecologia, variação do nível das marés, fauna e flora marinha, além da conscientização sobre a importância de manter a praia limpa.

Durante as explicações, os monitores ambientais utilizam-se de diversos recursos para abordar os conceitos, dentre eles destaca-se o uso de “slides portáteis” com fotografias, animais imersos em formol e empalhados. Apesar de a atividade de EA acontecer no costão rochoso, nenhum aspecto físico do mesmo é levantado. O costão onde são realizadas as atividades é formado por granito com feldspato centimétrico, em contato com granito com grau de deformação variável, próximo ao costão observam-se grandes blocos arredondados.

Devido a esta defasagem em relação aos conteúdos geocientíficos, Mucivuna *et al.* (2016) elaboraram uma proposta com o objetivo de inserir conteúdos de geociências no projeto Eco-caiaque. As autoras sugerem que os estudantes relacionem o comportamento mecânico das rochas em ambiente dúctil (através da visualização dos grãos deformados) e em ambiente rúptil (presença de falhas e/ou fraturas) com as fraturas presentes no costão rochoso. Além de relacionar as fraturas com os conceitos de erosão e intemperismo que podem contribuir para

interpretar sobre a formação de blocos próximo ao costão. Outra abordagem possível é a análise da formação dos grãos de areia da praia.

Para fixar os conhecimentos apresentados, Mucivuna *et al.* (2016) sugere que seja realizado um exercício prático com a utilização de lupas de mão para observação e reconhecimento dos minerais presentes no costão rochoso e nos grãos da areia da praia.

Espera-se que com a aplicação desta proposta, os estudantes sejam capazes de diferenciar os litotipos existentes no costão rochoso, identificar as fraturas e relacioná-las com os fenômenos de erosão e intemperismo, associar os minerais presentes no costão aos grãos de areia presentes na praia e correlacionar essas ações ao ciclo das rochas.

5.2.6.2 Sítio de geodiversidade Gnaisses da Praia de São Lourenço

O sítio de geodiversidade Gnaisses da Praia de São Lourenço localiza-se na praia homônima e atualmente não é palco de nenhuma atividade educativa. Consiste num costão rochoso de ortognaisse porfiroblástico foliado com a presença de um dique dobrado e foliado, também são observadas fraturas que por vezes estão preenchidas por veios pegmatíticos; próximo ao costão observam-se blocos arredondados de diferentes dimensões.

Devido às características físicas deste costão rochoso, sugere-se que a proposta educativa aborde os aspectos abióticos do costão. Para isso recomenda-se que os estudantes identifiquem a presença de dobras no costão rochoso e relacionem-nas ao comportamento mecânico das rochas em ambiente dúctil. Após esta etapa, sugere-se que os estudantes identifiquem as intrusões pegmatíticas e fraturas e relacionem-nas ao comportamento das rochas em ambiente rúptil. A associação entre as fraturas do costão rochoso e os blocos próximos a ele devem ser realizadas de forma a correlacionar essas feições com os conceitos de erosão e intemperismo. Sugere-se ainda que esses conceitos sejam associados à formação dos grãos de areia da praia.

Para fixar os conhecimentos apresentados, sugere-se que seja realizado um exercício prático com a utilização de lupas de mão para observação e reconhecimento dos minerais presentes no costão rochoso e nos grãos da areia da praia.

Espera-se que com a aplicação desta proposta, os estudantes consigam diferenciar os fenômenos que ocorrem em ambiente dúctil e rúptil, identificar fraturas e correlacioná-las com

a formação de blocos, associar a erosão e o intemperismo à formação dos grãos de areia presentes na praia e identificar a diferença morfológica entre a planície costeira e a Serra do Mar.

5.2.6.3 Sítio de geodiversidade Blocos rolados do Rio Itatinga

O sítio de geodiversidade Blocos rolados do Rio Itatinga localiza-se na margem direita do Rio Itatinga e atualmente não é foco de nenhuma atividade educativa. Consiste num depósito de blocos rolados de gnaiss com diferentes graus de seleção e arredondamento.

De acordo com as características físicas deste ponto, recomenda-se que a proposta educativa aborde os aspectos físicos do rio. Para isso, sugere-se que os estudantes identifiquem inicialmente os diferentes tamanhos de sedimentos no leito do rio, logo após, os alunos devem levantar hipóteses sobre o possível agente de transporte e sobre sua capacidade de carregar sedimentos. Os conceitos de erosão, transporte e sedimentação devem ser abordados.

Para fixar os conhecimentos apresentados, sugere-se que seja realizado um exercício prático onde os estudantes identifiquem as áreas onde ocorrem a erosão e sedimentação no rio.

Espera-se que, com a aplicação desta proposta, os estudantes sejam capazes de reconhecer a ação da água como agente de transporte e na modelagem do relevo fluvial, identificar o tamanho dos sedimentos e relacioná-los com a energia do rio e inferir a possível área-fonte de acordo com o grau de seleção e arredondamento dos grãos.

5.2.6.4 Projeto Barco Escola “Arca do Saber”

O Projeto Barco Escola é uma atividade de EA realizada pela Prefeitura Municipal de Bertiooga em parceria com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente. Essa prática é desenvolvida com os alunos matriculados no 5º ano do ensino fundamental I das escolas municipais. O projeto também é realizado, ocasionalmente, com alunos de escolas particulares do município, desde que estas arquem com os custos do transporte.

As atividades de EA ocorrem no Canal de Bertiooga, limite entre os municípios de Bertiooga e Guarujá, área que integra a área de transição entre o Oceano Atlântico e a foz do Rio Itapanhaú. O trajeto passa pelas áreas que compõem a planície de inundação que são associadas

às variações do nível das marés. Durante o trajeto, o barco escola percorre a foz do Canal de Bertiooga, passa por costões rochosos, pelas ruínas da Ermida de Santo Antônio do Guaibê e da Armação das Baleias (Guarujá-SP), pelo Forte São João, pela praia da Enseada, pela balsa Bertiooga-Guarujá, por marinas e pelo manguezal. Atualmente, os monitores ambientais explicam sobre os aspectos da fauna e flora e os impactos ambientais no manguezal decorrente da implantação de marinas na região bem como dos barcos pesqueiros.

Durante as atividades, os monitores utilizam-se de diversos materiais de apoio para visualizar dos aspectos da fauna e flora, como “slides portáteis” com fotografias, animais no formol e ossos de animais. Observou-se que apesar das inúmeras possibilidades, devido ao local onde o projeto é realizado, nenhum aspecto da geodiversidade foi tratado.

Durante todo o trajeto é explicado sobre a importância ecológica do rio, porém em nenhum momento são tratados sobre seus aspectos físicos. Por isso Mucivuna *et al.* (2016) elaboraram uma proposta que objetiva inserir conteúdos de geociências nas atividades existentes no barco escola.

A proposta inclui os aspectos físicos do rio através da utilização de uma maquete com sedimentos com diferentes tamanhos e graus de seleção para demonstrar o trajeto dos sedimentos desde o alto da Serra do Mar (sedimentos grossos e angulosos), passando pelas escarpas (sedimentos médios a moderadamente selecionados), planície costeira (sedimentos finos e selecionados) até desaguar na praia (sedimentos finos a muito finos e muito bem selecionados). Esta atividade tem por objetivo associar a velocidade do rio com sua capacidade de carregar sedimentos e sua importância com agente de transporte e erosão (Mucivuna *et al.* 2016).

Além da maquete com os sedimentos, sugere-se o uso de fotografias de diferentes pontos do rio para mostrar processos de erosão e sedimentação. A inclusão dessas ferramentas não deve ser um empecilho, uma vez que já são utilizados diversos artifícios para exemplificar os aspectos ecológicos do rio.

Para fixar os conhecimentos apresentados, recomenda-se a aplicação de um exercício prático com grãos de sedimentos do mangue e grãos de areia da praia da Enseada. Com essa prática espera-se que os estudantes consigam identificar a diferença entre os sedimentos do mangue (muito finos) e os grãos de areia da praia (finos), (Mucivuna *et al.* 2016).

5.3 Considerações finais sobre as propostas de gestão dos geossítios e sítios de geodiversidade

As propostas de gestão aqui apresentadas têm a finalidade de contribuir com a conservação e divulgação das geociências para o público geral e para o público escolar.

O Quadro 9 apresenta a comparação entre os resultados obtidos na quantificação dos sítios de geodiversidade e a associação com seu RD. Vale lembrar que quanto maior o *ranking* do RD, maior o risco ao qual ele está sujeito.

Quadro 9 - Quadro com o ranking dos geossítios e sítios de geodiversidade e risco de degradação.

Sítios de Geodiversidade	<i>Ranking</i> de relevância pelo método de Brilha (2016)	<i>Ranking</i> do Risco de degradação pelo método de Brilha (2016)
Granitos da Praia do Indaiá	3º	1º
Gnaisses da praia de São Lourenço	2º	2º
Blocos rolados do Rio Itatinga	1º	3º
Granitos da Cachoeira do Guaratuba	-	-

Brilha (2005) sugere que os locais que apresentem maior relevância e menor risco de perda de seus elementos devem ser os locais priorizados nas estratégias de divulgação. Os dados apresentados no Quadro 9 mostram que o sítio de geodiversidade que possui menor relevância e maior RD é o Granitos da Praia do Indaiá, e por isso, este local deveria ser o último a ser divulgado. Contudo, este local já é utilizado com fins educativos pela prefeitura de Bertioga, em contrapartida, o sítio de geodiversidade que possui maior relevância e menor RD, e por isso deveria ser divulgado, é o Blocos rolados do Rio Itatinga.

Esse resultado deve ser apresentado a Prefeitura Municipal de Bertioga e a Secretaria de Meio Ambiente, responsável pelos projetos de EA, de forma a ampliar as possibilidades de atividades educativas no município, principalmente para as escolas localizadas próximas a esses sítios.

As propostas educativas apresentadas têm por objetivo inserir conteúdos de geociências nas atividades de EA já realizadas no município, de modo a transformar as atividades de EA, essencialmente biológicas, em atividades integradas que interpretem tanto os aspectos da biodiversidade como da geodiversidade (Mucivuna *et al.* 2016). Além disso, propõe-se que os

sítios de geodiversidade com valor educativo sejam inseridos no currículo escolar para que os estudantes realizem trabalhos de campo nestes locais. Além de propiciar aos estudantes a experimentação de uma visão sistêmica do ambiente, isso, a longo prazo, proporcionará a formação de cidadãos críticos e conscientes acerca das questões ambientais do planeta.

Com a proposta da elaboração da cartilha educativa espera-se que os professores introduzam a temática da geoconservação em suas aulas. Sugere-se que o uso dessa cartilha seja realizado em três etapas: i) trabalho teórico e prático com a cartilha educativa em sala de aula; ii) atividades de campo para assimilação e consolidação dos conteúdos e; iii) retomada de conteúdo e debates com base nas temáticas abordadas nas etapas i e ii para solucionar possíveis dúvidas.

Sugere-se ainda que seja realizado um curso de formação para professores, com a finalidade de capacitá-los em relação à temática da geoconservação para que eles possam difundir o conhecimento aos estudantes durante as aulas.

Por fim, recomenda-se que ocorra a capacitação de monitores ambientais com a finalidade de agregarem e transmitirem aos visitantes conhecimentos geocientíficos sobre a região. O trabalho de Garcia *et al.* (2016) demonstra que a capacitação de monitores ambientais com o curso “Introdução a Geociências” nos núcleos Picinguaba, São Sebastião, Caraguatatuba do PESM e do Parque Estadual da Ilhabela apresentam resultados satisfatórios de acordo com o conhecimento adquirido durante esses cursos.

Enfim, os resultados do inventário serão apresentados aos gestores das UCs e da Prefeitura Municipal de Bertioga para que sejam apresentadas as propostas desenvolvidas para cada geossítio e sítio de geodiversidade. Esta ação tem o propósito de sugerir que a gestão da geodiversidade do município seja realizada em consonância com os aspectos da biodiversidade, além de requerer a aplicação das propostas para garantia da sua conservação.

5.4 Propostas de divulgação e conservação das fortificações da Baixada Santista

No Brasil vem crescendo o número de propostas que objetiva conservar as fortificações militares. Esses projetos envolvem, geralmente, a conservação das fortificações num âmbito regional.

Com base na conservação e divulgação, Iphan (2015) elaborou uma proposta com o objetivo de inserir o conjunto de fortificações brasileiras na Lista do Patrimônio Mundial da UNESCO. A proposta envolve dezessete fortificações localizadas em diferentes unidades federativas, dentre elas, duas fortificações localizam-se no estado de São Paulo, na RMBS, a saber Forte São João (Bertioga) e Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande (Guarujá).

No litoral do estado de São Paulo existiram dezoito fortificações, atualmente restam apenas sete - Forte São João (Bertioga), Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande (Guarujá), Fortim da Praia do Góes (Guarujá), Fortaleza de Vera Cruz de Itapema (Guarujá), Forte São Luiz (Guarujá), Fortaleza de Itaipu (Praia Grande) e Forte dos Andradas (Guarujá). Dentre elas, duas são candidatas ao desaparecimento - Fortim da Praia do Góes e Forte São Luiz, ambas se encontram em ruínas, localizam-se no município de Guarujá e são tombadas pelo IPHAN.

Oficialmente já existiu um roteiro turístico para a divulgação das fortificações do litoral paulista (AGEM, 2005), porém apesar de existir a proposta, não houve preocupação com a criação de mecanismos efetivos para sua divulgação e efetivação, pois alguns pontos listados pelo roteiro não permitem a visitação turística.

Tendo em vista a necessidade de conservar as fortificações do litoral paulista, de forma a proteger os registros históricos que estas fortificações representam, foi elaborada uma proposta de conservação e divulgação deste patrimônio tendo como base o exemplo do Projeto Fortalezas da Ilha de Santa Catarina. Este projeto é um modelo bem-sucedido de divulgação do patrimônio histórico militar (Projeto Fortalezas, 2016), seu objetivo inicial era restaurar as fortalezas, e atualmente, divulga o patrimônio cultural da região e ainda contribui para a geração de renda da população local.

Dentre as fortificações remanescentes do litoral, atualmente a Fortaleza de Vera Cruz de Itapema e o Forte dos Andradas, ambas no Guarujá, não permitem a visitação turística as suas dependências. Por conta disso, na proposta não foi incluído a visita as instalações destas fortificações. A Fortaleza de Itaipu, no município de Praia Grande, ainda é utilizada pelo Exército Brasileiro para fins de defesa do território, por isso, a visita a esta fortificação somente pode ocorrer aos finais de semana e feriados, dias nos quais a fortaleza é aberta ao público.

Para efetivar a proposta de conservação e divulgação das fortificações, torna-se necessário estabelecer parcerias com as prefeituras municipais e secretarias de turismo dos municípios envolvidos, em especial com a prefeitura do município de Guarujá, pois é onde estão instaladas as fortificações mais vulneráveis (Fortim da Praia do Góes e Forte São Luiz).

No Forte São Luiz, a prefeitura municipal deve manter uma rotina de corte da vegetação que envolva tanto a trilha que dá acesso ao forte como suas dependências internas. Essa ação tem por objetivo garantir a visualização da arquitetura e da área interna, além de impedir que a estrutura da fortificação seja comprometida por conta do crescimento de raízes. A situação do Fortim da Praia do Góes é mais crítica, pois a prefeitura tem que resolver os problemas de ocupação irregular sobre as ruínas do Fortim, atualmente grande parte da antiga construção já foi demolida e/ou está descaracterizada devido as obras sobre as ruínas desta fortificação.

Após a resolução das questões acima expostas, as propostas de elaboração dos roteiros geoturísticos podem ser concretizadas.

Os roteiros geoturísticos elaborados por Stern *et al.* (2006), Del Lama *et al.* (2009), Augusto & Del Lama (2011), Del Lama *et al.* (2015) e Nascimento *et al.* (2016) foram concebidos para divulgar a geologia das construções localizados no centro histórico de São Paulo e de Natal, já o roteiro de Kuzmickas & Del Lama (2015) foi elaborado para divulgar as rochas utilizadas no Cemitério da Consolação – SP. Dessa forma, a proposta de elaboração de roteiros geoturísticos nas fortificações do litoral paulista têm por objetivo divulgar sobre as rochas utilizadas nas suas construções e também arrecadar recursos financeiros para a conservação das fortificações da região.

O roteiro 1 (Figura 6) engloba visita interna às instalações dos Fortes São João e São Luiz; já o roteiro 2 (Figura 7) envolve a contemplação à Fortaleza de Itapema e ao Forte dos Andradas e visita às instalações da Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande, Fortim da Praia do Góes e da Fortaleza de Itaipu.

- Roteiro 1 – Saída do município de Bertioga.

Ponto 1: O Forte São João teve sua construção iniciada no século XVI, sendo sua obra executada com blocos de gnaiss milonítico porfiroblástico, blocos de gnaiss granítico milonítico e argamassa com conchas. As duas rochas utilizadas na construção possuem provável proveniência de pedreiras, localizadas na região, onde afloram a Unidade Ortognáissica (Perrotta *et al.* 2005).

Neste Forte poderá ser possível assistir ao vídeo que apresenta a evolução histórica das fortificações da RMBS, com ênfase ao Forte São João, projeções de sua evolução construtiva objetivam apresentar suas reformas e intervenções.

Figura 6 - Localização dos pontos geoturísticos sugeridos para parada do roteiro 1. Na figura 1 é o Forte São João e 2 é o Forte São Luiz.

Após a visita ao forte, os visitantes são conduzidos até a escuna que realiza o trajeto de travessia do canal de Bertiooga, neste local é possível ter uma visão panorâmica do Forte.

Do outro lado do canal, já no município de Guarujá os visitantes são recepcionados por monitores ambientais da associação de moradores da Prainha Branca. Os monitores conduzem os visitantes pela trilha até o Forte São Luiz, durante o percurso os visitantes passam ao lado das ruínas da Ermida de Santo Antônio do Guaibê, neste local os monitores ambientais podem contar suas histórias e lendas.

Ponto 2: O Forte São Luiz teve sua construção iniciada em 1770. Sua construção foi executada com blocos de gnaiss milonítico porfiroblástico. As rochas utilizadas nessa construção possuem proveniência de rochas de afloramentos localizados próximos a construção da Unidade Ortognáissica (Perrotta *et al.* 2005).

Neste ponto, os monitores ambientais podem abordar as questões históricas da fortificação, bem como sua a construção em cortina dupla de fortificação com o Forte São João.

Após a visita ao Forte os visitantes seguem pela a trilha que leva a Prainha Branca onde podem ficar o restante do dia para aproveitar o turismo de balneário. Ao final do dia os visitantes são conduzidos pela escuna até o município de Bertioga.

A fim de colaborar com a conservação dos fortes, a cobrança de ingresso para visitar as fortificações pode ser implementada, com valor simbólico. O valor do ingresso inclui a visita às duas fortificações. O repasse do valor proporcional será feito para a prefeitura de Guarujá a fim de colaborar com a manutenção do Forte São Luiz.

- Roteiro 2 – Saída do bairro da Ponta da Praia (município de Santos) ou da Fortaleza de Itaipu (município de Praia Grande).

Embarque em escuna com navegação até as proximidades da Fortaleza de Itapema.

Ponto 1: A Fortaleza de Itapema teve sua construção iniciada no século XVI. As rochas utilizadas na construção são blocos de gnaiss milonítico e blocos de biotita granito de coloração cinza. Os blocos de gnaiss milonítico tem proveniência do afloramento da base desta construção; já os blocos de granitos foram provavelmente inseridos em uma das obras de restauro e são provavelmente provenientes de outras regiões.

O ponto 1 é somente para contemplação externa, pois atualmente não há permissão para visitação turística. A escuna segue em direção à Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande, com desembarque para visita.

Ponto 2: A Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande teve sua construção iniciada no século XVI, sendo sua obra executada com blocos de biotita granito porfirítico, blocos de gnaiss granítico milonítico e argamassa com conchas. Os blocos do granito porfirítico têm proveniência do próprio afloramento da base desta construção; já os blocos de gnaiss granítico milonítico têm proveniência da Unidade Ortognáissica (Perrotta *et al.* 2005).

Nesta Fortaleza é possível assistir ao vídeo que apresenta a evolução histórica das fortificações da RMBS, com ênfase aos aspectos históricos desta Fortaleza.

Após visita aos espaços da fortaleza, os visitantes são conduzidos pela trilha que leva as ruínas da casa de pólvora, ao portão espanhol e seguem pela trilha de acesso ao Fortim.

Ponto 3: O Fortim da praia do Góes teve sua construção iniciada no século XVIII, sua obra foi executada com blocos de biotita granito porfirítico. Os blocos têm proveniência de pedreiras, localizadas próximas a esta construção.

Figura 7- Localização dos pontos geoturísticos sugeridos para parada do roteiro 2. Na figura 1 é a Fortaleza de Vera Cruz de Itapema, 2 é a Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande, 3 é o Fortim da Praia do Góes, 4 é o Forte dos Andradas e o 5 é a Fortaleza de Itaipu.

Na trilha de acesso ao Fortim os monitores devem abordar os motivos pelos quais foi construído e os problemas sociais atuais a ele associados. Os visitantes são conduzidos a escuna onde será realizado o trajeto até o Forte dos Andradas.

Ponto 4: O Forte dos Andradas foi a última fortificação construída para defesa militar do território brasileiro, em 1938. As pedras utilizadas na sua construção envolvem blocos de granito cinza com granulação fina, e sua procedência é do morro onde está instalado o forte.

Este ponto é somente para contemplação externa, pois atualmente não há permissão para visitação turística. A escuna segue seu trajeto em direção à Fortaleza de Itaipu, com desembarque para visita interna.

Ponto 5: A Fortaleza de Itaipu foi construída no século XX. Grande parte da construção foi realizada em concreto e somente uma pequena parte é construída por granito cinza de granulação fina. Não se sabe sobre a proveniência das rochas utilizadas nesta construção, mas infere-se que seja de pedreiras de outras regiões.

Nesta Fortaleza é possível assistir ao vídeo que mostra que as fortificações ainda possuem importância tática para controle do território. Após o vídeo, os visitantes são conduzidos ao *tour* guiado pelas instalações desta fortaleza. Ao fim do *tour* os visitantes são conduzidos ao ponto de partida, caso os visitantes optem pelo embarque no município de Praia Grande o trajeto será de maneira oposta.

Objetivando colaborar com a manutenção da conservação das fortificações, a implementação da cobrança do ingresso deve ocorrer para visita a Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande e na Fortaleza de Itaipu. Caso o visitante compre o ingresso que dá acesso as duas fortificações, haverá desconto no seu valor. O valor do ingresso a Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande inclui a visita ao Fortim da Praia do Góes.

Sugere-se que em futuras ações ocorra a inserção da Fortaleza de Itapema e o Forte dos Andradas no roteiro, para isso é necessário que a Alfândega de Santos e o Exército Brasileiro autorizem a visitação das fortificações com fins geoturísticos.

A inserção desses roteiros no litoral paulista tem o objetivo de promover a divulgação do patrimônio histórico militar, e garantir a conservação das fortificações através do valor arrecadado pelos ingressos. Além disso, essas iniciativas visam contribuir com o turismo local e com a geração de renda da população dos municípios envolvidos.

Para otimizar a divulgação desses roteiros, sugere-se a instalação de painéis com o mapa dos roteiros nos municípios envolvidos, e a criação de um *website* com a divulgação de informações. As páginas nas redes sociais, já existentes, podem ser utilizadas para divulgar os roteiros geoturísticos e o patrimônio histórico militar da região.

Por fim, a iniciativa de elaborar roteiros geoturísticos tem o objetivo de divulgar a importância do patrimônio cultural da região, de forma a garantir a preservação desses locais para que não sejam destruídos como as demais fortificações que existiram no litoral paulista.

5.5 O geodiversidade do município de Bertioga e sua utilização na construção do Forte São João

A escolha dos tipos de pedras utilizadas nas construções das fortificações era realizada de acordo com a disponibilidade desses materiais na região. As rochas utilizadas representam a geodiversidade local e são exemplos ímpares da relação entre o patrimônio natural e o cultural, pois a mesma rocha que possui caráter natural é utilizada como matéria prima para construção dos patrimônios culturais da região.

O Forte São João foi construído com blocos de gnaiss milonítico porfiroblástico e blocos de gnaiss granítico milonítico, e, apesar de não haver documentos históricos que afirmem a exata proveniência dessas pedras (uma vez que o início da construção data do século XVI), acredita-se que sejam de antigas pedreiras da Unidade Ortognáissica que afloram na região (Perrotta *et al.* 2005).

As pedras utilizadas em sua construção guardam tanto as memórias da natureza (através da cristalização do magma a milhares de anos atrás) como também da memória histórico-cultural, por isso, suas características nos permitem falar em uma educação pela pedra (Chagas & Chagas, 2004).

A abordagem educacional envolve tanto os aspectos naturais quanto culturais e objetiva estabelecer a relação entre a geodiversidade de Bertioga e o patrimônio cultural do Forte São João.

Esta proposta visa disseminar o conhecimento das Geociências com o intuito de garantir a conservação dos geossítios, sítios de geodiversidade e das fortificações remanescentes no litoral paulista. Para tal, é necessário elaborar e instalar um painel interpretativo com linguagem simples e clara que aborde tanto os aspectos geológicos da formação do município como também o histórico do Forte São João e das demais fortificações do litoral paulista.

O painel deve ser elaborado com o objetivo de descrever e ilustrar os processos geológicos representantes da formação do litoral paulista, deve incluir também ilustrações e esquemas simplificados. Além de descrever sobre o processo de fortificação do litoral, deve ser ilustrado com fotografias das rochas utilizadas nesta fortificação (muro externo, pia, parede do século XVI e degraus da escada que dá acesso ao forte) além das ilustrações das características

dos geossítios e sítios de geodiversidade do município que nos permitam relacionar com as pedras utilizadas na construção do Forte São João.

Como no município de Bertioga não foram encontrados afloramentos com as mesmas características das rochas utilizadas nesta construção, acredita-se que o local de onde foram retiradas estas pedras tenha se esgotado. Mesmo assim, algumas relações sobre as feições observadas nestes blocos e feições encontradas nos geossítios e sítios de geodiversidade podem ser estabelecidas.

No Quadro 10 é possível verificar as possíveis relações que podem ser feitas entre as pedras utilizadas no Forte São João e as rochas dos geossítios.

Quadro 10 - Características presentes nos geossítios e sítios de geodiversidade do município que podem ser associadas às rochas utilizadas na construção do Forte São João.

Pontos do inventário da geodiversidade	Gnaiss granítico milonítico	Gnaiss milonítico porfiroblástico
Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão	Minerais orientados	
Milonitos da Praia de São Lourenço		Minerais bem desenvolvidos
Gnaiss do Canto do Itaguá		Minerais bem desenvolvidos
Captura fluvial do Rio Guaratuba	Minerais orientados	
Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé	Minerais orientados	
Granitos da Praia do Indaiá		Minerais bem desenvolvidos
Gnaisses da praia de São Lourenço	Minerais orientados	
Granitos da Cachoeira do Guaratuba		Minerais bem desenvolvidos

Os blocos de granito gnaiss milonítico tem como característica marcante a presença de minerais orientados assim como nos geossítios Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão, Captura fluvial do Rio Guaratuba, Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé e sítio de geodiversidade Gnaisses da praia de São Lourenço. Já os blocos de gnaiss milonítico porfiroblástico tem como característica marcante a presença de minerais bem desenvolvidos como também observado nos geossítios Milonitos da Praia de São Lourenço, Gnaiss do Canto do Itaguá e sítios de geodiversidade Granitos da Praia do Indaiá e Granitos da Cachoeira do Guaratuba.

Os geossítios Mirante da Serra do Mar, Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú, Paleoterraço do Rio Guaratuba e sítio de geodiversidade Blocos rolados do Rio Itatinga não foram relacionados aos materiais de construção do Forte pois são geossítios que suas principais características envolvem feições geomorfológicas, depósitos sedimentares, solo e blocos soltos.

Além da instalação do painel no forte, podem ser distribuídos *folders* com fotografias dos geossítios e sítios de geodiversidade com suas principais características de forma a incentivar as pessoas a visitar esses locais para observar suas estruturas e feições.

Os trabalhos de campo tanto no patrimônio natural quanto no cultural, apontaram a necessidade de conservação desses locais, pois são pontos chave para entender a história geológica da região (através dos geossítios e sítios de geodiversidade) e parte da história de defesa do território paulista (através das fortificações remanescentes do litoral) e caso não sejam conservadas estão sujeitas ao desaparecimento.

5.6 Conclusões

A caracterização geológica de Bertioga está relacionada aos eventos de evolução do Supercontinente Gondwana, que propiciou registrar esses eventos em suas rochas e na paisagem, conferindo-lhe características únicas. A pesquisa acerca da geodiversidade do município associada à utilização da metodologia descrita por Mucivuna *et al.* (2015), permitiu selecionar geossítios e sítios de geodiversidade em quase todas as unidades litológicas e estruturais presentes no município e resultou num total de oito geossítios e quatro sítios de geodiversidade.

A quantificação da relevância dos geossítios realizadas pelos métodos de Pereira (2010) e Brilha (2016) mostrou-se eficiente para os objetivos do inventário. Vale lembrar que os resultados desta etapa não devem ser analisados isoladamente, mas em conjunto com a análise do RD, o que permite mensurar os pontos mais frágeis que devem ser submetidos às estratégias de geoconservação.

A identificação do enquadramento legal dos geossítios e sítios de geodiversidade associados à avaliação do RD, a fragilidade e a vulnerabilidade mostrou que os geossítios e sítios de geodiversidade que possuem moderado RD e moderada vulnerabilidade localizam-se

em locais onde há grande número de turistas, como nas cachoeiras e nos costões rochosos e terraços marinhos localizados em praias.

A conservação dos geossítios Terraço pleistocênico do rio Itapanhaú e Terraços marinhos da praia de Itaguapé é de extrema importância antes de se propor qualquer estratégia de valorização e/ou divulgação, pois ambos os geossítios são extremamente frágeis e sujeitos ao desaparecimento caso medidas de conservação não sejam adotadas.

As propostas elaboradas para gestão e divulgação dos sítios serão apresentadas aos órgãos responsáveis e espera-se que elas possam contribuir para a conservação e divulgação das Geociências, além de orientar o planejamento e ordenamento territorial do município de forma que os geossítios e sítios de geodiversidade sejam conservados como representantes dos registros da história geológica da Terra. Além disso, espera-se também que seja realizada a gestão integrada entre os aspectos da biodiversidade e geodiversidade de modo haver uma conservação integrada da natureza.

A geodiversidade da região permite fazer relações com pedras utilizadas no Forte São João, monumento histórico de defesa militar mais antigo do Brasil e construído com blocos de gnaiss milonítico porfiroblástico e gnaiss granítico milonítico provenientes do Terreno Serra do Mar. A análise do estado de conservação desta fortificação, associada às outras na Baixada Santista, permite criar propostas para garantir a conservação dessas construções através da divulgação da sua história buscando resguardar a sua representatividade. Dessa forma, as pedras utilizadas nessas construções nos permitem fazer uma análise tanto do ponto de vista natural como do ponto de vista histórico.

Os resultados do inventário aqui apresentados não são imutáveis ou acabados e podem ser modificados com futuras pesquisas na região. Este trabalho é parte de um projeto maior que tem por objetivo realizar estratégias de geoconservação ao longo de todo o litoral paulista. Dessa forma, os trabalhos concluídos e em andamento têm por objetivo compor o mosaico do litoral paulista e no futuro a unificação desses inventários pode proporcionar a elaboração de propostas de geoconservação que leve em consideração as especificidades do litoral do estado de São Paulo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGEM - Agência Metropolitana da Baixada Santista. 2005. Guia Circuito dos fortes: da costa da mata atlântica. Disponível em <http://www.agem.sp.gov.br/midia/guia-circuito-dos-fortes.pdf>. Acessado em 20 out 2014.
- Albani, R.A., Santos, W.F.S., Carvalho, I.S. 2014. Inventário e quantificação de geossítios da bacia de Resende - estado do Rio de Janeiro. *Revista Geonomos*, **22**(2): 64-69.
- Alfama, V.I.B. 2007. *Patrimônio geológico da Ilha do Fogo (Cabo Verde): inventariação, caracterização e propostas de valorização*. Braga, 114 p. Dissertação de Mestrado, Escola de Ciências da Universidade do Minho.
- Arruda, K.E.C., Garcia, M.G.M., Del Lama, E.A. 2015. Geological heritage inventory as a subsidy for geotourism: Caraguatatuba - São Paulo state, Brazil. In: 8º International ProGEO Symposium. Reykjavík, *ProGEO programme and abstracts*, p. 68-69.
- Ascaso, C., Wierchos, J., Souza-Egipsy, V., De los Ríos, A., Delgado Rodrigues, J. 2002. In situ evaluation of the biodeteriorating action of microorganisms and the effects of biocides on carbonate rock of the Jeronimos Monastery (Lisbon). *International biodeterioration & biodegradation*, **49**: 1-12.
- Augusto, W.C.B., Del Lama, E.A. 2011. Roteiro geoturístico no centro da cidade de São Paulo. *Terrae Didática*, **7**(1): 29-40.
- Azevedo, U.R. 2007. *Patrimônio Geológico e Geoconservação no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: Potencial para a criação de um Geoparque da UNESCO*. Belo Horizonte, 211 f. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Baptista-Neto, J.A., Smith, B.J., Mcallister, J.J., Silva, M.A.M., Castanheira, F.S. 2006. Surface modification of a granite building stone in central Rio de Janeiro. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **2**(78): 317-330.
- Borba, A.W., Souza L.F., Mizusaki, A.M.P., Almeida, D.P.M., Stumpf, P.P. 2013 Inventário e avaliação quantitativa de geossítios: exemplo de aplicação ao patrimônio geológico do município de Caçapava do Sul (RS, Brasil). *Pesquisa em Geociências*, **40**(3): 275-294.
- Brasil. 1988. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, Senado.
- Brasil. 2000. Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000 - Regulamenta o artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de

- Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9985.htm. Acessado em 25 nov 1015.
- Brilha, J. 2005. *Patrimônio Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga, Palimage Editora, 190p.
- Brilha, J. 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, **8**(2): 119-134.
- Brilha, J., Alcalá, L., Almeida, A., Araújo, A., Azeredo, A., Azevedo, M.R., Barriga, F., Brum da Silveira, A., Cabral, J., Cachão, M., Caetano, P., Cobus, A., Coke, C., Couto, H., Crispim, J., Cunha, P.P., Dias, R., Duarte, L.V., Dória, A., Falé, P., Ferreira, N., Ferreira Soares, A., Fonseca, P., Galopim de Carvalho, A., Gonçalves, R., Granja, H., Henriques, M.H., Kullberg, J.C., Kullberg, M.C., Legoinha, P., Lima, A., Lima, E., Lopes, L., Madeira, J., Marques, J.F., Martins, A., Martins, R., Matos, J., Medina, J., Miranda, R., Monteiro, C., Moreira, M., Moura, D., Neto Carvalho, C., Noronha, F., Nunes, J.C., Oliveira, J.T., Pais, J., Pena dos Reis, R., Pereira, D., Pereira, P., Pereira, Z., Piçarra, J., Pimentel, N., Pinto de Jesus, A., Prada, S., Prego, A., Ramalho, L., Ramalho, M., Ramalho, R., Relvas, J., Ribeiro, A., Ribeiro, M.A., Rocha, R., Sá, A., Santos, V., Sant'Ovaia, H., Sequeira, A., Sousa, M., Terrinha, P., Valle Aguado, B. & Vaz, N. 2010. O inventário nacional do património geológico: abordagem metodológica e resultados. *E-Terra*, **18**(1):1-4.
- Chagas, M & Chagas, V. 2004 M. Memória Rupestre ou do Caminho no Meio da Pedra. Disponível em: http://www.revistamuseu.com.br/artigos/art_.asp?id=5295. Acessado em 01 jul 2015.
- Costa, A.G. 2009. *Rochas e histórias do patrimônio cultural do Brasil e de Minas*. Bem-Te-Vi, Rio de Janeiro, 292p.
- Del Lama, E.A., Szabó, G.A.J., Dehira, L.K., Kiraha, Y. 2008. Impacto do intemperismo no arenito de revestimento do Teatro Municipal de São Paulo. *Geologia USP - Série Científica*, **8**(1): 75-86.
- Del Lama, E.A., Dehira, L.K., Reys, A.C. 2009. Visão geológica dos monumentos da cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, **39**(3): 409-420.
- Del Lama, E.A., Bacci, D.L.C, Martins, L., Garcia, M.G.M., Dehira, L.K. 2015. Urban Geotourism and the old centre of São Paulo city, Brazil. *Geoheritage*, **7**(2): 147-164.
- Delgado Rodrigues, J. 2007. Conservation of stones monuments: from diagnostic to practice. In: 7º Minbar al Jamiaa. Meknès, *Actes de la RIPAM*, p. 287-295.

- Delgado Rodrigues, J. 2008. Surface and bulk characterization of stones in architectural heritage. In: Tiano, P. & Pardini, C. (eds) *In situ monitoring of monumental surfaces*. Edifir-Edizioni Firenze, Florence, p.: 143-155.
- Delgado Rodrigues, J. & Charola, A.E. 2011. Conservation Approach Diversity to Address the Decorative Elements in the Gardens of the National Palace of Queluz, Lisbon, Portugal. In: International Conference Conservation of Stone in Parks, Gardens and Cemeteries. Paris, *French Section*, p. 72-82.
- Ferreira, A.R.R. 2014. *Patrimônio geológico no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – SP: inventariação e quantificação de geossítios*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 130 p.
- Franco, J.L.A. 2013. O conceito de biodiversidade e a história da biologia da conservação: da preservação da *wilderness* à conservação da biodiversidade. *História*, **32**(2): 21-48.
- 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.
- Garcia, M.G.M., Martins, L., Del Lama, E.A. & Bourotte, C. 2014. O Inventário do patrimônio geológico da região costeira do estado de São Paulo: base metodológica, adaptações e considerações. In: 47º Congresso Brasileiro de Geologia. Salvador, *Anais*, p. 49.
- Garcia, M.G.M., Brilha, J., Lima, F.F., Vargas, J.C., Aguilar, A.P., Duleba, W., Fernandes, L.A., Fiertz, M.S.M., Martins, L., Raposo, M.I.B., Ricardi-Branco, F., Ross, J.L.S. & Sallum, W. 2015. The inventory of geological heritage of the State of São Paulo, Brazil: Methodological basis and preliminar results. In: 8º International ProGEO Symposium. Reykjavík, *ProGEO programme and abstracts*, p. 84-85.
- Garcia, M.G.M., Reverte, F. C., Mucivuna, V.C, Arruda, K.E.C., Santos, P.L.A., Prochoroff, R., Romão, R.M.M. 2016. A geodiversidade como parte do meio natural em áreas protegidas: experiência com cursos para monitores ambientais no litoral norte de São Paulo. In: 48º Congresso Brasileiro de Geologia. Porto Alegre (submetido).
- Garcia-Cortéz, A. & Carcavilla Urquí, L. 2009. Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Disponível em: <<http://www.igme.es/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20web.pdf>> . Acesso em: 13 jan. 2016.
- Gray, M. 2004. *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. Londres, John Wiley & Sons, 434p.

- Gray, M. 2005. Geodiversity and Geoconservation: what, why and how? *The George Wright Forum*, **22**(3): 4-12.
- Gray, M. 2013. *Valuing and conserving abiotic nature*, 2nd edition. Londres, John Wiley & Sons, 508p.
- Gimenez, A.M.S. & Del Lama, E.A. 2014. Comportamento de ondas ultrassônicas no Granito Mauá para a conservação do monumento às Bandeiras. *Geologia USP - Série Científica*, **14**(3): 47-60.
- Grossi, D. & Del Lama, E.A. 2015. Ultrasound technique to assess the physical conditions of the Monument to Ramos de Azevedo, city of São Paulo, Brazil. *Revista da Escola de Minas*, **68**(2): 171-176.
- IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. 2015. Lista indicativa brasileira 2015, Patrimônio Cultural Mundial – UNESCO. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Brazil%20Tentative%20List%202015_pt\(reduced\).pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Brazil%20Tentative%20List%202015_pt(reduced).pdf). Acessado em 30 jan 2016.
- IUCN – International Union for Conservation of Nature. 1994. Guidelines for protected areas management categories. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/efiles/edocs/1994-007-En.pdf>. Acessado em 01 jun 2016.
- Kuzmickas, L. & Del Lama, E.A. 2015. Roteiro geoturístico pelo Cemitério da Consolação, São Paulo. *Geociências*, **34**(1): 41-54.
- Lima, A.F.G. 2012. *Estratégias de monitorização do geossítio “Ponta da Ferraria e Pico das Camarinhas”, ilha de S. Miguel: contributo para a gestão sustentada do património geológico do Geoparque Açores*. Dissertação de Mestrado, Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, 201 p.
- Lima, E.A., Machado, M., Ponte, J. 2014. Gestão do património geológico: monitorização dos geossítios do Geoparque Açores. *Comunicações geológicas*, **101**(3): 1295-1298.
- Lima, F.F. 2008. *Proposta metodológica para inventário do património geológico brasileiro*. Dissertação de Mestrado, Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, 94 p.
- Lopes L.S.O., Araújo J.L.L., Nascimento M.A.L. 2013. Inventário e quantificação do património geológico do Parque Nacional de Sete Cidades, Piauí. *Revista Equador (UFPI)*. **1**(1): 58-76.

- Maffra, C.Q.T. 2000. *Geologia estrutural do embasamento cristalino da região de São Sebastião, SP: evidências de um domínio transpressivo*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 113 p.
- Meira, S.A. 2016. “*Pedras que cantam*”: o patrimônio geológico do Parque Nacional de Jericoacoara, Ceará, Brasil. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Ceará, 169 p.
- Mucivuna, V.C., Garcia, M.G.M. & Del Lama, E.A. 2015. A seleção de geossítios no inventário do município de Bertiooga - SP: critérios e metodologia. *In: 3º Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico*. Lençóis, Anais, p. 446-449.
- Mucivuna, V.C., Garcia, M.G.M., Del Lama, E.A. 2016. Proposta de inserção de conteúdos de geociências nas atividades de educação ambiental dos projetos eco-caiaque e barco escola – Bertiooga-SP. *In: 48º Congresso Brasileiro de Geologia*. Porto Alegre (submetido).
- Nascimento, M.A.L., Silva, M.N.L., Bezerra, G.B. 2016. Centro histórico da cidade de Natal: roteiro geoturístico por monumentos construídos por diferentes pedras. *Geografia: conhecimento prático*, **64**: 52-59.
- Pereira, R.G.F.A. 2010. *Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia – Brasil)*. Tese de doutorado, Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, 318 p.
- Perrotta, M.M., Salvador, E.D., Lopes, R.C., D'Agostinho, 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, escala 1:750.000*. São Paulo, Serviço Geológico do Brasil.
- Philipp, R.P. & Benedetti, V.D. 2007. Análise e avaliação da deterioração do revestimento de mármore da cúpula da catedral Metropolitana de Porto Alegre. *Revista Brasileira de Geociências*, **37**(4) 650-659.
- Prochoroff, R. 2014. *O patrimônio geológico de Ilhabela-SP: estratégias de geoconservação*. São Paulo. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 176 p.
- Projeto Fortalezas - Projeto Fortalezas da Ilha de Santa Catarina. 2016. Disponível em <http://www.fortalezas.ufsc.br/oprojeto/>. Acessado em 15 mar 2016.

- Reverte, F.C. 2014. *Avaliação da Geodiversidade em São Sebastião - SP, como patrimônio geológico*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 208 p.
- Reverte, F.C. & Garcia, M.G.M. 2016. Avaliação quantitativa do patrimônio geológico: aplicação aos geossítios de São Sebastião, litoral norte do estado de São Paulo. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, **39**(2):43-56.
- Reys, A.C., Del Lama, E.A., Dehira, L.K. 2008. Monumentos da cidade de São Paulo: formas de alteração e conservação. *Revista CPC*, **5**: 93-122.
- Ribeiro, R.R., Christofoletti, S.R., Batezelli, A., Fittipaldi, F.C., Zanchetta, D. 2013. Inventário e avaliação do patrimônio natural geológico da região de Rio Claro (SP). *Revista do Instituto Geológico*, **34**(1): 1-21.
- Sant’Anna, D.C.F., Carvalho, C.R., Tannus, M.B., Santos, A.F.B., Pedralli, G., Morimoto, T., Agrizzi, E.J., Ribeiro, L.I. 2002. Assessment of the state of conservation of the historic heritage of the Convent of Nossa Senhora da Penha, located in the town of Vila Velha, in the state of Espírito Santo, Brazil. *In: International Workshop on Air Quality in Industrialized Urban Centers, Proceedings*, p. 204-230.
- Santos, I.P.L. 2010. *Geossítios na região de Nordestina, Bahia: uma alternativa para o Geoturismo e para o desenvolvimento sustentável*. Monografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 71 p.
- Santos, E.M. 2012. *Diagnóstico da geodiversidade e potencial geoturístico do município de Bonito, agreste de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 113 p.
- Santos, P.L.A. 2014. *Patrimônio geológico em áreas de proteção ambiental: Ubatuba-SP*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 207 p.
- Santos, E.M. 2016. *A geoconservação como ferramenta para o desenvolvimento Sustentável em regiões semiáridas: estudo aplicado à mesorregião do agreste de Pernambuco, nordeste do Brasil*. Tese de Doutorado, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 242 p.
- São Paulo (Estado). 1977. Decreto nº 10.251, de 30 de agosto de 1977. Cria o Parque Estadual da Serra do Mar e dá providências correlatas. Disponível em: <http://governo-sp.jusbrasil.com.br/legislacao/211617/decreto-10251-77>. Acessado em 01 jun 2016.

- SMA – Secretaria do Meio Ambiente. 2008. *Parque Estadual da Serra do Mar: Plano de manejo*. São Paulo, Instituto Florestal, 433p.
- SMA/FF – Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Fundação Florestal. 2013. *Anuário das Reservas Particulares do Patrimônio Natural instituídas pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo*. São Paulo, Fundação Florestal, 84p.
- SMA/IF – Secretaria do Estado do Meio Ambiente / Instituto Florestal. 2006. Plano de Manejo do Parque estadual da Serra do Mar. Disponível em: http://iflorestal.sp.gov.br/files/2013/03/Plano_Pe_Serra_do_Mar.pdf. Acessado em 10 nov. 2014.
- Silva, M.E. & Roeser, H.M.P. 2003. Mapeamento de deteriorações em monumentos históricos de pedra-sabão em Ouro Preto. *Revista Brasileira de Geociências*, **33**(4): 331-338.
- Stern, A.G., Riccomini, C., Fambrini, G.L., Chamani, M.A.C. 2006. Roteiro geológico pelos edifícios e monumentos históricos da cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, **36**: 704-711.
- UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 1972. Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. Disponível em: <http://whc.unesco.org/archive/convention-pt.pdf>. Acessado em 30 out 2015.
- UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2016. Citação de referências e documentos eletrônicos. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/interactive-map/>. Acessado em 01 mar 2016.
- Wilson, J.M.B. 2013. *Patrimonio geológico del proyecto geoparque Cajón del Maipo (Región Metropolitana – Chile)*. Braga, 143 p. Dissertação de Mestrado, Escola de Ciências da Universidade do Minho.

APÊNDICE A

Inventário e avaliação quantitativa do patrimônio geológico do município de Bertioga, SP

Inventory and quantitative assessment of the geological heritage of Bertioga municipality, SP

Vanessa Costa MUCIVUNA¹, Maria da Glória Motta GARCIA¹ & Eliane Aparecida DEL LAMA¹

- (¹) Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas). Rua do Lago, 562, Térreo, Bloco D, Sala 11, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brasil. E-mails: vanessa.mucivuna@usp.br; mgmgarcia@usp.br; edellama@usp.br.

Resumo: Bertioga localiza-se no litoral do estado de São Paulo e é reconhecida por sua notável geodiversidade. Por isso, este trabalho tem por objetivo discorrer sobre a abordagem metodológica utilizada no inventário e na quantificação do patrimônio geológico do município. A seleção dos pontos do inventário foi realizada a partir de: I) revisão bibliográfica; II) entrevistas com pesquisadores que desenvolveram pesquisas em geociências na região; III) análise de mapas geológicos, estruturais e imagens de satélites para definir as áreas potenciais; trabalhos de campo; seleção e descrição dos pontos. O inventário engloba oito geossítios, três sítios de geodiversidade de uso educativo e um de uso turístico e são representativos da história geológica do município. A quantificação do patrimônio geológico foi realizada a partir de métodos existentes e a relevância dos sítios foi realizada com a finalidade de orientar futuras estratégias de geoconservação. De acordo com os resultados, somente o geossítio Captura fluvial do Rio Guaratuba obteve a mesma posição no *ranking* nos dois métodos. Com base nos resultados, comparou-se o *ranking* obtido entre os métodos de modo a avaliar quais os parâmetros responsáveis pelos resultados distintos. Há no município treze Unidades de Conservação - UCs que têm por prioridade a conservação da biodiversidade; atualmente não há nenhuma proposta de conservação da geodiversidade. Através dos resultados da avaliação do risco de degradação, concluiu-se que alguns sítios inseridos em UCs possuem risco de degradação moderado e necessitam de políticas públicas para a sua gestão.

Palavras-chave: Estratégias de geoconservação, Geodiversidade, Geossítios, Litoral Paulista, Quantificação, Sítios de Geodiversidade.

Abstract: Bertioga is located on the coast of São Paulo State and is well known for its outstanding geodiversity. This work aims to discuss the methodological approach used for the inventory and for the quantification of the Bertioga's geological heritage. The selection of the sites the inventory was carried out based on: I) literature review; II) interviews with researchers who conduct geoscience research in the region; III) analysis of geological and structural maps and satellite images, for identified potential areas; field work; selection and description of the sites. The inventory include eight geosites, three geodiversity sites for educational use and one for touristic use and are representative of the geological history of the municipality. The quantification of geological heritage was performed based on existing methods and the relevance of the sites was obtained and is intended to guide the choice of future geoconservation strategies. In accordance with the results, only the geosite River capture of Guaratuba River obtained the same ranking in different methods. Based on the results, compared the ranking obtained between the methods for available which parameters responsible for the different results. There are thirteen environmental protection areas within the municipality's limits, the priority is

conservation of biodiversity, and actually, there is no proposal for the conservation of the geodiversity. Through the results of evaluation of degradation risk, to conclude although some sites are within the protected areas, some have moderate risk of degradation and need public policies for their management.
Keywords: *Geoconservation strategies, Geodiversity, Geosites, Quantification, Geodiversity site, São Paulo coast.*

1 Introdução

O patrimônio natural envolve os elementos da Biodiversidade e da Geodiversidade. No entanto, enquanto as ameaças à primeira têm sido objeto de diversas pesquisas realizadas nas últimas décadas e, por isso, diversas estratégias foram criadas para sua conservação, somente no final da década de 1990 é que as questões acerca da geodiversidade começam a ser debatidas (Gray, 2004, 2005, 2013; Lima, 2008; Pereira *et al.*, 2008). A geodiversidade consiste na “variedade natural (diversidade) de feições geológicas (rochas, minerais e fósseis), geomorfológicas (paisagem, topografia, processos físicos), solos e feições hidrogeológicas. Isso inclui as associações, estruturas, sistemas e contribuições para as paisagens” (Gray, 2013, p.12). Os aspectos da geodiversidade são claramente observados nas paisagens e tem propiciado ambientes para o suporte da vida na Terra (Brilha, 2005; Pereira *et al.*, 2008). Além disso, os registros geológicos e geomorfológicos nos permitem compreender a evolução da história da Terra. Durante muitas décadas, acreditou-se na falsa ideia de que a geodiversidade era resistente e duradoura, mas essa concepção mostrou-se equivocada, pois a geodiversidade apresenta extensões finitas e não renováveis, possuindo grande vulnerabilidade diante do uso desenfreado pela sociedade e por isso precisa ser protegida.

Neste contexto, a Geoconservação surge como um conjunto de estratégias e medidas para evitar que a geodiversidade seja destruída (Sharples, 2002; Gray, 2004, 2013; Brilha, 2005). Para Brilha (2005, 2016) as estratégias de geoconservação devem ser estabelecidas somente após um árduo trabalho que indique o que realmente deve ser enquadrado como patrimônio geológico.

O patrimônio geológico consiste no conjunto de geossítios inventariados. Brilha (2005) define geossítio como a ocorrência de um ou mais elementos da geodiversidade, bem delimitado geograficamente, que possua valor do ponto de vista científico, educativo, cultural, turístico ou outro. Já Brilha (2016) conceitua as ocorrências da geodiversidade *in situ* como geossítios (valor científico) e como sítios de geodiversidade (outros valores). O mesmo autor (2005, 2016) apresentou um método sistemático para as tarefas no âmbito da geoconservação que tem início com os trabalhos de inventário, considerados primordiais para o sucesso das outras etapas.

O primeiro país do mundo a realizar o inventário do patrimônio geológico de forma sistemática foi a Grã-Bretanha na década de 1970, sendo a seleção dos geossítios baseada em sete *frameworks*. Atualmente o país possui mais de 3.000 geossítios (Ellis, 2008).

Em 1989 a *International Union of Geological Sciences* - IUGS criou a Lista Global de Sítios Geológicos - GILGES (*Global Indicative List of Geological Sites*) com objetivo de elaborar um inventário de sítios geológicos em nível mundial, posteriormente incorporados à lista do patrimônio mundial da UNESCO (*United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization*). Inicialmente o método utilizado na seleção dos geossítios era o *ad hoc*, que possui como desvantagem principal o fato de realizar uma avaliação isolada dos geossítios, sem considerar necessariamente o contexto geológico (Wimbledon *et al.*, 1999). Em 1993 o Brasil, através do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM foi convidado a apoiar a GILGES, e em 1997 foi instituída a Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos - SIGEP, para catalogar os sítios brasileiros indicados à GILGES. De acordo com Wimbledon *et al.* (1999) a seleção do patrimônio geológico pela SIGEP foi realizada a partir dos métodos *ad hoc* e de locais dotados de características superlativas. Por isso, não pode ser considerado como um inventário realizado com um método sistemático.

Em substituição ao GILGES, a IUGS cria, em 1996, o Projeto *Geosites*, que teve por objetivo a realização de inventário com os geossítios mais importantes para a ciência geológica com relevância internacional. Este projeto foi realizado com método sistemático que envolveu colaboradores de diversos grupos internacionais que contribuíram para a realização dos inventários nacionais através da identificação e compilação de geossítios para o inventário internacional (Wimbledon, 1996; Wimbledon *et al.*, 1999). Na Europa o projeto *Geosites* foi realizado em colaboração com a Associação Europeia para a Conservação do Patrimônio Geológico (ProGeo) e escritórios nacionais da ProGeo (Wimbledon *et al.*, 2000). Apesar de o projeto ter sido finalizado em 2003 sem atingir os principais objetivos (IUGS, 2016), a ProGeo ainda promove os inventários de geossítios nos países europeus. Exemplos de inventários relacionados na Europa sob esta ótica são o da Espanha (García-Cortez & Carcavilla Urquí, 2009) e o de Portugal (Brilha *et al.*, 2010).

No Brasil, Pereira (2010) elaborou o inventário a partir de consulta aos geólogos da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM e conhecedores dos locais chave para o entendimento da geologia e evolução da paisagem da Chapada Diamantina. Os geossítios inventariados levaram em conta os valores científico, didático e turístico, através de três *frameworks* definidos. O método utilizado no inventário se enquadra na seleção de locais

dotados de características superlativas (Wimbledon *et al.*, 1999) e o levantamento realizado se enquadra como um inventário de reconhecimento (Sharples, 2002). Além do inventário o autor propôs uma metodologia de quantificação do patrimônio geológico que avalia 20 parâmetros.

Mais recentemente, o trabalho desenvolvido por Garcia *et al.* (2015) para o inventário do patrimônio geológico do estado de São Paulo ao longo de três anos foi o primeiro a seguir um método sistemático, com a participação da comunidade geocientífica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, da Universidade do Minho, da CPRM e do Instituto Geológico do estado de São Paulo.

O presente trabalho tem por objetivo realizar o inventário de geossítios e sítios de geodiversidade no município de Bertioga, SP. A seleção foi realizada pelo método de Brilha (2016) para áreas restritas e, em conjunto com outras pesquisas concluídas e em andamento, vai compor o inventário do litoral do estado de São Paulo. A etapa de avaliação quantitativa foi realizada mesmo considerando-se o número reduzido de geossítios e sítios de geodiversidade, pois este faz parte de um projeto maior que tem por objetivo realizar estratégias de geoconservação ao longo de toda a região costeira do estado de São Paulo (Garcia, 2012; Garcia *et al.*, 2014). A quantificação foi realizada a partir dos métodos propostos por Pereira (2010) e Brilha (2016). O *ranking* obtido nesta etapa, em conjunto com a quantificação do risco de degradação - RD, poderá ser utilizado para definir as prioridades nas estratégias de geoconservação do município.

2 Área, materiais e métodos

2.1 Área de estudo

O município de Bertioga localiza-se na extremidade nordeste da Região Metropolitana da Baixada Santista, no litoral central do estado de São Paulo, a aproximadamente 110 km da capital paulista. Limita-se ao sul com o Oceano Atlântico, a oeste com o município de Santos, a sudoeste com Guarujá, a leste com São Sebastião e a norte com os municípios de Mogi das Cruzes, Biritiba Mirim e Salesópolis. Abrange uma área de 491 km², com população de aproximadamente 47.000 habitantes fixos, para cerca de 85.000 habitantes flutuantes durante a temporada de férias (IBGE, 2010).

O município está inserido no domínio da Mata Atlântica, sendo 91% da sua área coberta por vegetação nativa, incluindo floresta de altitude, manguezais e restinga (Instituto Polis, 2013). De acordo com Ab'Saber (2005, 2006), os litorais são áreas complexas de inter-relação

entre a terra, o mar e a dinâmica costeira. No litoral paulista esses fatores possibilitam a formação de inúmeras praias ricas em vegetação de manguezal e de restinga. Aproximadamente 72% da área total do município insere-se em Unidades de Conservação - UCs (Instituto Polis, 2013): Parque Estadual da Serra do Mar- Núcleo Bertioga; Parque Estadual Restinga de Bertioga - PERB; Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Centro; Área de Relevante Interesse Ecológico - ARIE Itaguapé; Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN Ecofuturo; RPPN Hércules Florence I, II, III, IV, V, VI; RPPN Costa Blanca e Parque Municipal Ilha Rio da Praia (SMA/IF, 2006; SMA/FF, 2013). Para Conti & Furlan (2005) os principais fatores que contribuem para o desenvolvimento da vegetação são a umidade e a temperatura, também são fatores essenciais o solo, o relevo e a altitude. A vegetação típica é a Mata Atlântica com árvores altas e com grande diversidade de espécies. Quando essa mata atinge a planície costeira, encontra-se sobre cordões arenosos, sedimentos marinhos e sedimentos fluviais, que são mais pobres em nutrientes e tendem a gerar solos menos desenvolvidos, o que contribui para um número menor de espécies se comparada à Mata Atlântica. Na planície costeira ocorre a adaptação de novas espécies na denominada Mata de Restinga (Rossi, 1999).

Em termos hidrográficos, o município é drenado pelas bacias dos rios Itapanhaú, Itaguapé e Guaratuba. De acordo com a classificação climática de Köppen a região possui um clima do tipo Af (clima úmido ou superúmido), com chuvas distribuídas em todos os meses do ano concentrando-se no verão (Santos, 1965; Mendonça & Danni-Oliveira, 2007) e temperaturas médias anuais de 24,7° C (Cepagri, 2014). A massa de ar Tropical Atlântica de temperatura homogênea atua no município com certa instabilidade durante o verão quando entra em contato com a corrente marítima quente do Brasil (Santos, 1965).

Ab'Saber (2003) observa que a região da borda do planalto atlântico paulista é onde ocorrem as maiores médias de precipitação do país, com médias anuais de 4.500 mm/ano e fortes nevoeiros. Já o trabalho de Conti & Furlan (2005) mostra que a maior média de precipitação do trecho paulista da Serra do Mar ocorre entre o município de Bertioga e Taiaçupeba onde a isoietal é de aproximadamente 4.000 mm/ano.

2.2 Contexto Geológico e Geomorfológico

A região de Bertioga está inserida na Faixa Ribeira, que é um dos orógenos que compõem a Província Mantiqueira (Almeida *et al.*, 1977, 1981), de idade neoproterozoica. Para

Heilbron *et al.* (2004) sua origem é resultante da aglutinação de diversos paleocontinentes durante a formação do Gondwana Ocidental (Fig. 1). O Orógeno (Heilbron *et al.*, 2004) ou Faixa Ribeira (Cordani *et al.*, 1973) foi formado por conta do fechamento do Oceano Adamastor e a colisão entre os crátons São Francisco - Congo Ocidental, entre 650 - 510 Ma (Ciclo Tectônico Brasileiro Pan-Africano) e estende-se por mais de 1.000 Km ao longo da costa atlântica brasileira. Para Heilbron *et al.* (2004) a maior parte da organização estrutural da região é resultante dos processos colisionais que causaram um *trend* estrutural NE-SW.

Figura 1. Mapa tectônico dos terrenos da Faixa Ribeira (Heilbron *et al.*, 2004). O polígono em vermelho indica a área de estudo.

Figure 1. Tectonic map of Ribeira Belt terrains (Heilbron *et al.*, 2004). The red polygon indicates the studied area.

No município encontram-se as entidades Tectono-estratigráficas do Terreno Serra do Mar e das Coberturas Sedimentares Cenozoicas. As unidades litoestratigráficas do Terreno Serra do Mar são representadas pelas Unidade granito gnáissica migmatítica e Unidade ortognáissica do Complexo Costeiro, pelo Complexo granítico Pico do Papagaio e pelo Granito Taiaçupeba; já as unidades litoestratigráficas das Coberturas Sedimentares Cenozoicas são representadas pelas Coberturas detríticas indiferenciadas e Coberturas litorâneas indiferenciadas (Perrotta *et al.*, 2005). A Zona de Cisalhamento do Bairro Alto - ZCBA, de estrutura regional e orientação NE-SW, corta a região (Maffra, 2000).

Geomorfologicamente, o município insere-se na província geológica-geomorfológica que Almeida (1964) definiu como Província Costeira, dividida em duas zonas: a serraria costeira e a baixada litorânea. A zona costeira tropical atlântica ou litoral sudeste (Ab'Saber, 2005) é o macro setor mais diversificado e acidentado de todo o país e se estende por cerca de 1.500 km desde o sul do Espírito Santo até o norte de Santa Catarina, região onde encontram-se reentrâncias nas quais se destacam as planícies costeiras.

Na zona de serraria costeira, as feições mais representativas correspondem à Serra do Mar, um grande alinhamento de escarpas costeiras de *front* abrupto e dissimétricos voltado para o oceano (Ab'Saber, 1950). Segundo Almeida & Carneiro (1998), trata-se de um conjunto de escarpas com cerca de 1.000 km de extensão, com orientação ENE que acompanha a orientação do escudo atlântico e se estende do Rio de Janeiro ao norte de Santa Catarina, onde deixa de existir como unidade orográfica de borda escarpada de planalto. Os autores apontam a feição como resultado do recuo erosivo de uma antiga escarpa de falha formada tectonicamente no Paleoceno, a dezenas de quilômetros da linha de costa atual. Os sedimentos provenientes teriam sido levados para a borda da plataforma (Formações Santos, Jureia e Itajaí-Açu) e para o interior (Formação Bauru). No estado de São Paulo é caracterizada como típica borda de planalto com altitudes entre 800 a 1.200 m.

A baixada litorânea é formada principalmente pelas planícies costeiras que, no estado de São Paulo, destacam-se por suas áreas aumentarem regularmente de norte a sul (Suguio, 1976). Para Suguio & Martin (1978) o litoral do estado pode ser dividido em duas partes distintas: a primeira engloba o litoral norte com o embasamento Pré-Cambriano atingindo o mar em quase toda sua extensão; a segunda formada pelo litoral sul com grandes planícies flúvio-lagunares separadas entre si por pontões nos quais expõem-se rochas do embasamento Pré-Cambriano.

Em Bertiooga, a planície estende-se por aproximadamente 240 km² de área, por uma distância de aproximadamente 45 km por 7 a 8 km de largura. Os rios Itapanhaú, Itaguaré e Guaratuba drenam as zonas mais baixas e, no passado, quando o nível do mar estava acima do atual, possivelmente formavam lagunas (Suguio & Martin, 1978; Souza, 2015). Souza (2015) indica que a evolução desta planície foi influenciada por eventos tectônicos e por processos de flutuação do nível relativo do mar - NRM durante o Quaternário. Essas características teriam propiciado a deposição de sedimentos em ambientes marinhos, estuarino-lagunares, lacustres e fluviais, formados durante o Pleistoceno e o Holoceno, registrando sua evolução.

2.3 Métodos

2.3.1 Inventário de geossítios e sítios de geodiversidade

Brilha (2005, 2016) apresenta as seguintes etapas sequenciais para as propostas de geoconservação: inventário, quantificação, enquadramento legal, conservação, valorização/divulgação e monitoramento. A primeira etapa proposta por Brilha (2005, 2016) consiste no inventário e deve ser realizado de forma sistemática, pois é a base para todas as demais estratégias de geoconservação.

A história geológica do litoral paulista está relacionada essencialmente com eventos da amalgamação e fragmentação do Supercontinente Gondwana e vem sendo contada a partir de geossítios selecionados na realização dos inventários em Ilhabela (Prochoroff, 2014), São Sebastião (Reverte, 2014), Ubatuba (Santos, 2014) e Caraguatatuba (Arruda *et al.*, 2015). Trabalhos de inventário em Cananeia, Ilha Comprida, Iguape, Santos e Cubatão estão em andamento e pretendem compor um mosaico ao longo da região costeira do estado de São Paulo.

A metodologia adotada na seleção das áreas com potenciais geossítios e sítios de geodiversidade está descrita em Mucivuna *et al.* (2015) e envolve tanto as áreas descritas em publicações, pontos indicados por pesquisadores que já trabalharam na região e áreas obtidas através da investigação em mapas e imagens de satélite.

A partir da seleção seguiu-se a análise das possibilidades de acesso, dificultado muitas vezes devido à densa cobertura vegetal, que se deu por trilhas ecoturísticas em UCs, costões rochosos e afloramentos de estrada. Os pontos selecionados foram então investigados em trabalhos de campo com o objetivo de definir sua inclusão ou não no inventário de Bertioga (Garcia *et al.*, 2014).

2.3.2 Avaliação quantitativa

A quantificação tem por objetivo definir o *ranking* de relevância nas ações prioritárias nos geossítios e sítios de geodiversidade. Os métodos, geralmente, são baseados em diversos critérios e parâmetros que levam em conta seus atributos. Diversos autores têm desenvolvido métodos que buscam minimizar a subjetividade inerente a esse processo. A escolha do método adequado, de acordo com objetivo do trabalho, é de suma importância, pois métodos que não se adequem à área de estudo podem gerar resultados inesperados.

Para o inventário do município de Bertioga, foram escolhidos os métodos de Pereira (2010) e Brilha (2016). A escolha do primeiro ocorreu por ser brasileiro e já adaptado de diversos métodos europeus; o segundo foi escolhido por ser o mais recente e utilizado pela CPRM na plataforma GEOSSIT, que pretende englobar o patrimônio geológico nacional.

3 Resultados

3.1 O inventário

O inventário do patrimônio geológico de Bertioga foi realizado a partir dos eventos-chave que representam cronologicamente a história geológica do município e engloba os seguintes geossítios: Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão, Milonitos da Praia de São Lourenço, Gnaiss do Canto do Itaguá, Mirante da Serra do Mar, Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú, Paleoterraço do Rio Guaratuba, Captura fluvial do Rio Guaratuba e Terraços Marinho da Praia de Itaguapé. Como sítios de geodiversidade tem-se: Granitos da Praia do Indaiá, Gnaisses da Praia de São Lourenço, Blocos rolados do Rio Itatinga e Granitos da Cachoeira do Guaratuba (Fig. 2).

Figura 2. Mapa de localização dos geossítios e sítios de geodiversidade com base em Perrotta *et al.* (2005). Geossítios: 1) Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão; 2) Milonitos da Praia de São Lourenço; 3) Gnaiss do Canto do Itaguá; 4) Mirante da Serra do Mar; 5) Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú; 6) Paleoterraço do Rio Guaratuba; 7) Captura fluvial do Rio Guaratuba; 8) Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé. Sítios de

Geodiversidade: 9) Granitos da Praia do Indaiá; 10) Gnaisses da praia de São Lourenço; 11) Blocos rolados do Rio Itatinga; 12) Granitos da Cachoeira do Guaratuba.

Figure 2. Location map of geosites and geodiversity sites based on Perrotta *et al.* (2005). Geosites: 1) Tectonic records of Cachoeira do Sertão; 2) Mylonites of São Lourenço beach; 3) Gneiss of Canto do Itaguá; 4) Viewpoint of Serra do Mar; 5) Pleistocene terrace of Itapanhaú river; 6) Paleoterrace of Guaratuba river; 7) River capture of Guaratuba river; 8) Marine terraces of Itaguapé beach. Geodiversity sites: 9) Granites of Indaiá beach; 10) Gneiss of São Lourenço beach; 11) Rolled stone blocks of Itatinga river; 12) Granites of Cachoeira do Guaratuba.

Os geossítios e sítios de geodiversidade foram classificados de acordo com a tipologia descrita por Fuertes-Gutiérrez & Fernández-Martínez (2010). Além disso, a fragilidade e a vulnerabilidade destes locais foram mensuradas de acordo com as ameaças por fatores naturais e por atividades antrópicas, respectivamente. A unidade litoestratigráfica de acordo com o mapeamento de Perrotta *et al.* (2005) correspondente a cada sítio foi mencionada na descrição. Entretanto por tratar-se de um mapa na escala de 1:750.000, em alguns sítios o litotipo predominante não correspondia ao mesmo devido à sua escala de abrangência.

3.1.1 Descrição dos Geossítios

3.1.1.1 Geossítio Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão

O geossítio localiza-se no final da trilha da Cachoeira do Sertão, na margem direita do Rio Itatinga, dentro dos limites do Parque das Neblinas (Quadro 1).

Quadro 1. Descrição sucinta das características do Geossítio Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão.

Chart 1. Brief description of the characteristics of the Geosite Tectonic records of Cachoeira do Sertão.

Localização Geográfica:	Cachoeira do Sertão (0381907 / 7373303)
Tipologia:	Pontual
Enquadramento Legal:	Reserva Particular do Patrimônio Natural Ecofuturo: Parque das Neblinas
Acesso:	Seguir até o fim da trilha da Cachoeira do Sertão
Dimensão aproximada:	600 m ²
Caracterização sucinta:	Afloramento de granitoide deformado intercalado a gnaiss anfibolítico
Litotipo predominante:	Rocha granitoide fina foliada
Unidade (Perrotta <i>et al.</i> , 2005):	Unidade Ortognáissica

Dois tipos litológicos principais ocorrem: granitoide fino foliado e gnaiss anfibolítico. O granitoide é intrusivo no gnaiss anfibolítico, fato evidenciado pelos enclaves máficos dentro do granitoide. Devido ao caráter menos resistente, os enclaves apresentam-se mais erodidos que o gnaiss e estão alongados na direção da foliação E-W (Fig. 3A). As porções máficas aparecem

também como *boudins* que preservam a foliação anterior da rocha (Fig. 3B) e como dobras assimétricas (Fig. 3C).

Figura 3. Geossítio Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão. A) Granitoide intrusivo no gnaiss anfibolítico, com enclaves máficos alongados na direção da foliação E-W; B) *Boudin* que preserva a foliação anterior; C) Porções máficas com dobras apertadas e isoclinais; D) Granitoide e gnaiss paralelizados com foliação de alto ângulo; E) Foliação de alto ângulo presente no geossítio, provavelmente associada à ZCBA.

Figure 3. Geosite Tectonic records of Cachoeira do Sertão. A) Intrusive granitoid in amphibolitic gneiss, with mafic enclaves elongated in the E-W foliation direction; B) *Boudin* that preserves the previous foliation; C) Mafic portions with tight and isoclinal folds; D) Parallelized granitoid and gneiss with high angle foliations; E) High angle foliations present in geosite probably associated with BASZ.

A foliação principal está orientada na direção ENE-WSW, com alto ângulo de mergulho e provavelmente associada à ZCBA que corta a área (Fig. 3E). A deformação paralelizou os litotipos (Fig. 3D).

O geossítio possui um potencial educativo voltado para alunos do ensino superior e também interesse turístico, pois encontra-se numa trilha em meio à Mata Atlântica no Parque das Neblinas, que já recebe visitantes. Apresenta baixas vulnerabilidade e fragilidade.

3.1.1.2 Geossítio Milonitos da Praia de São Lourenço

O geossítio localiza-se no costão direito da Praia de São Lourenço, em área da União e não está protegido por nenhuma UC (Quadro 2).

Quadro 2. Descrição sucinta das características do Geossítio Milonitos da Praia de São Lourenço.

Chart 2. Brief description of the characteristics of the Geosite Mylonites of São Lourenço beach.

Localização Geográfica:	Costão direito da Praia de São Lourenço (0394542 / 7365246)
Tipologia:	Pontual
Enquadramento Legal:	Patrimônio da União
Acesso:	Seguir pela Rod. Manoel Hypólito do Rego (SP-055) até a entrada para a Praia de São Lourenço
Dimensão aproximada:	28.000 m ²
Caracterização sucinta:	Afloramento de ortognaisse milonítico
Litotipo predominante:	Ortognaisse porfiroblástico
Unidade (Perrotta <i>et al.</i> , 2005):	Depósitos litorâneos indiferenciados

O afloramento é composto por dois tipos litológicos principais: ortognaisse porfiroblástico e ortognaisse fino. O principal tipo litológico é o ortognaisse porfiroblástico com grau de deformação variável (Fig. 4A). O contato entre os tipos litológicos é por vezes bem marcado (Fig. 4B) e ocasionalmente de maneira difusa (Fig. 4C). Próximo ao contato, anfíbolios bem desenvolvidos são observados no ortognaisse porfiroblástico (Fig. 4D). O ortognaisse fino encontra-se localmente dobrado (Fig. 4E). Intrusões de granito porfirítico ocorrem no contato entre os dois tipos litológicos e possui orientação distinta do restante do geossítio (Fig. 4G).

O conjunto rochoso encontra-se deformado (Fig. 4F) e as foliações do ortognaisse porfiroblástico estão orientadas, em geral, na direção ENE-WSW, com alto ângulo de mergulho. A distribuição geométrica do traço da zona de cisalhamento associada sugere que se trate de um prolongamento da Zona de Cisalhamento Camburu (ZCC), que tem registros descritos em geossítios nos municípios de Caraguatatuba e São Sebastião.

Figura 4. Geossítio Milonitos da Praia de São Lourenço. A) Detalhe do ortognaisse porfiroblástico; B) Contato abrupto entre o ortognaisse fino (esquerda e ao fundo) e o ortognaisse porfiroblástico (direita e a frente); C) Contato difuso entre o ortognaisse fino (direita) e o ortognaisse porfiroblástico (esquerda); D) Detalhe de anfibólios concentrados no ortognaisse porfiroblástico próximo ao contato; E) Ortognaisse fino dobrado; F) Deformação dos dois tipos litológicos; G) Intrusão de granito porfirítico com orientação distinta do ortognaisse fino (superior) e o ortognaisse porfiroblástico (inferior), detalhe para os cristais deformados.

Figure 4. Geosite Mylonites of São Lourenço beach. A) Details of porphyroblastic orthogneiss; B) Abrupt contact between the fine orthogneiss (left and background) and the porphyroblastic orthogneiss (right and foreground); C) Diffuse contact between the fine orthogneiss (right) and the porphyroblastic orthogneiss (left); D) Details of amphiboles concentrated in porphyroblastic orthogneiss near the contact; E) Folded fine orthogneiss; F) Deformation in two lithologic types; G) Intrusion in porphyritic granite with different orientation of fine orthogneiss (top) and the porphyroblastic orthogneiss (bottom), details of the deformed crystals.

O geossítio possui um potencial educativo voltado para alunos do ensino superior e turístico, pois se encontra numa praia muito visitada do município. Apesar de não estar inserido em UC, apresenta baixa fragilidade e moderada vulnerabilidade, pois o geossítio possui marcas de pichações que dificultam, localmente, o reconhecimento dos tipos litológicos.

3.1.1.3 Geossítio Gnaisses do Canto do Itaguá

O geossítio localiza-se no costão direito da Praia de Boraceia, dentro dos limites do PERB (Quadro 3).

Quadro 3. Descrição sucinta das características do Geossítio Gnaisses do Canto do Itaguá.

Chart 3. Brief description of the characteristics of the Geosite Gneiss of Canto do Itaguá.

Localização Geográfica:	Costão direito da Praia de Boraceia (0410638 / 7371820)
Tipologia:	Pontual
Enquadramento Legal:	Parque Estadual Restinga de Bertioga.
Acesso:	Seguir pela Rod. Manoel Hypólito do Rego (SP-055) até a entrada para o Cantão do Itaguá, seguindo até chegar à Praia de Boraceia.
Dimensão aproximada:	11.000 m ²
Caracterização sucinta:	Afloramento de ortognaisse deformado intercalado com granito fino leucocrático
Litotipo predominante:	Ortognaisse porfiroblástico
Unidade (Perrotta <i>et al.</i> , 2005):	Depósitos litorâneos indiferenciados

Dois tipos litológicos principais ocorrem: ortognaisse tipo *augen* e granito fino leucocrático. O granito fino leucocrático apresenta provável proveniência intrusiva. Os dois litotipos encontram-se intercalados com baixo ângulo de mergulho (Fig. 5A) e bandamento

orientado segundo a foliação geral (Fig. 5B). O ortogneisse tipo *augen* faz contato com biotita gnaiss fino porfiroclástico (contato não visível) ao longo de uma foliação de alto ângulo e direção ENE-WSW (Fig. 5C). Intrusões de veios pegmatíticos paralelizadas à foliação de alto ângulo (Fig. 5D) estão provavelmente associados a uma zona de cisalhamento.

Figura 5. Geossítio Gnaisses do Canto do Itaguá. A) Intercalação entre o ortogneisse e o granito fino com baixo ângulo de mergulho; B) Bandamento dado pela paralelização entre o ortogneisse e o granito fino; C) Contato não observável entre o ortogneisse tipo *augen* (primeiro plano) e o biotita gnaiss porfiroclástico; D) Intrusão pegmatítica paralela à foliação de alto ângulo no ortogneisse tipo *augen* provavelmente associada a uma zona de cisalhamento; E) Dobras intrafoliais com planos axiais paralelos à foliação; F) Detalhe dos porfiroclastos de feldspatos assimétricos que indicam cisalhamento dextral; G) Dique pegmatítico cortando o conjunto rochoso com baixo ângulo; H) Dique máfico deslocado pelo sistema de fraturas e contato entre o ortogneisse tipo *augen* e o granito fino leucocrático.

Figure 5. Geosite Gneiss of Canto do Itaguá. A) Intercalation between the orthogneiss and the fine granite with low dip angle; B) Banding given by parallelization between the orthogneiss and the fine granite; C) Unobservable contact between the type *augen* orthogneiss (foreground) and the porphyroclastic biotite gneiss; D) Pegmatitic intrusion parallel to the high-angle foliation in *augen* orthogneiss probably associated with a shear zone; E) Intrafolial folds with axial planes parallel to the foliation; F) Details of asymmetric feldspar porphyroclasts that indicate dextral shear; G) Pegmatitic dikes cutting the outcrop at a low angle; H) Mafic dike displaced by the fractures system and contact between the *augen* orthogneiss and the fine leucocratic granite.

A foliação geral é plano axial a dobras intrafoliais apertadas (Fig. 5E). A foliação de baixo ângulo é cortada por planos de alto ângulo resultantes de um cisalhamento dextral (Fig. 5F).

Um dique pegmatítico corta o conjunto rochoso e é utilizado pelas pessoas que vão ao costão como uma “escada natural” (Fig. 5G). Um dique de diabásio com cerca de 30 cm de espessura corta o costão verticalmente, sendo sua porção central caracterizada por uma série de fraturas, possivelmente associadas ao resfriamento, ao longo das quais houve um deslocamento de cerca de 20 cm (Fig. 5H).

O geossítio possui um potencial educativo voltado para alunos do ensino superior e turístico, pois se encontra numa praia muito visitada do município. Apresenta baixa fragilidade e moderada vulnerabilidade pois, localmente, possui marcas de pichações prejudicando sua integridade.

3.1.1.4 Geossítio Mirante da Serra do Mar

O geossítio consiste em um mirante a 700 m de altitude, no final da trilha do Mirante, que se inicia no Parque das Neblinas e passa pela área da Companhia de Docas do Estado de São Paulo, próximo à barragem da Usina de Itatinga (Quadro 4).

Quadro 4. Descrição sucinta das características do Geossítio Mirante da Serra do Mar.

Chart 4. Brief description of the characteristics of the Geosite Viewpoint of Serra do Mar.

Localização Geográfica:	Final da trilha do Mirante (0385138 / 7373498)
Tipologia:	Mirante
Enquadramento Legal:	Parque Estadual da Serra do Mar
Acesso:	Seguir até o final da trilha do Mirante
Dimensão aproximada:	1.500 m ² (ponto de observação)
Caracterização sucinta:	Observação de feições geomorfológicas da Serra do Mar e da planície costeira
Litotipo predominante:	---
Unidade (Perrotta <i>et al.</i> , 2005):	Unidade Ortognáissica

A partir do mirante é possível observar importantes feições geomorfológicas como a Serra do Mar (Fig. 6A) e a planície costeira (Fig. 6B e C), resultantes dos eventos de fragmentação do Supercontinente Gondwana e posterior abertura do Atlântico Sul. Do geossítio observa-se o Canto do Indaiá, que foi unido ao continente através da planície costeira durante a última fase regressiva (Suguio & Martin, 1978). Aproximadamente 80 m antes do mirante observa-se o Rio Itatinga represado e sua queda sobre um grande afloramento gnáissico (Fig. 6D).

Figura 6. Geossítio Mirante da Serra do Mar. A) Vista do geossítio das escarpas da Serra do Mar; B) Vista do geossítio para a praia da Enseada, Canto do Indaiá e Praia de São Lourenço; C) Vista do geossítio para o Canto do Indaiá (Geossítio Milonitos da Praia de São Lourenço) e Ilha Monte Pascoal, destaque para a planície de Bertioga; D) Rio Itatinga represado a poucos metros do Mirante. (Fotografias A, B e C: André Pimentel).

Figure 6. Geosite Viewpoint of Serra do Mar. A) View of the Serra do Mar cliffs; B) View of Enseada beach, Canto do Indaiá and São Lourenço beach; C) View of Canto do Indaiá (Mylonites of São Lourenço beach Geosite) and Ilha Monte Pascoal, destaque para a planície de Bertioga; D) Rio Itatinga represado a poucos metros do Mirante. (Fotografias A, B e C: André Pimentel).

and Monte Pascoal island, highlighting the Bertioga plain; D) Dammed Itatinga river a few meters from the viewpoint. (Photos A, B and C: André Pimentel).

Ao longo da trilha que leva ao mirante observam-se afloramentos de gnaisses miloníticos orientados na direção E-W com alto ângulo de mergulho, associados à ZCBA.

O geossítio possui um potencial educativo para o público geral, pois sua visão panorâmica proporciona a inter-relação entre os aspectos da formação da Serra do Mar e da planície costeira, além dos afloramentos de gnaiss milonítico que agregam valor ao geossítio. Também possui valor turístico e já possui ampla visitação. Apresenta baixas vulnerabilidade e fragilidade, pois envolve grandes feições geomorfológicas e insere-se num parque que restringe o número de visitantes.

3.1.1.5 Geossítio Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú

O geossítio localiza-se na margem esquerda do Rio Itapanhaú, em área pertencente à União e não se encontra protegido por nenhuma UC (Quadro 5 e Fig. 7A).

Quadro 5. Descrição sucinta das características do Geossítio Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú.

Chart 5. Brief description of the characteristics of the Geosite Pleistocene terrace of Itapanhaú river.

Localização Geográfica:	Margem esquerda do Rio Itapanhaú (0383439 / 7364935)
Tipologia:	Pontual
Enquadramento Legal:	Patrimônio da União
Acesso:	A partir do bairro Vicente de Carvalho seguir a trilha direita antes de chegar à marina Poço do Robalo
Dimensão aproximada:	300 m ²
Caracterização sucinta:	Terraço marinho no topo e terraço fluvial na base
Litotipo predominante:	Depósito sedimentar arenoso
Unidade (Perrotta <i>et al.</i> , 2005):	Coberturas detríticas indiferenciadas

O terraço é formado por depósitos de antigos sedimentos marinhos sobrepostos a de paleoambientes fluviais (Fig. 7B), sendo exposto devido à erosão flúviomarinha no canal do Rio Itapanhaú. A falésia de aproximadamente 7 m de altura subdivide-se em quatro seções de acordo com a origem dos sedimentos: sedimentos finos/orgânicos (0-117 cm)- (Fig. 7C), sedimentos marinhos pedogeneizados (117-259 cm) - (Fig. 7D), sedimentos de transição entre ambiente fluvial e marinho (259-295 cm) e sedimentos fluviais (295-695 cm) - (Fig. 7E) (Martins, 2009). A transição entre os ambientes é marcada pela mudança da granulometria e pelo grau de seleção e correlaciona-se com a energia dos agentes de transporte (Martins, 2009).

Figura 7. Geossítio Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú. A) Vista geral do geossítio; B) Perfil esquemático dos horizontes e tipos de sedimentos que compõe o geossítio; C) Detalhe das conchas localizadas no topo do depósito marinho, na camada de sedimentos orgânicos; D) Detalhe dos sedimentos marinhos pedogeneizados; E) Detalhe dos sedimentos fluviais pleistocênicos. Figuras B, D e E: Martins (2009).

Figure 7. Geosite Pleistocene terrace of Itapanhaú River. A) General view of geosite; B) Schematic profile of horizons and sediment types that compose the geosite; C) Details of shells located on the top of marine deposits, in the organic sediments; D) Details of marine sediments after pedogenesis; E) Details of Pleistocene fluvial sediments. Figures B, D and E: Martins (2009).

O geossítio constitui-se como uma associação complexa de remanescentes de terraço marinho pleistocênico alto com terraço fluvial pleistocênico (Souza, 2015) sendo representativo de uma fase transgressiva do NRM (Martin & Suguio, 1976). Três pontos do terraço foram datados pelo método de Luminescência Opticamente Estimulada - LOE e apresentaram as seguintes idades: 162.000 ± 27.500 anos antes do presente (AP) para a camada fluvial, 119.600 ± 17.700 anos AP para os sedimentos marinhos e 28.800 ± 6.200 anos AP para as areias álbicas do horizonte E do espodossolo (Martins, 2009). Esses resultados sugerem correlações entre esses depósitos fluviais e as formações Cananeia e Morro de Icapara (Souza, 2015).

O geossítio possui potencial educativo, voltado para alunos de ensino médio e ensino superior, pois exemplifica os processos de variação do NRM e processos erosivos. Atualmente não possui valor turístico. Apresenta alta fragilidade por conta da erosão flúviomarinha decorrente das variações da maré e baixa vulnerabilidade.

3.1.1.6 Geossítio Paleoterraço do Rio Guaratuba

O geossítio localiza-se no lado esquerdo da estrada de acesso à Estação Elevatória do Rio Guaratuba - EERG a cerca de 600 m antes do fim da estrada, dentro dos limites da Estação Ecológica Boraceia – EBB (Quadro 6).

Quadro 6. Descrição sucinta das características do Geossítio Paleoterraço do Rio Guaratuba
Chart 6. Brief description of the characteristics of the Geosite Paleoterrace of Guaratuba river.

Localização Geográfica:	Estação Biológica Boraceia (0407890 / 7382342)
Tipologia:	Pontual
Enquadramento Legal:	Estação Ecológica Boraceia inserida no Parque Estadual da Serra do Mar
Acesso:	Seguir pela estrada da Sabesp dentro da Estação Ecológica Boraceia até chegar à Estação Elevatória do Rio Guaratuba
Dimensão aproximada:	500 m ²
Caracterização sucinta:	Espodossolo Ferrocárbico hidromórfico típico álico
Litotipo predominante:	Gnaiss fino milonítico.
Unidade (Perrotta <i>et al.</i> , 2005):	Unidade Granito gnáissica migmatítica

Corresponde a um perfil de Espodossolo Hidromórfico com cascalho (Oliveira, 2003) e apresenta uma linha de seixos arredondados de tamanho centimétrico, depositados em contato discordante com o gnaiss fino milonítico do embasamento (Fig. 8A e B).

Segundo Rossi (1999) e Rossi & Queiroz Neto (2002) o horizonte superficial A é comum a toda a extensão, abaixo a linha de seixos de deposição fluvial denota um terraço suspenso gerado por processo de deposição de baixa seleção e na base a rocha alterada tem estrutura preservada.

Figura 8. Geossítio Paleoterraço do Rio Guaratuba. A) Vista geral do geossítio; B) Linha de seixos em contato discordante com o gnaiss milonítico do embasamento; C) Linha de seixos arredondados com tamanho centimétrico; D) Detalhe de erosão hídrica em pedestal.

Figure 8. Geosite Paleoterrace of Guaratuba river. A) General view of geosite; B) Stone line in discordant contact with the mylonitic gneiss of basement; C) Lines of rounded stone centimeters in size; D) Details of water erosion on pedestal.

A cascalheira estudada por Rossi (1999) corresponde ao antigo terraço fluvial do Rio Guaratuba (Fig. 8C) num trajeto anterior à sua captura quando este ainda se dirigia para o Rio Claro (Oliveira, 2003; Neves, 2012). Feições de erosão diferencial em pedestal (Fig. 8D) também são observadas (Rocha, 2004).

O geossítio possui um potencial educativo voltado para alunos do ensino fundamental II e médio, como exemplo do registro de antigo terraço fluvial através da linha de seixos. E para alunos de ensino superior para exemplificar processos e fenômenos relacionados à geomorfologia fluvial e erosão hídrica. Atualmente o geossítio não possui valor turístico e apresenta baixas fragilidade e vulnerabilidade.

3.1.1.7 Geossítio Captura fluvial do Rio Guaratuba

O geossítio localiza-se no final da estrada de acesso à EERG, dentro dos limites da EBB (Quadro 7).

Quadro 7. Descrição sucinta das características do Geossítio Captura fluvial do Rio Guaratuba.

Chart 7. Brief description of the characteristics of the Geosite River capture of Guaratuba River.

Localização Geográfica:	Estação Biológica Boraceia (0408542/7382218) e (0408598 /7382172)
Tipologia:	Área complexa
Enquadramento Legal:	Estação Ecológica Boraceia inserida no Parque Estadual da Serra do Mar
Acesso:	Seguir pela estrada da Sabesp dentro da Estação Ecológica Boraceia até chegar à Estação Elevatória do Rio Guaratuba
Dimensão aproximada:	20.000 m ²
Caracterização sucinta:	Geossítio de área complexa com a presença de um afloramento de ortognaisse milonítico e da captura fluvial do Rio Guaratuba.
Litotipo predominante:	Ortognaisse milonítico
Unidade (Perrotta <i>et al.</i> , 2005):	Unidade Granito-gnáissica migmatítica

Compreende duas subáreas, que têm em comum o fato de consistirem em feições associadas à ZCBA:

1) Afloramento, na margem direita do Rio Guaratuba, de ortognaisse milonítico associado a porções máficas com um aspecto bandado. Injeções de granito róseo ocorrem no ortognaisse porfiroblástico, ambos deformados e associados à ZCBA (Fig. 9A e B).

2) O cotovelo de uma captura fluvial desenvolvida a partir da erosão regressiva da escarpa da Serra do Mar, devido à mudança brusca de direção próximo à sua borda (Oliveira, 2003; Oliveira & Queiroz Neto, 2007; Oliveira, 2010), (Fig. 9C, D e E).

A montante, o Rio Guaratuba acompanha a ZCBA; próximo ao cotovelo observa-se o ortognaisse milonítico associado a esta. Neste trecho, o rio corre perpendicular às estruturas do ortognaisse milonítico, as foliações estão orientadas, em geral, na direção ENE-WSW com altos a médios ângulos de mergulho (Fig. 9F).

A captura fluvial (Christofoletti, 1975) do Rio Guaratuba foi interpretada como uma resposta à última fase da reativação tectônica do Rift Continental do Sudeste do Brasil no final do Pleistoceno e início do Holoceno (Riccomini *et al.*, 2004). Datações pelo método LOE em dois perfis de solo localizados próximo à captura fluvial determinou a idade máxima de 29.000 ± 5.000 anos AP e mínima de 10.000 ± 1.000 anos AP (Neves, 2012); a idade máxima corresponde ao Pleistoceno e corrobora com o período proposto por Riccomini *et al.* (2004).

Figura 9. Geossítio Captura fluvial do Rio Guaratuba. A) Ortognaisse milonítico com injeções de granito róseo; B) Detalhe dos cristais de feldspatos deformados; C) Mapa de identificação do Rio Guaratuba; D) Mapa de identificação do Rio Guaratuba, com destaque para o cotovelo da captura fluvial; E) A curva do Rio Guaratuba ao fundo representa o cotovelo da captura; F) Ortognaisse milonítico com médio a alto ângulo de mergulho. Figuras C e D: Oliveira (2003)

Figure 9. Geosite River capture of Guaratuba River. A) Mylonitic orthogneiss with injection of pink granite; B) Details of deformed feldspar crystals; C) Map of identification of Guaratuba river; D) Map of identification of Guaratuba river highlighting the elbow of river capture; E) Mylonitic orthogneiss with medium to high dip angle; F) The curve of Guaratuba river in the background represents the elbow of the river capture. Figures C and D: Oliveira (2003).

O Rio Guaratuba no seu primeiro trecho possui direção geral NE-SW (Fig. 9C) e, após o cotovelo da captura fluvial (Fig. 9D), muda bruscamente sua direção para a direção N-S

(Oliveira, 2003; Oliveira & Queiroz Neto, 2007; Oliveira, 2010). O curso pretérito do Rio Guaratuba dirigia-se para a Bacia do Rio Claro e afluente do Rio Tietê, mas atualmente deságua no Oceano Atlântico. Esse fato foi comprovado por Ribeiro *et al.* (2006) através da presença de espécies de peixes encontradas no Alto do Rio Guaratuba e na bacia do Alto Tietê e não encontradas no baixo Rio Guaratuba.

O potencial educativo do geossítio é voltado para alunos de ensino superior, pois exemplifica os registros tectônicos decorrentes da amalgamação do Supercontinente Gondwana através da ZCBA e do cotovelo de captura fluvial formada pela erosão regressiva da Serra do Mar. Apresenta baixas fragilidade e vulnerabilidade.

3.1.1.8 Geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé

O geossítio localiza-se na Praia de Itaguapé, próximo à foz do rio homônimo que possui padrão meandrante e insere-se dentro dos limites do PERB (Quadro 8).

Quadro 8. Descrição sucinta das características do Geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé.

Chart 8. Brief description of the characteristics of the Geosite Marine terraces of Itaguapé beach.

Localização Geográfica:	Próximo à foz do Rio Itaguapé (0400618 / 7369424), (0400866 / 7369819) e (0401297 / 7369803)
Tipologia:	Área complexa
Enquadramento Legal:	Parque Estadual Restinga de Bertioga
Acesso:	Seguir pela Rod. Manoel Hypólito do Rego (SP-055) até a entrada da Praia de Itaguapé
Dimensão aproximada:	240.000 m ²
Caracterização sucinta:	Geossítio de área complexa com a presença de afloramento de gnaiss milonítico e dois depósitos sedimentares arenosos, um de idade Pleistocênica e outro Holocênica.
Litotipo predominante:	Depósito sedimentar arenoso
Unidade (Perrotta <i>et al.</i> , 2005):	Depósitos litorâneos indiferenciados

Compreende três subáreas, que têm em comum o fato de constituírem feições associadas à dinâmica costeira decorrente das variações do NRM:

1) Afloramento, na margem direita do Rio Itaguapé, de gnaiss milonítico com veios de quartzo e alto ângulo de mergulho associados a uma zona cisalhamento (Fig. 10A).

2) Falésia em terraço marinho pleistocênico com aproximadamente 5 m de altura, próximo a foz do Rio Itaguapé, apresenta da base para o topo: areia com cimento ferruginoso (cerca de 1 m de espessura), areia fina acinzentada estratificada (cerca de 1 m de espessura), areia fina branca (cerca de 2 m de espessura) e Espodossolo com horizonte *ortstein* e vegetação

de alta restinga (Fig. 10B). A formação da falésia é atribuída à erosão flúviomarinha ativa na foz do rio Itaguapé, relacionada às variações do NRM durante o Quaternário (Fig. 10C-a).

3) Terraço marinho holocênico localizado próximo a canais de drenagens que deságuam no mar (Martins, 2009).

Figura 10. Geossítio Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé. A) Milonito paralelo à linha de costa com alto ângulo de mergulho; B) Depósito sedimentar com vegetação típica de Restinga, detalhe para os danos causados pelas pichações; C) Foz do Rio Itaguapé: (a) localização da subárea 2 e (b) contorno do rio na subárea 1 com o canal controlado pela estrutura E-W (Fonte: Google Earth); D) Galeria dos tubos de *Callichirus major*; E) Subárea 2 com erosão controlada por sistema de juntas ortogonais.

Figure 10. Geosite Marine terraces of Itaguapé Beach. A) Mylonite parallel to the coastline with high dip angle; B) Sediment deposits with typical vegetation of Restinga. The damage caused by graffiti is highlighting; C) Itaguapé River mouth: (a) location of subarea 2 and (b) river boundary in subarea 1 with channel controlled by

*E-W structure (Source: Google Earth); D) Tubes of *Callichirus major*; E) Subarea 2 with erosion controlled by orthogonal joint systems.*

No passado, a subárea 1 pode ter funcionado como uma barreira natural (Fig. 10C-b) que contribuiu com a formação de depósitos marinhos elevados. Durante a transgressão e regressão holocênica impediu o avanço do NRM contribuindo para que a subárea 2 não fosse retrabalhado/erodido.

Datações pelo método LOE para a subárea 2 apresentam idade de 6.800 ± 900 anos AP. Entretanto, evidências topográficas, pedológicas e biológicas convergem para interpretações mais antigas do que a idade determinada pela datação (Martins, 2009). Dentre as evidências topográficas destaca-se o contorno do rio no afloramento antes de desaguar no mar (Fig. 10C-b). A evidência pedológica é a presença do horizonte *ortstein* a 400 cm de profundidade que é um indicador de ambientes mais antigos que a Transgressão Santos (Martins, 2009; Souza, 2015). A evidência biológica envolve a presença de tubos fósseis de decápodes do gênero *Callichirus major* (Fig. 10D), encontrados a cerca de 4 m de profundidade na base do terraço (Martins, 2009; Geraque, 2010). Esses animais vivem atualmente em galerias profundas na zona intermareal, sendo geralmente encontrados abaixo do nível médio das marés (Martin & Suguio, 1976; Suguio, 1976; Suguio & Martin, 1978; Peiró, 2012). Sua presença indica que o NRM no passado era mais elevado que o atual, relacionando-se com os depósitos da Formação Cananeia de idade Pleistocênica. A presença de tubos fósseis são um bom indicador de paleonível marinho, pois encontram-se *in situ* e indicam a antiga linha de praia, mais avançada continente adentro do que nos dias atuais (Suguio & Martin, 1976, 1978).

Datações pelo método LOE para a subárea 3 apresentam idade de 6.600 ± 500 anos AP, apesar de a datação ser mais antiga que o último pico da Transgressão Santos, as feições morfológicas e topográficas do depósito indicam idade holocênica para esse depósito (Martins, 2009).

As subáreas do geossítio são controladas por estruturas tectônicas. O canal do Rio Itaguapé é controlado pela estrutura E-W; a distribuição geométrica do traço da zona de cisalhamento associada ao embasamento (subárea 1) - (Fig. 10C-b) sugere que o seja um prolongamento da ZCC e a subárea 2 é controlada por dois sistemas de juntas ortogonais na direção E-W e N55E, sendo a erosão acentuada associada a esse controle estrutural (Fig. 10E), (Souza, 2015).

O geossítio possui elevado interesse científico e está inserido no Inventário do estado de São Paulo, sendo nomeado como “Falésias em terraços marinhos pleistocênicos”. Seu potencial educativo é voltado para alunos de ensino médio e ensino superior, pois exemplifica os processos de variação do NRM e processos da dinâmica costeira, além de possuir potencial turístico uma vez que se encontra numa praia com ampla visitação turística. Apresenta alta fragilidade por conta da intensa erosão flúviomarinha decorrente das variações da maré, apesar de estar legalmente protegido pelo PERB, e alta vulnerabilidade associada a marcas de pichações que são um dano irreversível à sua integridade (Fig. 10B).

3.1.2 Sítios de Geodiversidade

A descrição dos sítios de geodiversidade com valor educativo e turístico é apresentada no Quadro 9, suas localizações na Figura 2 e as ilustrações na Figura 11.

Figura 11. Sítios de Geodiversidade. A) Gnaisses da Praia de São Lourenço; B) Granitos da Praia do Indaiá; C) Blocos rolados do Rio Itatinga; D) Granitos da Cachoeira do Guaratuba. Os sítios de geodiversidade A, B e C possuem potencial educativo e o D potencial turístico.

Figure 11. Geodiversity sites. A) Gneiss of São Lourenço beach; B) Granites of Indaiá beach; C) Rolled stone blocks of Itatinga river; D) Granites of Cachoeira do Guaratuba. Geodiversity sites A, B and C have educational potential and D touristic potential.

Quadro 9. Descrição dos sítios de geodiversidade com valores educativos e turísticos.

Chart 9. Description of geodiversity sites with educational and touristic value.

Nome	Gnaisses da Praia de São Lourenço	Granitos da Praia do Indaiá	Blocos rolados do Rio Itatinga	Granitos da Cachoeira do Guaratuba
Localização geográfica	Costão esquerdo da Praia de São Lourenço (0398160/07367465)	Costão esquerdo da Praia do Indaiá (0393693/7364804)	Rio Itatinga (0387102/7371080)	Cachoeira do Rio Guaratuba (0404853/7375705)
Tipologia (Fuentes-Gutiérrez & Fernández-Martínez, 2010).	Pontual	Pontual	Pontual	Pontual
Enquadramento Legal	Área de Relevante Interesse Ecológico Itaguapé	Patrimônio da União	Parque Estadual Restinga de Bertioga	Parque Estadual Restinga de Bertioga
Acesso	Seguir pelo Rod. Manoel Hypólito do Rego (SP-055) até a entrada para a Praia de São Lourenço.	Seguir pelo Rod. Manoel Hypólito do Rego (SP-055) até a entrada para o Cantão do Indaiá.	Seguir pela trilha que se inicia no edifício principal da Usina de Itatinga.	Seguir até o final da trilha da Cachoeira do Guaratuba que se inicia no Loteamento Costa do Sol
Unidade (Perrotta et al. 2005)	Depósitos litorâneos indiferenciados	Depósitos litorâneos indiferenciados	Unidade Granito-gnáissica migmatítica	Complexo granítico Pico do Papagaio
Descrição geológica	<ul style="list-style-type: none"> - Costão de ortogneisse porfiroblástico com a presença de dique foliado e dobrado. - Presença de fraturas e veios pegmatíticos. - Presença de blocos de diferentes dimensões próximo ao costão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costão de granito porfirítico com fenocristais de feldspato potássico em contato com o granito deformado. - Presença de blocos próximo ao costão. 	<ul style="list-style-type: none"> - Depósito de blocos rolados de gnaisses com diferentes dimensões na margem direita do Rio Itatinga. 	<ul style="list-style-type: none"> - Grande lajedo de granito equigranular em contato com rocha máfica afanítica porfirítica. - Erosão diferencial em forma de marmitas.
Uso potencial	Educativo	Educativo	Educativo	Turístico
Feições da Geodiversidade com potencial educacional e/ou turístico	<ul style="list-style-type: none"> - Comportamento mecânico das rochas- em regime dúctil: dobras, e rúptil: fraturas. - Intrusões de veios pegmatíticos. - Intemperismo das rochas e formação de blocos. - Granulometria e composição da areia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comportamento mecânico das rochas em ambiente dúctil: deformação, e rúptil: falha. - Fraturas e formação de blocos. - Intemperismo das rochas e erosão diferencial. - Granulometria e composição da areia. 	<ul style="list-style-type: none"> - Erosão, transporte e sedimentação das rochas. - Energia do rio: relação com o tamanho dos sedimentos. - Arredondamento dos grãos: relação com a área fonte. 	<ul style="list-style-type: none"> - Composição mineralógica das rochas. - Erosão, transporte e sedimentação das rochas. - Contato litológico com erosão diferencial.
Propostas de atividades educativas e turísticas	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar a presença de dobras e relacioná-las ao comportamento dúctil. - Identificar fraturas e relacioná-las com a formação dos blocos. - Associar os minerais presentes no costão aos grãos de areia. - Relacionar com o ciclo das rochas. - Visualizar a diferença entre a planície costeira e a Serra do Mar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar as diferentes litologias. - Identificar fraturas e relacioná-las com a formação dos blocos. - Associar os minerais presentes no costão aos grãos de areia. - Relacionar com o ciclo das rochas. - Visualizar a diferença entre a planície costeira e a Serra do Mar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar a ação da água sobre os sedimentos transportados. - Relacionar com o ciclo das rochas. - Reconhecer a dinâmica de erosão e sedimentação. - Identificar o tamanho dos grãos e arredondamento e relacionar com a área fonte e energia do rio. 	<ul style="list-style-type: none"> - Explicar sobre os agentes erosivos. - Relacionar a formação das marmitas com a ação da água e da carga sedimentar. - Associar a formação da queda d'água com o processo de erosão diferencial. - Observar a dinâmica de erosão, transporte e sedimentação.

3.2 Avaliação quantitativa do patrimônio geológico

Para a avaliação quantitativa do patrimônio geológico optou-se pelos métodos propostos por Pereira (2010) e Brilha (2016). Como observado anteriormente, apesar do reduzido número de geossítios e sítios de geodiversidade inventariados no município, optou-se pela quantificação por fazer parte de um projeto maior.

3.2.1 Método de Pereira (2010)

O método avalia o patrimônio geológico num conjunto de vinte parâmetros, valorado entre 0 a 4 pontos. Esses parâmetros são agrupados em quatro categorias de valores: Intrínseco-Vi (A1: Vulnerabilidade associada a processos naturais, A2: Abundância/raridade, A3: Integridade e A4: Variedade de elementos da Geodiversidade), Científico-Vci (B1: Objeto de referências bibliográficas (grau de conhecimento científico), B2: Representatividade de materiais e processos geológicos, B3: Diversidade de interesses/temas associados e B4: Relevância didática), Turístico-Vtur (C1: Aspecto estético, C2: Acessibilidade, C3: Presença de infraestrutura, C4: Existência de utilização em curso e C5: Presença de mecanismos de controle de visitantes) e Uso/gestão-Vug (D1: Relevância cultural, D2: Relevância econômica, D3: Nível oficial de proteção, D4: Passível de utilização econômica, D5: Vulnerabilidade associada ao uso antrópico, D6: População do núcleo urbano mais próximo e D7: Condições socioeconômicas dos núcleos urbanos mais próximos).

Com base nos valores atribuídos a cada um dos parâmetros calculou-se a média ponderada das categorias Vi, Vci, Vtur e Vug (Tab. 1). Os resultados destes cálculos foram utilizados na determinação do Valor de Uso Científico (VUC), do Valor Turístico (VUT), do Valor de Conservação (VC) e da Relevância (R), com base nos quais estabeleceram-se o *ranking* e a relevância do conjunto de geossítios (Tab. 2).

Tabela 1. Valores atribuídos para cada um dos parâmetros e a média aritmética para os valores intrínsecos (Vi), científico (Vci), turístico (Vtur) e de uso e gestão (Vug) dos geossítios do município de Bertioga pelo método de Pereira (2010).

Table 1. Values assigned for each parameter and the arithmetic mean for intrinsic (Vi), scientific (Vci), touristic (Vtur) and management and use (Vug) values of geosites in the Bertioga municipality by Pereira's (2010) method.

Quantificação dos geossítios pelo método Pereira (2010)									
		Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão	Milonitos da Praia de São Lourenço	Gnaisses do Canto do Itaguá	Mirante da Serra do Mar	Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú	Paleoterraço do Rio Guaratuba	Captura fluvial do Rio Guaratuba	Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé
Vi	A1	2	2	2	2	0	2	2	0
	A2	4	4	4	0	4	0	4	4
	A3	3	3	3	3	1	3	3	1
	A4	4	4	4	3	4	4	4	4
	Média	3,25	3,25	3,25	2,00	2,25	2,25	3,25	2,25
Média Final (Vi) = 2,72									
Vci	B1	0	0	0	0	4	4	4	4
	B2	2	2	2	2	2	2	4	4
	B3	1	2	2	1	2	1	1	2
	B4	2	2	2	4	2	4	2	2
	Média	1,25	1,50	1,50	1,75	2,50	2,75	2,75	3,00
Média Final (Vci) = 2,13									
Vtur	C1	2	4	2	4	2	0	2	4
	C2	2	3	3	1	3	2	2	3
	C3	4	0	0	4	0	2	2	0
	C4	4	3	3	4	0	0	0	0
	C5	4	0	0	4	0	4	4	0
	Média	3,20	2,00	1,60	3,40	1,00	1,60	2,00	1,40
Média Final (Vtur) = 2,03									
Vug	D1	1	1	1	0	1	0	1	1
	D2	4	4	4	4	4	4	4	4
	D3	4	0	4	4	0	4	4	4
	D4	4	4	2	4	2	2	2	2
	D5	2	2	2	2	0	2	2	0
	D6	4	4	4	4	4	4	4	4
	D7	4	4	4	4	4	4	4	4
	Média	3,29	2,71	3,00	3,14	2,14	2,86	3,00	2,71
Média Final (Vug) = 2,86									

Tabela 2. Resultado dos cálculos dos valores VUC, VUT, VC e R com a respectiva posição dos geossítios do município de Bertioga pelo método de Pereira (2010).

Table 2. Results of calculations of VUC, VUT, VC and R values with the respective position of geosites in the Bertioga municipality by Pereira's (2010) method.

Quantificação da relevância dos geossítios (Pereira, 2010)									
	Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão	Milonitos da Praia de São Lourenço	Gnaisses do Canto do Itaguá	Mirante da Serra do Mar	Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú	Paleoterraço do Rio Guaratuba	Captura fluvial do Rio Guaratuba	Terraços Marinheiros da Praia de Itaguapé	Média
VUC	2,05	2,20	2,20	1,85	2,40	2,55	2,95	2,70	2,36
VUT	3,23	2,29	2,16	3,30	1,46	2,10	2,40	1,93	2,36
VC	2,86	2,79	2,85	2,18	2,28	2,47	3,10	2,49	2,63
R	12,22	11,14	10,93	11,66	10,43	12,00	13,83	12,21	11,80
Relevância dos Geossítios	Nacional	Regional	Regional	Regional	Regional	Nacional	Internacional	Nacional	
Posição	2º	6º	7º	5º	8º	4º	1º	3º	

3.2.2 Método de Brilha (2016)

Os geossítios e sítios de geodiversidade representam as ocorrências *in situ* dos elementos da geodiversidade; os primeiros com elevado valor científico e os últimos com valor educacional, turístico e/ou cultural (Brilha, 2016). De acordo com o autor, a relevância dos geossítios pode ser somente nacional ou internacional, enquanto os sítios de geodiversidade podem ter relevância local, nacional ou internacional.

A quantificação dos geossítios engloba sete parâmetros, que recebem 1, 2 ou 4 pontos; 0 pode ser utilizado se apropriado. O valor final é obtido atribuindo-se os seguintes pesos a cada um destes parâmetros: A: representatividade (30%), B: local-tipo (20%), C: conhecimento científico (5%), D: integridade (15%), E: diversidade geológica (5%), F: raridade (15%) e G: limitações ao uso (10%). Os valores atribuídos a cada parâmetro e os cálculos com base nos pesos foram utilizados para estabelecer o *ranking* dos geossítios (Tab. 3).

A quantificação dos sítios de geodiversidade com potencial educacional leva em conta doze parâmetros. O valor final é obtido atribuindo-se os seguintes pesos: A: vulnerabilidade (10%), B: acessibilidade (10%), C: limitações ao uso (5%), D: segurança (10%), E: logística (5%), F: densidade populacional (5%), G: associação com outros valores (5%), H: beleza cênica (5%), I: singularidade (5%), J: condições de observação (10%), K: potencial didático (20%) e L: diversidade geológica (10%). Para o potencial turístico, treze parâmetros são avaliados, sendo os parâmetros A, B, C, D, E, F e G idênticos ao do potencial educacional, H: beleza

cênica (15%), I: singularidade (10%), J: condições de observação (5%), K: potencial interpretativo (10%), L: nível econômico (5%) e M: proximidades a zonas recreativas (5%).

Tabela 3. Resultado dos cálculos da quantificação de valor científico e *ranking* da posição dos geossítios do município de Bertioga pelo método de Brilha (2016).

Table 3. Result of quantification calculations of scientific value and ranking of geosites in the Bertioga municipality by Brilha's (2016) method.

Quantificação dos geossítios de valor científico pelo método Brilha (2016)								
Valor científico (VC)	Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão	Milonitos da Praia de São Lourenço	Gnaisses do Canto do Itaguá	Mirante da Serra do Mar	Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú	Paleoterraço do Rio Guaratuba	Captura fluvial do Rio Guaratuba	Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé
A	4	4	4	4	4	4	4	4
B	1	1	1	1	2	1	2	2
C	0	0	0	0	4	2	4	4
D	4	4	4	4	2	4	4	2
E	4	4	4	2	4	4	4	4
F	4	4	4	1	4	1	4	4
G	2	4	2	2	4	1	1	2
Média	300	320	300	245	330	255	330	310
Posição	5º	3º	6º	8º	2º	7º	1º	4º

Os valores de cada parâmetro e seu respectivo peso foram utilizados para calcular o *ranking* dos sítios de geodiversidade (Tab. 4).

Tabela 4. Resultado dos cálculos da quantificação de valor educativo e turístico dos sítios de geodiversidade do município de Bertioga pelo método de Brilha (2016).

Table 4. Result of quantification calculations of educational and touristic value of geodiversity sites in the Bertioga municipality by Brilha's (2016) method.

Quantificação dos sítios da geodiversidade de valor educativo e turístico pelo método de Brilha (2016)					
Potencial uso Educativo	Granitos da Praia do Indaiá	Gnaisses da Praia de São Lourenço	Blocos rolados do Rio Itatinga	Potencial uso turístico	Granitos da Cachoeira do Guaratuba
A	3	3	3	A	3
B	1	3	0	B	0
C	2	2	2	C	2
D	2	2	2	D	2
E	4	4	4	E	4
F	1	1	1	F	1
G	3	3	4	G	3
H	0	0	0	H	2
I	1	1	1	I	1
J	3	3	4	J	2
K	2	2	3	K	3
L	3	3	3	L	1
-	-	-	-	M	3
Média	215	235	240	Média	200
Posição	3º	2º	1º	--	--

A avaliação quantitativa do RD tem por objetivo ordenar os geossítios (Tab. 5) e sítios de geodiversidade (Tab. 6) que devem ter prioridade em futuras estratégias de geoconservação, (Brilha, 2016). O método estabelece cinco parâmetros sendo possível valorá-lo entre 1 e 4 pontos, sendo 0 também possível se apropriado. Para obter-se o valor final, os seguintes pesos são atribuídos: A: Deterioração de elementos geológicos (35%), B: proximidade a áreas/atividades com potencial para causar degradação (20%), C: proteção legal (20%), D: acessibilidade (15%) e E: densidade populacional (10%). De acordo com o valor final, o RD pode ser baixo (<200), moderado (201-300) e alto (301-400).

Tabela 5. Resultado dos cálculos da quantificação do risco de degradação dos geossítios do município de Bertioga pelo método de Brilha (2016).

Table 5. Result of quantification calculations of degradation risk of geosites in the Bertioga municipality by Brilha's (2016) method.

Quantificação do Risco de degradação dos geossítios pelo método de Brilha (2016)								
Risco de degradação	Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão	Milonitos da Praia de São Lourenço	Gnaisses do Canto do Itaguá	Mirante da Serra do Mar	Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú	Paleoterraço do Rio Guaratuba	Captura fluvial do Rio Guaratuba	Terraços Marinheiros da Praia de Itaguapé
A	2	2	2	1	3	2	2	3
B	2	4	4	0	2	0	0	4
C	1	4	2	1	4	1	1	2
D	2	1	3	0	3	2	2	1
E	1	1	1	1	1	1	1	1
Média	170	255	245	65	280	130	130	250
Resultado	Baixo	Moderado	Moderado	Baixo	Moderado	Baixo	Baixo	Moderado

Tabela 6. Resultado dos cálculos da quantificação do risco de degradação dos sítios de geodiversidade do município de Bertioga pelo método de Brilha (2016).

Table 6. Result of quantification calculations of degradation risk of geodiversity sites in the Bertioga municipality by Brilha's (2016) method.

Quantificação do Risco de degradação dos sítios de geodiversidade pelo método de Brilha (2016)				
Risco de degradação	Granitos da Praia do Indaiá	Gnaisses da Praia de São Lourenço	Blocos rolados do Rio Itatinga	Granitos da Cachoeira do Guaratuba
A	2	2	2	2
B	4	4	0	0
C	4	2	2	1
D	1	3	0	0
E	1	1	1	1
Média	255	245	120	100
Resultado	Moderado	Moderado	Baixo	Baixo

4 Discussão dos resultados

4.1 Inventário de geossítios e sítios de geodiversidade

O inventário foi realizado pelo método de Brilha (2016). Além das etapas propostas pelo método, foi realizada a identificação prévia das principais unidades geológico-estruturais e de imagens de satélite (Mucivuna *et al.*, 2015) para definição de áreas potenciais; isso foi extremamente útil e permitiu uma melhor avaliação da sua representatividade.

Os trabalhos de campo foram realizados a fim de corroborar a inclusão dos sítios potenciais na lista final do inventário do município. Os trabalhos de campo nas áreas potenciais permitiram definir a classificação de cada ponto do inventário, pois em alguns casos potenciais geossítios foram classificados como sítios de geodiversidade por não se enquadrar no valor científico e sim ter elementos educativos e/ou turísticos superlativos.

Neste contexto, oito geossítios foram selecionados e contam a história geológica do município, dentre eles seis inseridos em UCs e dois em áreas pertencentes à união sem qualquer proteção por UCs. Em relação à distribuição geográfica, quatro encontram-se no planalto e quatro na planície costeira.

Foram selecionados quatro sítios de geodiversidade, sendo três com valor educativo e um com valor turístico. Dentre eles três estão inseridos em UCs. Em relação à distribuição geográfica, todos encontram-se na planície costeira.

4.2 Considerações sobre os parâmetros da Quantificação

4.2.1 Método de Pereira (2010)

A escolha dos valores para cada parâmetro resultou na análise minuciosa de cada parâmetro e algumas considerações sobre eles são descritos a seguir.

No Vi em A1 e A3 nenhum geossítio foi classificado com a valoração 4, uma vez que todo geossítio apresenta alguma vulnerabilidade e nenhum está totalmente íntegro como apresenta os parâmetros “não apresenta qualquer vulnerabilidade decorrente de processos naturais e “geossítio íntegro e sem qualquer deterioração e sem necessidade de recuperação”.

No Vci B1 é passível de mudança frente à publicação de novas pesquisas. Em B2 e B4 nenhum geossítio recebeu a valoração 0, pois o inventário do município é de valor científico e consequentemente com relevância didática, seja para o público geral ou especializado como

apresenta os parâmetros “ausência de qualquer aspecto relevante de natureza científica” e “Sem relevância didática”.

No Vtur C1 foi considerado extremamente subjetivo, como aponta o próprio autor. O item C2 foi adaptado para o geossítio Paleoterraço do rio Guaratuba, pois seu acesso é direto por estrada de terra - adotou-se o valor 2 que indica “acessível a partir de estradas não asfaltadas e trilha com menos de 2 km de extensão”. Em C4 há geossítios que se encontram em costões de praias com alto índice de visitação, porém os turistas não vão ao costão na intenção de observar os geossítios.

No Vug D1 é bastante subjetivo para definir a cultura local, por isso considerou-se somente o uso de toponímias em relação ao nome dos rios e os geossítios que se encontram na Trilha Passo dos Jesuítas. Em D4 não há possibilidade de enquadrar o geossítio Milonitos da Praia de São Lourenço, pois ele não se insere em UC nem possui infraestrutura, por isso adotou-se o valor 4 que indica “geossítio sem qualquer restrição para utilização, já dotado de alguma infraestrutura e/ou com utilização em curso” - a escolha se justifica por ser a única opção na qual a área não está inserida em UC. Em D5 nenhum geossítio foi classificado com a valoração 4 “Pouco ou nada vulnerável, não deverá sofrer deterioração mediante uso ou visitação, podendo ser utilizado sem qualquer restrição”, por se acreditar que não há geossítio que pode ser utilizado sem qualquer restrição. Em D7 há duas possibilidades de respostas para o município. O IDH do município é 0,730 abaixo da média regional de 0,817, sendo possível a valoração 1 “IDH inferior ao IDH médio da área”. Porém, a média do IDH Nacional é 0,727, neste caso, Bertioga tem IDH acima da média nacional sendo possível a valoração 4 “IDH superior ao IDH médio nacional”. Optou-se pelo valor 4, mas também poderíamos ter optado pelo valor 1.

4.2.2 Método de Brilha (2016)

Na quantificação dos geossítios, no parâmetro A todos os geossítios foram valorados com 4 pontos, por se considerar que só se justifica se ele for o melhor exemplo da área de estudo. No parâmetro C teses, dissertações, trabalhos publicados em eventos nacionais e outros tipos de publicação que não sejam artigos de revistas internacionais, nacionais e resumos apresentados em eventos internacionais não se aplicam.

Para a quantificação dos sítios de geodiversidade de valor educativo e turístico as seguintes considerações foram elencadas: nos parâmetros A e C não foi utilizado o valor 4 “os

elementos geológicos do sítio não apresentam possibilidade de deterioração por atividades antrópicas” e “o sítio não tem limitações a ser usado por estudantes e turistas”, por se acreditar que todo sítio é passível de deterioração devido ao uso sem limitação por atividades antrópicas. Em B não há possibilidade de valoração para sítios que se localizam a mais de 1 km de distância. Para sítios com valor turístico esse valor deveria ser maior, pois podem inserir-se em extensas trilhas ecoturísticas. Em I as opções para valoração têm escala nacional e em inventários de áreas restritas esses parâmetros não valorizam a região.

Para a quantificação do RD observou-se que o parâmetro D não contempla alguns sítios do município, pois não há opção para acessos realizados por trilhas ecoturísticas.

4.3 Resultados da Quantificação e comparação do Ranking de Relevância dos Geossítios

O método de Pereira (2010) possui como fator determinante para definir a relevância dos geossítios a média da relevância para o conjunto de geossítios, sendo possível classificar a relevância dos geossítios em internacional, nacional e regional ou local.

De acordo com o método de Pereira (2010) um geossítio obteve relevância internacional (Captura fluvial do Rio Guaratuba), três relevância nacional (Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão, Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé e Paleoterraço do Rio Guaratuba) e quatro relevância regional (Mirante da Serra do Mar, Milonitos da Praia de São Lourenço, Gnaisses do Canto do Itaguá e Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú), (Tab. 2).

No método de Brilha (2016), os geossítios Captura fluvial do Rio Guaratuba e Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú obtiveram a mesma média e ficaram empatados na 1ª posição, os geossítios Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão e Gnaisses do Canto do Itaguá também ficaram empatados na 5ª posição. (Tab.3). Para fins de classificação e posterior comparação com o método de Pereira (2010), foi escolhido o parâmetro Integridade para definir a 1ª e 2ª posição, já para definir a 5ª e 6ª posição foi escolhido o uso turístico, parâmetro não presente neste método, mas presente em Pereira (2010), não foi escolhido nenhum parâmetro de Brilha (2016), pois eles obtiveram as mesmas pontuações em todos os parâmetros.

O *ranking* de relevância dos geossítios pelo método de Pereira (2010) e Brilha (2016) só foi idêntico para o geossítio Captura fluvial do Rio Guaratuba (Quadro 10).

Quadro 10. Comparação entre o *ranking* de relevância dos geossítios pelos métodos de Pereira (2010) e Brilha (2016).

Chart 10. Comparison between relevance ranking of geosites by Pereira's (2010) and Brilha's (2016) methods.

Posição	Método de Pereira (2010)	Método de Brilha (2016)
1º	Captura fluvial do Rio Guaratuba	Captura fluvial do Rio Guaratuba
2º	Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão	Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú
3º	Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé	Milonitos da Praia de São Lourenço
4º	Paleoterraço do Rio Guaratuba	Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé
5º	Mirante da Serra do Mar	Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão
6º	Milonitos da Praia de São Lourenço	Gnaisses do Canto do Itaguá
7º	Gnaisses do Canto do Itaguá	Paleoterraço do Rio Guaratuba
8º	Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú	Mirante da Serra do Mar

Convém destacar que o método de Pereira (2010) além do valor de relevância científica, leva em consideração também o valor de uso turístico para determinar sua relevância, enquanto o método de Brilha (2016) utiliza somente o valor científico para os geossítios.

A análise do resultado de cada geossítio será apresentada a seguir de acordo com a ordem cronológica. O método de Pereira (2010) será referido como P e o de Brilha (2016) como B.

Registros tectônicos da Cachoeira do Sertão: em P foi classificado em 2º e em B em 5º. O parâmetro B2 de P e G de B fez com que diminuísse sua pontuação, pois ele não é utilizado como exemplo clássico em P e há limitações de amostragem em B.

Milonitos da Praia de São Lourenço: em P foi classificado em 6º e em B em 3º. O parâmetro G de B aumentou seu valor pois não há limitações para realização de amostragem. Em P os parâmetros C3 e D3 fizeram com que o geossítio ficasse numa posição inferior pois não há infraestrutura, nem está inserido em UC.

Gnaisses do Canto do Itaguá: em P foi classificado em 7º e em B em 6º. Os parâmetros B2, C3 e C5 de P e G de B fez com que diminuísse seu valor, pois ele não é utilizado como exemplo clássico, não há infraestrutura nem de controle de visitantes em P e há limitações para realização de amostragem em B.

Mirante da Serra do Mar: em P foi classificado em 5º e em B em 8º. Em P os parâmetros A2, B2 e C2 classificaram-no numa posição intermediária, pois não é o único exemplo na área, nem exemplo clássico e seu acesso é feito por trilha extensa. Em B os parâmetros E, F e G o classificaram em 8º, pois apresenta menos aspectos de interesses geológicos do que os demais geossítios, não é o único exemplo da área e possui limitações para realização de amostragem.

Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú: Em P foi classificado em 8º e em B em 2º. Em P os parâmetros A1, A3, B2, C3, C4, C5, D3 e D5 classificaram-no em 8º devido à elevada vulnerabilidade aos processos naturais, por estar deteriorado, por não ser utilizado como

exemplo clássico, por não apresentar infraestrutura, não ser utilizado turisticamente, não possuir controle de acesso, não estar protegido por nenhuma UC e ser susceptível a impactos por visitação turística. Em B o parâmetro D diminuiu seu valor, pois ele não está muito bem preservado. O fato de não estar inserido em UC e consequentemente não possuir limitações para amostragem o classificou numa das primeiras posições em B, sendo que o parâmetro similar do método de P fez com que obtivesse a última posição.

Paleoterraço do Rio Guaratuba: em P foi classificado em 4º e em B em 7º. Em P os parâmetros A2, C1, C4 e D4 classificaram-no numa posição intermediária, pois não é o único exemplo na área, não possui apelo cênico e não há utilização em curso. Em B os parâmetros F e G contribuíram para que ficasse na penúltima posição, pois não é o único exemplo na área e a realização de trabalhos de campo e amostragem é muito difícil.

Captura fluvial do Rio Guaratuba: nos dois métodos foi classificado em 1º lugar, e em P sua relevância é de nível internacional

Terraços Marinhos Pleistocênicos da Praia de Itaguapé: em P foi classificado em 3º e em B em 4º. Os parâmetros A1, A3, C3, C4, C5 e D5 de P e G de B classificaram-no numa pontuação menor, pois apresenta elevada vulnerabilidade aos processos naturais, está deteriorado, não há infraestrutura, não é utilizado turisticamente, não possui controle de acesso, está susceptível às ameaças antrópicas e sem uso atual em P e só é possível realizar trabalhos de campo e amostragem após autorização da UC em B.

Os geossítios com publicações (Terraço Pleistocênico do Rio Itapanhaú, Paleoterraço do Rio Guaratuba, Captura fluvial do Rio Guaratuba e Terraços Marinhos da Praia de Itaguapé) obtiveram, em alguns casos, valores mais elevados. No método de P encontram-se na 8º, 4º, 1º e 3º posição, em B na 2º, 7º, 1º e 4º posição. Em ambos os métodos, três entre quatro geossítios foram classificados nas quatro primeiras posições.

4.4 Resultados da Quantificação e Ranking de Relevância dos Sítios de Geodiversidade

A quantificação e o *ranking* de relevância dos sítios de geodiversidade foi realizado somente pelo método de Brilha (2016). A análise do resultado de cada sítio de geodiversidade será apresentada a seguir de acordo com a ordem de classificação (Tab. 4).

Blocos rolados do Rio Itatinga: foi classificado em 1º lugar. O parâmetro B fez com que sua pontuação não fosse maior, pois o acesso é feito por trilha extensa.

Gnaisses da Praia de São Lourenço: foi classificado em 2º lugar. Os parâmetros G, J e K classificaram-no numa posição intermediária, pois o sítio não possui elementos culturais e ecológicos próximos, a observação não está em boas condições e os elementos de potencial didático são para alunos de ensino secundário.

Granitos da Praia do Indaiá: foi classificado em 3º lugar. Os parâmetros B, G, J e K classificaram-no na última posição, pois ele não tem acesso direto por estrada, não possui elementos culturais e ecológicos próximos, as condições de observação não estão boas e os elementos de potencial didático são para alunos de ensino secundário.

Granitos da Cachoeira do Guaratuba: os parâmetros B e I diminuíram seu valor, pois o acesso é feito por trilha extensa e os aspectos de singularidade são comuns no país.

A quantificação dos sítios de geodiversidade (Brilha, 2016) possibilitou avaliar o valor de uso educativo e turístico. Como houve somente um sítio com valor turístico não foi possível estabelecer um *ranking*, pois não é possível agrupá-los com os de valor educativo pois possui usos, parâmetros e pesos diferentes.

4.5 Resultados da Quantificação do RD de geossítios e dos sítios de geodiversidade

A quantificação do RD proposta em Brilha (2016) possibilitou avaliar os sítios que se encontram em maior risco (Tab. 5 e 6). De acordo com os resultados, nenhum local possui RD alto, pois, a maioria deles já se encontra protegido pelas UCs.

Dentre os oito geossítios, quatro possuem moderado e quatro baixo RD, estando seis inseridos em UCs (Tab. 5). Dos quatro sítios de geodiversidade, dois possuem moderado e dois baixo RD e três estão inseridos em UCs (Tab. 6). Dentre os sítios que não estão inseridos em UCs todos possuem RD moderado; já os que estão inseridos em UCs possuem RD baixo, sendo que três possuem RD moderado, pois localizam-se em praias do município sem controle de visitantes, e com potencial para gerar degradação.

O resultado do RD deve ser utilizado em conjunto com o *ranking* da relevância, para determinar as prioridades de gestão dos geossítios e sítios de geodiversidade.

5 Conclusões

A geodiversidade presente no município de Bertioga está representada por meio de oito geossítios e quatro sítios de geodiversidade que foram inventariados e quantificados. O

conjunto deles representa a história geológica do município e pode ser identificada a partir dos elementos de interesse de cada local.

A análise dos métodos propostos para a quantificação dos sítios mostrou que, apesar de possuírem parâmetros distintos, precisam ser melhorados e adaptados de acordo com o objetivo do trabalho e o contexto geológico da área.

Os resultados da quantificação diferem um pouco entre si, porém são eficazes para o objetivo do trabalho. A associação dos resultados da relevância com o RD proposta em Brilha (2016) mostra-se como uma excelente ferramenta para priorizar as futuras estratégias de geoconservação. Os resultados obtidos na quantificação do RD são concordantes com a realidade observada em campo. Os sítios que não estão protegidos por nenhuma UC possuem o RD moderado, relacionado à falta de medidas legais para conservação dos mesmos.

Mesmo estando contemplada no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, as UCs do município têm por prioridade a conservação da biodiversidade e, atualmente, não há qualquer proposta para a conservação da geodiversidade. Observou-se que mesmo os sítios inseridos em UCs estão sujeitos a ameaças naturais e antrópicas pois, na maioria das vezes, a geodiversidade é vista como algo duradouro e que não sofre ameaças. Contudo, os resultados desse trabalho mostram que vários sítios estão sujeitos a ameaças antrópicas e a fragilidades naturais mesmo no âmbito das UCs. É preciso entender a importância da geodiversidade e fazer cumprir a lei do SNUC para a conservação e gestão dos geossítios e sítios de geodiversidade.

Esse trabalho não pretende esgotar as discussões sobre a temática no município. Espera-se que os temas relacionados à geodiversidade seja incluído pelas UCs presentes em seus conceitos de meio natural, juntamente com os aspectos da biodiversidade, de modo que seja possível elaborar propostas de conservação conjuntas. No âmbito governamental, espera-se contribuir para a criação de políticas públicas que orientem o planejamento e o ordenamento territorial e que as etapas previstas em estratégias de geoconservação sejam efetivadas, contribuindo para a conservação da geodiversidade do município.

Agradecimentos: Os resultados deste trabalho são parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora. As autoras agradecem o apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo, por meio do Programa de Incentivo à Pesquisa, que permitiu a criação do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida e a Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP) por meio do Processo 2011/17261-6.

Referências bibliográficas

- Ab'Saber, A.N. 1950. A Serra do Mar e a Mata Atlântica em São Paulo. *Boletim Paulista de Geografia*, 4: 61-70.
- Ab'Saber, A.N. 2003. *Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. São Paulo, Ateliê Editorial, 160p.
- Ab'Saber, A.N. 2005. *Litoral do Brasil / Brazilian coast*. São Paulo, Metalivros, 281 p.
- Ab'Saber, A.N. 2006. *Brasil: paisagens de exceção: o litoral e o pantanal Mato-Grossense: patrimônios básicos*. São Paulo, Ateliê Editorial, 182 p.
- Almeida, F.F.M. 1964. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, 41: 169-263.
- Almeida, F.F.M. & Carneiro, C.D.R. 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2): 135-150.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B. & Fuck, R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8., 1977, Campina Grande, *Boletim Especial*, p. 12-13.
- Almeida, F.F.M., Hasui, Y., Brito Neves, B.B. & Fuck, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 17(1/2): 1-29.
- Arruda, K.E.C., Garcia, M.G.M. & Del Lama, E.A. 2015. Geological heritage inventory as a subsidy for geotourism: Caraguatatuba - São Paulo state, Brazil. In: INTERNATIONAL PROGEO SYMPOSIUM, 8., 2015, Reykjavik, *ProGEO programme and abstracts*, p. 68-69.
- Brilha, J. 2005. *Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Braga, Palimage Editora, 190p.
- Brilha, J. 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8(2): 119-134.
- Brilha, J., Alcalá, L., Almeida, A., Araújo, A., Azeredo, A., Azevedo, M.R., Barriga, F., Brum da Silveira, A., Cabral, J., Cachão, M., Caetano, P., Cobus, A., Coke, C., Couto, H., Crispim, J., Cunha, P.P., Dias, R., Duarte, L.V., Dória, A., Falé, P., Ferreira, N., Ferreira Soares, A., Fonseca, P., Galopim de Carvalho, A., Gonçalves, R., Granja, H., Henriques, M.H., Kullberg, J.C., Kullberg, M.C., Legoinha, P., Lima, A., Lima, E., Lopes, L., Madeira, J., Marques, J.F., Martins, A., Martins, R., Matos, J., Medina, J., Miranda, R., Monteiro, C., Moreira, M., Moura, D., Neto Carvalho, C., Noronha, F., Nunes, J.C.,

- Oliveira, J.T., Pais, J., Pena dos Reis, R., Pereira, D., Pereira, P., Pereira, Z., Piçarra, J., Pimentel, N., Pinto de Jesus, A., Prada, S., Prego, A., Ramalho, L., Ramalho, M., Ramalho, R., Relvas, J., Ribeiro, A., Ribeiro, M.A., Rocha, R., Sá, A., Santos, V., Sant'Ovaia, H., Sequeira, A., Sousa, M., Terrinha, P., Valle Aguado, B. & Vaz, N. 2010. O inventário nacional do património geológico: abordagem metodológica e resultados. *E-Terra*, 18(1):1-4.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. 2014. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_072.html>. Acesso em: 17 nov. 2014.
- Christofolletti, A. 1975. Capturas fluviais. In: *Enciclopédia Mirador Internacional*. São Paulo-Rio de Janeiro, Encyclopedia britânica do Brasil, p. 2049-2051.
- Conti, J.B. & Furlan, S.A. 2005. Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In: Ross, J.L.S. (org.) *Geografia do Brasil*. São Paulo, Edusp, p. 67-209.
- Cordani, U.G., Delhal, J. & Ledent, D. 1973. Orogeneses superposeés dans le précambrien du Brésil sud-oriental (états du Rio de Janeiro et Minas Gerais). *Revista Brasileira de Geociências*, 3(1): 1-22.
- Ellis, N. 2008. A history of the geological conservation review. In: Burek, C.V. & Prosser, C.D. (Ed.). *The history of Geoconservation*. London, The Geological Society, p.123-135.
- 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.
- Garcia, M.G.M. 2012. Gondwana Geodiversity and Geological Heritage: examples from the north coast of São Paulo State, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências*, 35: 101-111.
- Garcia, M.G.M., Martins, L., Del Lama, E.A. & Bourotte, C. 2014. O Inventário do patrimônio geológico da região costeira do estado de São Paulo: base metodológica, adaptações e considerações. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 47., 2014, Salvador. *Anais do 47º Congresso Brasileiro de Geologia*, p. 49.
- Garcia, M.G.M., Brilha, J., Lima, F.F., Vargas, J.C., Aguilár, A.P., Duleba, W., Fernandes, L.A., Fiertz, M.S.M., Martins, L., Raposo, M.I.B., Ricardi-Branco, F., Ross, J.L.S. & Sallum, W. 2015. The inventory of geological heritage of the State of São Paulo, Brazil: Methodological basis and preliminar results. In: INTERNATIONAL PROGEO SYMPOSIUM, 8, 2015, Reykjavík, *ProGEO programme and abstracts*, p. 84-85.

- Garcia-Cortéz, A. & Carcavilla Urquí, L. 2009. Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Disponível em: <<http://www.igme.es/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20web.pdf>>. Acesso em: 13 jan. 2016.
- Geraque, E. 2010. Cuidado, praia em movimento. *Unesp ciência*, 7: 36-41.
- Gray, M. 2004. *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. Londres, John Wiley & Sons, 434p.
- Gray, M. 2005. Geodiversity and Geoconservation: what, why and how? *The George Wright Forum*, 22(3): 4-12.
- Gray, M. 2013. *Valuing and conserving abiotic nature, 2nd edition*. Londres, John Wiley & Sons, 508 p.
- Heilbron, M., 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, Beca, p. 203-234.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. *Censo demográfico*. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 12 out. 2014.
- Instituto Polis. 2013. *Diagnóstico Urbano Socioambiental: município de Bertioga*. São Paulo, Instituto Polis, 486p.
- IUGS. International Union of Geological Sciences. 2016. Disponível em: <<http://geoheritage-iugs.mnhn.fr/index.php?catid=4&blogid=1>>. Acesso em: 10 jan 2016.
- Lima, F.F. 2008. *Proposta metodológica para inventário do patrimônio geológico brasileiro*. Braga, 94p. Dissertação de Mestrado, Escola de Ciências, Universidade do Minho.
- Maffra, C.Q.T. 2000. *Geologia estrutural do embasamento cristalino da região de São Sebastião, SP: evidências de um domínio transpressivo*. São Paulo, 113p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Geotectônica, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Martin, L. & Suguio, K. 1976. O Quaternário marinho do litoral do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., 1976, Ouro Preto. *Anais do 29º Congresso Brasileiro de Geologia*, p.281-293.

- Martins, V.M. 2009. *Relação solo-relevo-substrato geológico na planície costeira de Bertioga (SP)*. Piracicaba, 273p. Tese de Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.
- Mendonça, F. & Danni-Oliveira, I.M. 2007. *Climatologia: noções básicas e clima no Brasil*. São Paulo, Oficina dos Textos, 206 p.
- Mucivuna, V.C., Garcia, M.G.M. & Del Lama, E.A. 2015. A seleção de geossítios no inventário do município de Bertioga - SP: critérios e metodologia. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PATRIMÔNIO GEOLÓGICO, 3., 2015, Lençóis, *Anais do 3º Simpósio Brasileiro de patrimônio geológico*, p. 446-449.
- Neves, F.V. 2012. *Análise morfodinâmica da evolução da captura fluvial do rio Guaratuba (Bertioga – SP) através da técnica de datação por luminescência opticamente estimulada (LOE)*. São Paulo, 96p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Oliveira, D. 2003. *A captura do alto rio Guaratuba: uma proposta metodológica para o estudo da evolução do relevo da Serra do Mar, Boraceia – SP*. São Paulo, 105p. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Oliveira, D. 2010. Capturas fluviais como evidências da evolução do relevo: uma revisão bibliográfica. *Revista do Departamento de Geografia*, 20: 37-50.
- Oliveira, D. & Queiroz Neto, J.P. 2007. Evolução do relevo na Serra do Mar no estado de São Paulo a partir de uma captura fluvial. *Geosp*, 22: 73- 88.
- Peiró, D.F. 2012. *Status taxonômico de Callichirus major (Say, 1818) sensu lato (Crustacea, Decapoda, Axxida, Callianassidae) da costa brasileira: taxonomia sistemática molecular, biologia populacional e reprodutiva*. Ribeirão Preto, 158p. Tese de doutorado, Departamento de Biologia da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.
- Pereira, D., Brilha, J. & Pereira, P. 2008. Geodiversidade: valores e usos. Disponível em: <http://www.dct.uminho.pt/docentes/pdfs/jb_pereiras.pdf>. Acesso em: 10 out 2015.
- Pereira, R.G.F.A. 2010. *Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia – Brasil)*. Braga, 318p. Tese de doutorado, Escola de Ciências, Universidade do Minho.

- Perrotta, M.M., Salvador, E.D., Lopes, R.C., D'Agostinho, 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, escala 1:750.000.
- Prochoroff, R. 2014. *O patrimônio geológico de Ilhabela-SP: estratégias de geoconservação*. São Paulo, 176 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Reverte, F.C. 2014. *Avaliação da Geodiversidade em São Sebastião - SP, como patrimônio geológico*. São Paulo, 208 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- Ribeiro, A.C., Lima, F.L.C., Riccomini, C. & Menezes, N.A. 2006. Fishes of the Atlantic Rainforest of Boraceia: testimonies of the Quaternary fault reactivation within a Neoproterozoic tectonic province in Southeastern Brazil. *Ichthyol Explor Freshwaters*, 17(2): 157-164.
- Riccomini, C., Sant'Anna, L.G. & Ferrari, A.L. 2004. Evolução geológica do rift continental do sudeste do Brasil. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R. & Brito-Neves, B.B. (Orgs.). *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo, Beca, p. 383-405.
- Rocha, D. R. 2004. Erosão do Solo - Núcleo de Pesquisa e Manejo de Solo e Água: Departamento de Ciência do Solo, UFC. Disponível em: <<http://www.soloeagua.ufc.br/erosao.pdf>>. Acesso em 03 out 2015.
- Rossi, M. 1999. *Fatores formadores da paisagem litorânea: a Bacia do Guaratuba, São Paulo: Brasil*. São Paulo, 168p. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Geografia Física, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Rossi, M & Queiroz Neto, J.P. 2002. Evolução de Espodopossolo ferrocárbico em Gleissolo háplico no planalto da Serra do Mar, Rio Guaratuba (SP). *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 26: 407-415.
- Santos, E.O. 1965. Características Climáticas. In: Azevedo, A. *A baixada santista*. São Paulo, Edusp, p. 95-150.
- Santos, P.L.A. 2014. *Patrimônio geológico em áreas de proteção ambiental: Ubatuba – SP*. São Paulo, 207p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

- Sharples, C. 2002. Concepts and principles of Geoconservation. In: Tasmanian Parks & Wildlife Service website. Disponível em: <<http://www.parks.tas.gov.au/geo/conprin/define.html>>. Acesso em: 02 set 2014.
- SMA/FF. Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Fundação Florestal. 2013. *Anuário das Reservas Particulares do Patrimônio Natural instituídas pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo*. São Paulo, Fundação Florestal, 84p.
- SMA/IF. Secretaria do Estado do Meio Ambiente / Instituto Florestal. 2006. *Plano de Manejo do Parque estadual da Serra do Mar*. Disponível em: <http://iflorestal.sp.gov.br/files/2013/03/Plano_Pe_Serra_do_Mar.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2014.
- Souza, C.R.G. 2015. The Bertioga coastal plain: an example of morphotectonic evolution. In: Vieira, B.C., Salgado, A.A.R & Santos, L.J.C (Editors). *Landscapes and landforms of Brazil*. Berlin, Springer, p. 115-134.
- Suguio, K. 1976. Presença de tubos fósseis de “*Callianassa*” nas formações quaternárias do litoral paulista e sua utilização na reconstrução paleoambiental. *Boletim do Instituto de Geociências-USP*, 7: 17-26.
- Suguio, K. & Martin, L. 1978. Quaternary marine formations of the state of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1., 1978, São Paulo, *Publicação Especial*, p. 1-55.
- Wimbledon, W.A.P. 1996. Geosites: a new conservation initiative. *Episodes*, 19(3): 87–88.
- Wimbledon W.A.P, Andersen S., Cleal, C.J., Cowie, J.W., Erikstad, L., Gonggrijp, G.P., Johansson, C.E., Karis, L.O. & Suominen, V. 1999. Geological World Heritage: GEOSITES: a global comparative site inventory to enable prioritisation for conservation. *Memorie Descritive della Carta Geologica d'Italia*, 54: 45–60.
- Wimbledon, W.A.P., Ishchenko, A.A., Gerasimenko, N.P., Karis, L.O., Suominen, V., Johansson, C.E. & Freden, C. 2000. Geosites- an IUGS initiative: science supported by conservation. In: Baretino, D., Wimbledon, W.A.P. & Gallego, E. (Eds.). *Geological Heritage: its conservation and management*. Madrid, IGME, p. 69-94.

APÊNDICE B

Fortificações do litoral paulista: geologia de suas pedras e o estado de conservação

Fortifications of the São Paulo state coast: geology of their stones and conservation status

Vanessa Costa MUCIVUNA – Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562, Butantã, CEP 05508-080, São Paulo, SP. E-mail: vanessa.mucivuna@usp.br

Eliane Aparecida DEL LAMA – Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562, Butantã, CEP 05508-080, São Paulo, SP. E-mail: edellama@usp.br

Maria da Glória Motta GARCIA – Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Rua do Lago, 562, Butantã, CEP 05508-080, São Paulo, SP. E-mail: mgmgarcia@usp.br

Resumo

Este trabalho tem por objetivo identificar os tipos de pedras utilizadas nas construções das fortificações militares do litoral paulista e inferir sobre sua provável proveniência, além de avaliar seu estado de conservação, e apresentar um levantamento bibliográfico sobre o histórico dessas fortificações. Para atingir esses objetivos, foram efetuadas as etapas de revisão bibliográfica, trabalhos de campo com a finalidade de identificar os tipos de pedras utilizadas nas construções, diagnóstico do estado de conservação, reconhecimento do seu uso atual e análise do mapa geológico em relação aos dados das pedras utilizadas nas construções das fortificações, para inferir sobre sua provável proveniência. A identificação do tipo de material utilizado nessas construções permite avaliar a geodiversidade utilizada, além de compreender a história, a cultura e a evolução técnica da época em que foi construída. A avaliação do estado de conservação e seu uso atual visa subsidiar as ações às quais as fortificações poderão ser submetidas no sentido de preservação e manutenção do patrimônio cultural pétreo. As fortificações estudadas localizam-se na Baixada Santista, nos municípios de Bertioga, Guarujá e Praia Grande e representam as fortificações construídas entre os séculos XVI e XX. Elas foram edificadas, principalmente, com granitos e gnaisses, rochas que afloram na região e que são representativas da geodiversidade local. Apesar de algumas delas serem tombadas pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) e terem seu uso voltado à visitação turística, parte delas apresenta-se deteriorada, sendo que ações de reparo são indispensáveis para sua conservação e preservação. Outras fortificações simbolizam o total esquecimento produzido pela falta de pertencimento com esse patrimônio, que representa um momento histórico único da defesa do território paulista.

Palavras-chave: Baixada Santista; Conservação; Fortificações; Monumentos Pétreos; Patrimônio Histórico.

Abstract

This study aims to identify the types of stones used in the construction of military fortifications of the São Paulo state coast and infer their probable origin as well as to evaluate their conservation status and present a bibliography about the history of these fortifications. To achieve these goals, the steps carried out were literature review, field work in order to identify the types of stones used in construction, diagnosis of the conservation status, recognition of their current use, and analysis of the geological map with respect to the data on stones used in the construction of the fortifications, to infer their probable origin. Identification of the type of material used in these constructions allows an evaluation of the geodiversity used, and an understanding of the history, culture and technical evolution of the time in which they were built. The evaluation of their condition and current use is intended to support actions to which the fortifications may be submitted in order to preserve and maintain the cultural heritage in stone. The fortifications studied are located in lowlands around the city of Santos in the cities of Bertiooga, Guarujá and Praia Grande and represent the fortifications built between the sixteenth and twentieth centuries. They were built mainly with granites and gneisses that outcrop in the region and are representative of the local geodiversity. Although some of them are listed by the National Institute for Historical and Artistic Heritage (IPHAN) and have their use focused on tourist visits, it was observed that some of them are deteriorated and that repair actions are essential for their conservation and preservation. Other fortifications symbolize the oblivion resulting from the lack of a sense of ownership connected to this heritage, which represents a unique historical moment in the defense of the São Paulo state territory.

Keywords: Baixada Santista, Conservation; Fortifications; Stone monuments; Historic heritage.

1. Introdução

A história das fortificações muitas vezes se confunde com a história do desenvolvimento de uma nação, pois muitas delas foram construídas como marcos da criação de cidades e tinham por objetivo a proteção do território.

A construção das fortificações ocorria, em diversos países do mundo, de duas formas principais: a paliçada, de caráter temporário e feitas com materiais pouco resistentes, e as fortificações, com posição permanente, construídas com materiais resistentes que duravam longos períodos. Estas últimas foram edificadas essencialmente com blocos de pedras, geralmente, unidos com argamassa de cal. Os materiais para a construção, quando disponíveis, eram obtidos das proximidades para evitar-se o custo com o transporte.

A partir da análise do material utilizado na construção, é possível identificar a geodiversidade local e a evolução econômica, arquitetônica e a adequabilidade das rochas na construção civil, pois representam as rochas que afloram na região e o momento histórico no qual foram construídas.

Os materiais pétreos utilizados nas construções das fortificações, apesar de se constituírem em materiais bastante resistentes, também estão sujeitos à deterioração frente aos processos intempéricos, sejam eles de ordem física ou química. Por conta disso, podem ser pouco a pouco deteriorados, causando risco à integridade das obras e edificações e, em última

instância, à história que representam. A avaliação do estado atual em que o material pétreo se encontra também visa diagnosticar os danos da pedra e assim subsidiar a realização dos tratamentos de restauro porventura necessários.

A partir de meados do século XX a arquitetura militar perde a função de fortificar o território para fins de defesa, pois com o uso de mísseis balísticos de longo alcance e alta precisão não se necessitam mais das obras deste tipo de fortificação. Atualmente, a maioria das fortificações no Brasil não possui mais a função de defesa do território, permanecendo, entretanto, como remanescentes do patrimônio cultural e, nas últimas décadas, utilizadas com função turística e educativa.

Na Baixada Santista foram construídas diversas fortificações para defesa ao longo do litoral. É uma região que recebe todos os anos milhares de turistas para o turismo de balneário, porém pouco se trata sobre o patrimônio cultural desses municípios, em especial aqueles relacionados à arquitetura militar presente nas fortificações dessa região, não explorando devidamente o potencial turístico dessas edificações.

Dentre as fortificações ainda existentes na Baixada Santista, muitas delas foram incluídas no Circuito dos Fortes, projeto concebido com o objetivo de resgatar e divulgar o patrimônio histórico-militar da região. O circuito é representado por três cortinas duplas de fortificações, que começaram a ser construídas no período colonial e tinham por objetivo a defesa das vilas de Santos, São Vicente e do porto de Santos (AGEM 2005). As cortinas de duplas fortificações consistem em construções realizadas em lados opostos de algum curso d'água, com a finalidade de cruzarem fogos e impedir a invasão por vias aquáticas. O circuito completo é constituído de oito pontos com fortificações importantes selecionadas, de forma que ao completá-lo, o visitante conheça um pouco da história da Baixada Santista e, consequentemente, da história do Brasil.

A iniciativa de aproveitar a estrutura de defesa militar para fins turísticos não é única no Brasil, tampouco no mundo. Campanhas de conscientização sobre a apropriação do patrimônio local são observadas em diversos países do mundo (SECOMANDI 2010).

No cenário internacional, a paisagem militar de Elvas, em Portugal, é o melhor exemplo da escola holandesa de fortificação de todo o mundo. Suas fortificações incluem os Fortes da Graça e de Santa Luzia e os Fortins de São Mamede, São Pedro e São Domingos, sendo a cidade mais fortificada da Europa. A cidade foi elevada à categoria de Patrimônio da Humanidade pela UNESCO desde 2012.

No Brasil, há muitas fortificações que são atrações turísticas, tais como, Forte de Santo Antônio da Barra (Salvador – BA), Forte Orange (Itamaracá – PE), Forte das Cinco Pontas (Recife – PE), Forte dos Reis Magos (Natal – RN), Forte de Copacabana (Rio de Janeiro – RJ), Fortaleza de Santa Cruz da Barra (Niterói – RJ), Forte de São José da Ponta Grossa (Florianópolis – SC) e Forte do Castelo (Belém – PA).

No litoral paulista, as fortificações que recebem visitação turística inserem-se no Circuito dos Fortes, e, atualmente, somente as edificações da Fortaleza de Itaipu (Praia Grande), da Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande (Guarujá), do Forte São João (Bertioga), da Casa do Trem Bélico (Santos) e do Museu da Pesca (Santos) possuem infraestrutura para receber visitantes. No Forte dos Andradas e na Fortaleza de Itapema a visitação turística está proibida e o Forte São Luiz encontra-se em ruínas e sem qualquer tipo de infraestrutura turística, os três localizados no Guarujá.

Este trabalho tem por objetivo caracterizar as diferentes pedras utilizadas na construção das sete fortificações remanescentes do litoral paulista, com identificação de suas prováveis proveniências, analisar o seu estado de conservação e realização de seus levantamentos históricos.

Para atingir os objetivos propostos foram realizadas revisões bibliográficas com base no levantamento histórico, trabalhos de campo com o objetivo de analisar e descrever os tipos de rochas utilizadas nas construções bem como seu estado de conservação. Para inferir sobre a provável proveniência dos materiais utilizados nas edificações, foram realizadas correlações entre os blocos utilizados nas construções e as rochas que afloram na região de acordo com o mapeamento de PERROTTA *et al.* (2005). Em alguns casos, a procedência dos materiais não pôde ser definida com exatidão, devido à falta de registros sobre a proveniência das pedras utilizadas nas construções, tendo sido, nestes casos, optado por se sugerir a provável origem do material com base na proximidade das unidades geológicas aflorantes na região com características similares às das pedras utilizadas nas fortificações.

Para fins de conceituação, neste trabalho toma-se a liberdade de utilizar o termo **pedra** quando for relacionado com os materiais pétreos no contexto da obra e trabalhados pelo Homem, ou seja, os materiais utilizados nas construções das fortificações, termo este que é comumente utilizado nos trabalhos da área de conservação do patrimônio. Já o termo **rocha** será utilizado quando envolver as propriedades petrográficas e suas relações com o contexto geológico.

2. Histórico das fortificações

2.1 As fortificações no território brasileiro

Atualmente, as fortificações são indissociáveis no que tange ao patrimônio geológico e ao patrimônio cultural, pois a mesma pedra que possui o caráter natural proporciona a matéria prima do patrimônio cultural e está presente nos monumentos históricos que moldaram o território como ele é hoje (ALMEIDA & ALMEIDA 2012).

Entende-se por *fortificação* toda e qualquer obra de defesa militar, seja ela temporária ou permanente. Como exemplo de fortificação temporária tem-se o *entrincheiramento*, destinado a satisfazer as necessidades táticas que podem ocorrer numa campanha, permitindo colocar a tropa ao abrigo e dar-lhe proteção. As fortificações permanentes, por sua vez, possuem diversas denominações: o *fortim* consiste num pequeno forte; o *forte* é a instalação de uma ou mais baterias de artilharia localizadas na mesma obra; e a *fortaleza* é a construção na qual o armamento está dividido em duas ou mais baterias de artilharia, localizadas em obras independentes (BARRETO 1958).

O processo de fortificação do território brasileiro não difere da forma como ocorreu em outros países do mundo. No Brasil, a construção de fortificações militares está relacionada à defesa do litoral e tinha por objetivo minimizar os riscos aos quais a costa estava exposta em relação a assaltos de piratas ingleses, franceses e holandeses que, à época, tentavam a posse das regiões que ainda não estavam efetivamente ocupadas por povoações (MORI *et al.* 2003). O primeiro registro de construção de uma fortificação em terras brasileiras data de 1532, com a chegada de Martim Afonso de Souza na Barra de Bertioga, onde ordenou edificar uma paliçada de madeira para defender a entrada do canal de Bertioga (BARRETO 1958).

De acordo com KLINTOWITZ (1983) a construção das fortificações era realizada com as pedras extraídas e conduzidas uma a uma até o local onde o solo tinha sido escavado. Com relação à tecnologia adotada, os fortes brasileiros utilizavam uma concepção já ultrapassada de guerra e de conquista, pois na Europa já existiam concepções mais modernas de pirobalística.

Para MORI *et al.* (2003), até o ano de 1580 o sistema defensivo português implantado no Brasil era incipiente, pois não havia muitos valores para defender a não ser as poucas povoações existentes, e foi somente durante o domínio da Espanha sobre Portugal é que implantaram-se os grandes sistemas de fortificação, devido à ameaça de invasão holandesa. Como na época os italianos eram considerados os maiores especialistas em fortificações, foram

eles os mentores dos espanhóis que, de maneira geral, fizeram com que as fortificações no Brasil a partir do século XVII adotassem o modelo italiano de construção de fortificações.

Foi então que, a partir da experiência italiana, as características medievais das fortificações brasileiras foram abandonadas, tendo sido privilegiadas as construções baixas que conseguiam resistir melhor aos impactos dos projéteis (NAKAMUTA 2009).

Um exemplo de fortificação no Brasil feita pelos italianos é o Forte dos Reis Magos em Natal (RN), projetado pelo arquiteto Giovanni Antonelli no século XVI. Em sua construção utilizaram-se os *beachrocks*, comuns no local, além do Calcário Lioz utilizado no interior do forte e trazido de Portugal como lastro nos navios (LICCARDO 2010).

No Brasil foram construídas aproximadamente 300 fortificações, tanto pelos colonizadores quanto pelos invasores (portugueses, holandeses, franceses, ingleses, espanhóis e brasileiros) desde os primeiros anos do descobrimento até meados do século XX, sendo que os de menor importância resistiram por pouco tempo (BARRETO 1958).

CASTRO (2009), com base nos trabalhos de Rego Monteiro, elaborou um mapa com a distribuição aproximada das fortificações existente no Brasil em 1829 (Figura 1). Essa distribuição apresenta algumas deficiências de confiabilidade na fonte dos dados, uma vez que algumas das fortificações ainda não tinham sido construídas naquela data, algumas delas estão situadas em território uruguaio (4 precisamente), porém, a partir dessa distribuição é possível ter a visualização de como as fortificações faziam a cobertura de defesa do território brasileiro durante aquele período, concentradas principalmente no litoral, nos grandes rios e nas fronteiras terrestres.

Muitas dessas fortificações foram tombadas pelo IPHAN ao longo dos anos, porém, em alguns casos, restam apenas as ruínas delas. Atualmente a maioria das fortificações perdeu sua função de defesa do território e são utilizadas com fins turísticos e educativos, após diversos serviços de restauro e conservação.

administrações, ou para dar lugar ao desenvolvimento da cidade ou pela falta de consciência da necessidade de preservação da memória nacional, assim como ocorreu com diversas outras fortificações no território brasileiro (OLIVEIRA 2004), ou mesmo, pode-se dizer, com inúmeros monumentos ou construções históricas em todo o país.

Em relação às fortificações que desapareceram, o que delas restam são apenas algumas memórias através das icnografias e plantas cadastrais, sendo que vários desenhos de projeto se perderam ou foram extraviados (OLIVEIRA 2004).

Figura 2 - Localização das fortificações do litoral paulista. A-Subsistema Cananeia-Iguape. B- Subsistema Santos. C- Subsistema São Sebastião-Ilhabela. 1- Forte São João. 2- Forte de Santos. 3- Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande. 4- Fortaleza de Vera Cruz de Itapema. 5- Forte da Estacada. 6- Fortim da Praia do Góes. 7- Forte São Luiz. 8- Forte da Ponta das Canas. 9- Forte do Rabo Azêdo. 10- Forte da Vila Bela. 11- Forte da Feiticeira. 12- Forte do Araçá. 13- Forte da Vila de São Sebastião. 14- Forte de Santa Cruz. 15- Forte de Sepetuba. 16- Forte de Cananeia. 17- Fortaleza de Itaipu. 18- Forte dos Andradas. Fonte: Landsat ETM+ RGB 321. Dados das fortificações destruídas (CAMARGO 2002, MORI *et al.* 2003).

2.2.1 Fortificações remanescentes

Dentre as fortificações ainda existentes no litoral do estado de São Paulo, seis integram o Circuito dos Fortes desde 2004, com exceção do Fortim da Praia do Góes: Forte São João – Bertioga, Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande – Guarujá, Fortaleza de Vera Cruz de Itapema – Guarujá, Forte São Luiz – Guarujá, Fortaleza de Itaipu – Praia Grande e Forte dos Andradadas – Guarujá.

2.2.1.1 Forte São João – Bertioga

O Forte São João está localizado na extremidade sul da praia da Enseada, no atual município de Bertioga (Figura 3A). Sua fundação data do século XVI e localiza-se num ponto estratégico do território paulista, palco de inúmeros ataques indígenas contrários à colonização portuguesa. Inicialmente a fortificação foi construída pelos irmãos Braga em 1532 como um entrincheiramento por ordem de Martim Afonso de Souza, que o denominou de São Tiago. Como o local sofreu ataques pelos indígenas em 1547 e em 1551, causando a destruição do baluarte e da paliçada (BARRETO 1958, TEIXEIRA 2011), o Rei de Portugal ordenou a construção do forte em alvenaria em 1551 e, em 1553, foi enviado um projeto arquitetônico pela coroa para proteger a terra que aqui pretendiam explorar (MORI *et al.* 2003).

O forte foi construído com pedras unidas com argamassa à base de barro, cal de sambaqui, areia e óleo de baleia (CASTRO 2010, TEIXEIRA 2011) e, de acordo com BARRETO (1958), as obras só ficaram totalmente concluídas em 1710. O uso de óleo de baleia em argamassas nas construções brasileiras, apesar de estar no senso comum, é uma técnica em que não há comprovação de sua utilização conforme SANTIAGO (1992) e PARDAL (1999).

O primeiro registro de modificação no forte ocorreu em 1751, pelo Governador Luís Antônio de Sá e Queiroga, com a reedificação da torre de Bertioga. Em 1769 um maremoto provocou a destruição parcial do forte. A segunda interferência ocorreu em 1817, quando o engenheiro Rufino José Felizardo e Costa projetou uma grande obra nessa fortificação (MORI *et al.* 2003).

Em 1904, Euclides da Cunha relata que o Forte São João estava “acaçapado e em ruínas - cômodos estavam mal repartidos, sem soalhos e quase sem abrigo, sob um telhado levadio que desabou em parte” (CUNHA 1904, p. 677). Naquela época o forte era utilizado como um

dos postos da linha costeira do telégrafo nacional, sendo esta a principal razão por não ter sido deixado ao total abandono.

Figura 3 - Fortificações existentes no litoral do estado de São Paulo. A- Forte São João. B- Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande. C- Fortim da Praia do Góes. D- Fortaleza Vera Cruz de Itapema. E- Forte São Luiz. F- Fortaleza de Itaipu. G- Forte dos Andradas. Fotografias D e E: MORI *et al.* (2003), F: Lauro K. Dehira.

Em 1920 o forte foi restaurado como monumento histórico e, em 1940, foi tombado pelo Serviço do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional - SPHAN. Dois anos após o tombamento, o forte passou por mais uma obra de restauro, com projeto do arquiteto Luís Saia. Este restauro provocou a descaracterização do forte, pois elementos que nunca haviam existido neste local, de acordo com os documentos históricos, foram acrescentados nessa intervenção (MORI *et al.* 2003). Em 1998 e em 2007 as instalações do forte foram restauradas pelo Atelier Artístico Sarasá, retomando algumas características originais.

Atualmente o Forte São João é utilizado com fins turísticos e é administrado pela Secretaria de Turismo de Bertioga. Está aberto à visitação turística diariamente, e é uma das principais atrações turísticas de Bertioga, aparecendo inclusive ilustrado nas placas de rua (Figura 4).

Figura 4 - Exemplo de placas de rua do município de Bertioga, com o símbolo do Forte São João, mostrando a sua importância para o município.

2.2.1.2 Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande - Guarujá

A Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande está localizada entre a praia do Góes e a praia de Santa Cruz dos Navegantes, na ilha de Santo Amaro, município de Guarujá (Figura 3B). Sua construção iniciou-se durante o período da união das coroas espanhola e portuguesa,

em 1584, com o projeto do arquiteto militar Giovanni Batista Antonelli (AGEM 2005), o mesmo do Forte dos Reis Magos em Natal.

A construção da fortaleza tinha dois objetivos principais: proteger o estuário de Santos de invasores e marcar simbolicamente a presença espanhola no Atlântico Sul. No século XVIII visava cruzar fogo com o Forte da Estacada/Forte Augusto que ficava na margem oposta do estuário (MORI *et al.* 2003).

Obras de modificação da fortaleza ocorreram no século XVIII, como a transformação da antiga Casa de Pólvora em capela. Em 1905 a fortaleza foi desarmada e substituída pela Fortaleza de Itaipu (MORI *et al.* 2003).

A fortaleza foi tombada pelo IPHAN em 1964 como representante da arquitetura militar. Contudo, somente em 1993 tiveram início as obras de recuperação dos danos causados pelo tempo e pelo vandalismo.

Atualmente é utilizada para fins turísticos e educativos, sendo administrada pela Prefeitura Municipal de Guarujá. Está aberta à visitação turística de terça-feira a domingo.

2.2.1.3 Fortim da Praia do Góes - Guarujá

O Fortim da Praia do Góes está localizado na praia homônima, na ilha de Santo Amaro, no município de Guarujá (Figura 3C). Sua construção data de 1767 por Morgado de Matheus, e visava impedir desembarques de invasores na praia ao lado da Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande (MORI *et al.* 2003).

O Fortim foi tombado em 1964 junto com a Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande, porém a ocupação irregular nos entornos acentuou sua deterioração e hoje existem somente ruínas.

2.2.1.4 Fortaleza de Vera Cruz de Itapema – Guarujá

A Fortaleza de Vera Cruz de Itapema está localizada no distrito de Vicente de Carvalho, na ilha de Santo Amaro, no município de Guarujá (Figura 3D). Não há documentos que comprovem a data do início da sua construção, mas acredita-se que seja do final do século XVI (AGEM 2005). Assim como outras fortificações da Baixada Santista, foi construída numa cortina dupla de fortificações que pretendia cruzar fogos com o Forte de Santos/Forte de Monserrate.

A fortaleza foi reformada em 1860 e, em 1906, passou para a jurisdição da Alfândega de Santos. O edifício do quartel foi demolido e foi aí instalada uma torre com holofotes no seu lugar (MORI *et al.* 2003).

A fortaleza foi tombada pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (CONDEPHAAT) em 1982.

Atualmente é um posto de fiscalização da Alfândega de Santos. Apesar de integrar o Circuito dos Fortes, a Alfândega não permite sua visitação com fins turísticos.

2.2.1.5 Forte São Luiz - Guarujá

O Forte São Luiz está localizado na ponta da Baleia, na ilha de Santo Amaro, no município de Guarujá (Figura 3E). A construção do forte iniciou-se em 1770, próximo ao antigo Forte São Felipe, abandonado no século XVII (MORI *et al.* 2003). Sua construção tinha por objetivo cruzar fogos com o Forte São João através de uma cortina dupla de fortificações para proteger a entrada do Canal de Bertioga.

Em meados do século XVI o artilheiro alemão Hans Staden foi aprisionado pelos índios Tupinambás no local onde era o antigo Forte São Felipe (STADEN 1557).

O forte foi tombado pelo IPHAN em 1965 e atualmente restam apenas ruínas do forte.

2.2.1.6 Fortaleza de Itaipu – Praia Grande

A Fortaleza de Itaipu está localizada na ponta homônima, no município de Praia Grande (Figura 3F). Sua construção data de 1902, com a finalidade de defender o Porto de Santos em substituição à Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande (MORI *et al.* 2003). Foi construída numa cortina dupla de fortificação que tinha por objetivo cruzar fogos com o Forte dos Andradadas no município de Guarujá.

Nesta fortaleza existem três fortificações: Forte Duque de Caxias, Forte Jurubatuba e Forte General Rego Barros. Foram construídas próximas, com o objetivo de executar a defesa terrestre e proteger das possíveis invasões no local.

Atualmente, ainda é utilizada com fins de defesa pelo Exército Brasileiro e é aberta à visitação turística aos sábados, domingos e feriados somente no Forte Duque de Caxias, acompanhada por um guia do quartel.

2.2.1.7 Forte dos Andradas – Guarujá

O Forte dos Andradas, também conhecido como Forte do Monduba, está localizado no morro homônimo, na ilha de Santo Amaro, no município de Guarujá (Figura 3G). Foi projetado pelo Tenente Coronel de engenharia João Luiz Monteiro e é considerada a última e mais moderna fortificação brasileira (BARRETO 1958). Sua construção iniciou-se em 1938 e atualmente é utilizado como quartel administrativo pelo Exército Brasileiro.

O forte é constituído por um complexo sistema de túneis subterrâneos, encravado em rochas. Faz parte do sistema de fortificações que visava proteger o acesso ao porto de Santos e foi construído numa cortina dupla de fortificações que tinha por objetivo cruzar fogos com a Fortaleza de Itaipu no município de Praia Grande.

Embora seja integrante do Circuito dos Fortes, atualmente o Exército Brasileiro não permite a visitação com fins turísticos. O forte já esteve aberto à visitação turística entre os anos de 1994 e 2002.

2.2.2 Fortificações destruídas

Dentre as fortificações que já não existem mais no litoral paulista, a maioria delas foi construída com o objetivo de criar um sistema de defesa ao longo do Canal de São Sebastião.

Essas fortificações foram construídas com madeira e terra. Seus projetos foram desenhados com planta semicircular semelhante às fortificações ultrapassadas do Forte de Monserrate (destruído), Fortaleza de Vera Cruz de Itapema e Fortim da Praia do Góes (MORI *et al.* 2003).

Por conta da chegada da ferrovia em Santos e o desenvolvimento do porto de Santos, o porto de São Sebastião perdeu sua importância. Além disso, os engenhos de açúcar do litoral norte entraram em decadência fazendo com que as fortificações construídas nessa porção fossem abandonadas. Nada restou das fortificações construídas no século XIX no litoral de São Paulo (MORI *et al.* 2003).

Os dados referentes às fortificações destruídas do litoral de São Paulo são apresentados na Tabela 1 e suas localizações na Figura 2. Destas, restam poucos documentos históricos sobre suas construções, materiais utilizados e somente algumas ainda possuem alguns registros fotográficos.

Tabela 1 - Fortificações destruídas localizadas no litoral do estado de São Paulo. Fonte: SOUZA (1885), BARRETO (1958), CAMARGO (2002), MORI *et al.* (2003).

Nome da fortificação	Localização	Data de início da construção	Responsável pela construção	Construção em cortina dupla de fortificação	Outras informações
Forte de Santos, Forte da Villa ou Forte Monserrate	Próximo à cidade de Santos	1543 e reconstruído em 1770	Braz Cubas	Fortaleza de Vera Cruz de Itapema, no município de Guarujá	Em 1905 suas ruínas desapareceram por conta da ampliação do porto de Santos.
Forte da Estacada, Forte do Crasto ou Forte Augusto	Bairro da Ponta da Praia, no município de Santos	1734 e reformado em 1770	João de Castro Oliveira	Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande, no município de Guarujá	Em 1861 já estava desativado e foi demolido no início do século XX.
Forte da Ponta das Canas	Ponta das Canas, na Ilha de São Sebastião, no município de Ilhabela	1800	Governador militar Maximiliano Augusto Penido	--	Foi construído para proteger a fábrica de óleo de baleia, porém não foi concluído.
Forte do Araçá	Morro ao sul da Vila da Ponta do Araçá, no município de São Sebastião	1820	Governador militar Maximiliano Augusto Penido	Forte da Feiticeira, no município de Ilhabela	Nada resta desta fortificação.
Forte da Feiticeira	Praia da Feiticeira, na Ilha de São Sebastião, no município de Ilhabela.	1820	Governador militar Maximiliano Augusto Penido	Forte do Araçá, no município de São Sebastião	Não há nem os vestígios.
Forte do Rabo Azêdo	Norte da Ilha de São Sebastião, município de Ilhabela	1820	Governador militar Maximiliano Augusto Penido	Forte de Sepetuba e Forte de Santa Cruz, no município de São Sebastião	Nada resta desta fortificação.
Forte de Santa Cruz	Ao sul do Forte de Sepetuba, no município de São Sebastião	1820	Governador militar Maximiliano Augusto Penido	Forte do Rabo Azêdo, no município de Ilhabela	Nada resta desta fortificação.
Forte de Sepetuba ou Forte de Sapituba	Ao norte do canal, no município de São Sebastião	1820	Governador militar Maximiliano Augusto Penido	Forte do Rabo Azêdo, no município de Ilhabela	Não há nem os vestígios.
Forte da Vila Bela	Numa ilha situada entre o continente e a Ilha de São Sebastião	1820	Governador militar Maximiliano Augusto Penido	Forte da Vila de São Sebastião, no município homônimo	Abandonado, atualmente nada resta.

Continua

Continuação...

Nome da fortificação	Localização	Data de início da construção	Responsável pela construção	Construção em cortina dupla de fortificação	Outras informações
Forte da Vila de São Sebastião	Na vila, no município de São Sebastião	1820	Governador militar Maximiliano Augusto Penido	Forte da Vila Bela, no município de Ilhabela	Não há nem os vestígios.
Forte de Cananeia ou Forte da Trincheira	Ponta da Trincheira, na margem esquerda da Barra de Cananeia no município de Ilha Comprida	1824 e reedificado em 1839	Tenente Antonio Mariano dos Santos	--	Destruído pela erosão marinha.

3. Contexto geológico

A área de estudo localiza-se no litoral central do estado de São Paulo na Região Metropolitana da Baixada Santista. As sete fortificações identificadas nesse trabalho localizam-se nos municípios de Bertioga, Guarujá e Praia Grande.

Esta região está inserida na Faixa Ribeira, que é um dos orógenos da Província Mantiqueira (ALMEIDA *et al.* 1977, 1981) de idade neoproterozoica e formada durante o Ciclo Brasileiro Pan-Africano.

O Orógeno Ribeira (HEILBRON *et al.* 2004) é uma faixa alongada por mais de 1.000 km ao longo da costa brasileira, sendo sua origem relacionada ao fechamento do Oceano Adamastor e a colisão entre os crátons São Francisco-Congo Ocidental durante o ciclo tectônico Brasileiro-Pan Africano. Esses processos colisionais geraram um *trend* estrutural NE-SW que são responsáveis por parte do controle estrutural da região.

Conforme PERROTTA *et al.* (2005), a área é composta pelas unidades tectono-estratigráficas do Terreno Serra do Mar e pelas Coberturas Sedimentares Cenozoicas (Figura 5). O embasamento da região é formado pelas unidades litoestratigráficas do Complexo Costeiro (Unidade de Gnaisses Bandados, Unidade de Gnaisses Peraluminosos, Unidade Ortognáissica e a Unidade Granito-gnáissica-migmatítica), do magmatismo pós-colisional tardio (AZEVEDO SOBRINHO *et al.* 2011) - (Granito Pai Matias, Granito Taiaçupeba, Granito Guarujá-Santos, e Granito Morrão) e pelos sedimentos cenozoicos (Formação Cananeia, Coberturas Detríticas Indiferenciadas, Coberturas Litorâneas Indiferenciadas e pelos Depósitos

Aluvionares), além da Zona de Cisalhamento do Bairro Alto, estrutura regional com orientação NE-SW (MAFFRA 2000).

Figura 5 - Contexto geológico e localização das fortificações estudadas neste trabalho com base em PERROTTA *et al.* (2005). 1- Forte São João. 3- Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande. 4- Fortaleza de Vera Cruz de Itapema. 6- Fortim da Praia do Góes. 7- Forte São Luiz. 17- Fortaleza de Itaipu. 18- Forte dos Andradás.

As fortificações estudadas localizam-se sobre as unidades litoestratigráficas inseridas no Complexo Costeiro (Unidade de Gnaisses Bandados e Unidade de Gnaisses Peraluminosos), o magmatismo pós-colisional tardio (AZEVEDO SOBRINHO *et al.* 2011) é representado pelo Granito Guarujá-Santos e as coberturas sedimentares cenozoicas são representadas pelos Depósitos Litorâneos Indiferenciados.

Não há para esta região mapeamento de detalhe e merece destaque o fato de que a geologia observada nos trabalhos de campo de algumas fortificações diferirem da apresentada no mapa de PERROTTA *et al.* (2005), provavelmente por se tratar de um mapa na escala de 1:750.000.

4. As pedras utilizadas nas fortificações do litoral de São Paulo

As fortificações foram construídas com as pedras da região, em face da similaridade e identificação com as ocorrências das pedras que lá afloram. Dada a ocorrência destas pedras na região, não se necessitou ir procurá-las em regiões distantes, o que poderia ser mais dificultado na época das construções das fortificações. Adicionalmente, os europeus conheciam e dominavam a arte da cantaria. Esta técnica foi introduzida no Brasil com a chegada de Tomé de Souza, que trouxe o mestre Luís Dias, construtor de vários fortes (MANSUR *et al.* 2008).

4.1 Fortificações sobre a Unidade dos Depósitos Litorâneos Indiferenciados

As coberturas sedimentares cenozoicas são representadas pelos Depósitos Litorâneos Indiferenciados, compostos por sedimentos de areia, silte e argila. São depósitos de idade holocênica, relacionados à Transgressão Santos e constituídos por sequências arenosas e argilo-arenosas de origem marinha e flúvio-lagunar (SUGUIO & MARTIN 1978). As fortificações foram edificadas em locais onde ocorrem esses depósitos, e utilizadas as pedras dos morros do entorno, de rochas do Pré-Cambriano.

4.1.1 Forte São João

O forte foi edificado essencialmente com blocos de pedra e argamassa. Todavia, parte dessa construção foi coberta com cimento armado e as paredes foram caiadas em uma das obras de restauro.

Atualmente, pouco resta da construção feita essencialmente de pedra. A escada que dá acesso à plataforma das armas foi construída com gnaiss milonítico porfiroblástico de coloração cinza (Figura 6A), a pia com gnaiss granítico milonítico de granulação fina e coloração cinza (Figura 6B), a parede original do século XVI com gnaiss milonítico porfiroblástico de coloração cinza (Figura 6C) e argamassa com conchas (Figura 6D) e o muro externo com um gnaiss granítico milonítico com granulação fina e coloração cinza (Figura 6E), encontra-se coberto por colonização biológica (Figura 6F).

Figura 6 - Forte São João. A – Detalhe do degrau da escada feito em gnaiss milonítico porfiroblástico. B – Pia feita em gnaiss granítico milonítico. C- Parede do século XVI feita com gnaiss milonítico porfiroblástico. D – Detalhe da presença de conchas na argamassa. E - Muro externo construído com o gnaiss granítico milonítico. F- Detalhe do muro coberto com colonização biológica.

Apesar do Forte São João encontrar-se sobre a Unidade dos Depósitos Litorâneos Indiferenciados, acredita-se que os dois litotipos utilizados na construção tenham provável proveniência de pedreiras localizadas na região, onde aflora a Unidade Ortognáissica (PERROTTA *et al.* 2005), não sendo possível afirmar com exatidão a localização da pedreira de onde os blocos foram retirados, devido à falta de documentação sobre a proveniência dos blocos utilizados em sua construção.

4.1.2 Fortaleza de Vera Cruz de Itapema

A fortaleza foi construída sobre uma ocorrência de gnaiss milonítico com coloração acinzentada com feldspatos potássicos deformados (Figura 7A).

Atualmente, pouco resta da construção feita essencialmente de pedra, com exceção da escada que dá acesso à parte superior da fortaleza (Figura 7B). A base da escada é feita de blocos de gnaiss milonítico (Figura 7C) e os degraus com biotita granito com granulação fina e coloração acinzentada, composto essencialmente por quartzo, biotita e feldspato (Figura 7D).

Figura 7 - Fortaleza Vera Cruz de Itapema. A- Vista da Fortaleza construída sobre o afloramento. B- Vista da escada de acesso à Fortaleza de Itapema, blocos de gnaiss milonítico e degraus de granito fino de coloração cinza. C- Detalhe do gnaiss milonítico do afloramento e também utilizado na base da escada. D- Detalhe dos degraus

da escada com granito fino de coloração cinza com concentrações de biotita. E- Blocos com a presença de colonização biológica devido à falta de iluminação solar. Fotografias B e E: Lauro K. Dehira.

Os blocos que sustentam a fortaleza e a escada estão cobertos por colonização biológica, que se concentram onde não há incidência direta do sol devido à presença de árvores próximas à fortaleza (Figura 7E).

A Fortaleza de Vera Cruz de Itapema encontra-se sobre a Unidade dos Depósitos Litorâneos Indiferenciados. Porém, os blocos de gnaiss milonítico utilizados na sua construção têm proveniência do próprio afloramento da base desta construção, existe a possibilidade de os blocos de granito terem sido incorporados a edificação na época de construção da torre, podendo inclusive ser de outra região.

4.2 Fortificações sobre o Granito Guarujá-Santos

O magmatismo pós-colisional tardio (AZEVEDO SOBRINHO *et al.* 2011) está representado pelo Granito Guarujá-Santos. Este granito ocorre como pequenos corpos que afloram na região de Bertioga, Guarujá e Santos em meio aos sedimentos cenozoicos. Constitui-se de uma rocha homogênea de biotita granito foliado porfirítico, com matriz de granulação média a grossa de cor cinza, com enclaves quartzo-dioríticos frequentes (SILVA *et al.* 1977). Idades U-Pb obtidas no SHRIMP em zircões indicam idade de cristalização de 497 ± 7 Ma (JANASI *et al.* 2015).

4.2.1 Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande

A Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande foi edificada sobre um maciço de biotita granito porfirítico de coloração acinzentada com fenocristais de feldspato potássico rosado dispersos numa matriz de granulação média composta por quartzo, biotita e feldspato (Figuras 8A e 8B), e presença de enclaves de minerais máficos. Foi construída com blocos de pedra e argamassa, que atualmente encontra-se caiada, não sendo possível identificar o tipo de pedra utilizada, podendo ser, provavelmente, da mesma rocha do maciço da fundação da fortaleza.

Figura 8 - Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande. A- Vista da Fortaleza construída sobre o afloramento. B- Detalhe do afloramento de biotita granito porfíritico de coloração cinza. C- Detalhe da parede da guarita com gnaiss granítico milonítico cinza, com granulação fina e orientado. D- Detalhe da parede feita com blocos de pedras unidos com argamassa com conchas. E- Ruínas da Casa de Pólvora coberta pela colonização biológica.

As guaritas voltadas para o estuário de Santos foram construídas com gnaiss granítico milonítico cinza com granulação fina e orientado (Figura 8C).

No interior da fortaleza as paredes não foram cobertas pela cal, sendo possível observar-se os blocos de biotita granito de coloração cinza e porfiroclastos de feldspato potássico unidos com argamassa com conchas (Figura 8D). Atrás da fortaleza há as ruínas da antiga Casa de Pólvora, que atualmente estão cobertas pela colonização biológica (Figura 8E).

Os blocos do biotita granito porfíritico utilizados na fortificação tem proveniência do próprio afloramento da base desta construção; já os blocos de gnaiss granítico milonítico

possuem provável proveniência da Unidade Ortognáissica, afetada pela Zona de Cisalhamento Camburu.

4.2.2 Fortim da Praia do Góes

O fortim foi construído com blocos de biotita granito porfíritico de coloração cinza com fenocristais de feldspato potássico rosado dispersos numa matriz de granulação média composta por quartzo, biotita e feldspato (Figura 9A) e unidos com argamassa contendo conchas (Figura 9B).

Atualmente, encontra-se em ruínas, mas mostra-se que foi bastante modificado pelo acréscimo de materiais novos, como restos de cimento e de tijolos de antigas construções realizadas ao lado do muro externo (Figura 9C).

Figura 9 - Fortim da Praia do Góes. A- Detalhe do bloco de biotita granito porfíritico de coloração cinza utilizado no muro da fortificação. B- Detalhe da argamassa com conchas. C- Materiais de construção contemporâneos acrescentados ao muro da fortificação. D - Vista das ruínas do fortim com construções irregulares sobre seus alicerces.

Além disso, devido à ocupação irregular, foram construídas casas sobre a antiga plataforma de armas do fortim e ao lado do muro, descaracterizando e deteriorando as ruínas dessa fortificação (Figura 9D).

Os blocos utilizados na sua construção têm provável proveniência do afloramento onde está edificada a Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande, ou de pedreiras próximas, sugerindo que as pedras utilizadas em ambas fortificações tenham a mesma origem devido as suas semelhanças.

4.2.3 Forte dos Andradas

O Forte dos Andradas foi edificado em grande parte em concreto, sendo que somente os túneis que dão acesso ao forte são feitos com blocos de granito com granulação fina, de coloração cinza e composto por quartzo, biotita e feldspato potássico (Figuras 10A e 10B).

Figura 10 - Forte dos Andradas. A- Entrada do túnel, por ser um local menos úmido não há colonização biológica. B- Detalhe do bloco utilizado no túnel feito em granito cinza com granulação fina. C- Muro coberto pela colonização biológica, devido à falta de iluminação solar. D- Colonização biológica presente somente na argamassa.

Os blocos de rochas localizados na estrada que dá acesso ao forte estão cobertos por colonização biológica, que ocorrem devido à falta de incidência direta do sol por conta da presença da Mata Atlântica (Figura 10C). Nos locais onde ocorre iluminação solar direta, a colonização biológica concentra-se principalmente na argamassa que assenta os blocos (Figura 10D).

Os blocos utilizados na sua construção têm proveniência do próprio morro onde está edificado o forte, onde aflora o Granito Guarujá-Santos.

4.3 Fortificação sobre a Unidade dos Gnaisses Peraluminosos

A Unidade dos Gnaisses Peraluminosos foi descrita no município de São Sebastião. Nesta região, as rochas são classificadas como paragneisses heterogêneos, com predomínio de gnaisses kinzigíticos, rochas calcissilicáticas e anfibolitos. A rocha gnáissica é constituída por plagioclásio, quartzo e biotita. Determinações de U-Pb obtidas no SHRIMP, realizadas nos gnaisses kinzigíticos, indicam idade de 571 ± 10 Ma para este metamorfismo (DIAS NETO 2001).

4.3.1 Forte São Luiz

O forte foi construído com blocos de gnaisse milonítico porfiroblástico com porfiroblastos de feldspato potássico bege (Figura 11A), localmente com veios de quartzo, com presença de colonização biológica (Figura 11B).

Atualmente, não é mais possível observar a argamassa utilizada para unir os blocos (Figura 11C). O forte encontra-se em ruínas e está coberto por vegetação, dificultando a observação da área total que ocupava (Figura 11D).

Os afloramentos próximos a este forte foram descritos como um milonito-gnaisse porfiroblástico fortemente tectonizado e orientado, originado a partir de granitos porfiroblásticos (SILVA *et al.* 1977). Por conta da descrição desses afloramentos nas proximidades do forte, infere-se que os blocos utilizados na sua construção têm proveniência de afloramentos próximos ou de áreas da Serra do Mar onde afloram as rochas da Unidade Ortognáissica.

Figura 11 - Forte São Luiz. A- Detalhe do gnaiss milonítico porfiroblástico. B- Detalhe do bloco com veio de quartzo utilizado na construção. C- Ruínas do forte coberta por colonização biológica. D- Interior do forte coberto pela vegetação.

4.4 Fortificação sobre a Unidade dos Gnaisses Bandados

A Unidade de Gnaisses Bandados foi descrita no município de Mongaguá, tendo sido classificada como gnaiss migmatítico de composição monzogranítica e textura gnáissica caracterizada por bandas irregulares félsicas, quartzo-feldspáticas, intercaladas com bandas máficas. A rocha gnáissica é constituída por quartzo, microclínio, oligoclásio, hornblenda e biotita. Datações U-Pb em zircões indicam idade de 612 Ma (PASSARELLI 2001).

4.4.1 Fortaleza de Itaipu

Na fortaleza há três baterias de fortificações, mas somente é autorizada a visita ao Forte Duque de Caxias.

Por ser uma construção do século XX, é basicamente feita em concreto, havendo somente utilização de pedra na escada que dá acesso ao forte (Figura 12A), constituída por granito com granulação fina e coloração acinzentada (Figura 12B).

Apesar da Fortaleza de Itaipu encontrar-se sobre a Unidade dos Gnaisses Bandados, não foram observados litotipos desta unidade em sua construção. Como não há documentação sobre a proveniência dos blocos utilizados em sua construção, infere-se que os blocos utilizados tenham proveniência de outras localidades, devido à facilidade de transporte de materiais para obras no século XX e por não ser uma rocha semelhante as aflorantes na região. Gnaisses bandados foram observados localmente em estrada que dá acesso à praia.

Figura 12 - Fortaleza de Itaipu. A- Vista da escada de acesso à fortaleza construída com granito cinza. B- Detalhe do degrau da escada feito em granito com granulação fina de coloração acinzentada. Fotografia A: Lauro K. Dehira.

5. Análise da conservação das fortificações

Este trabalho apresentou a história das fortificações do litoral paulista e os tipos de pedras utilizadas na construção de cada uma das fortificações remanescentes e a sua provável origem.

Neste item, são feitas considerações críticas sobre o estado de conservação de cada uma dessas fortificações estudadas, no que se refere ao seu uso atual, sua parcela de originalidade, seu estado de conservação e restauro e a forma como é feita sua divulgação perante o público que o visita, ou seja, o turista.

O Forte São João é um dos melhores exemplos de uso turístico do patrimônio histórico militar na Baixada Santista, contudo algumas considerações devem ser levantadas. A construção do forte é do século XVI, porém quase nada deste período resta na construção. Atualmente há apenas uma parede remanescente deste período; porém, esse tipo de informação não é repassado para o visitante que vai ao local, fazendo com que muitas vezes ele tenha uma visão errônea da história deste forte. É preciso deixar claro o que é intervenção, como se encontrava o objeto antes deste processo, e quais as modificações foram efetuadas.

A Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande juntamente com o Forte São João são os melhores exemplos de divulgação do patrimônio histórico militar da Baixada Santista, ambos possuem visitação turística regular e exposição permanente. Porém, assim como no Forte São João, nesta fortaleza há alterações que ocorreram em antigas restaurações que não deixam claro o que é representativo do século XVI e das demais restaurações ocorridas, o que muitas vezes gera a ideia de um falso histórico no local.

Atualmente não há nenhuma preocupação com o Fortim da Praia do Góes. Além de não haver nenhum uso turístico e/ou educativo, observa-se que o fortim não está na lista das prioridades das autoridades do município, haja vista as ocupações irregulares sobre as ruínas dos alicerces da antiga construção.

Já na Fortaleza de Vera Cruz de Itapema não é permitida a visitação turística as suas instalações. Em visita de campo à fortaleza, observou-se que foi construída uma torre de holofotes sobre a antiga base da fortaleza. Porém não há nenhuma informação no local sobre esta alteração, fazendo com que se crie um imaginário de modelo de arquitetura militar, com torres, o que de forma alguma não ocorreu nas fortificações do litoral paulista.

O Forte São Luiz, assim como o Fortim da Praia do Góes está à mercê do total descaso pelas autoridades responsáveis. Mesmo sendo tombado pelo IPHAN, o forte está abandonado, em ruínas e com a vegetação tomando conta do local, prejudicando sua estrutura. Apesar de fazer parte do Circuito dos Fortes não possui infraestrutura mínima para receber turistas.

A Fortaleza de Itaipu, construída já no século XX, possui poucos materiais feitos de pedra, sendo o material mais utilizado o concreto. Contudo, a fortaleza possui boas condições estruturais e de divulgação ao público. A visitação é realizada somente aos finais de semana e feriados, pois a fortaleza ainda é ativa, e as suas estruturas são utilizadas pelo Exército Brasileiro para fins de defesa do território.

O Forte dos Andradas possui instalações boas e conservadas, assim como a Fortaleza de Itaipu. Atualmente não recebe visitação turística, pois é utilizado com quartel administrativo pelo Exército Brasileiro, podendo ser considerada uma grande lacuna para a divulgação do patrimônio histórico militar.

As fortificações estudadas possuem diferentes tipos de construções arquitetônicas e de uso de materiais, devido aos distintos momentos históricos da construção de cada fortificação, bem como dos materiais disponíveis.

Observa-se que a preocupação com o resgate da memória de cada fortificação ocorre de maneira diferenciada, uma vez que algumas estão abandonadas, como o Forte São Luiz e o

Fortim da Praia do Góes, enquanto outras são utilizadas como *marketing* para campanhas turísticas, como a Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande e o Forte São João. Isso acontece porque a população do entorno dessas fortificações não possui identidade com o patrimônio cultural e muitas vezes desconhece a importância desses monumentos no contexto histórico.

Desta forma, além de divulgar a importância dessas fortificações para o público geral, é necessário também divulgar para a população do entorno, pois só é possível conservar e desfrutar de maneira sustentável aquilo que realmente se conhece e se apropria.

A tentativa de divulgar as fortificações do litoral paulista ocorreu com a elaboração do projeto Circuito dos Fortes em 2004 (AGEM 2005), porém apesar de ter sido criado, não foi implantada a infraestrutura adequada para a divulgação e sua concretização.

Um exemplo bem-sucedido de preservação, divulgação e valorização do patrimônio cultural é o Projeto Fortalezas da Ilha de Santa Catarina. Seu objetivo inicial era restaurar e revitalizar as fortificações portuguesas que foram construídas no século XVIII. Os projetos de restauração foram elaborados pelo IPHAN e pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC e envolveram as Fortalezas de Santa Cruz de Anhatomirim, Santo Antônio de Ratones, São José da Ponta Grossa e Nossa Senhora da Conceição de Araçatuba. Para divulgar o projeto, vídeos, maquetes, exposições e diversos materiais de divulgação foram produzidos a fim de atrair visitantes locais e turistas. Este projeto foi tão bem-sucedido que, atualmente as Fortalezas de Santa Cruz de Anhatomirim, São José da Ponta Grossa e de Santo Antônio de Ratones, que foram restauradas, recebem visitas diariamente, sendo o acesso a elas realizado com utilização de escunas, o que contribui inclusive na geração de renda para a comunidade da Ilha de Santa Catarina (PROJETO FORTALEZAS 2016).

6. Conclusões

Dos tipos de pedra utilizados nas construções das fortificações do litoral paulista, predominam o uso de granitos e de gnaisses, rochas do Terreno Serra do Mar que afloram na região. Dentre as fortificações estudadas três encontram-se sobre o Granito Guarujá-Santos, duas sobre os Depósitos Litorâneos Indiferenciados, uma sobre a Unidade de Gnaisses Bandados e uma sobre a Unidade de Gnaisses Peraluminosos, de acordo com as unidades mapeadas por PERROTTA *et al.* (2005).

A associação entre as pedras utilizadas nas fortificações e as rochas que afloram na região foi realizada com base nos trabalhos de campo e na análise do mapa geológico

(PERROTTA *et al.* 2005). Por conta da falta de documentação histórica acerca da proveniência das rochas (uma vez que os fortes possuem início de construção entre os séculos XVI e XX), a provável proveniência das pedras foi inferida com base na proximidade com as unidades geológicas que afloram na região e que possuem características semelhantes.

Apesar de não terem sido definidas as pedreiras das quais as rochas foram retiradas, as correlações mostraram-se eficientes, uma vez que as pedras utilizadas corroboram com as rochas aflorantes nas proximidades das fortificações. As exceções são a Fortaleza de Itaipu e os degraus da Fortaleza de Vera Cruz de Itapema. No primeiro caso por se tratar de construção do século XX, época em que já havia tecnologia e sistema de transporte eficientes para adquirir materiais de locais um pouco mais distantes e na Fortaleza de Vera Cruz de Itapema por ser materiais introduzidos em uma das obras de restauro.

As pesquisas ora realizadas mostram que, com base no estado de conservação, as fortificações que precisam de mais atenção são o Forte São Luiz e o Fortim da Praia do Góes, ambas no município de Guarujá. Apesar de serem tombadas pelo IPHAN, ambas encontram-se em ruínas e são candidatas ao desaparecimento. Trata-se de uma situação preocupante, pois entende-se que a perda de qualquer porção do patrimônio histórico é também uma perda de parte da identidade da nossa cultura. Com o passar do tempo, corre-se o risco da história se apagar.

Um fato que merece destaque é que, no município de Guarujá, encontra-se a maior parte das fortificações existentes do litoral paulista. Entretanto, a maneira como o governo municipal trata estas fortificações é desigual. Por exemplo, a Fortaleza de Santo Amaro da Barra Grande é utilizada como objeto de *marketing* para o turismo na região. Em contrapartida, o Fortim da Praia do Góes, localizado a menos de um quilômetro, encontra-se em ruínas e deteriorado por conta da ocupação irregular.

CHAGAS & CHAGAS (2004) relacionam o tipo de material utilizado com a história do patrimônio histórico, relatando que as pedras são como baús que guardam memórias. Estas memórias guardam não apenas pinturas, esculturas e templos, mas guardam também as faíscas do imaginário e da memória social.

Com o presente trabalho, espera-se que os órgãos responsáveis pela administração das fortificações tenham uma nova postura em relação a conservação e a divulgação. Almeja-se que as ações de conservação e divulgação modifiquem a atual situação das fortificações que estão relegadas ao esquecimento. Os resultados aqui apresentados podem ser utilizados como subsídio para elaboração de roteiros geoturísticos ou outras medidas que visem a conservação

e a divulgação das fortificações. Essas ações devem se propor a valorizar os aspectos geológicos e históricos de modo a salvaguardar os registros destas fortificações, que outrora foram de extrema importância para a consolidação e proteção do território paulista.

7. Agradecimentos

Os resultados deste trabalho são parte da Dissertação de Mestrado da primeira autora. As autoras agradecem o apoio da Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo, por meio do Programa de Incentivo à Pesquisa, que permitiu a criação do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado (processo 134376/2014-5) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP) por meio do Processo 2011/17261-6.

8. Referências Bibliográficas

1. AGEM - Agência Metropolitana da Baixada Santista. 2005. Guia Circuito dos fortes: da costa da mata atlântica. Disponível em <http://www.agem.sp.gov.br/midia/guia-circuito-dos-fortes.pdf>. Acessado em 20 out 2014.
2. ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. 1977. Províncias estruturais brasileiras. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8, Campina Grande, *Boletim Especial*, 1:12-13.
3. ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. 1981. Brazilian structural provinces: an introduction. *Earth-Science Reviews*, 17(1/2): 1-29.
4. ALMEIDA, S.; ALMEIDA, C.M. 2012. Fortaleza de Santa Cruz: Patrimônio histórico e geológico de Niterói, RJ. *Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ*, 35(1): 222-235.
5. AZEVEDO SOBRINHO, J.M.; JANASI, V.A.; SIMONETTI, A.; HEAMAN, L.R.; SANTORO, J.; DINIZ, H.N. 2011. The Ilha Anchieta Quartz Monzonite: the southernmost expression of ca.500 Ma post-collisional magmatism in the Ribeira Belt. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 83(3): 891-906.
6. BARRETO, A. 1958. Fortificações do Brasil: resumo histórico. Editora biblioteca do exército, Rio de Janeiro, 337 p.

7. CAMARGO, P.F.B. 2002. Arqueologia das fortificações oitocentistas da planície costeira Cananeia/Iguape, SP. Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, Dissertação de Mestrado, 190 p.
8. CASTRO, A.H.F. 2009. Muralhas de pedra, canhões de bronze, homens de ferro: fortificações no Brasil de 1504 a 2006. Fundação Cultural do Exército Brasileiro, Rio de Janeiro, 478 p.
9. CASTRO, C.E. 2010. História de Bertiooga. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE CIDADES FORTIFICADAS E PRIMEIRO ENCONTRO TÉCNICO DE GESTORES DE FORTIFICAÇÕES, 6. Florianópolis, *Anais*, 1:1-9.
10. CHAGAS, M.; CHAGAS, V. 2004. Memória Rupestre ou do Caminho no Meio da Pedra. *Revista Museu*. 2004. Disponível em http://www.revistamuseu.com.br/artigos/art_.asp?id=5295. Acessado em 01 jul 2015.
11. CUNHA, E. 1904. Os reparos nos fortes de Bertiooga. In: C. Afrânio. Obra completa organizada sob a direção de Afrânio Coutinho. José Aguilar, Rio de Janeiro, p. 677 – 680.
12. DIAS NETO, C.M. 2001. Evolução tecno-termal do Complexo Costeiro (Faixa de dobramentos Ribeira) em São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 160 p.
13. HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A.C.; CAMPOS NETO, M.C.; SILVA, L.C.; TROUW, R.A.J.; JANASI, V.A. 2004. Província Mantiqueira. In: V. Mantesso-Neto; A. Bartorelli; C.D.R. Carneiro; B.B. Brito-Neves (Org.) – Geologia do Continente Sul-Americano – Evolução da Obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, Ed Beca, p. 203-234.
14. JANASI, V.A.; VASCONCELLOS, A.C.B.C.; SIGA JÚNIOR, O.; SATO, K.; MACHADO, F.B.; MARTINS, L.; GARCIA, M.G.M. 2015. In situ U-Pb dating and Hf isotope geochemistry of zircons from granites of the Costeiro Domain, SE Brazil: timing and source contrasts with neighboring terranes of the Ribeira Belt. In: HUTTON SYMPOSIUM ON GRANITES AND RELATED ROCKS, 8, Florianópolis, *Anais*, 1: 69.
15. KLINTOWITZ, J.B. 1983. Fortalezas históricas do Brasil. Rhodia, São Paulo, 160 p.
16. LICCARDO, A. 2010. La pietra e l'uomo: cantaria e entalhe em Curitiba. Editora Beca, São Paulo, 156 p.

17. MAFFRA, C.Q.T. 2000. Geologia estrutural do embasamento cristalino da região de São Sebastião, SP: evidências de um domínio transpressivo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Dissertação de Mestrado, 113p.
18. MANSUR, K.L.; CARVALHO, I.S.; DELPHIM, C.F.M.; BARROSO, E.V. 2008. O Gnaiss Facoidal: a mais carioca das rochas. *Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ*, 31(2): 9-22.
19. MORI, V.H.; LEMOS, C.A.C.; CASTRO, A.H.F. 2003. Arquitetura militar: um panorama histórico a partir do porto de Santos. Imprensa Oficial do Estado: Fundação Cultural do Exército Brasileiro, São Paulo, 231 p.
20. NAKAMUTA, A.S. 2009. Forte São João e o Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, Dissertação de Mestrado, 152 p.
21. OLIVEIRA, M.M. 2004. As fortificações portuguesas de Salvador quando Cabeça do Brasil. Fundação Gregório de Mattos, Salvador, 258 p.
22. PARDAL, P. 1999. Desfazendo lendas: uma troca de plantas arquiteturais, telhas e coxas de escravas, óleo de baleia nas argamassas. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, 160(402): 7-29.
23. PASSARELI, C.R. 2001. Caracterização estrutural e geocronológica dos domínios tectônicos da porção sul-oriental do estado de São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 254 p.
24. PERROTTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINHO, L.Z.; PERRUFFO, 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, escala 1: 750.000. Programa Geologia do Brasil, CPRM, São Paulo.
25. PROJETO FORTALEZAS - Projeto Fortalezas da Ilha de Santa Catarina. 2016. Disponível em <http://www.fortalezas.ufsc.br/oprojeto/>. Acessado em 15 mar 2016.
26. SANTIAGO, C.C. 1992. Aditivos orgânicos em argamassas antigas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Dissertação de Mestrado, 128 p.
27. SECOMANDI, E.R. 2010. Defesa do Porto de Santos: Fortins, Fortes, Fortalezas... preservar é preciso. In: SEMINÁRIO REGIONAL DE CIDADES FORTIFICADAS E PRIMEIRO ENCONTRO TÉCNICO DE GESTORES DE FORTIFICAÇÕES, 6, Florianópolis, *Anais*, 1: 1-19.

28. SILVA, A.T.S.F.; CHIODI FILHO, C.; CHIODI, D.K.; PINHO FILHO, W.D. 1977. Projeto Santos-Iquape. Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais, São Paulo, 2v. (Relatório final - ficha de descrição de afloramentos).
29. SOUZA, A.F. 1885. Fortificações no Brasil. *Revista do Instituto Histórico e Geographico e etnográfico do Brasil*. 48(2): 5-140.
30. STADEN, H. 1557 (1974). Duas viagens ao Brasil. Ed. Itatiaia e EDUSP, São Paulo, 216 p.
31. SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1978. Quaternary marine formations of the state of São Paulo and southern Rio de Janeiro. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY. São Paulo. *Publicação Especial*, v. 1: 1-55.
32. TEIXEIRA, P.R.R. 2011. Forte de São João da Bertioga. *Revista da Cultura*, 18: 56-67.