UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PATRIMÔNIO GEOLÓGICO E GEOCONSERVAÇÃO: SUBSÍDIOS À GESTÃO DO MEIO NATURAL NO LITORAL PAULISTA

Maria da Glória Motta Garcia

Tese apresentada ao Concurso de Livre-Docência junto ao Departamento de Mineralogia e Geotectônica do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, na Área de Conhecimento de Geoconservação.

São Paulo
2018

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
Bibliotecário responsável: Sonia Regina Yole Guerra – CRB-8/4208

Garcia, Maria da Glória Motta
Patrimônio geológico e geoconservação: subsídios à gestão do meio natural no litoral paulista. – São Paulo, 2018.
179 p.: il.

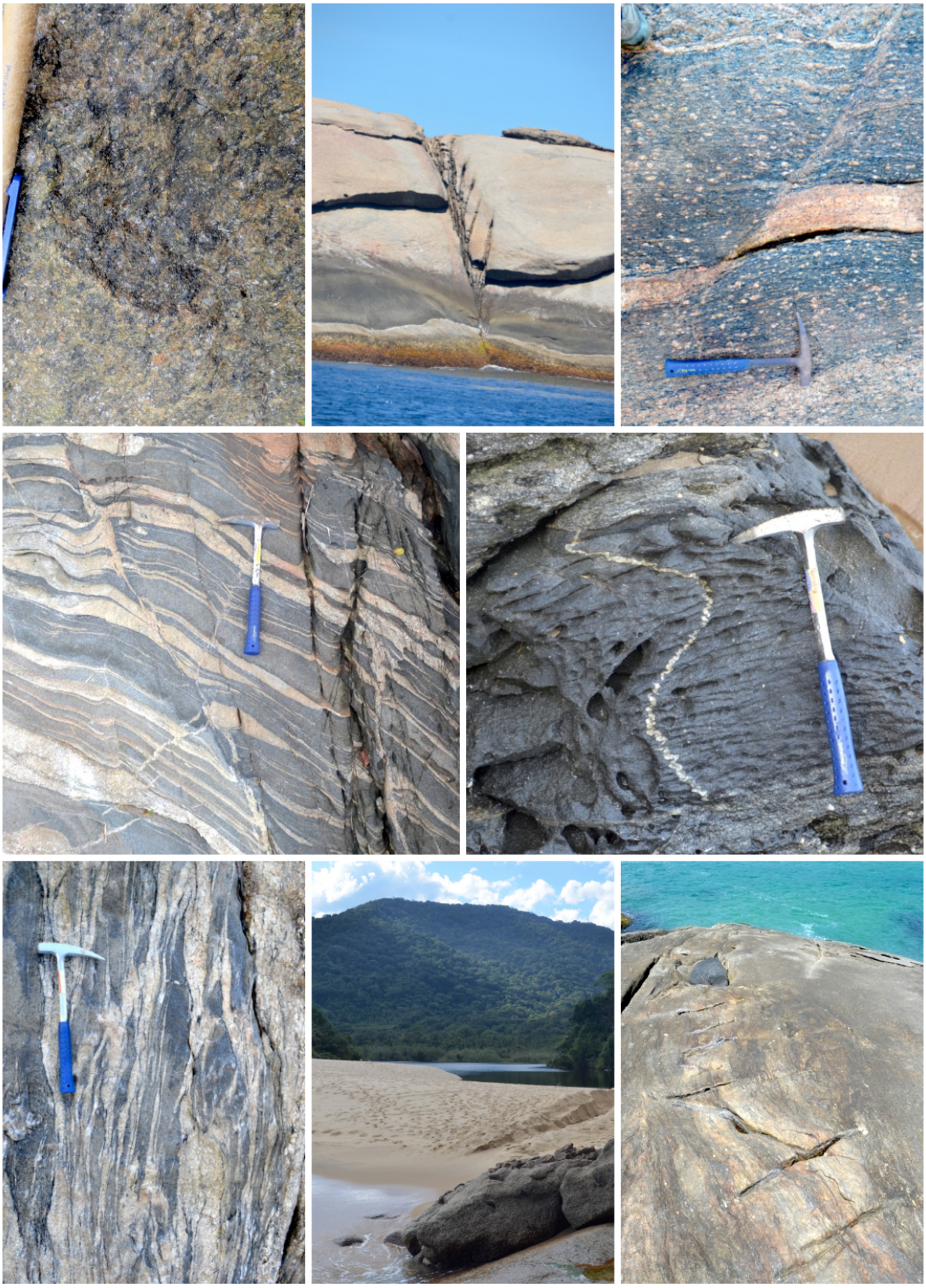
Tese (Livre docência) :IGc/USP

1. Inventário 2. Patrimônio geológico 3. Geossítio 4. Sítio da geodiversidade 5. Serviços ecossistêmicos. I. Título

“Os humanos derrubaram florestas, drenaram pântanos, represaram rios, inundaram planícies, construíram dezenas de milhares de quilômetros de ferrovias e edificaram metrópoles repletas de arranha-céus. Enquanto o mundo era moldado para atender às necessidades do Homo sapiens, habitats foram destruídos e espécies foram extintas. Nosso planeta, um dia verde e azul, está se tornando um shopping center de plástico e concreto.”

“Os bandos errantes de sapiens contadores de histórias foram a força mais importante e mais destrutiva que o reino animal já produziu.”

Yuval Noah Harari
Sapiens - Uma Breve História da Humanidade
2015



Geossítios: registros da história geológica do litoral norte do estado de São Paulo

AGRADECIMENTOS

Muito tempo; muitas pessoas e instituições a agradecer.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo, pelo apoio em tantos projetos, mas em especial aqueles ligados à Geoconservação: processos 2011/17261-6, 2016/19992-1, 2016/18652-2, 2017/50177-5;

À Pró-Reitoria de Pesquisa da Universidade de São Paulo, por meio do 1º Edital de Incentivo à Pesquisa, que permitiu a criação do Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas), em 2011;

Ao Programa Ciência sem Fronteiras (MEC/CAPES/CNPq - Proc. 075/2012), infelizmente extinto, cujo apoio permitiu a realização do inventário do estado de São Paulo;

Aos colegas, alunos e funcionários do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Ceará (DEGEO/UFC), pela ótima acolhida em terras cearenses e pela oportunidade inestimável de fazer tantas parcerias. Em especial agradeço ao Prof. Michel Henri Arthaud, que não está mais entre nós, mas cuja lembrança vai sempre inspirar o melhor de mim;

Aos colegas, alunos e funcionários do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc/USP), pela convivência e camaradagem;

Ao Prof. Mário da Costa Campos Neto, orientador de Mestrado e Doutorado, por fazer parte dos primeiros passos desta caminhada;

Ao Prof. José Brilha, da Universidade do Minho, Portugal, pela imprescindível colaboração em disciplinas e em projetos e por me receber em Braga. Sua ajuda foi fundamental para dar os primeiros passos na Geoconservação;

Aos membros do GeoHereditas;

A todos os meus orientandos, pelo trabalho de cada um que está representado nesta tese;

A Deborah Mendes, pelo mapa;

Aos meus amigos de hoje e sempre, companheiros de vida e de tantas viagens;

À minha família, em especial a meus pais, pelo apoio incondicional a tudo que se refere a estudos;

Ao Eduardo, pela correção das referências, pelo carinho e pelo companheirismo.

RESUMO

Este trabalho busca trazer contribuições ao conhecimento da geodiversidade e do patrimônio geológico do litoral do estado de São Paulo, Brasil, como forma de subsidiar futuras ações de gestão do patrimônio natural na região. O inventário revisado e integrado do patrimônio geológico do litoral norte resultou em 44 geossítios distribuídos em oito categorias geológicas. Os geossítios selecionados são representativos de uma história geológica desde o Neoproterozoico (Ciclo Brasiliano-Pan Africano) ao recente, abrangendo um período de cerca de 700 milhões de anos. 43 sítios da geodiversidade foram definidos, os quais foram avaliados quanto ao potencial uso educativo e turístico e risco de degradação, resultando numa categorização prática com vistas ao uso público destes locais. Os dados obtidos nestes inventários também forneceram bases para a organização e instalação de painéis interpretativos no litoral norte. O levantamento preliminar dos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade resultou em 29 serviços distribuídos em cinco funções e foi realizado por meio da identificação dos ecossistemas e dos elementos da geodiversidade, da seleção dos serviços e pelo reconhecimento das principais ameaças que afetam a geodiversidade na região. Com base nos nestes dados e em exemplos bem sucedidos procede-se a proposição de etapas na composição de uma estratégia e plano de ação para a geodiversidade na região. Espera-se, com isso, avançar em termos de influência nas políticas públicas de conservação da natureza para esta porção do estado.

ABSTRACT

This work aims to contribute to the knowledge of geodiversity and geological heritage of the coastal region of the state of São Paulo, Brazil, as a way to subsidize future actions on natural heritage management in the region. The revised and integrated inventory of the geological heritage of the northern part of the coast resulted in 44 geosites distributed in eight geological frameworks. The selected geosites are representative of a geological history from the Neoproterozoic (Brazilian-Pan-African Cycle) to the recent, covering a period of about 700 million years. Forty-three geodiversity sites were defined, which were evaluated for potential educational and tourist use and risk of degradation, resulting in a practical categorization regarding public use of these sites. The data obtained in these inventories also provided bases for the organization and installation of interpretive panels on the northern coast. The preliminary survey of ecosystem services provided by geodiversity resulted in 29 services distributed in five functions and was carried out through identification of ecosystems and elements of geodiversity, selection of services and recognition of the main threats that affect geodiversity in the region. Based on these data and on successful examples, we propose the steps in the composition of a strategy and action plan for geodiversity in the region. It is hoped, therefore, to advance in terms of influence on public policies on nature conservation for this portion of the state.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **1**
1.1 Apresentação do tema *1*
1.2 Caracterização da área de estudo *4*
1.3 Justificativa e objetivos *5*
1.4 Estrutura geral do trabalho *6*

2 BASES CONCEITUAIS E METODOLÓGICAS **8**
2.1 Introdução *8*
2.2 Inventários de locais de interesse geológico *10*
2.3 Serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade *17*
2.4 Estratégias e planos de ação para a geodiversidade *22*

3. Inventário e avaliação de geossítios como bases para o desenvolvimento sustentável: o litoral norte do estado de São Paulo, Brasil **26**

4 O uso de locais de interesse geológico na divulgação de geociências: aplicação ao litoral norte do estado de São Paulo, Brasil **63**

5 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS PRESTADOS PELA GEODIVERSIDADE NO LITORAL PAULISTA: AVALIAÇÃO PRELIMINAR **109**
5.1 Contexto geológico *109*
5.2 Caracterização dos ecossistemas *111*
5.3 O valor intrínseco *114*
5.4 Identificação dos serviços ecossistêmicos *116*
5.5 Impactos e ameaças *134*

6 CONTRIBUIÇÃO PARA A ESTRATÉGIA E PLANO DE AÇÃO PARA A GEODIVERSIDADE NO LITORAL PAULISTA **140**
6.1 Introdução *140*
6.2 Inventários de locais de interesse geológico no litoral paulista: situação atual *142*
6.3 Desenvolvimento da proposta *145*

7 DISCUSSÃO E PERSPECTIVAS **150**
7.1 Inventários de locais de interesse geológico no litoral paulista *150*
7.2 Avaliação ecossistêmica como meio de conexão com a sociedade *152*
7.3 Perspectivas em políticas públicas de conservação da natureza *155*
7.4 Conclusões e perspectivas *158*

8 REFERÊNCIAS **166**

1 INTRODUÇÃO

Esta tese foi concebida com base em duas ideias norteadoras principais: i) Reforçar a importância de utilizar critérios científicos e métodos sistemáticos em todas as etapas da Geoconservação, i.e. avaliação, gestão e divulgação e; ii) Abrir caminhos para a inclusão da geodiversidade e do patrimônio geológico em estratégias de gestão do meio natural no litoral paulista sob uma perspectiva sustentável.

Por meio da primeira, pretende-se ganhar argumentos para discutir a segunda.

1.1 Apresentação do tema

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas (ONU), até 2030 seremos cerca de 8 bilhões e meio e até 2100, mais de 11 bilhões de habitantes no planeta (https://esa.un.org/unpd/wpp/DataQuery/, acessado em 18/03/2018). A pressão por recursos naturais sobe proporcionalmente ao crescimento da população e à demanda gerada pela rápida evolução da tecnologia e gera uma progressiva redução na disponibilidade dos bens e serviços prestados pela natureza.

O distanciamento que grande parte da população tem da natureza faz com que as áreas protegidas ou nas quais ainda há preservação do meio natural se tornem cada vez mais valorizadas. Infelizmente, o acesso a estes locais tem sido cada vez mais restrito a pessoas com poder aquisitivo mais alto, seja por dificuldades de transporte ou pelo custo das atividades. Em geral, são as populações tradicionais as que mais dependem diretamente dos recursos provenientes da natureza e sua degradação pode contribuir para o aumento das desigualdades sociais e da pobreza em todo o mundo.

Os recursos geológicos, entretanto, constituem-se em patrimônio do nosso planeta e que devem estar disponíveis a todos os cidadãos do mundo. Destaca-se que, neste trabalho, entende-se como recurso geológico não apenas os bens de valor econômico e funcionais associados à geodiversidade, mas também seu valor como construtor e modelador da paisagem, como suporte às formas de vida, como patrimônio científico, cultural e histórico, além do seu papel na saúde e no bem-estar da sociedade.

É neste sentido que entra a geoconservação, conceito que vem sendo construído ao longo de experiências de conservação da natureza implementadas por vários países e que consiste num conjunto de ações que têm como objetivo principal a conservação da porção abiótica da natureza (Sharples 2002, Henriques et al. 2011, entre outros). Graças ao reconhecimento cada vez maior do papel da geodiversidade e do patrimônio geológico em políticas públicas que tratam do meio natural (Crofts et al. 2015, Brilha et al. 2016, Herrero et

al. 2013, Díaz-Martínez et al. 2017) e da importância dos serviços ecossistêmicos por ela prestados (Gray 2013), muitos pesquisadores têm dado atenção à proteção de locais relevantes para a compreensão da história do nosso planeta e para a manutenção de bens e serviços que podem ser perdidos.

Como uma das dez maiores economias do mundo (*World Economic Forum*, https://www.weforum.org/agenda/2017/03/worlds-biggest-economies-in-2017/, acesso em 26/03/2018), dono de um dos maiores territórios em extensão territorial e com (ainda) grandes reservas naturais, o Brasil enfrenta grandes desafios socioambientais. Dentre estes desafios está promover o uso dos recursos naturais de forma sustentável, resistindo a pressões internas e externas.

Neste sentido, o Brasil tem sido signatário de vários acordos multilaterais referentes a questões ambientais. Durante a reunião de 2015, na Cúpula de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, adotou-se a Agenda 2030, que está baseada nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), organizados em 169 metas distribuídas em três dimensões: a econômica, a social e a ambiental (Fig. 1.1).

Fig. 1.1. Os 17 objetivos do desenvolvimento sustentável definidos pela Organização das Nações Unidas na agenda 2030. Fonte: http://www.itamaraty.gov.br/.

Sob esta perspectiva, Brilha (2017) destaca que, dentre estes 17 objetivos, há vários que têm relação direta com a geoconservação, o que pode ser um incentivo para que os

pesquisadores interessados no tema unam esforços para definir estratégias integradoras em termos de estratégias de geoconservação em vários níveis. Gill (2017) coloca o patrimônio geológico e o geoturismo como uma das categorias identificadas dentro das ciências geológicas relacionadas aos 17 ODS. O autor aponta 12 maneiras por meio da qual a geologia pode contribuir para o desenvolvimento sustentável, entre os quais o acesso à água potável, o fornecimento de energia, a mineração, o geoturismo e a geoeducação, o que fortalece a relevância das Ciências da Terra para a sociedade (Cordani 2000, Larwood et al. 2013, Prosser et al. 2013, Stewart 2016).

Em harmonia com parte dos avanços na geoconservação no mundo, o Brasil vem também implementando ações de reconhecimento da geodiversidade e do patrimônio geológico de seu território. Algumas iniciativas merecem destaque, tais como os projetos Geodiversidade e Geoparques, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e a criação da Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), em 1997 (http://sigep.cprm.gov.br/). A CPRM também desenvolveu uma plataforma com o objetivo de cadastrar os locais de interesse geológico no Brasil, aberta aos pesquisadores da área de Geociências – o GEOSSIT (Rocha et al. 2016). Um panorama geral das iniciativas de inventários realizados no Brasil pode ser visto em Romão e Garcia (2017).

Em termos de valorização e divulgação do patrimônio geológico, várias iniciativas têm sido bem sucedidas, dentre as quais destaca-se o Projeto Caminhos Geológicos (DRM/RJ), desenvolvido desde 2001 e com mais de 100 painéis interpretativos em linguagem acessível a não geocientistas instalados em grande parte do estado do Rio de Janeiro (Mansur 2009, Mansur e Nascimento 2007, Mansur e Silva 2011). Mansur et al. (2013) destacam outras iniciativas no Brasil, como Sítios Geológicos e Paleontológicos do Paraná (MINEROPAR), Caminhos Geológicos da Bahia (CPRM e Petrobras) e Monumentos Geológicos do Rio Grande do Norte (IDEMA).

No estado de São Paulo a primeira iniciativa oficial em estratégias de Geoconservação foi o Projeto Monumentos Geológicos, coordenado pelo Instituto Geológico, ligado à Secretaria do Meio Ambiente (IG/SMA). Em 2009, foi criado o Conselho Estadual de Monumentos Geológicos (CoMGeo, Resolução SMA nº 076), que tem como objetivo "... fornecer subsídios técnicos e científicos às decisões da Secretaria de Estado do Meio Ambiente quanto à conservação da geodiversidade...". Infelizmente, a partir de 2015, devido a políticas de reestruturação dos institutos de pesquisa do estado, o CoMGeo foi descontinuado. Outros exemplos importantes no estado são o Parque do Varvito, em Itu, e o

Parque da Rocha Moutonnée, em Salto (Rocha-Campos, 2002 a, b), pioneiros na conservação e na promoção do patrimônio geológico.

Atualmente, o estado de São Paulo é o único no país a ter um inventário de geossítios feito por meio de metodologia sistemática adotada por vários países (Garcia et al. 2018a). Isto traz perspectivas importantes em termos de participação no recém aprovado projeto de Inventário do Patrimônio Geológico da América do Sul, que será coordenado pela CPRM (http://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/, acesso em 25/03/2018). Espera-se que, por meio desta iniciativa, outros estados realizem também seus levantamentos, a partir dos quais será possível organizar uma estratégia nacional que integre o conhecimento sobre a geodiversidade e o patrimônio geológico e seja a base para futuras ações em geoconservação.

1.2 Caracterização da área de estudo

O estado de São Paulo possui 16 municípios litorâneos, que ocupam uma área de 7.785 km^2 e com uma população de cerca de 2,1 milhões de habitantes (IBGE 2018) – Fig. 1.2. No total, a linha de costa tem cerca de 600 km e se estende desde as latitudes 25° 18’ e 23° 22’ S às longitudes 48° 6' e 44° 43’ O, o que corresponde a cerca de 8,5% da totalidade do litoral brasileiro. Da extensão total, cerca de 430 km são formados por praias arenosas com diferentes características (Souza 2012), o que confere à região alto potencial turístico.

A configuração atual da região é resultado de processos geológicos, geomorfológicos e climáticos atuantes predominantemente a partir do Neoproterozoico, durante o Ciclo Brasiliano-Pan Africano, até o Quaternário, passando pela abertura do Oceano Atlântico Sul – ao longo de uma linha de costa NE-SW controlada por estruturas pré-cambrianas - e variações do nível do mar. Todos esses processos, atuando de forma heterogênea, foram responsáveis por fortes diferenças na natureza morfodinâmica da zona costeira, modelaram a linha de costa atual e formaram a Serra do Mar, importante sistema montanhoso do sudeste brasileiro (Souza 2012). Estas diferenças controlam fortemente a avaliação e a gestão do meio físico na região.

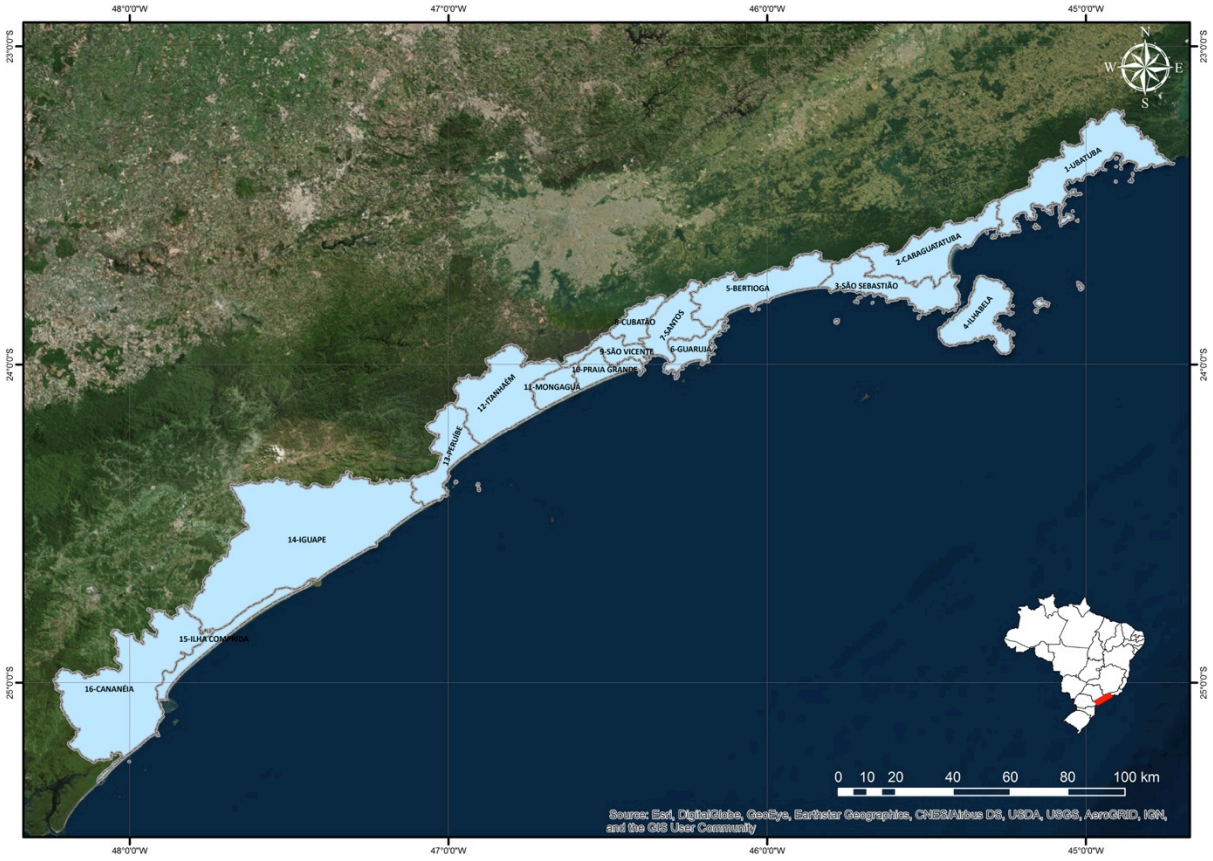


Figura 1.2 Localização da área de estudo. Municípios costeiros do estado de São Paulo.

1.3 Justificativa e objetivos

Como o estado mais populoso e industrializado do Brasil, a zona costeira do estado de São Paulo é foco de extrema especulação imobiliária, que inclui uma indústria do turismo baseada nos serviços de massa que, em grande parte, não levam em consideração as questões ambientais e que não favorece o desenvolvimento sustentável e a proteção dos valores naturais. Além disso, a região conta com um plano de desenvolvimento econômico avalizado pelo Estado que ameaça muitas áreas naturais e que incentiva um crescimento populacional desenfreado e desprovido de planejamento e a exploração de recursos naturais sem a contrapartida adequada para o meio ambiente. Todos estes fatores contribuem para o crescimento da pressão sobre o meio natural.

Parte destas ameaças relaciona-se diretamente ao desconhecimento do patrimônio natural e à falta de apropriação, por parte da comunidade e dos governos, do ambiente onde vivem, além da falta de uma estratégia que leve em consideração a conservação e a utilização sustentável da geodiversidade da região. Neste sentido, o primeiro passo para fazer com que a geoconservação se torne parte de planos de utilização sustentável dos recursos naturais é o reconhecimento e a avaliação dos recursos disponíveis, seja em termos de patrimônio

geológico, de potencialidades turísticas e educativas e/ou de bens e serviços relacionados. De posse destes dados, as etapas seguintes devem compreender a obtenção de apoio público e político às ações que envolvem a geoconservação. Para isso, é essencial que se estabeleça uma relação de troca entre os produtores do conhecimento científico e a sociedade.

Com base nestes fatos, este trabalho busca trazer contribuições ao conhecimento da geodiversidade e do patrimônio geológico do litoral paulista, por meio de i) levantamentos sistemáticos de locais de interesse geológico; ii) avaliação de seu valor científico e do potencial em termos de uso turístico e educativo; iii) inventário preliminar dos serviços ecossistêmicos associados à geodiversidade e; iv) proposição de etapas na composição de uma estratégia e plano de ação para a geodiversidade na região. Espera-se, com isso, avançar em termos de influência nas políticas públicas de conservação da natureza para esta porção do estado.

1.4 Estrutura geral do trabalho

Este trabalho está organizado de modo a que cada capítulo represente uma etapa numa sequência de ações que vão desde a elaboração de um problema – no caso, a gestão dos recursos naturais abióticos no litoral do estado de São Paulo – até a proposição de uma estratégia – o plano de ação para a geodiversidade na região - passando por etapas como coleta de dados, avaliação e definição de parâmetros mensuráveis.

O capítulo introdutório é dedicado à contextualização das principais questões que conduzem o desenvolvimento deste trabalho. No segundo capítulo, como forma de fortalecer o caráter sistemático que permeia a presente pesquisa, são apresentados brevemente as bases conceituais e os métodos utilizados na construção do conjunto de informações que a compõem.

Os dois capítulos subsequentes (3 e 4), escritos na forma de artigos em parcerias com outros pesquisadores, referem-se aos estudos de identificação de locais de interesse geológico no litoral norte de São Paulo, feitos a partir da integração e revisão dos inventários realizados até o momento. Os dados englobam tanto os locais de relevância geocientífica - e que, portanto, constituem-se em candidatos a representantes da história geológica local - como de locais sem relevância científica comprovada, mas que têm grande potencial para a disseminação das geociências para o público em geral. A integração destes dados fornece um diagnóstico sólido e consistente sobre os recursos geológicos disponíveis e que podem ser utilizados de diversas formas para a conservação de locais-chave para o entendimento da história geológica da região e para o bem estar geral da sociedade. Reforça-se, em ambos os

capítulos, a importância deste levantamento inicial prévio como etapa primordial aos passos seguintes.

O quinto capítulo é consagrado a um tema novo, introduzido em anos recentes (e.g. desde 2011) a partir dos trabalhos de Murray Gray e colaboradores, que versa sobre o papel da geodiversidade no fornecimento de bens e serviços à sociedade – os serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade. Justamente por ser um tema tão novo, não existem ainda métodos de identificação e avaliação destes serviços e nem exemplos de sua aplicação para uma determinada área que descrevam a metodologia aplicada. Mesmo assim, optou-se por incluir esta avaliação preliminar como forma de despertar e guiar futuros trabalhos na região.

No capítulo seis, a partir de exemplos bem sucedidos em locais como Reino Unido e Espanha, apresenta-se uma proposta metodológica para a utilização das informações obtidas nos levantamentos anteriores na elaboração de uma Estratégia e Plano de Ação para a Geodiversidade. A sistematização das etapas é feita de modo a contribuir para a inserção da geodiversidade em futuras estratégias de planejamento territorial e leva em consideração a participação de setores significativos da sociedade.

O capítulo final é dedicado à integração e à discussão dos dados apresentados ao longo do trabalho e às perspectivas futuras em relação à geoconservação na região.

2 BASES CONCEITUAIS E METODOLÓGICAS

Não é objetivo deste capítulo trazer uma revisão histórica detalhada dos conceitos que cercam a Geoconservação, o que já foi e vem sendo feito por vários autores, incluindo o livro recentemente editado por Reynard e Brilha (2018). O que se pretende, neste trabalho, é apontar as bases conceituais e os métodos utilizados para desenvolver os três temas principais que norteiam esta tese: i) realização dos inventários de locais de interesse geológico; ii) identificação dos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade e iii) proposição de etapas para elaboração de uma estratégia e plano de ação para a geodiversidade no litoral paulista, com base nos dados coletados e ora apresentados.

2.1 Introdução

O crescente interesse nos temas relacionados à conservação do patrimônio geológico teve origem em 1991, durante o I Simpósio Internacional para a Proteção do Patrimônio Geológico, realizado em Digne-les-Bains, França (Reynard e Brilha 2018). Embora vários países já empreendessem ações pontuais de conservação de locais geologicamente relevantes, foi a partir deste evento que uma série de ações surgiram em vários locais do mundo. O termo geoconservação foi utilizado pela primeira vez por Sharples (1993, 1995, in Sharples 2002) como "*a conservação da geodiversidade por seus valores intrínseco, ecológico e patrimonial*". Nos anos subsequentes, o conceito passou a ser utilizado para designar o conjunto de ações empreendidas para conservar o patrimônio geológico de uma determinada região (Brocx e Semeniuk 2007, Burek e Prosser 2008, entre outros).

Henriques et al. (2011), numa tentativa de sistematizar os procedimentos relacionados à geoconservação, ofereceram uma abordagem em que o conceito é apresentado como uma ciência emergente, que tem como objetivo a gestão do patrimônio geológico, representado por locais com relevância científica, educativa, turística, cultural, etc. Os autores definem três campos principais que sumarizam seus diversos aspectos: i) Geoconservação Básica, que trata do enquadramento do patrimônio geológico por meio da definição de locais de interesse relevantes; ii) Geoconservação Aplicada, que trata da conservação deste patrimônio geológico e; iii) Aplicações Técnicas de Geoconservação, que abrange os diversos meios de valorização (Fig. 2.1).

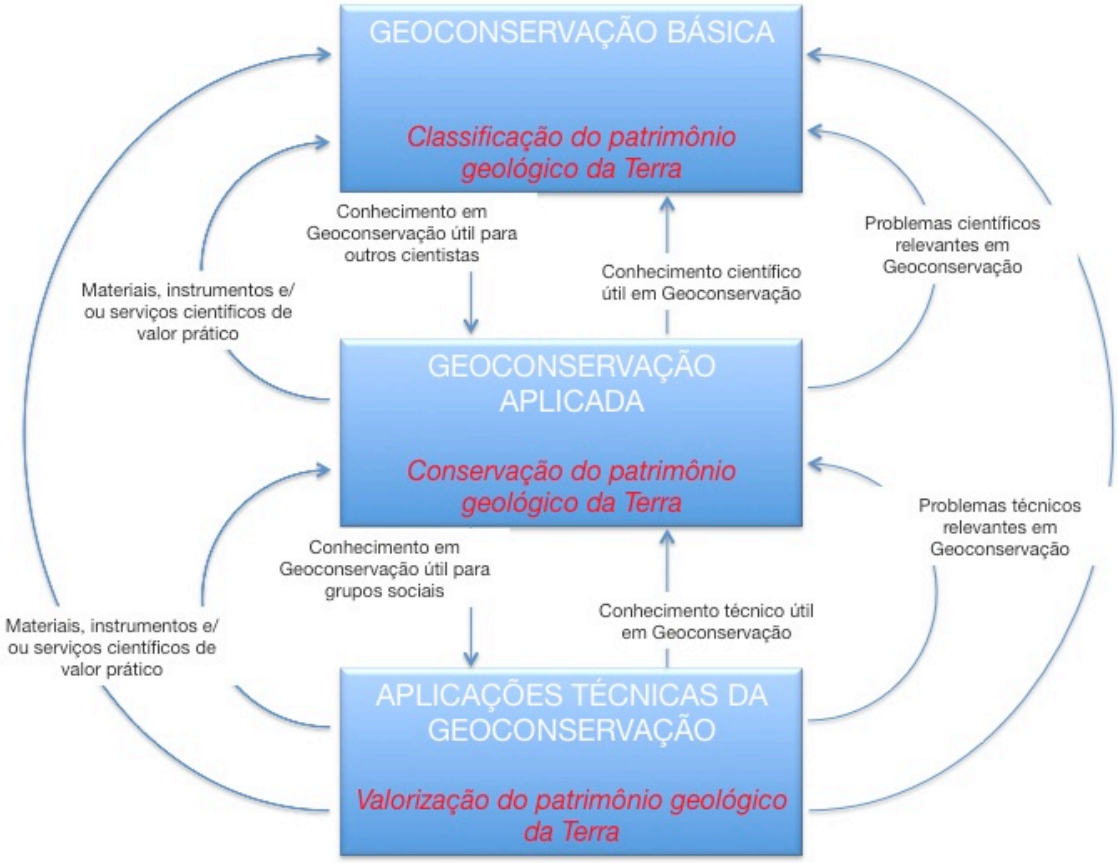


Fig. 2.1. Fluxograma representando a relação entre os sub-ramos da Geoconservação (Modificado de Henriques et al. 2011).

Em geral, outros termos estão frequentemente associados à geoconservação, tais como Geodiversidade, Patrimônio Geológico, Geoturismo e Geoparques, que juntos perfazem os assim chamados 5 G's. Entende-se, neste trabalho, a Geoconservação como uma grande área que abrange os demais termos, mas esta não é necessariamente uma abordagem consensual.

Apesar de recente, a Geoconservação já apresenta uma série de métodos que são utilizados para atingir diferentes objetivos. De um modo geral, portanto, os procedimentos podem ser integrados em três etapas principais, que incluem a **coleta de dados** (inventários e avaliação de locais de interesse geológico), a **gestão** (enquadramento legal, conservação e monitoramento) e a **promoção** (valorização e divulgação), sempre com vistas ao uso adequado dos recursos naturais do nosso planeta. Reynard e Brilha (2018) utilizam os termos avaliação, proteção e gestão como palavras-chave para sumarizar as ações relacionadas ao patrimônio geológico.

2.2 Inventários de locais de interesse geológico

O inventário é a etapa inicial das estratégias de geoconservação. Uma vez realizados, os inventários servem de base a ações que vão desde a gestão territorial, associada ao planejamento urbano, até o geoturismo, passando por atividades educativas e de divulgação geocientífica e seu alcance depende fortemente da escala em que é realizado. Em geral, admite-se a realização de inventários em escalas que vão deste áreas extensas (envolvendo a pré-seleção, por meio de consultas, de pontos potenciais que serão posteriormente visitados) – Lima et al. (2010) ou restritas (que envolvem, além da visita a pontos potenciais, o mapeamento da área em busca de sítios desconhecidos, mas com potencial geocientífico). Ambos os tipos de inventário são importantes e adequam-se a diferentes propósitos. Enquanto os inventários em áreas extensas, tais como países ou estados, são essenciais para o reconhecimento inicial do patrimônio geológico, os inventários em áreas restritas, em municípios, por exemplo, têm se mostrado importantes porque permitem a valorização do patrimônio local, que normalmente tem estrita relação com a comunidade envolvida. Um histórico sobre os inventários no mundo e no Brasil pode ser encontrado em Romão e Garcia (2017).

Nos trabalhos desenvolvidos no litoral paulista, os locais de interesse geológico estão sendo selecionados com base no método de Brilha (2016). O autor classifica como geossítios os locais com relevância científica, que podem ou não ter outros interesses. Aos locais cujos maiores interesses relacionam-se aos potenciais de uso turístico e educativo, denomina sítios da geodiversidade. A seleção dos sítios envolve revisão bibliográfica, consulta a especialistas, lista preliminar de sítios potenciais, trabalhos de campo e lista final, uma sequência metodológica que é utilizada, com algumas variações, por grande parte dos pesquisadores que estudam o tema.

A avaliação quantitativa vem sendo feita por meio da plataforma GEOSSIT, desenvolvida pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) – Rocha et al. (2016). Inicialmente o sistema foi elaborado tendo com base os métodos de Brilha (2005) e Garcia-Cortés e Caracavilla (2009), sendo readaptada mais recentemente ao método de Brilha (2016), mas ainda com a utilização de García-Cortés (op cit.). Os critérios utilizados permitem a avaliação quantitativa do valor científico, do potencial uso educativo e turístico e do risco de degradação. Sete parâmetros são utilizados para avaliar o valor científico, os quais recebem pontos de 0, 1, 2 ou 4. Para o potencial de uso educativo são avaliados doze parâmetros e para o uso turístico, treze, ambos com pontuação que varia de 0 a 4. A avaliação quantitativa

do risco de degradação é feita com base em cinco parâmetros, que variam de 0 a 4. Os critérios utilizados para avaliar quantitativamente os sítios de interesse geológico de acordo com o GEOSSIT estão descritos nos quadros 2.1 a 2.3. Os pesos atribuídos a cada parâmetro estão mostrados nos quadros 2.4. a 2.6.

A plataforma ainda estabelece critérios para fazer um diagnóstico dos sítios por meio dos resultados obtidos. Para valores científicos iguais ou maiores que 200, os locais são considerados geossítios, enquanto valores abaixo de 200 classificam o local como sítio da geodiversidade. Geossítios com valor científico entre 200 e 299 são classificados como de relevância nacional; quando este valor é igual ou superior a 300, o geossítio é considerado de relevância internacional. A avaliação quantitativa do risco de degradação classifica os geossítios em três intervalos: risco baixo (<200), risco moderado (entre 201 e 300) e risco alto (entre 301 e 400).

Quadro 2.1. Critérios utilizados para avaliação quantitativa do valor científico de locais de interesse geológico de acordo com o GEOSSIT (Rocha et al. 2016).

Critérios	*Valor*
A1. Representatividade	
O local de interesse é o melhor exemplo, atualmente conhecido, na área de trabalho, para ilustrar elementos ou processos, relacionados com a área temática em questão (quando aplicável)	4
O local de interesse é um bom exemplo para ilustrar elementos ou processos, relacionados com a área temática em questão (quando aplicável)	2
O local de interesse ilustra razoavelmente elementos ou processos, relacionados com a área temática em questão (quando aplicável)	1
Não se aplica.	0
A2. Local-tipo	
O local é reconhecido como holostratótipo ou unidade litodêmica nos léxicos estratigráficos do Brasil e da Amazônia Legal ou documentos similares, ou é a fonte de um holótipo, neótipo ou lectótipo registrado em publicações científicas, de acordo com o código (ICZN, ICBN ou ICN) vigente na época da descrição e cadastrado na Base de Dados Paleo da CPRM ou bases similares ou é um sítio de referência da IMA;	4
O local de interesse é reconhecido, na área de trabalho, como local-tipo secundário, sendo a fonte de um paratrastótipo, unidade litodêmica ou de um parátipo.	2
O local de interesse é reconhecido, na área de trabalho, como um dos locais-tipo secundários, sendo a fonte de um ou mais paratrastótipo, unidade litodêmica, parátipo ou sintipo.	1
Não se aplica.	0
A3. Conhecimento científico	
Existem artigos sobre o local de interesse em livro, em revistas científicas internacionais, diretamente relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável)	4
Existem artigos sobre o local de interesse em revistas científicas nacionais, diretamente relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável)	2
Existem resumos apresentados sobre o local de interesse em anais de eventos científicos, ou em relatórios inéditos, diretamente relacionados com a categoria temática em questão (quando aplicável)	1
Não se aplica.	0
A4. Integridade	
Os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) estão muito bem preservados	4
O local de interesse não está muito bem preservado, mas os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) ainda estão preservados	2
O local de interesse não está muito bem preservado, mas os principais elementos geológicos (relacionados com a categoria temática em questão, quando aplicável) ainda estão preservados	1
Não se aplica.	0
A5. Diversidade geológica	
Local de interesse com 5 ou mais tipos diferentes de aspectos geológicos com relevância científica	4
Local de interesse com 3 ou 4 tipos diferentes de aspectos geológicos com relevância científica	2
Local de interesse com 1 ou 2 tipos diferentes de aspectos geológicos com relevância científica	1
Não se aplica.	0
A6. Raridade	
O local de interesse é a única ocorrência deste tipo na area de estudo (representando a categoria temática em questão, quando aplicável)	4
Existem, na área de estudo, 2-3 exemplos de locais semelhantes (representando a categoria temática em questão, quando aplicável)	2
Existem, na área de estudo, 4-5 exemplos de locais semelhantes (representando a categoria temática em questão, quando aplicável)	1
Não se aplica.	0
A7. Limitações ao uso	
Não existem limitações (necessidade de autorização, barreiras físicas, etc.) para realizar amostragem ou trabalho de campo.	4
É possível fazer amostragem ou trabalho de campo depois de ultrapassar as limitações existentes.	2
A realização de amostragem ou trabalho de campo é muito difícil de ser conseguida devido à existência de limitações (necessidade de autorização, barreiras físicas, etc.).	1
Não se aplica.	0

Quadro 2.2. Critérios utilizados para avaliação quantitativa do risco de degradação de locais de interesse geológico de acordo com o GEOSSIT (Rocha et al. 2016).

Critérios	*Valor*
B1. Deterioração de elementos geológicos	
Possibilidade de deterioração de todos os elementos geológicos.	4
Possibilidade de deterioração dos principais elementos geológicos.	3
Possibilidade de deterioração dos elementos geológicos secundários.	2
Existem reduzidas possibilidade de deterioração dos elementos geológicos secundários.	1
Não se aplica.	0
B2. Proximidade a áreas/atividades com potencial para causar degradação	
Local de interesse situado a menos de 100 m de área/atividade com potencial para causar degradação.	4
Local de interesse situado a menos de 500 m de área/atividade com potencial para causar degradação.	3
Local de interesse situado a menos de 1000 m de área/atividade com potencial para causar degradação.	2
Local de interesse situado a mais de 1000 m de área/atividade com potencial para causar degradação.	1
Não se aplica.	0
B3. Proteção legal	
Local de interesse situado numa área sem proteção legal nem controle de acesso.	4
Local de interesse situado numa área sem proteção legal, mas com controle de acesso.	3
Local de interesse situado numa área com proteção legal, mas sem controle de acesso.	2
Local de interesse situado numa área com proteção legal e com controle de acesso.	1
Não se aplica.	0
B4. Acessibilidade	
Local de interesse localizado a menos de 100 m de uma estrada asfaltada com local para estacionamento de veículos	4
Local de interesse localizado a menos de 100 m de uma estrada asfaltada.	3
Local de interesse acessível por veículo em estrada não asfaltada.	2
Local de interesse sem acesso direto por estrada mas situado a menos de 1 km de uma estrada acessível por veículo.	1
Não se aplica.	0
B5. Densidade populacional	
Local de interesse localizado num município com mais de 1000 habitantes por km.	4
Local de interesse localizado num município com 250-1000 habitantes por km.	3
Local de interesse localizado num município com 100-250 habitantes por km.	2
Local de interesse localizado num município com menos de 100 habitantes por km.	1
Não se aplica.	0

Quadro 2.3. Critérios utilizados para avaliação quantitativa do potencial uso educativo e turístico de locais de interesse geológico de acordo com o GEOSSIT (Rocha et al. 2016).

Critérios	*Valor*
C1. Vulnerabilidade	
Os elementos geológicos do local de interesse não apresentam possibilidade de deterioração por atividades antrópicas	4
Possibilidade de deterioração de elementos geológicos secundários por atividade antrópica	3
Possibilidade de deterioração dos principais elementos geológicos por atividade antrópica	2
Possibilidade de deterioração de todos elementos geológicos por atividade antrópica	1
Não se aplica.	0
C2. Acessibilidade	
Local de interesse localizado a menos de 100 m de uma estrada asfaltada com local para estacionamento de veículos	4
Local de interesse localizado a menos de 500 m de uma estrada asfaltada	3
Local de interesse acessível por veículo em estrada não asfaltada	2
Local de interesse sem acesso direto por estrada, mas situado a menos de 1 km de uma estrada acessível por veículo	1
Não se aplica.	0
C3. Limitações de uso	
O local de interesse não tem limitações para ser usado por estudantes e turistas	4
O local de interesse pode ser usado por estudantes e turistas, mas apenas ocasionalmente	3
O local de interesse pode ser usado por estudantes e turistas, mas só depois de ultrapassar certas limitações (autorização, barreiras físicas, marés, inundações, etc.)	2
O uso por estudantes e turistas é muito difícil de conseguir devido à dificuldade em ultrapassar certas limitações (autorização, barreiras físicas, marés, inundações, etc.)	1
Não se aplica.	0
C4. Segurança	
Local de interesse com infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.), rede de comunicações móveis e situado a menos de 10 km de serviços de socorro	4
Local de interesse com infraestrutura de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.), rede de comunicações móveis e situado a menos de 25 km de serviços de socorro	3
Local de interesse sem instalações de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.), mas com rede de comunicações móveis e situado a menos de 50 km de serviços de socorro	2
Local de interesse sem instalações de segurança (vedações, escadas, corrimões, etc.) nem rede de comunicações móveis e situado a mais de 50 km de serviços de socorro	1
Não se aplica.	0
C5. Logística	
Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 15 km do local de interesse	4
Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 50 km do local de interesse	3
Existem restaurantes e alojamentos para grupos de 50 pessoas a menos de 100 km do local de interesse	2
Existem restaurantes e alojamentos para grupos de até 25 pessoas a menos de 50 km do local de interesse	1
Não se aplica.	0
C6. Densidade populacional	
Local de interesse localizado num município com mais de 1000 habitantes por km.	4
Local de interesse localizado num município com 250-1000 habitantes por km.	3
Local de interesse localizado num município com 100-250 habitantes por km.	2
Local de interesse localizado num município com menos de 100 habitantes por km.	1
Não se aplica.	0
C7. Associação com outros valores	
Existem diversos valores ecológicos e culturais a menos de 10 km do local de interesse	4
Existem diversos valores ecológicos e culturais a menos de 20 km do local de interesse	3
Existe um valor ecológico e um cultural a menos de 20 km do local de interesse	2
Existe um valor ecológico ou um cultural a menos de 20 km do local de interesse	1
Não se aplica.	0

Quadro 2.3. (Cont.)

C8. Beleza cênica	
Local de interesse habitualmente usado em campanhas turísticas do país, mostrando aspectos geológicos	4
Local de interesse ocasionalmente usado em campanhas turísticas do país, mostrando aspectos geológicos	3
Local de interesse habitualmente usado em campanhas turísticas locais, mostrando aspectos geológicos	2
Local de interesse ocasionalmente usado em campanhas turísticas locais, mostrando aspectos geológicos	1
Não se aplica.	0
C9. Singularidade	
Ocorrência de aspectos únicos e raros no país	4
Ocorrência de aspectos únicos e raros no estado	3
Ocorrência de aspectos únicos e raros na região	2
Ocorrência de aspectos comum nas várias regiões do país	1
Não se aplica.	0
C10. Condições de observação	
A observação de todos os elementos geológicos é feita em boas condições	4
Existem obstáculos que tornam difícil a observação de alguns elementos geológicos	3
Existem obstáculos que tornam difícil a observação dos principais elementos geológicos	2
Existem obstáculos que praticamente impossibilitam a observação dos principais elementos geológicos	1
Não se aplica.	0
C11. Potencial didático	
Ocorrência de elementos geológicos que são ensinados em todos os níveis de ensino	4
Ocorrência de elementos geológicos que são ensinados nas escolas de ensino básico	3
Ocorrência de elementos geológicos que são ensinados nas escolas de ensino secundário	2
Ocorrência de elementos geológicos que são ensinados no ensino superior	1
Não se aplica.	0
C12. Diversidade geológica	
Ocorrem mais de 5 tipos de elementos da geodiversidade (mineralógicos, paleontológicos, geomorfológicos, etc.)	4
Ocorrem 3 ou 4 tipos de elementos da geodiversidade	3
Ocorrem 2 tipos de elementos da geodiversidade	2
Ocorre apenas 1 tipo de elemento da geodiversidade	1
Não se aplica.	0
C13. Potencial para divulgação	
Ocorrência de elementos geológicos que são evidentes e perceptíveis para todos os tipos de púbicos	4
O público necessita de algum conhecimento geológico para entender os elementos geológicos que ocorrem no sítio	3
O público necessita de bons conhecimentos geológicos para entender os elementos geológicos que ocorrem no sítio	2
Os elementos geológicos que ocorrem no sítio apenas são evidentes e perceptíveis para quem possui graduação em geociências	1
Não se aplica.	0
C14. Nível econômico	
Local de interesse localizado num município com pelo menos o dobro do IDH que se verifica no estado	4
Local de interesse localizado num município com IDH superior ao que se verifica no estado	3
Local de interesse localizado num município com IDH idêntico ao que se verifica no estado	2
Local de interesse localizado num município com IDH inferior ao que se verifica no estado	1
Não se aplica.	0
C15. Proximidade a zonas recreativas	
Local de interesse localizado a menos de 5 km de uma zona recreativa ou com atrações turísticas	4
Local de interesse localizado a menos de 10 km de uma zona recreativa ou com atrações turísticas	3
Local de interesse localizado a menos de 15 km de uma zona recreativa ou com atrações turísticas	2
Local de interesse localizado a menos de 20 km de uma zona recreativa ou com atrações turísticas	1
Não se aplica.	0

Quadro 2.4. Pesos utilizados para avaliação quantitativa do valor científico de locais de interesse geológico de acordo com a plataforma GEOSSIT (Rocha et al. 2016).

Critério	*Peso*
A1. Representatividade	30%
A2. Local Tipo	20%
A3. Conhecimento Científico	5%
A4. Integridade	15%
A5. Diversidade Geológica	5%
A6. Raridade	15%
A7. Limitações ao Uso	10%

Quadro 2.5. Pesos utilizados para avaliação quantitativa do risco de degradação de locais de interesse geológico de acordo com a plataforma GEOSSIT (Rocha et al. 2016).

Critério	Peso
B1. Deterioração dos conteúdos geológicos	35%
B2. Proximidade a zonas degradadoras	20%
B3. Proteção Legal	20%
B4. Acessibilidade	15%
B5. Densidade Demográfica	10%

Quadro 2.6. Pesos utilizados para avaliação quantitativa do potencial uso educativo e turístico de locais de interesse geológico de acordo com a plataforma GEOSSIT (Rocha et al. 2016).

Critério	Potencial Educativo	Potencial Turístico
C1. Vulnerabilidade	10%	10%
C2. Acessibilidade	10%	10%
C3. Limitações de Uso	5%	5%
C4. Segurança	10%	10%
C5. Logística	5%	5%
C6. Densidade Demográfica	5%	5%
C7. Associação com outros Valores	5%	5%
C8. Beleza Cênica	5%	15%
C9. Singularidade	5%	10%
C10. Condições de Observação	10%	5%
C11. Potencial Didático	20%	-
C12. Diversidade Geológica	10%	-
C13. Potencial para Divulgação	-	10%
C14. Nível Econômico	-	5%
C15. Proximidade a zonas recreativas	-	5%

2.3 Serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade

Um ecossistema é definido como um complexo dinâmico que integra elementos vivos, tais como comunidades vegetais, animais e de micro-organismos (bióticos) e não-vivos, que representam o meio inorgânico (abióticos), como uma unidade funcional interdependente (Tansley 1935, CDB 1992). Os organismos que vivem no sistema interagem com o meio físico de tal maneira que os materiais e processos presentes neste meio controlam sua distribuição e desenvolvimento.

Por meio destes diversos componentes, os ecossistemas atuam ativamente no fornecimento de serviços para o bem-estar da sociedade (Costanza et al. 1997, De Groot et al. 2002, MEA 2003, entre muitos outros). Consequentemente, o grau de conservação destes ambientes interfere diretamente na qualidade e na quantidade destes serviços. Particularmente, questões ambientais modernas tais como mudanças climáticas, uso excessivo de recursos naturais, poluição e redução de fontes de água, etc., podem ser abordadas de um ponto de vista que envolva a proteção dos ecossistemas como auxílio no controle dos impactos naturais e antrópicos em diversas escalas temporais e espaciais.

A abordagem ecossistêmica tem sido bastante utilizada por fornecer uma visão integrada dos ecossistemas e sua relação com o homem, dando subsídios para a estratégias de gestão do meio natural como um todo. Estudos sobre a avaliação dos serviços ecossistêmicos incluem a elaboração de metodologias para a identificação dos serviços ecossistêmicos em uma determinada região, cálculo do valor dos serviços ecossistêmicos e do capital natural, pagamento por serviços ambientais, etc.

No que concerne à geodiversidade, entretanto, a definição de ecossistema e, consequentemente, dos serviços ecossistêmicos, não favorece a identificação de valores individuais para os diversos elementos. Gray (2018) pondera que a abordagem ecossistêmica correntemente utilizada leva em consideração os elementos abióticos apenas quando estão associados com os elementos bióticos. O autor aponta que a porção abiótica da natureza possui muitos valores que são independentes de qualquer relação com os elementos vivos e que, portanto, a própria denominação de ecossistema estaria equivocada.

Neste sentido, sendo a geodiversidade parte do meio natural, a avaliação dos serviços ecossistêmicos deve considerar seus elementos não apenas enquanto partes integrantes dos ecossistemas, mas também como entidades individuais que têm valores únicos. A abordagem ecossistêmica da geodiversidade tem, portanto, como foco principal, encontrar uma maneira ampla de tratar o meio natural de uma forma sustentável, considerando a gestão da terra, da água e dos seres vivos (Gordon e Barrow 2012) e tem sua importância na medida que a

conservação da natureza atua como reflexo às aspirações da sociedade e às mudanças climáticas (Gordon et al. 2012, Gray et al. 2013, Hjort et al. 2015).

A geodiversidade é essencial no suporte de seres vivos e seus habitats e a gestão adequada dos ecossistemas requer que as características geológicas e geomorfológicas, assim como a história evolutiva e a dinâmica dos processos naturais, sejam levados em consideração. Do mesmo modo, as associações da geodiversidade com a biodiversidade devem ser adequadamente compreendidas como bases para o desenvolvimento de respostas a questões atuais, tais como a pressão pelo fornecimento de recursos naturais e as mudanças climáticas, por exemplo (Prosser et al. 2010, Brazier et al. 2012). Como enfatizado por Stewart (2016) e Stewart e Gill (2017), o papel social das geociências requer que os geocientistas se conscientizem de seu importante e fundamental papel no desenvolvimento sustentável.

Em seu livro "Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature" Gray (2004) reconhece seis valores da geodiversidade: Intrínseco, Cultural, Estético, Econômico, Funcional e Científico - o autor descreve, ainda, 30 sub-valores que exemplificam cada um deles. Com exceção do valor intrínseco, que trata da importância da geodiversidade pelo simples fato de existir, os outros valores pretendem descrever principalmente o seu uso a partir da utilidade que tem para os seres humanos. Na segunda edição desta publicação, Gray (2013) passa a utilizar a abordagem ecossistêmica para a geodiversidade. O autor aponta que a Avaliação Ecossistêmica da Milênio (2001-2005), que definiu quatro categorias de serviços ecossistêmicos – regulação, suporte, provisão e culturais – não incluiu uma série de recursos de natureza geológica. Por meio da adaptação destas definições e inclusão de uma quinta categoria – a dos serviços de conhecimento, Gray (2013), Gray (2012), Gordon e Barrow (2012) forneceram uma classificação dos serviços ecossistêmicos abióticos (a denominação serviços geossistêmicos também foi utilizada por estes autores) – Fig. 2.2.

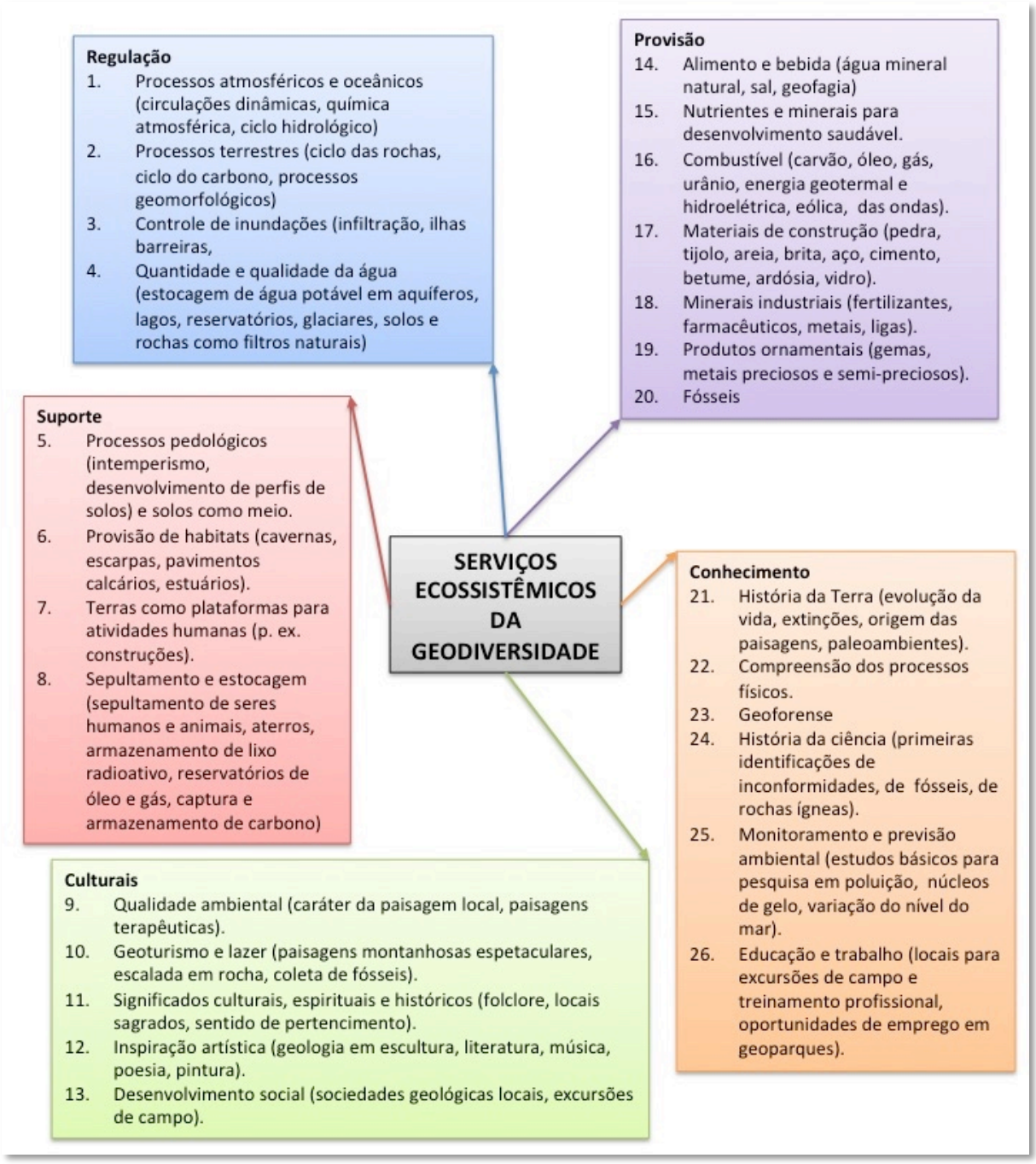


Figura 2.2. O papel da geodiversidade na geração de bens e serviços. Modificado de Gray (2013).

De acordo com o autor, os **serviços de regulação** englobam as séries de ciclos terrestres, tais como as do carbono, do nitrogênio, do fósforo e do enxofre, por exemplo. Estariam incluídos nesta categoria os ciclos da rocha e o hidrológico, além dos processos geomorfológicos e pedológicos que auxiliam na regulação dos sistemas ambientais em várias escalas. O controle de enchentes e a participação na atenuação de substâncias poluidoras da água constituem-se também de serviços essenciais, além da mitigação de outros tipos de riscos naturais e dos impactos ambientais causados pelas mudanças climáticas.

Nos **serviços de suporte** o autor incluiu os processos de formação de solo como meio para agricultura, de provisão de habitats diversos e de utilização da terra como plataforma para atividades humanas, tais como enterros humanos e eliminação de resíduos. Englobados nestes serviços estão também o armazenamento de recursos diversos, incluindo água, petróleo e gás e captura e armazenamento de carbono. Estes tipos de serviços constituem o suporte para todos os outros serviços.

Os **serviços de provisão** envolvem o fornecimento de bens materiais importantes para nossa sobrevivência e bem estar, tais como fontes de água doce, além de uma grande diversidade de materiais de construção, minerais industriais e metálicos, incluindo ouro e prata e combustíveis fósseis. Como destacado por Gray (2018), a concepção da sociedade moderna não seria a mesma sem esses recursos geológicos.

Além dos aspectos materiais, importantes bens relacionados aos benefícios mentais e físicos de estar em ambientes naturais são também reconhecidos. São os **serviços culturais**, que incluem o geoturismo e as atividades de lazer em geral, além de aspectos históricos e espirituais relacionados a ambientes geológicos. Muitos artistas em vários ramos das artes têm como inspiração os ambientes naturais.

Os **serviços de conhecimento**, incluídos pelos autores supracitados, englobam a reconstrução de ambientes passados e da evolução de vida por meio dos registros geológicos, além de monitoramento ambiental, educação e divulgação das geociências. Outro ramo importante é o geoforensismo, que tem como base o uso de diversas características de solos, sedimentos e até mesmo relevo para ligar suspeitos a cenas de crimes.

Exemplos da aplicação do sistema de valores da geodiversidade e de sua adequação à abordagem ecossistêmica são escassos. Gray et al. (2013) destacam a necessidade de desenvolver métodos e critérios rigorosos para descrever os serviços ecossistêmicos abióticos com base em dados geocientíficos robustos, de modo a promover o reconhecimento da geodiversidade como parte do capital natural. Alguns trabalhos mais específicos sobre o tema podem ser conferidos em Gordon (2012), Gordon e Barron (2013), Mochiutti et al. (2011), Mochiutti et al. (2012), Silva e Nascimento (2016).

Apesar de não fazer particular referência aos serviços ecossistêmicos, o Projeto Geodiversidade, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) apresenta, como objetivos principais, a produção de material voltado ao ordenamento territorial e planejamento de ações pelos diversos setores socioeconômicos (mineral, de educação, de turismo, de meio ambiente, etc.). Os estudos fornecem uma síntese dos grandes geossistemas brasileiros, com enfoque nas suas potencialidades e limitações (Silva 2008, Pfaltzgraff e Peixoto 2010), produtos que,

na prática, relacionam-se à abordagem ecossistêmica descrita por Gray (2013). Com um volume e mapa dedicados ao estado de São Paulo, a metodologia descrita prevê a utilização de mapas temáticos diversos (geologia, estruturas, solos, hidrogeologia, unidades de conservação, entre outros).

No presente trabalho, o inventário preliminar dos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade no litoral paulista foi feito por meio das seguintes etapas (Garcia et al. 2018b):

1. Definição dos ecossistemas da região.

Os diversos ecossistemas presentes na região foram identificados por meio da consulta a referências especializadas. De modo geral, foram considerados ecossistemas terrestres e aquáticos, bem como transicionais. O ecossistema mais interior está representado pelas encostas da Serra do Mar, enquanto o ecossistema francamente marinho está no outro extremo.

2. Identificação dos elementos da geodiversidade (abióticos) em cada ecossistema.

Esta fase é importante porque permite correlacionar os materiais geológicos (tipos litológicos, sedimentos, solos, etc.), estruturas (zonas de cisalhamento, falhas) e formas de relevo (encostas, vales), entre outros componentes do meio físico, ao seu comportamento como componente do ecossistema. A identificação dos diversos elementos da geodiversidade presentes foi feita com base no Mapa Geológico do estado de São Paulo na escala 1:750.000 (Perrotta et al. 2005), além de trabalhos de mapeamento locais e observações de campo.

3. Identificação dos serviços ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos da geodiversidade propostos por Gray (2013) foram avaliados de acordo com sua participação em cada ecossistema considerado. Verificou-se a disponibilidade ou não dos vários itens descritos e de outros que fossem pertinentes à região abordada.

4. Caracterização das ameaças à geodiversidade

Sendo a geodiversidade responsável pelo fornecimento dos serviços ecossistêmicos avaliados, sua perda terá consequências diretas na disponibilidade e na qualidade destes serviços. Portanto, a identificação destas ameaças é fundamental para futuras etapas envolvendo quantificação dos serviços e proposição de soluções.

2.4 Estratégias e planos de ação para a geodiversidade

Geodiversidade é a variedade natural de materiais, paisagens e processos geológicos existentes e que constituem a base para a geração, a evolução e a distribuição das plantas, dos animais e da humanidade no nosso planeta (Gray 2004, 2013). Sua utilização é ilimitada, como fonte de matérias-primas, recurso educativo e científico, além de influenciar grandemente o caráter do nosso patrimônio histórico e cultural. Conhecer a geodiversidade de uma região é fundamental para avaliar adequadamente suas aptidões e restrições quanto ao uso do meio físico, além dos impactos que podem advir de seu uso inadequado (Pfaltzgraff e Peixoto 2010) – Fig. 2.3.

Figura 2.3. Principais aplicações da geodiversidade. Fonte: Silva et al. (2008).

Apesar desta importância, a legislação que trata da natureza tem, historicamente, privilegiado a porção biótica da natureza em detrimento da porção abiótica, tanto em áreas de proteção ambiental, geralmente voltadas à conservação da biodiversidade, como em políticas de ordenamento do território. As causas desta ausência de suporte para a proteção específica dos elementos abióticos são muitas. Gray (2004) afirma que, em geral, a geodiversidade é vista como perene e duradoura, ao contrário da biodiversidade, considerada em constante ameaça. Apesar dos avanços obtidos a partir da Convenção para a Proteção do Patrimônio

Mundial, Cultural e Natural, em 1972, em que se formulou a Declaração Internacional dos Direitos da Terra, as leis voltadas exclusivamente à salvaguarda do patrimônio geológico ainda são raras.

Nos últimos anos, entretanto, diversas ações vêm sendo implementadas no sentido de promover o maior conhecimento e valorização da geodiversidade. Desde 2008, por exemplo, a IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza) vem abarcando temas relacionados à geodiversidade em sua agenda, por meio da inclusão de instituições (Sociedade Geológica da Espanha, ProGEO), formação do Grupo de Especialistas em Patrimônio Geológico (2014), inclusão de capítulo sobre Geodiversidade no Manual de Gestão de Áreas Protegidas (2015) e resoluções (4.040/2008, 048/2012, 091/2016) – Díaz-Martínez et al. (2017).

No âmbito da Geoconservação, os pesquisadores são unânimes em afirmar que, dentre os procedimentos iniciais, essenciais para o bom andamento de qualquer iniciativa, está o inventário. Neste sentido, o reconhecimento de locais com relevância geológica excepcional tem sido realizado por muitos países e tem suas raízes no Projeto GEOSITES, promovido pelo Grupo de Trabalho em Geossítios da IUGS e apoiada pela UNESCO (Wimbledon 1996, 2011). A identificação adequada destes locais é importante porque, a partir dos dados obtidos, uma série de ações podem ser estimuladas. Em Portugal, o inventário sistemático do patrimônio geológico (Brilha et al. 2005, 2010) impulsionou a adequação de leis de conservação da natureza, influindo diretamente na gestão da terra e no ordenamento territorial (Brilha & Pereira, 2014). Na Espanha, o inventário de geossítios é feito pelo Serviço Geológico Espanhol e a crescente integração da geodiversidade às temáticas científicas e sociais, associada à participação ativa das sociedades geológicas espanholas, tem influenciado enormemente o sistema legislativo (García-Cortés et al. 2001, García-Cortés e Carcavilla 2009). No Reino Unido, a identificação sistemática de sítios de interesse geológico teve início em 1977 e até o momento mais de 3.000 locais já foram cadastrados pelo Geological Conservation Review (GCR), ligado ao Comitê de Conservação da Natureza britânico (Ellis 2011). Estas ações trazem, globalmente, perspectivas otimistas em relação ao futuro da conservação do meio físico.

A inclusão da geodiversidade em planos que tratem da conservação da natureza passa pelo seu reconhecimento como parte integrante do meio natural e, por conseguinte, do seu papel fundamental na manutenção dos ecossistemas e em questões atuais como as mudanças climáticas (Gray et al. 2013). Neste sentido, com a crescente demanda pelo reconhecimento da geodiversidade como parte integrante da natureza e como recurso que deve ser utilizado

por toda a sociedade, desde os anos 2000 alguns países da Europa começaram a organizar suas ações em Geoconservação por meio de planos bem elaborados. Estes planos têm como objetivo principal a sistematização das ações necessárias para a gestão da geodiversidade de uma região, que vão desde a coleta de informações e a definição de objetivos até a análise e revisão dos resultados.

Com base nestes fatos, no presente trabalho buscou-se desenvolver uma proposta para a elaboração de uma estratégia e plano de ação para a geodiversidade na região do litoral paulista. A proposta, apresentada no capítulo 6 deste tese, baseou-se nas seguintes iniciativas:

1. Planos de Ação para a geodiversidade (GAPs - Geodiversity Action Plans)

No Reino Unido, os locais de relevância geológica definidos por meio dos inventários servem de base para os chamados "Planos de Ação em Geodiversidade (*GAPs*)", que definem as ações para conservar, valorizar e promover a geodiversidade de uma área particular, com base na organização governamental em vários âmbitos (Burek e Potter 2003, 2006, Dunlop et al. 2018). Estes planos consistem em iniciativas levadas a cabo no Reino Unido. Muitas vezes de caráter local (os LGAPs), foram desenvolvidos com o principal objetivo de estabelecer um panorama da situação da geoconservação em uma determinada região, fornecendo pistas sobre as ações necessárias para promover e conservar a geodiversidade (Burek e Potter 2003, 2006, Dunlop et al. 2018). Os GAPs surgiram como equivalentes dos planos de ação para a biodiversidade (PAB), criados a partir das resoluções da Convenção da Diversidade Biológica, estabelecida durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD) que ocorreu no Rio de Janeiro, em 1992 – a ECO-92. O principal objetivo dos BAPs é proteger e restaurar sistemas biológicos prejudicados, por meio de coleta de informações e criação de metas para a conservação de espécies ameaçadas e estabelecimento de parcerias.

Muitos setores da sociedade, tais como instituições de pesquisa, organizações não-governamentais, governos, entre outros, participam da elaboração destes planos e têm responsabilidade na execução e monitoramento dos resultados. Até 2008, cerca de 40 LGAPs foram elaborados em diferentes escalas, sendo posteriormente avaliados por meio de relatórios que sugeriram a necessidade de formular indicadores de progresso (Natural England 2008, 2010).

Os planos de ação para a geodiversidade têm sido empreendidos em várias escalas e em diferentes tipos de situação. Exemplos são empresas de extração de materiais geológicos (pedreiras), áreas urbanas, como por exemplo, a cidade de Londres e Estados (Dunlop et al. 2018).

2. Cartas da geodiversidade (Geodiversity Charters)

As cartas da geodiversidade são documentos sintéticos, que descrevem em linhas gerais a geodiversidade de um país ou região. Como principal contribuição está o fato de conterem indicações e sugestões de ações aos diversos setores da sociedade. Com linguagem simples e direta, o documento incentiva estes setores – organismos públicos, empresários e corporações privadas, proprietários e gestores de terras, acadêmicos, professores, organizações voluntárias, indivíduos, comunidades, entidades financiadoras públicas e privadas – a acessar o documento na busca de inspiração para ações que promovam a conservação da geodiversidade. Exemplos destes documentos podem ser vistos nas cartas da geodiversidade da Inglaterra ou da Escócia (Geodiversity Charters) – Gordon e Barron (2012), English Geodiversity Forum (2014), Scottish Geodiversity Forum (2013). De acordo com Dunlop et al. (2018), a carta da geodiversidade do País de Gales está em desenvolvimento.

3. Estratégias para a geodiversidade

Dentro de uma perspectiva mais ampla, recentemente alguns GAPs foram, juntamente com os inventários (Geodiversity Audits), combinados sob o nome de Estratégia para a Geodiversidade (GLNP 2016), que incluem, além do plano de ação em si, uma abordagem ecossistêmica a ser utilizada como ferramenta em formulação de políticas e tomadas de decisão. A adoção destas estratégias pode ser também conferida na Espanha, um outro país que tem abordado o tema com bastante seriedade. Além do inventário mencionado anteriormente, documentos contendo estratégias para a Geodiversidade foram elaborados pelas comunidades autônomas do País Basco (Arana e Monge-Ganuzas 2013, DMAPT 2014) e Andaluzia (CMAOT 2014). Estes documentos contêm informações detalhadas sobre o panorama das ações integradas para a geodiversidade, incluindo metas específicas, indicadores de progresso e critérios de monitoramento, que permitem a avaliação periódica e readequação, quando necessário. A grande vantagem destes planos, que podem ser elaborados em várias escalas, é estabelecer diretrizes comuns para as ações envolvendo geodiversidade, fomentando parcerias e influenciando o poder público e os organismos de financiamento.

3. Inventário e avaliação de geossítios como bases para o desenvolvimento sustentável: o litoral norte do estado de São Paulo, Brasil

Artigo submetido ao periódico "Anais da Academia Brasileira de Ciências"

RESUMO

O inventário revisado e integrado do patrimônio geológico do litoral norte do estado de São Paulo, Brasil, resultou em 44 geossítios distribuídos em oito categorias geológicas. Os geossítios selecionados são representativos de uma história geológica desde o Neoproterozoico (Ciclo Brasiliano-Pan Africano) ao recente, abrangendo um período de cerca de 700 milhões de anos. Considerando o caráter dinâmico dos inventários do patrimônio geológico, os resultados apresentados neste trabalho basearam-se em levantamentos locais realizados em cada município, que foram revisados à luz de novos dados geológicos e métodos de geoconservação. As avaliações qualitativas e quantitativas foram utilizadas para discutir a representatividade geológica e prioridades destes geossítios, bem como aspectos legais em relação à proteção e perspectivas para uso futuro. Como resultado tem-se um inventário detalhado que reflete o conhecimento geológico atual no litoral norte do estado de São Paulo, que pode ser utilizado para fazer um diagnóstico geral do valor científico, estado de conservação, risco de degradação e uso potencial do patrimônio geológico. Além disso, reforça a importância de locais de interesse geológico de relevância local e regional como bases para um manejo sustentável do território utilizando o patrimônio geológico e para direcionar as decisões relacionadas à conservação e uso desta parte abiótica da natureza na região.

Palavras-chave: Brasil, Gestão do patrimônio geológico, Inventário, Litoral do estado de São Paulo, Patrimônio geológico, Políticas públicas.

4 O uso de locais de interesse geológico na divulgação de geociências: aplicação ao litoral norte do estado de São Paulo, Brasil

Artigo em preparação

RESUMO

Este trabalho apresenta informações sobre três aspectos principais em relação à geoconservação no litoral norte do estado de São Paulo, Brasil: i) Inventário de sítios da geodiversidade; ii) Avaliação de geossítios e sítios da geodiversidade quanto ao seu uso para turismo e educação; e iii) estudo de caso de um projeto de disseminação com base em comunicação científica e princípios de interpretação ambiental. Oitenta e sete locais de interesse geológico foram avaliados de acordo com o potencial de uso turístico e educativo. Também explica-se o processo relacionado ao desenvolvimento de um projeto sobre doze painéis interpretativos. Por meio de uma combinação de critérios de risco de degradação e acessibilidade, bem como de conteúdo geocientífico, foi possível definir categorias para o uso desses locais de acordo com diferentes tipos de visitantes. Nossa principal motivação é contribuir para o uso prático da geodiversidade e do patrimônio geológico como base para estratégias sustentáveis na região. Esses aspectos são discutidos à luz da necessidade de uma comunicação adequada das geociências com o público em geral e sua relação com o papel social dos geocientistas frente às questões ambientais modernas.

Palavras-chave: Educação em Geociências, Geossítio, Geoturismo, Painéis Interpretativos, Sítio da Geodiversidade.

5 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS PRESTADOS PELA GEODIVERSIDADE NO LITORAL PAULISTA: AVALIAÇÃO PRELIMINAR

Este capítulo tem como objetivo identificar, de modo preliminar, os serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade no litoral paulista. Não se pretende esgotar o tema, mas sim lançar as bases para uma abordagem ecossistêmica da geodiversidade na região, que leve em consideração as especificidades de cada segmento do litoral. A ideia deste trabalho é servir como guia para futuras iniciativas locais e testar a metodologia de identificação destes serviços ecossistêmicos com base nas categorias definidas por Gray (2013), nos dados disponíveis na literatura e em observações de campo.

Pretende-se que os dados levantados sirvam como uma etapa no desenvolvimento de uma abordagem mais integrada visando uma futura estratégia e plano de ação para a geodiversidade na região. Para isso, foram identificadas e avaliadas as distintas contribuições da geodiversidade para os serviços ecossistêmicos na região do litoral do estado de São Paulo.

5.1 Contexto geológico

A distribuição dos ecossistemas no litoral paulista está intimamente relacionada às características do meio físico, ou seja, às rochas, às estruturas, aos solos, aos sedimentos e às formas de relevo, além dos eventos geológicos. Portanto, a compreensão da evolução geológica da região é fundamental para avaliar o papel destes elementos abióticos na formação, evolução e manutenção destes ambientes.

De modo geral, a história geológica da região pode ser sintetizada da seguinte maneira (Fig. 5.1):

i) As rochas mais antigas correspondem a gnaisses orto e paraderivados, migmatitos, rochas metabásicas e calciossilicáticas do embasamento pré-cambriano, que recebem denominações distintas ao longo da região e fazem parte de terrenos amalgamados no Neoproterozoico. Em termos cronológicos, as rochas mais antigas que se conhece correspondem aos complexos Itatins e Atuba, do Paleoproterozoico (Perrotta et al. 2005);

ii) A colisão continental durante a formação do supercontinente gerou rochas granitoides sin a pós-cinemáticas, que foram intrudidas nos litotipos anteriores;

iii) A fragmentação deste supercontinente, no Jurássico-Cretáceo, foi acompanhada por faturamento e extensivo magmatismo toleítico, caracterizado na região pela

ocorrência de diques orientados preferencialmente nas direções NE-SW e NW-SE. O rifteamento crustal gerou também bacias ao longo da margem costeira, que no estado de São Paulo corresponde à Bacia de Santos;

iv) No Neocretáceo, um novo evento magmático ocorreu, com a intrusão de corpos alcalinos sob a forma de batólitos e diques;

v) No final do Cretáceo, movimentos extensionais geraram a Falha de Santos, cuja porção mais elevada formou a Serra do Mar (Almeida e Carneiro 1998), que corresponde a um grande alinhamento de escarpas que se estende ao longo de cerca de 1.000 km, desde o estado do Rio de Janeiro até Santa Catarina. Desde sua formação, as escarpas da Serra do Mar recuaram cerca de 40 km em direção ao interior. As heterogeneidades litológicas e estruturais controlam a maneira pela qual este recuo ocorre,

i) No Quaternário, as variações do nível do mar deram origem a dois eventos transgressivos-regressivos associados à formação das planícies costeiras: os eventos Cananeia (~120.000 AP) e Santos (~5.100 AP) - Suguio & Martin (1978). Ao longo da linha de costa, o litoral apresenta características distintas em relação à distância da Serra do Mar e à dimensão das planícies costeiras. A norte, o litoral paulista é caracterizado por planícies menores, com distâncias de até 10 km até a Serra do Mar e rios pouco expressivos. Em direção a sul, dominam as grandes planícies litorâneas e ambientes flúvio-lagunares, com praias extensas (Souza 2009);

ii) Além da linha de costa, a história geológica influenciou também a plataforma continental, que possui características distintas ao longo do litoral. De acordo com Tessler et al. (2006), a Ilha de São Sebastião marca mudanças geomorfológicas tanto da linha de costa como da plataforma continental. As principais diferenças estão relacionadas à distribuição das isóbatas e consequente diferenças de declividade e à formação de feições do relevo submarino, tais como canais e vales submarinos. As características destas feições controlam fortemente a distribuição de sedimentos ao longo da plataforma;

iii) Esta complexa história geológica resultou em compartimentos geomorfológicos distintos, denominados Serrania Costeira e Baixada Litorânea, que fazem parte da unidade Província Costeira (Almeida 1964, IPT 1981, Ross e Moroz 1997).

Figura 5.1. Mapa de localização da área de estudo com a base geológica de Perrotta et al. (2005). Fonte da imagem: Google Earth.

5.2 Caracterização dos ecossistemas

Além das características geológicas e geomorfológicas, o clima, o regime de ventos, além das correntes litorâneas, foram responsáveis pelo desenvolvimento de diversos ecossistemas, formados pelos diferentes elementos abióticos em consonância com um grande número de seres vivos. A maior parte dos ecossistemas é típico de regiões costeiras e em geral estão associados à Mata Atlântica, que está presente ao longo da Serra do Mar em todo o litoral do estado. Partindo-se da Serra do Mar até o fundo oceânico, tem-se, então, ecossistemas que variam desde continentais, francamente terrestres, até aquáticos, tanto fluviais como costeiros e marinhos.

Os ecossistemas associados à Serra do Mar são controlados por vários fatores, entre eles a temperatura, a altitude, a pluviosidade e a composição do solo, que são determinantes para a ocorrência de diferentes tipos de vegetação. Na região abordada, as encostas da Serra do Mar caracterizam-se por uma vegetação típica denominada Floresta Ombrófila Densa. As bacias hidrográficas que compõem o litoral paulista têm suas origens na Serra do Mar, onde atravessam a vegetação característica da Mata Atlântica e possuem altos gradientes, com cachoeiras, corredeiras e quedas d'água. Nas planícies, muitos destes ricos formam meandros bem definidos e são utilizados para navegação.

Para a definição dos ecossistemas costeiros utilizou-se o estudo de Prates et al. (2012) que, embora trate da totalidade do Brasil, utiliza uma abordagem por estado (Quadro 5.1). Em geral, o limite entre estes ecossistemas é bastante tênue e varia de acordo com o grau de interação entre eles. Destaca-se que alguns termos, como por exemplo restinga, são utilizados com conotações bastante diferentes dentro da Geologia e da Ecologia (Souza et al. 2008, Pereira et al. 2010). Neste trabalho, utilizar-se-á o conceito de restinga descrito na Resolução CONAMA no. 303 (Brasil 2002), que abrange depósitos arenosos de planícies e cordões litorâneos, com uma cobertura vegetal que varia entre herbácea e arbórea. Embora ciente da controvérsia que cerca o termo, optou-se por sua manutenção por ser o utilizado em publicações disponíveis que tratam dos ecossistemas no Brasil.

Quadro 5.1. Ecossistemas costeiros do Brasil e respectivas áreas de ocupação. Fonte: Prates et al. (2012).

Ecossistemas costeiros	Área (ha)
Banhados e áreas alagadas	4.849.671
Costões rochosos	144.475
Dunas	318.312
Estuários	6.696.787
Lagunas	1.518.426
Manguezais	1.225.444
Marismas	12.149
Praias	82.778
Restingas	469.183

Nos estuários, muitas vezes formam-se lagunas e, juntos correspondem a ecossistemas de transição que congregam importantes formas de vida. Na região, os estuários e lagunas ocorrem principalmente nas regiões central e sul. O mais importante é o Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá, Patrimônio da Humanidade pela UNESCO, em decorrência de sua importância ambiental e cultural e constitui-se em uma das reservas de mangues mais importantes do país (Diegues 2002). Associados aos estuários está um dos mais importantes e mais frágeis ecossistemas da região, os manguezais, típicos de regiões costeiras tropicais e subtropicais (Woodroffe et al. 2016) e que têm sido largamente utilizado pelas populações costeiras.

Os ambientes de transição entre o oceano e o continente são marcados pelos ecossistemas de praias e costões rochosos. No caso da costa paulista, as praias lodosas concentram-se nas proximidades de estuários de grandes rios. De acordo com Souza (2009), as praias arenosas correspondem a cerca de 430 km do litoral paulista e têm características

variáveis. No litoral norte predominam praias reflexivas, com areias grossas e alta inclinação. No litoral central e sul predominam praias dissipativas, com areias finas e baixa inclinação. Os costões rochosos na região são formados por rochas gnáissiscas e graníticas do embasamento pré-cambriano e rochas ígneas básicas e alcalinas e fazem parte também das inúmeras ilhas costeiras do litoral paulista.

Os ecossistemas marinhos são os de mais difícil definição, por compreenderem feições e ambientes submersos. Neste trabalho, para fins de delimitação, será utilizado o Sistema de Eco-regiões Marinhas do Mundo (Marine Ecoregions of the World - MEOW), proposto pela TNC e WWF (2006) como alternativa para o mapeamento da diversidade de paisagens submarinas, visando orientar políticas de conservação (Spalding 2008). Neste sistema, a região do litoral do estado de São Paulo se insere na Ecorregião "Brasil Sul" e seu limite é a área compreendida entre a linha de costa (que varia de acordo com as marés baixa e alta) e o limite leste da zona econômica exclusiva, ou seja, 200 milhas náuticas (Prates et al. 2012). As principais feições morfológicas do fundo marinho na costa de São Paulo são mostradas na figura 5.2. A formação destas feições está relacionada diretamente à história geológica da região, espacialmente a abertura do Oceano Atlântico Sul (Tessler et al. 2006).

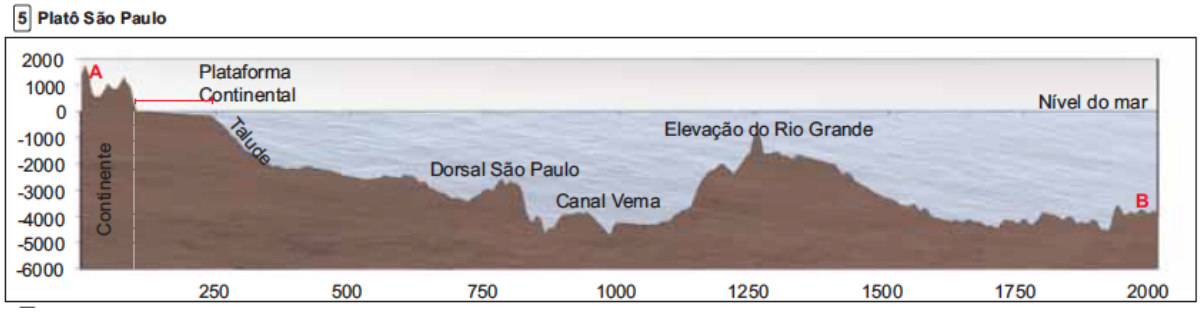


Figura 5.2. Feições morfológicas do fundo marinho na região da costa do estado de São Paulo. Distâncias em metros. Fonte: IBGE (2009).

Uma avaliação mais detalhada acerca do patrimônio geológico marinho na região ainda carece de realização e deve ser feita por meio de inventários sistemáticos, que envolvem definição de categorias geológicas e extensa consulta a bibliografia e pesquisadores (Gordon et al. 2016). O quadro 5.2 mostra uma listagem dos ecossistemas da região e respectivos elementos da geodiversidade associados. A seguir mostra-se como os sistemas geológicos do litoral paulista ajudam a fornecer ou fornecem diretamente alguns dos serviços ecossistêmicos.

5.3 O valor intrínseco

Trata-se de um dos aspectos mais debatidos em termos de valoração e conservação da natureza. De acordo com Gray (2013), o valor intrínseco ou de existência independe da perspectiva humana, ou seja, é o valor da natureza pelo simples fato de existir. De modo geral, há uma contraposição entre uma visão antropocentrista, segundo a qual os recursos naturais do planeta estariam livremente disponíveis para nossa utilização, e uma visão mais centrada na interação igualitária entre o homem e a natureza. No cerne da questão estão duas visões historicamente antagônicas no que se refere ao conceito de "recurso natural". Por um lado está o uso da natureza como recurso econômico passível de ser valorado monetariamente; por outro a concepção de que a natureza por si só já é um recurso do qual devemos desfrutar para nosso bem estar.

Quadro 5.2. Características e elementos da geodiversidade associados aos ecossistemas continentais, costeiros e marinhos do litoral paulista e áreas submersas. * Baseado nos Sistema de Ecorregiões Marinhas do Mundo (MEOW) – Spalding et al. (2008). Fontes dos dados: Perrotta et al. (2005); Souza (2012); Amaral et al. (2016).

Ecossistema	Características e limites	Elementos da geodiversidade associados
Brasil Sul*	Inclui a plataforma continental, o talude, o platô continental, o sopé continental e feições geomorfológicas associadas.	Bacia sedimentar de Santos. Recifes de corais profundos. Depósitos arenosos costeiros.
Costões rochosos	Rochas ígneas e/ou metamórficas que ocorrem na transição com o mar. Podem ser afloramentos ou concentrações de blocos.	Gnaisses e migmatitos pré-cambrianos. Granitos sin e tardi-cinemáticos. Sienitos, gabros, diques basálticos e alcalinos.
Praias	Região de acúmulo de sedimentos arenosos provenientes da degradação de rochas diversas.	Esporões, barras arenosas, tômbolos, praias-barreiras, ilhas-barreiras.
Dunas	Acúmulos de areia formados por processos eólicos. Podem ou não ter vegetação.	Sedimentos arenosos quaternários. Cordões litorâneos ou cristas praiais. Dunas. Paleodunas.
Manguezais	Zonas de transição entre os ambientes fluvial e marinho.	Sedimentos finos, laminados. Processos sedimentares flúvio-marinhos.
Estuários e lagunas	Inclui a desembocadura de rios nas quais o canal é invadido por água do mar e áreas alagadas.	Canais de rios, planícies aluviais, deltas.
Restingas	Depósitos arenosos constituídos pela planície e cordões litorâneos.	Solo arenoso. Terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos antigos. Inclui as planícies de restinga.
Rios	Inclui os canais fluviais formados desde o embasamento pré-cambriano até as planícies costeiras e áreas adjacentes.	Canais de rios, planícies aluviais, barras arenosas, vales, sedimentos fluviais, depósitos de canal.
Serra do Mar	Corresponde às encostas com vergência em direção ao oceano e à porção de planalto.	Gnaisses orto e paraderivados. Rochas granitoides. Zonas de cisalhamento e falhas. Solos. Feições de relevo.

5.4 Identificação dos serviços ecossistêmicos

5.4.1. Serviços de regulação

No litoral paulista os serviços de regulação estão relacionados às feições e processos terrestres, fluviais, marinhos e de transição que atuam como reguladores das condições naturais do ambiente. Diversos ecossistemas contribuem para o fornecimento destes serviços.

Funções reguladoras importantes são prestadas pelos elementos da geodiversidade dos fundos oceânicos, tais como feições de relevo e sedimentos marinhos, que atuam regulando e controlando grande parte da circulação dos oceanos e dos processos de dinâmica marinha, por meio principalmente das diferenças topográficas. Além disso, os sedimentos marinhos constituem-se em poderosos recipientes para estoque de carbono azul, atuando como reguladores de mudanças climáticas e de gases do efeito estufa (Nellemann et al. 2009). O armazenamento de carbono ocorre quando organismos tais como plantas marinhas e de manguezais, principalmente, absorvem o carbono e, após utilizá-lo na fotossíntese e acumulá-lo como biomassa, fornecem o restante que é acumulado pelos sedimentos marinhos. Estudos indicam que os sedimentos marinhos têm a capacidade de armazenamento de carbono – denominado carbono azul - muito maior do que o solo terrestre, por isso a conservação destes ecossistemas é fundamental para a manutenção dessa função essencial (Avelar et al. 2017 e referências). As taxas de acumulação de sedimentos alóctones e autóctones nos manguezais, tanto inorgânicos como orgânicos, variam fortemente dependendo das condições de sedimentação. Grandes quantidades de sedimentos terrígenos podem formar bancos de lama dinâmicos, enquanto as marés atuam redistribuindo os sedimentos.

Moller et al. (2014), num estudo experimental sobre o papel dos manguezais na atenuação da erosão causada por ondas, identificaram reduções significativas nestes efeitos em regiões com manguezais preservados. Os autores construíram um grande aparato para medir a força das ondas em locais situados antes e depois de regiões de manguezais e avaliaram a dissipação das ondas. Embora os manguezais vegetados tenham atuado mais significativamente nesta redução, a presença do ambiente já se constitui numa barreira importante para conter a erosão costeira associada a ondas de ressaca, marés extremas e mesmo tsunamis. Além disso, os sedimentos finos característicos dos manguezais funcionam como sumidouros muito eficientes para diversos tipos de contaminantes de águas pluviais.

Muitas funções reguladoras estão associadas aos manguezais. Dentre elas destacam-se a capacidade de recarga dos aquíferos, o controle de inundações, a estabilização da linha de costa por meio do controle da erosão, retenção de sedimentos, de substâncias poluentes e de

resíduos sólidos, a proteção contra tempestades e ventos, a estabilização de alguns microclimas. Estudos sobre valoração de serviços ecossistêmicos de manguezais, inclusive monetários, foram realizados por diversos autores em Cananeia, Bertioga, Santos, entre outros (Grasso 1994, Tognella 1995, Pozzi Neto 2001). Os estudos indicaram a grande dependência das comunidades de pescadores diretamente relacionados aos manguezais e testou a percepção de turistas a partir da técnica "despesas com viagens".

Além do sequestro de carbono, os manguezais podem conter registros de variações pretéritas do nível do mar (Woodroffe et al. 2016), que podem ser medidas por meio de datações radiométricas indicativas de sedimentação de longa duração. Por outro lado, processos mais curtos de compactação do substrato podem ser avaliados por meio de marcadores horizontais e taxas de elevação.

Os ecossistemas fluviais englobam tanto os canais dos rios como suas planícies de inundação, constituindo portanto ambientes muitas vezes de transição. Quando ocorrem as inundações, água e sedimentos carregados pelos rios e provenientes da desagregação das rochas adjacentes sofrem transporte e chegam até as planícies, fazendo com que o solo nestas áreas se torne bastante rico (Fig. 5.3A). Além disso, estas áreas também são responsáveis pela filtragem de nutrientes e sedimentos dos rios, atuando como reservatórios, regulando o volume da água e promovendo sua purificação. Por outro lado, a matéria orgânica estocada nos solos das planícies de inundação é transportada para os canais fluviais, sendo importantes para garantir a existência de um sem-número de espécies vegetais e animais nas beiras dos rios. De acordo com Woodroffe et al. (op. cit.), em regiões tropicais muitos deltas sofrem uma grande subsidência, o que provoca o aumento relativo do nível do mar. A manutenção dos manguezais atua diretamente sobre estes efeitos.

Funções reguladoras fundamentais são realizadas pelas praias e dunas, principalmente as arenosas, que funcionam como defesa da costa e auxiliam na atenuação da energia das ondas e das tempestades, com consequente redução de danos, tanto materiais como imateriais. As praias também promovem a filtragem de grandes volumes de água e participam ativamente na ciclagem de nutrientes (Barbier et al. 2011).

Em relação a efeitos mais locais, vários estudos demonstram a influência da topografia da Serra do Mar nos índices de pluviosidade nas planícies litorâneas (Fig. 5.3B). Estudos realizados por Terassi e Galvani (2017) mostram uma clara relação entre as médias de pluviosidade e, consequentemente, de erosividade das chuvas, e o efeito orográfico da Serra do Mar na região da Bacia Hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape. De acordo com Pellegati e Galvani (2010) a combinação dos efeitos da orientação NE-SW da Serra do Mar

(por sua vez associada à estruturação regional) com os ventos úmidos provenientes do oceano atua como agente intensificador do efeito orográfico na região.

Fig. 5.3 - Serviços de regulação prestados pela geodiversidade no litoral do estado de São Paulo. A) Rio Itapanhaú, em Bertioga, um dos maiores rios da região, que presta uma série de serviços ecossistêmicos; B) Visão da Praia de Itaguaré, em Bertioga, com destaque para as escarpas da Serra do Mar ao fundo. O relevo exerce influência significativa nas precipitações médias no litoral de São Paulo.

5.4.2. Serviços de suporte

O substrato e as formas submarinas sustentam uma variedade muito grande de habitats e espécies marinhas, que se servem de ambientes específicos muitas vezes definidos por elementos da geodiversidade, tais como cavernas e pequenas reentrâncias. Em superfície, o desenho da linha de costa produz, muitas vezes, baías e enseadas abrigadas, que têm servido desde o início das colonizações humanas como portos e refúgios. A tese mais aceita para a chegada da esquadra de Pedro Álvares Cabral no Brasil, em 1500, é um exemplo de como as características geológicas e geomorfológicas podem influenciar o comportamento. Tendo avistado o continente numa área a sul, por causa de uma tempestade, Cabral navegou ao longo da costa brasileira por cerca de 60 km até encontrar um local adequado para aportar, chamado de Porto Seguro e que consistia numa baía calma e livre de ondas.

Uma das influências mais significativas da geodiversidade diz respeito à relação entre o substrato rochoso e a cobertura vegetal. Na região abordada, o solo formado pelas rochas graníticas-gnáissicas que compõem a Serra do mar suporta um dos maiores biomas brasileiros, o da Mata Atlântica, que cobre cerca de 13% do território brasileiro (IBGE 2018). Em direção à costa, os depósitos vão se tornando arenosos e pelíticos e a declividade diminui bastante, especialmente nas regiões de planície e o porte da vegetação também se modifica. Um exemplo desta situação está mostrada na figura 5.4. Coelho et al. (2010), num estudo

sobre a relação entre o relevo, o solo e o substrato geológico em restingas nas planícies costeiras de Cananeia e Bertioga, identificaram que o relevo, juntamente com as oscilações do nível do lençol freático, são os principais fatores que condicionam a distribuição dos espodossolos nos terraços marinhos. Isso reforça a estreita relação entre a formação de solos e as feições geomorfológicas (Fig. 5.5A). Os tipos de solos de encosta, com composição areno-argilosa e rico em matéria orgânica, são os preferidos para o crescimento da banana e não é por acaso que o estado de São Paulo é um grande produtor da fruta, produção esta concentrada no litoral paulista, particularmente no Vale do Ribeira (Menezes e Galvão 2004).

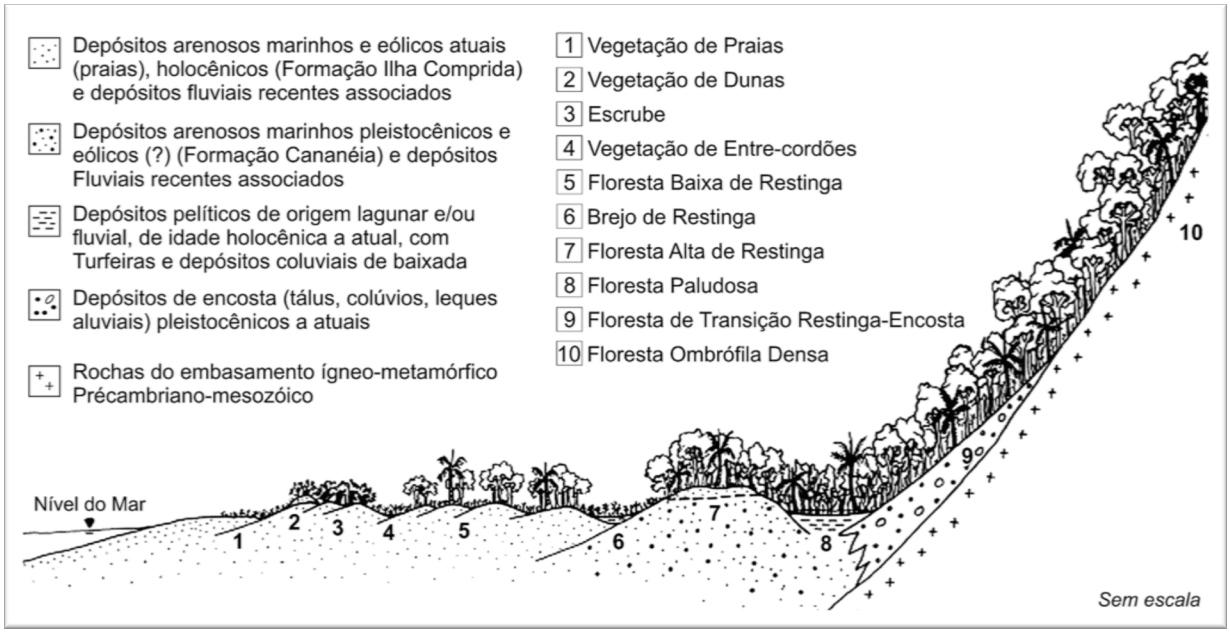


Fig. 5.4. Seção esquemática mostrando a relação entre a distribuição do substrato geológico e a vegetação no litoral paulista. Fonte: Souza et al. (2008).

A região do litoral paulista é berço de várias populações tradicionais. Dentre estas, a comunidade caiçara tem como característica principal a forte relação com o mar e a cultura pesqueira. Neste sentido, vários ecossistemas costeiros e marinhos servem de habitats para espécies importantes para a subsistência destas populações (Fig. 5.5B). Neste sentido, a geodiversidade presta um papel importante na conservação da biodiversidade, por meio da provisão de habitats e berçários para um grande número de organismos terrestres e marinhos, além de pássaros. Um dos exemplos mais emblemáticos são os costões rochosos (Fig. 5.5C) que, na região estudada, são formados essencialmente por dois tipos de associações de rochas: terrenos granito-gnáissicos pré-cambrianos, relacionados ao Supercontinente Gondwana, e rochas vulcânicas relacionadas tanto a magmatismo basáltico quanto alcalino,

mais recentes. Nestes locais vivem ou passam muitos organismos, tais como moluscos, ouriços, crustáceos, entre outros, que são muito importantes para algumas comunidades. A presença destes habitantes dos costões também atrai peixes de vários tipos que são coletados pelos pescadores locais.

As características geológicas e geomorfológicas de costões rochosos e suas potencialialidades para indicadores de variação do nível do mar foram estudada por Teles (2016) em Ubatuba. Por meio da análise de bandas de ouriços, a autora definiu níveis marinhos pretéritos, numa abordagem que estabelece relações entre a geodiversidade e a biodiversidade.

O Arquipélago de Alcatrazes, a cerca de 40 km da costa, em São Sebastião, é formado por biotita granito normalmente porfirítico em vários graus de deformação. Localmente, o granito é cortado por diques subhorizontais de leucogranito fino, o qual apresenta juntas de resfriamento subverticais alargadas por erosão. As aberturas formadas servem de locais para pouso e para ninhos de aves de diversos tipos de aves marinhas.

Mucivuna et al. (2016), num estudo sobre as fortificações no litoral paulista, reportam a construção de fortes sobre plataformas rochosas, formadas por litotipos gnáissicos e graníticos do embasamento (Fig. 5.5D). Exemplos da utilização da geodiversidade por povos antigos podem ser encontrados em Ilhabela, no litoral norte. Nesta localidade, foram encontradas evidências de utilização de cavidades nas rochas como abrigos naturais (Bendazolli et al. 2009) – Fig. 5.5E.

Fig. 5.5. Serviços de suporte prestados pela geodiversidade no litoral do estado de São Paulo. A) Baía do Araçá, em São Sebastião, que mantém um dos últimos remanescentes de manguezal do litoral norte de São Paulo, ameaçado pelo projeto de ampliação do porto; B) Vegetação arbustiva típica de dunas, que funcionam também como área de descanso e alimentação para várias aves migratórias. Ilha Comprida; C) Zonamento horizontal em costão rochoso formado por rochas charnockíticas, definido pela linha de ocorrência de mariscos. Praia do Lázaro, Ubatuba. Foto: C. Bourotte; D) Fortaleza Santo Amaro da Barra Grande, em Guarujá, construída em 1854 sobre laje de biotita granito porfirítico, denominado Granito Guarujá-Santos (Mucivuna et al. 2016). Foto: V. Mucivuna; E) Sítio arqueológico Furnas, em Ilhabela. Abrigo rochoso com evidências de ocupação humana relacionada ao período pré-colonial, com vestígios cerâmicos e líticos. (Bendazzoli et al. 2009).

5.4.3. Serviços de provisão

Os ecossistemas do litoral paulista são responsáveis pela provisão de bens e serviços que são essenciais tanto para a sobrevivência como para a economia e a cultura da região.

Talvez o mais importante serviço de provisão fornecido pela geodiversidade na região seja a água potável. Ao contrário da região do planalto, onde se situa a capital do estado e na qual o fornecimento de água é feito principalmente por meio de represas, na região costeira a água é captada em pontos específicos de rios provenientes da Serra do Mar. A água é encaminhada por meio de adutoras aos sistemas produtores de água potável da região. A presença da Serra do Mar aumenta a incidência de chuva, o que favorece a disponibilidade hídrica da região.

A região é banhada por várias bacias hidrográficas agrupadas em três sistemas principais: A) do Litoral Norte, que abrange os municípios de Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela; B) da Baixada Santista, que abrange os municípios de Bertioga, Cubatão, Guarujá, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos e São Vicente; e C) BH do Ribeira de Iguape e Litoral Sul, que abrange os municípios de Cananeia, Iguape e Ilha Comprida (Portal do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do estado de São Paulo - SigRH, http://www.sigrh.sp.gov.br, acesso em 02/03/2018). No litoral norte os rios são em geral pouco expressivos e controlados pela proximidade da Serra do Mar, enquanto em direção a sul o predomínio de planícies fluviais e flúvio-lagunares se torna mais evidente. No Rio Itatinga, em Bertioga, existe uma usina hidrelétrica construída em 1910 com o objetivo de fornecer energia para o Porto de Santos (Fig. 5.6A).

Os materiais provenientes da geodiversidade têm sido utilizados deste a época colonial na construção de edifícios para vários fins. Construções utilizando materiais geológicos estão espalhadas por todos os municípios do litoral. Dentre estas destacam-se o grande número de construções em Santos e São Vicente, na Baixada Santista (Fig. 5.6B), cidades nas quais o patrimônio geológico tem sido destruído de forma drástica devido à grande urbanização. Além disso, nas cidades de Cananeia e Iguape, no litoral sul, grande parte dos edifícios históricos são formados por rochas provenientes da região. Em São Sebastião e Ilhabela, no litoral norte, o Sítio Arqueológico São Francisco e o antigo mercado de escravos, respectivamente, constituem-se em exemplos da utilização das rochas locais nas construções (Fig. 5.6C). Em Ubatuba, ruínas de antigas fábricas, das quais muitas vezes só restam as colunas, são encontradas em Lagoinha e na Praia da Lagoa, entre outros, tendo sido construídas com blocos de gnaisses e granitos da região. Informações sobre materiais pétreos

utilizados em sítios do patrimônio construído podem ser encontrados em Mucivuna et al. (2016), Arruda et al. (2017) e Queiróz et al. (2018).

Um dos principais produtos de extração da região é a rocha ornamental denominada "Granito Verde Ubatuba", que teve sua extração proibida em 1977, quando da criação do Parque Estadual da Serra do Mar (Fig. 5.6D). Na época, a economia da região estava em grande parte associada ao produto e a maioria da população tinha sua subsistência ligada, de várias formas, à extração e /ou comercialização da pedra, o que provocou sérios conflitos. A rocha era exportada para vários países do mundo e sua importância é tão grande que, mesmo tendo a extração proibida, existe hoje uma rocha similar, mas extraída do estado do Espírito Santo, que recebe o mesmo nome comercial. Outros tipos de rochas, tais como granitos e migmatitos, também são exploradas essencialmente para brita, em pedreiras principalmente no litoral norte e na Baixada Santista.

Fig. 5.6. Serviços de provisão prestados pela geodiversidade no litoral do estado de São Paulo. A) Captação de água do Rio Itatinga, em Bertioga; B) Engenho dos Erasmos, em São Vicente, contruído em 1534 com blocos de granito e outras rochas provenientes da região; C) Parede do antigo mercado dos escravos, em Ilhabela. Atualmente no local funciona uma imobiliária, que preservou a estrutura antiga e permite que visitantes observem o local; D) Antiga extração de charnockito, em Ubatuba. A rocha era denominada comercialmente de "Granito Verde Ubatuba", sendo uma importante pedra ornamental. Sua extração foi proibida em 1977, quando da criação do Parque Estadual da Serra do Mar.

De acordo com dados da Secretaria de Energia e Mineração do estado de São Paulo, as atividades de mineração no litoral paulista têm como principais produtos os materiais de empréstimo, as pedras para brita e para cantaria, areia, cascalho e turfa. Além da rocha ornamental, outros materiais de uso direto na construção civil são encontrados na região. Um destes produtos é o saibro, um material argilo-arenoso proveniente da alteração de rochas granito-gnáissicas que é muito comum na região do litoral norte de São Paulo (Ferreira e Fernandes da Silva 2008). Sendo um produto do intemperismo das rochas, a formação do saibro está diretamente relacionada à composição litológica e às condições climáticas da região. O saibro sempre exerceu um papel importante no processo de urbanização da região, pois foi largamente utilizado para aterramento de áreas alagadas, o que permitiu a instalação de núcleos habitacionais e a criação de malha viária. A larga utilização deste produto está relacionada à sua abundância e ao modo de extração simples, mas a extração desordenada causou sérios problemas ambientais a partir de 1960. Apesar da fiscalização, que limitou a lavra ilegal do produto, a recuperação de áreas degradadas ainda não foi completamente bem sucedida. Além de muitas vezes facilitar os processos de movimento de massa, tão comuns na região, as áreas mineradas alteram e reduzem o valor paisagístico, importante devido ao turismo. A extração de areia também constitui-se em importante atividade. O quadro 5.3 apresenta uma síntese dos materiais geológicos utilizados na mineração na região.

Em termos de recursos naturais econômicos, um dos serviços de provisão mais importantes no litoral paulista é o petróleo e o gás natural, fornecidos pelas rochas sedimentares que formam a Bacia de Santos. Com uma área total de mais de 350 mil quilômetros quadrados, é a maior bacia sedimentar offshore do país e se estende de Cabo Frio (RJ) a Florianópolis (SC) – Chang et al. (2008), Riccomini et al. (2012). Os elementos da geodiversidade relacionados aos sistemas petrolíferos da Bacia de Santos são as rochas geradoras, reservatórios e selantes, além de estruturas tais como falhas e dobras que servem como armadilhas para o óleo e o gás. De acordo com dados da Secretaria de Energia e Mineração, o estado de São Paulo é o segundo maior produtor de petróleo do Brasil, com produção diária de cerca de 469 mil barris de petróleo, e o segundo maior produtor de gás natural do país, com produção de 19 milhões de metros cúbicos/dia (CEPE 2012).

Quadro 5.3. Síntese das substâncias minerais utilizadas como materiais de construção no litoral do estado de São Paulo. Fonte: IPT (2007, 2013, 2015)

SUBSTÂNCIA MINERAL	APLICAÇÃO	UNIDADE GEOLÓGICA
Rocha para brita e cantaria	Produtos pétreos para a construção civil: agregados e cantaria	Complexo Costeiro (migmatitos e gnaisses) Complexo Embu (gnaisses e migmatitos)
Rochas ornamentais e para revestimento	Revestimentos em geral na construção civil	Complexo Costeiro (migmatitos e gnaisses) Complexo Embu (gnaisses e migmatitos)
Areia e cascalho	Agregados para construção civil: concreto, argamassa	Depósitos fluviais atuais Depósitos Indiferenciados colúvio-aluviais Depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos
Materiais de empréstimo	Obras civis: aterros imobiliários e rodoviários, leitos de estradas	Mantos de alteração sobre as rochas cristalinas pré-cambrianas
Areia industrial	Vidro, fundição, cerâmica, refratários, cimentos, plásticos, tintas, entre outros	Depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos
Turfa	Agricultura, jardinagem e insumo energético	Depósitos lagunares atuais sobre sedimentos da planície costeira
Areia de brita	Substituto de areia comum em argamassas e concretos	Complexo Costeiro (migmatitos e gnaisses) Complexo Embu (gnaisses e migmatitos)
Argila	Cerâmicas, refratários e usos medicinais (mangues).	Depósitos fluviais atuais Depósitos Indiferenciados colúvio-aluviais Depressões paleolagunares Depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos
Água mineral	Bebidas	Rochas cristalinas pré-cambriandas e mesozoicas

Além do petróleo e gás natural, a plataforma e áreas marinhas adjacentes possuem uma série de recursos minerais, que vêm sendo avaliados por meio do REMPLAC – Programa de Avaliação da Potencialidade Mineral da Plataforma Jurídica Brasileira (Cavalcanti 2011). A exploração e o aproveitamento destes recursos é feita com base na Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar (CONVEMAR), que define o direito à soberania dos estados costeiros sobre a chamada zona econômica exclusiva (ZEE), que inclui as águas sobrejacentes ao leito do mar e seu subsolo. A convenção define ainda regras para conservação e gestão destes recursos naturais, desde que se tratam de ecossistemas extremamente frágeis e que certamente sofrerão impactos relevantes. Dentre os principais recursos potenciais estão os minerais pesados no litoral sul e os granulados bioclásticos, no litoral norte (Souza 2008).

5.4.4. Serviços culturais

O litoral paulista expõe uma beleza cênica que é amplamente explorada pelo turismo. Associada ao clima tropical, as praias, cachoeiras e a Serra do Mar proporcionam descanso e recreação para milhares de visitantes e moradores (Fig. 5.7A). Além disso, as feições naturais da região têm relação direta com o comportamento dos povos que lá habitaram e habitam. Suas características, profundamente marcadas pela presença da Serra do Mar e do oceano, guardam importantes valores em termos de patrimônio histórico e cultural.

Os elementos da geodiversidade vêm sendo largamente utilizados como atrativos turísticos na região. Alguns destes elementos constituem sítios de interesse geológico que possuem relevância científica, turística ou educativa. Exemplos destes locais utilizados como atrativos turísticos são geossítios como a Cama de Anchieta, em Itanhaém (Fig. 5.7B), o Pico do Baepi, em Ilhabela e o Morro São João, em Cananeia, entre outros. Dentre os sítios da geodiversidade já utilizados turisticamente estão a Pedra do Sino, em Ilhabela e as Geoformas no Granito Pico do Papagaio, em Caraguatatuba. Detalhes acerca de alguns destes locais podem ser encontrados nos trabalhos referentes aos inventários do patrimônio geológico que vêm sendo empreendidos na região (V. Garcia et al. 2018b e referências incluídas).

Muitas lendas cercam feições importantes da geodiversidade da região. Exemplos de histórias folclóricas e lendas relacionadas aos aspectos da geodiversidade podem ser encontrados nos trabalhos originais do inventário do patrimônio geológico da região. No litoral norte, Prochoroff (2014) descreve as histórias relacionadas à Pedra do Sino (Fig. 5.7C), ao Lago Dourado e à Praia da Feiticeira, em Ilhabela. A lenda da Gruta que Chora, em Ubatuba, é descrita por Santos (2014). Arruda (2017) descreve a lenda relacionada à Pedra da Freira, em Caraguatatuba. Outras lendas circundam a Cama de Anchieta, em Itanhaém, a do Pontal da Cruz, em São Sebastião, a Pedra da Feiticeira, em Santos, entre muitas outras que buscam explicar a origem de paisagens e de formas do relevo.

As paisagens da região vêm sendo utilizadas como inspiração artística desde a época colonial, nas artes, na literatura, na música, entre outros. Dentre os artistas que retrataram diferentes aspectos naturais do litoral paulista está um dos mais famosos artistas que viajaram pelo Brasil durante do Império, Jean-Baptiste Debret (1768-1848) – Fig. 5.7D. Benedito Calixto (1853-1927), sendo natural de Itanhaém, tem sua obra centrada em retratar diversos aspectos do litoral paulista. Seu neto, Francisco Calixto de Jesus (1926-2013) também pintou quadros retratando principalmente o litoral norte. Recentemente, as paisagens litorâneas foram tema da exposição “Praia: paisagem em processo”, na Biblioteca José Mindlin, na

Universidade de São Paulo (Jornal da USP 2017). A exposição apresentou pinturas, esculturas e fotografias, entre outros, retratando o litoral paulista.

A região possui um dos maiores mosaicos de unidades de conservação do estado. Embora a maior parte destas unidades de conservação tenha sido criada com foco na biodiversidade, é marcante a utilização de elementos da geodiversidade como motivação e conforto das pessoas. Exemplos disso são as trilhas ecoturísticas que existem nestes locais. A Trilha do Saco Grande, por exemplo, na Ilha Anchieta, em Ubatuba, tem seu final num dos geossítios mais emblemáticos do litoral norte, o "Monzogranito Ilha Anchieta", com grande relevância científica. A Trilha da Água Branca, em Ilhabela, tem seu percurso ao longo de cinco quedas d'água sobre granito porfirítico e tem, além do potencial educativo, grande relevância turística. No Núcleo Caraguatatuba do Parque Estadual da Serra do Mar, foi inaugurada uma trilha acessível, que tem no final um afloramento de gnaisse para o qual planeja-se a interpretação acerca de aspectos geológicos da região. Apesar de não se constituírem em atrativos turísticos tradicionais, os manguezais muitas vezes podem ser utilizados para atividades de ecoturismo. Na região do Núcleo Picinguaba do Parque Estadual da Serra do Mar, em Ubatuba, a unidade de conservação promove um passeio pelo manguezal em que são explorados aspectos ambientais, inclusive os processos de sedimentação.

Fig. 5.7. Serviços culturais prestados pela geodiversidade no litoral do estado de São Paulo. A) Utilização da praia como lazer e entretenimento e como fonte de bem estar pela sociedade.; B) Cama de Anchieta, em Itanhaém. O local, que foi valorizado pela prefeitura local com a construção de passarela e portal, foi utilizado por José de Anchieta em sua passagem pela área. Trata-se de um atrativo turístico tradicional, ao redor do qual pairam muitas lendas; C) Sítio da geodiversidade "Pedra do Sino", em Ilhabela. Alguns blocos de sienito emitem som de sino ao serem tocados com um objeto metálico. Chamada de "pedra-ferro" pelos moradores locais, o local é muito utilizado para turismo e conta com passarela construída pela prefeitura local e pelo proprietário de um restaurante ao lado. O GeoHereditas instalou um painel interpretativo no local. Foto: D. Machado; D) Praia do Gonzaga, Santos.Pintura mostrando a cidade de São Sebastião com a Serra do Mar ao fundo. Jean-Baptiste Debret (Século XIX).

Vários grupos voluntários associados à proteção de vários dos ecossistemas presentes na região mantêm suas atividades. Entre eles destacam-se o Projeto Tamar, que tem uma das sedes em Ubatuba e busca, juntamente com a proteção às tartarugas marinhas, conservar os ecossistemas marinhos e costeiros. O Instituto Terra Brasilis atua em projetos relacionados à conservação de manguezais e de rios na região. O SOS Lagoa Azul, que trata da proteção do ecossistema da lagoa formada na foz do Rio Maranduba, em Caraguatatuba. Recentemente, o Instituto Argonauta, sediado em Ubatuba, lançou um aplicativo para celular para receber denúncias de crimes ambientais no litoral norte.

5.4.5 Serviços de conhecimento

A região é alvo de estudos em várias áreas do conhecimento ligados à Geociências. Amaral et al. (2016), num estudo sobre as características das praias arenosas do Brasil, verificaram que a maior parte dos estudos científicos em praias no país estão concentrados no estado de São Paulo, mais precisamente no litoral norte, fato provavelmente relacionado à proximidade de universidades ou institutos de pesquisa, em especial a universidade de São Paulo. Apesar desta primazia, os pesquisadores destacam que o conhecimento sobre o litoral paulista é pequeno ou nulo.

A geodiversidade do litoral paulista vem sendo palco de estudos em diversas áreas das Geociências, tais como geocronologia e evolução crustal (Fig. 5.8A) mapeamento geológico e geologia estrutural, sedimentologia e dinâmica costeira, geomorfologia, paleoclima (Fig. 5.8B), etc. Dentre os estudos geológicos clássicos estão o primeiro mapa geológico da Ilha de São Sebastião (Freitas 1947), o Guia de Excursão do Congresso Brasileiro de Geologia (Freitas 1959) e o trabalho sobre a evolução da Serra do Mar (Almeida e Carneiro 1998). As pesquisas acerca da geologia e da geomorfologia da região são importantes porque podem fornecer importantes informações sobre a história da paisagem e, mais especificamente, sobre a formação do Oceano Atlântico Sul. Registros acerca de mudanças climáticas pretéritas também são encontrados nas sequências de rochas sedimentares e de sedimentos, o que é crucial para a previsão de cenários futuros. Além disso, por meio destes estudos é possível também avaliar os recursos econômicos da plataforma. A compreensão sobre os processos geológicos atuantes também fornecem informações sobre a evolução dos ecossistemas, a maneira como estes se modificam ao longo do tempo e perspectivas sobre o futuro.

A utilização da geodiversidade em atividades educativas é comum no litoral paulista e vários exemplos podem ser destacados. No Instituto de Geociências da USP, várias disciplinas dos cursos de Bacharelado em Geologia e Licenciatura em Geociências e Educação Ambiental utilizam afloramentos e paisagens do litoral para aulas de campo (Fig. 5.8C). Em Ubatuba, o Projeto Ecossistemas Costeiros, do Instituto de Biociências da USP, com as Trilhas Subaquáticas, vem promovendo atividades de conscientização sobre mudanças climáticas e seus impactos nos costões rochosos (Berchez et al. 2005, 2007, 2008) – Fig. 5.8D). Embora o foco do projeto seja os organismos que vivem nestes ecossistemas, vários aspectos relacionados à conservação destes ambientes passam pela proteção do substrato, ou seja, das rochas que formam os costões. Em Bertioga, dois projetos em Educação Ambiental promovidos pela Prefeitura Municipal ocorrem nos costões da Praia do Indaiá e no canal do Rio Itatinga, respectivamente. Propostas de inserção de conteúdos

geocientíficos nestas atividades foram feitas por Mucivuna et al. (2016). Um kit educativo contendo amostras de areias do litoral norte, rochas e materiais para identificação foi idealizado por Bourotte et al. 2014) – Fig. 5.8E.

O patrimônio geológico constitui-se em parte indiscutível do capital natural de uma região. É por meio deste patrimônio que os geocientistas desvendam a história geológica e buscam compreender os processos atuais. Neste sentido, desde 2011 o litoral paulista é foco de trabalhos de inventário de geossítios (relevância científica prioritariamente) e sítios da geodiversidade (relevâncias educativa e turística) – Garcia et al. (2018b). Muitos destes locais, além de se constituírem em patrimônio, estão incluídos dentre os exemplos apresentados. O Núcleo de Apoio à Pesquisa em Patrimônio Geológico e Geoturismo (GeoHereditas) instalou, até o momento, 12 painéis interpretativos nos municípios de Ubatuba, Caraguatatuba, São Sebastião e Ilhabela, no litoral norte de São Paulo. Estes painéis estão distribuídos em locais com visitação e/ou passagem de pedestres significativas, o que inclui praias, mirantes na Serra do Mar e áreas de proteção ambiental e contam, em conjunto, a história geológica da região (http://www.igc.usp.br/geohereditas).

O Instituto Oceanográfico (IO-USP) mantém bases de pesquisa nos municípios de Ubatuba e Cananeia, que dá apoio a atividades práticas educativas e aos projetos de pesquisa desenvolvidos por professores, pesquisadores e alunos em várias áreas da oceanografia. Além disso, apesar de mais voltado aos estudos da biodiversidade, o Instituto de Biociências (IB/USP) também mantém um centro de pesquisas em São Sebastião (CEBIMar). Um dos painéis interpretativos do GeoHereditas está alocado próximo ao costão rochoso onde são realizadas atividades de Educação Ambiental com os visitantes (Fig. 5.8F).

O quadro 5.4 apresenta uma síntese dos serviços ecossistêmicos do litoral paulista.

Fig. 5.8. Serviços de conhecimento prestados pela geodiversidade no litoral do estado de São Paulo. A) Geossítio "Granito Guaecá na sua área-tipo", datado em 562±6 Ma por U-Pb Shrimp (Meira 2014); B) Geossítio "Terraços pleistocênicos de Bertioga", utilizado para amostragem de material para datação por termoluminescência, fornecendo idades de deposição entre 4,4±0,3 e 3,6±0,2 ka (Guedes et al. 2017); C) Geossítio "Xenólitos do manto da Praia Vermelha do Centro", utilizado para fins didáticos. Na foto, trabalho de campo da disciplina de Petrologia Ígnea, do Bacharelado em Geologia, do Instituto de Geociências da USP; D) Projeto "Trilhas Subaquáticas", na Ilha Anchieta, Ubatuba; E) Kit didático "Da rocha ao grão", produzido a partir de coleções de areias do litoral de São Paulo (Bourotte et al. 2014); F) Painel interpretativo do GeoHereditas instalado no Centro de Biologia Marinha da USP (CEBIMar), em São Sebastião. Fonte: CEBIMar Notícias.

Quadro 5.4. Sumário dos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade no litoral do estado de São Paulo.

Ecossistema/Serviço	*REGULAÇÃO*	*SUPORTE*	*PROVISÃO*	*CULTURAIS*	*CONHECIMENTO*
Plataforma Sul do Brasil	Controle da circulação oceânica. Estocagem de carbono azul.	Habitats para diversas formas de vida marinha.	Habitats para espécies de peixes utilizadas comercialmente. Petróleo e gás natural.	Mergulho em ilhas costeiras, lajes e parcéis.	Geomorfologia e geologia marinhas.
Costões rochosos	Intemperismo químico das rochas silicáticas regula o ciclo do carbono a longo prazo	Baías e portos naturais. Locais para passagem. Plataforma para construções humanas.	Produção natural e cultivada de alimentos.	Mergulho. Lendas sobre geoformas diversas.	Atividades educativas para educação formal e não formal; Petrologia Ígnea e Metamórfica.
Dunas	Importância na infiltração de água e na recarga de aquíferos e como parte do ciclo hidrológico. Controle da qualidade da água.	Controle e estocagem de água.	Habitats de espécies vegetais específicas.	Beleza cênica. Utilização como mirante para observação da paisagem. Qualidade ambiental.	Dinâmica costeira, Sedimentação.
Manguezais	Estocagem de carbono azul. Controle e estocagem de água. Dissipação da energia das ondas.	Habitats para diversas formas de vida.	Refúgio ou berçário terrestre ou transicional. Produção natural e cultivada de alimentos.	Comunidades tradicionais.	Estudos sobre processos e materiais para compreender os processos de longo prazo.

Quadro 5.4. (Cont.)

Ecossistema/Serviço	*REGULAÇÃO*	*SUPORTE*	*PROVISÃO*	*CULTURAIS*	*CONHECIMENTO*
Praias	Controle da erosão. Dissipação da energia das ondas e proteção da linha de costa.	Retenção natural e transporte de sedimentos; filtragem de água	Pesca.	Recreação e turismo. Bem estar. Inspiração artística. Comunidades tradicionais.	Painéis interpretativos instalados pelo GeoHereditas.
Estuários e lagunas	Controle da erosão.		Refúgio e/ou berçário marinho. Produção natural e cultivada de alimentos.	Atividades de ONGs.	Bases e centros de pesquisa.
Restingas	Controle da erosão. Recarga de aquíferos.	Vegetação de restinga.	Refúgio ou berçário terrestre ou transicional.		Registros de climas passados e mudanças climáticas.
Rios	Regulação do fluxo de água e drenagem da terra. Participação no ciclo hidrológico e na movimentação das águas oceânicas.	Canais para transporte	Provisão de água potável. Explotação de areia. Habitats para peixes e crustáceos.	Atividades de lazer. Cachoeiras.	Estudos da dinâmica hidrogeológica.
Encostas da Serra do Mar	Topografia regula a pluviosidade no litoral.	Formação de solos como suporte à vegetação de Mata Atlântica e à produção de banana.	Rochas ornamentais. Refúgio ou berçário terrestre ou transicional.	Inspiração artística – pinturas. Trilhas ecoturísticas nas unidades de conservação.	Painéis interpretativos instalados pelo GeoHereditas.

5.5 Impactos e ameaças

Desde a Serra do Mar até o ambiente marinho, a região do litoral paulista é formada por ecossistemas bastante frágeis e que são frequentemente afetados tanto por processos naturais e por atividades humanas. No que concerne à geodiversidade e os serviços por ela prestados, estas ameaças podem ser sentidas em vários aspectos, tais como os movimentos de massa, a pesca, a extração ilegal de agregados, a exploração de hidrocarbonetos, os cabos e tubulações de gás, a navegação, as obras, a eliminação de lixo e a atividade militar. Em adição às consequências mais locais, estas atividades podem afetar regiões distantes, dependendo da dinâmica dos sistemas envolvidos. Neste sentido, além da identificação dos impactos e das ameaças à geodiversidade, é necessário proceder também uma avaliação do risco de degradação dos elementos envolvidos, para que os resultados sejam utilizados na gestão do meio natural.

Na região da Serra do Mar que, no presente trabalho é representada principalmente pelas escarpas em direção ao oceano, um dos maiores riscos são os movimentos de massa, ocasionados em geral por efeitos naturais, mas muitas vezes agravados pela atividade humana. Historicamente, a região possui registros de escorregamentos de grandes proporções, como o de Caraguatatuba, em 1967 (Cruz 1972, Fúlfaro 1976) e em anos mais recentes (Fig. 5.9A e B). De acordo com Gramani (2001) a frequência dos movimentos de massa nestas regiões está relacionada à alta declividade das encostas, que têm ângulos maiores que 35º, além do regime pluviométrico com chuvas concentradas. Segundo o autor, os movimentos de massa observados constituem-se principalmente em corridas de detritos e escorregamentos translacionais. Dentre as causas antrópicas está principalmente a remoção da vegetação, com consequente remoção do solo e exposição da rocha nas encostas.

Grande parte do litoral, especialmente o litoral norte e a Baixada Santista, são foco de extrema especulação imobiliária, fazendo com que muitas áreas se tornem alvo de manobras para tentar driblar a legislação. Nos municípios da Baixada Santista, especialmente em Santos, Guarujá, São Vicente e Praia Grande, a ocupação da orla foi responsável pela impermeabilização de terraços marinhos, áreas de estuários e lagunas e manguezais, provocando mudanças no padrão de drenagem na região, com perda de fontes de sedimentos (Fig. 5.10A). Nesta região, a urbanização acelerada vem promovendo a perda de grande parte da geodiversidade, como pode ser atestado no trabalho de Queiróz e Garcia (2017). No litoral como um todo, entretanto, este processo de ocupação teve papel importante na estabilidade da linha de costa, pois restringiu a área de atuação da dinâmica costeira natural. Não são raros

os casos onde o crescimento urbano ocorre na zona de pós-praia, afetando diretamente o balanço sedimentar da praia (Fig. 5.10B).

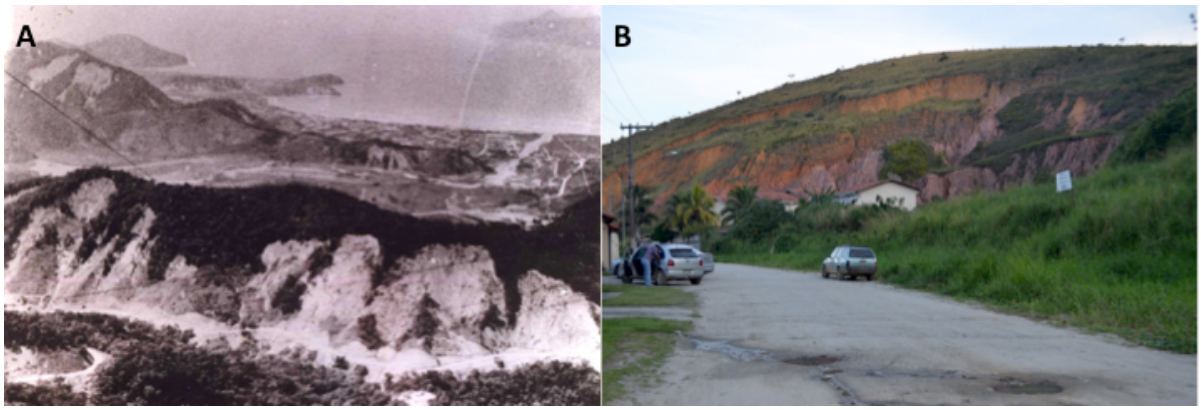


Fig. 5.9. Escorregamentos na Serra do Mar. A) Escorregamentos em 1967, Caraguatatuba. Foto: Arquivo Público de Caraguatatuba; B) Escorregamentos atuais.

Souza (2009) aponta a erosão costeira como o maior risco às atividades associadas às praias no estado de São Paulo. Segundo a autora, mais de 50% das praias paulistas encontram-se em risco de erosão alto e muito alto. O principal fator natural destacado é a elevação do nível do mar, mas, em geral, os fatores naturais e antrópicos atuam de maneira conjunta. Como principais causas antrópicas para a erosão costeira estão a retirada de areia para atividades humanas e a construção de obras de contenção, que promovem frequentemente o balanço sedimentar negativo. As mudanças climáticas foram também apontadas por Berchez et al. (2008) como responsáveis por fortes impactos em ecossistemas de costões rochosos, que servem de habitat a inúmeras espécies de plantas e animais.

A poluição dos ambientes é um fator bastante preocupante, pois além de influenciar na própria composição dos depósitos sedimentares (flúvio-marinhos, nos manguezais, fluviais, nos canais dos rios, eólicos, nas dunas, entre outros) – Fig. 5.10C, gera desequilíbrio na biodiversidade. Segundo dados da Companhia Ambiental do estado de São Paulo (CETESB) existem atualmente oito emissários submarinos na costa paulista, sendo cinco na Baixada Santista e três no Litoral Norte, o que é insuficiente para a região. Muitos municípios despejam resíduos ricos em compostos orgânicos e inorgânicos diretamente no mar ou nos rios que fluem para o oceano, alterando as características físico-químicas da água e causando um déficit de oxigênio nos sedimentos. Alterações no solo areno-siltoso na região do lixão de Ilhabela foram observadas por Suzuki et al. (2005), num estudo que demonstrou a ocorrência de adsorção de metais pesados especialmente pela fração argilosa, o que pode acarretar a contaminação da água subterrânea.

Além das ameaças diretas, as intervenções antrópicas também atuam promovendo a desvalorização da paisagem, que é um dos principais patrimônios da região. Exemplos podem ser observados em vários locais, como por exemplo na Praia do Tenório, em Ubatuba, onde um condomínio foi construído nas encostas de um morro sem nenhuma preocupação com a paisagem no entorno (Fig. 5.10D).

Fig. 5.10. Ameaças a zonas de praias e dunas no litoral paulista. A) Vista da orla de São Vicente a partir da Praia dos Milionários; B) Construções na zona pós-praia na Praia da Paúba, São Sebastião; C) Fragmentos de lixo plástico em meio aos estratos em dunas de Ilha Comprida; D) Condomínio construído sem nenhuma preocupação com a paisagem. Praia do Tenório, Ubatuba.

Mudanças na geografia litorânea causadas por intervenções antrópicas e obras que modificam a dinâmica natural são comuns na região e atingem proporções históricas. Em Iguape, por exemplo, a abertura do canal do Valo Grande, em 1855, vem causando desequilíbrios desde então (Fig. 5.11A). Estudos feitos por Mahiques et al. (2014) demonstraram que a obra praticamente desviou o curso e modificou a localização da foz do rio Ribeira de Iguape, levando à formação de um delta no interior da laguna costeira, devido à transferência gradativa de grande parte do fluxo do rio para o sistema lagunar – o Mar Pequeno. O processo de modificação da paisagem inclui também o desaparecimento de parte dos manguezais, o recuo progressivo da linha de costa na margem de Ilha Comprida, aporte

de areia e alargamento da ponta da Praia da Jureia e desaparecimento da Praia do Leste. Efeitos da abertura do canal também são observados na Ilha Comprida, uma barreira holocênica formada por cordões litorâneos alinhados que se estende por cerca de 70 quilômetros deste Cananeia até Iguape. Estudos de Nascimento Jr. et al. (2008) indicam que o crescimento da barreira para nordeste, embora atuante em escala milenar, aumentou grandemente desde a abertura do canal.

Um outro exemplo de ameaça antrópica à geodiversidade e ao patrimônio geológico é o geossítio "Diques da Ponta do Araçá", incluído no Inventário do Patrimônio Geológico do estado de São Paulo (Garcia et al. 2018a). O local constitui-se num importante registro tanto do magmatismo básico relacionado à fragmentação do Supercontinente Gondwana como do magmatismo alcalino posterior e foi estudado por Garda e Schorscher (1996), além de fazer parte do roteiro de aulas de campo da disciplina Petrologia das Rochas Ígneas, do Instituto de Geociências da USP. Os planos de ampliação do Porto de São Sebastião preveem a cobertura da Baía do Araçá, uma importante área de manguezal, por uma plataforma flutuante (Fig. 5.11B), o que afetaria a dinâmica do ecossistema e os serviços por ele prestados, além de desfavorecer fortemente quaisquer planos de valorização do geossítio. De acordo com Reverte (2014), em seu trabalho de inventário do patrimônio geológico do município, dentre os impactos negativos estão também as interferências na planície de enseada e na biota aquática, o aumento do tráfego de veículos e de embarcações, aumento na demanda de infraestrutura e saneamento e interferência na paisagem local.

Fig. 5.11. Impactos e ameaças à geodiversidade na região costeira do estado de São Paulo. A) Canal do Valo Grande (Mahiques et al. 2014); C) Projeto de ampliação do porto de São Sebastião. Em vermelho: localização do geossítio "Diques da Ponta do Araçá". Fonte: EIA-RIMA Plano Integrado Porto Cidade, 2011.

Uma das ameaças mais prementes e um exemplo de potencial dano direto ao patrimônio geológico é o novo plano de Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) do Litoral Norte. O novo plano, aprovado recentemente, prevê a construção de complexos industriais, gasodutos e usinas termoelétricas na região da planície de Caraguatatuba, onde hoje estão raros registros de feições sedimentares relacionadas aos episódios de transgressão e regressão marinhas e constituem-se em geossítios do inventário do patrimônio geológico da região. Estes geossítios foram estudados por Souza (1992) e podem desaparecer, fato que já ocorreu com um dos mais importantes registros da sedimentação pleistocênica associada à transgressão Cananeia na região, descritos em Souza (1992) e destruído devido à urbanização não planejada no município, agravada após a construção do gasoduto da Petrobras. Esta urbanização tem levado à ocupação de margens de rios, de faixas longitudinais de praia, de manguezais e de dunas, muitas vezes irregularmente. Neste sentido, o turismo, apesar de constituir-se numa atividade econômica fundamental para a maior parte dos municípios litorâneos do estado, exerce um efeito negativo que é sentido por meio da pressão exercida sobre as praias, do movimento de veículos, pisoteio de estruturas, especialmente em zonas litorais e supra-litorais.

Embora essenciais para a manutenção do modo de vida da sociedade moderna, a extração de bens minerais pode resultar em sérios impactos aos ecossistemas e à geodiversidade. Por esta razão, a exploração de recursos geológicos de importância econômica tanto em áreas terrestres como nos oceanos deve ser feita de modo a promover a recuperação das áreas paralisadas. A mineração de saibro, por exemplo, tem acarretado em fortes impactos ambientais no litoral norte, principalmente pela ocorrência de lavras ilegais, dada a facilidade de extração do material (Ferreira e Fernandes da Silva 2008). O principal impacto está associado à desestabilização das vertentes e, consequentemente, a escorregamentos que podem ter graves consequências devido à crescente urbanização da região. De acordo com relatórios técnicos referentes ao Ordenamento Territorial Geomineiro (OTGM) do estado de São Paulo, encomendado pela Secretaria de Energia ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), existem muitas áreas com minas ou jazidas de saibro, pedra para brita e/ou areia abandonadas na região, resultado especialmente de lavras malfeitas ou ilegais, que poderiam ser reativadas caso houvesse a contrapartida da recuperação ambiental, o que poderia reduzir a degradação e os riscos de desastres naturais (IPT 2007, 2013, 2015).

No que concerne à exploração dos recursos do fundo marinho, os principais impactos das operações de dragagem, que são a maioria na região, são a alteração na topografia pela extração de sedimentos, o aumento da turbidez da coluna d'água e a deposição de rejeitos

(Cavalcanti 2011). Estas modificações causam impactos também na biota, principalmente comunidades bentônicas que utilizam estes locais como habitats. Martins et al. (2015) estudaram os impactos gerados durante as várias etapas de produção de petróleo e gás natural desde a perfuração de poços até o refino. Os resultados obtidos pelos autores está mostrado no Quadro 5.5 e indicam que os principais impactos na geodiversidade são as modificações na qualidade das águas, na qualidade do ar e na qualidade dos solos.

Quadro 5.5. Aspectos ambientais gerados pelas atividades ligadas à exploração de petróleo e gás natural com potencial para afetar o meio físico de modo negativo. Fonte: Martins et al. (2015).

1. Geração de cascalho e deposição ao redor da cabeça dos poços
2. Geração de efluentes domésticos e despejo no mar
3. Despejo de resíduos oleosos no solo e/ou mar
4. Má disposição de resíduos sólidos contaminados
5. Emissão de gases
6. Geração de ruídos e vibrações
7. Vazamentos de dutos e/ou tanques de armazenamento no solo e/ou mar
8. Colisões entre navios e despejo de óleo bruto no mar
9. Vazamento ou derramamento de resíduos da lavagem dos tanques de navios petroleiros
10. Despejos de rejeitos do processamento industrial

6 CONTRIBUIÇÃO PARA A ESTRATÉGIA E PLANO DE AÇÃO PARA A GEODIVERSIDADE NO LITORAL PAULISTA

O objetivo deste capítulo é discutir o panorama atual da Geoconservação no litoral paulista como base para uma estratégia e plano de ação para a geodiversidade na região. Destaca-se, aqui, a necessidade da ampla participação de todos os setores da sociedade para que esta estratégia seja bem sucedida.

6.1 Introdução

Estratégias e planos de ação são ferramentas de gestão utilizadas para definir diretrizes gerais e/ou especificas e planejar as etapas e ações necessárias para que determinadas metas sejam alcançadas. Estes instrumentos têm sido usados nos mais variados ramos de atividades e, além do histórico e contextualização da questão, são constituídos por um conjunto de componentes estratégicos que englobam objetivos, metas, ações e indicadores.

No Brasil, no que tange ao meio natural, as estratégias e planos de ação têm sido utilizados para planejar as ações em unidades de conservação (e.g. Mahler Junior 2014, Casanova et al. 2017, ICMBio 2010) e em estados e municípios (SMA-SP 2013, SMMA-Toledo 2017). Em geral, estes planos têm como objetivo principal a conservação da biodiversidade, mas, como comentado anteriormente, os planos de ação para a geodiversidade surgiram, no Reino Unido, como análogos aos existentes para a biodiversidade.

Na esfera nacional, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) lançou, em 2017, a Estratégia e Plano de Ação Nacional para a Biodiversidade (MMA 2017). O plano tem, como pilares fundamentais, uma ampla consulta pública realizada entre 2010 e 2012 - os "Diálogos da Biodiversidade", que teve como objetivo construir as metas nacionais de forma participativa e um documento base – os "Subsídios para um Plano de Ação Governamental e Diretrizes para o PPA 2016-19: Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade". O documento teve a participação do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), mas não faz menção direta à geologia. Entretanto, menciona o conceito de paisagem e as ameaças advindas da sua modificação, especialmente por ações antrópicas. Na Meta 7 - Ação 54, por exemplo, a ser realizada pela academia, está "contribuir com a conservação da biodiversidade nativa e dos serviços ecossistêmicos (aumento dos estoques de carbono no solo e da produção de água e valor estético da paisagem)", o que se relaciona diretamente à geodiversidade. Dentre os

objetivos estratégicos associados ao indicador Queimadas e incêndios florestais, o documento aponta como riscos principais "a exposição do solo à ação das intempéries (intensificando processos erosivos) e o comprometimento dos recursos hídricos" – Meta B5 – Indicador 1. Além disso, a preocupação com a qualidade da água, principalmente a água subterrânea, é premente no documento como um todo, como por exemplo na Meta 8 – Indicador 1, que avalia "a qualidade da água bruta para o uso em abastecimento público humano e a saúde ambiental do ecossistema aquático". Estes excertos indicam que, embora várias das ameaças aos ecossistemas tenham caráter abiótico, a conservação da geodiversidade não é uma medida considerada, ainda que tenha efeito direto sobre as formas de vida.

O estado de São Paulo, com base na Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB 1992) e na 10ª. Conferência das Partes, realizada em Aichi, no Japão, em 2010 – quando foram elaboradas as chamadas Metas de Aichi, elaborou o Plano Estratégico para a Biodiversidade (SMA-SP 2013). O documento descreve os ecossistemas da região litorânea e utiliza classificações baseadas em elementos e processos geológicos e geomorfológicos, tais como Baixada Litorânea e Serrania Costeira, escarpa da Serra do Mar e costão rochoso, mas apenas enquanto habitats para seres vivos.

No âmbito do patrimônio natural abiótico, em 2012 o ICMBio lançou o Plano de Ação Nacional para conservação das cavernas do Rio São Francisco, que tem na coordenadoria o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) – ICMBio (2012). Apesar de ser uma plano que visa, prioritariamente, a proteção de espécies em extinção nesta região, o texto destaca a garantia da conservação do patrimônio espeleológico brasileiro, o que faz dele talvez o único plano nacional que associa o meio abiótico de maneira direta.

Estes exemplos mostram que, ainda que a geodiversidade não seja diretamente citada nos planos de ação que tratam da natureza, sua conservação é essencial para que os ecossistemas sobrevivam em seu conjunto. Um fato importante a ser mencionado é que todos estes planos incluem membros da comunidade científica. A inclusão da pesquisa no plano de ação é essencial para gerar conhecimento científico adequado e suficiente que torne as tomadas de decisão mais embasadas quanto às estratégias a serem seguidas, assim como para a avaliação das medidas previstas e implementadas.

6.2 Inventários de locais de interesse geológico no litoral paulista: situação atual

O litoral paulista pode ser dividido em segmentos distintos: Litoral Norte, Baixada Santista e Litoral Sul, que controlam fortemente a avaliação e a gestão do patrimônio geológico (Souza 2012, 8a2017). Em linhas gerais, a porção norte do litoral paulista é caracterizada por um litoral altamente indentado, com bacias de drenagem restritas e pequenas baías e praias separadas por promontórios rochosos, bem como numerosas ilhas. As encostas da Serra do Mar estão bem próximas da linha de costa. A maioria dos geossítios inventariados neste setor são representativos dos processos pré-cambrianos relacionados à amalgamação e à fragmentação do supercontinente Gondwana, entre o Neoproterozoico e o Cretáceo. Na parte central (a denominada Baixada Santista), um complexo de estuários com canais de maré e manguezais controla em grande parte a ocupação humana e o uso da terra. A história local está fortemente relacionada à colonização do país no século XVI e aí está localizada a primeira vila do Brasil, São Vicente. Sendo próxima à capital do estado e extremamente urbanizada, a maior parte do patrimônio geológico foi destruída, parte do qual pode ser vista em diversos monumentos e edifícios históricos. No litoral sul predominam principalmente praias longas, dissipativas, com extensas planícies costeiras resultantes de dezenas de quilômetros entre a Serra do Mar e a linha de costa. Um grande sistema estuarino-lagunar associado à maior bacia hidrográfica da costa, o rio Ribeira do Iguape, caracterizam a região. Os processos de erosão ativa são frequentemente ampliados pelas atividades humanas, o que torna os locais extremamente vulneráveis e frágeis. Muitos dos geossítios selecionados são representativos da dinâmica costeira ativa.

O inventário da região costeira do estado, embora numa área extensa, tem sido realizado desde 2012 por meio do trabalho sistemático em áreas restritas, que são os municípios (Quadro 6.1, Figura 6.1). No litoral norte, onde os inventários tiveram início, os levantamentos municipais foram integrados e revisados (Prochoroff 2014, Santos 2104, Reverte 2014, Reverte et al. 2016a, b, Arruda 2017, Arruda et al. 2017a). Na Baixada Santista, o inventário foi finalizado em Bertioga (Mucivuna 2016, Mucivuna et al. 2017), em Santos, Cubatão e São Vicente (D. Queiróz, em fase final). No litoral sul, o inventário do município de Cananeia foi finalizado (Romão 2017) e estão em andamento os inventários de Iguape e Ilha Comprida (S. Somekawa, em andamento). Além dos inventários locais, alguns geossítios em diversos municípios do litoral estão incluídos no inventário do estado de São Paulo (Garcia et al. 2018a).

Quadro 6.1. Síntese dos inventários de locais de interesse geológico realizados até o momento no litoral do estado de São Paulo.

	Município	Geossítios	Sítios da Geodiversidade	Inventário do estado (SP)
Litoral Norte	Ubatuba	14	13	8
	Caraguatatuba	10	7	2
	São Sebastião	9	9	4
	Ilhabela	11	14	3
Baixada Santista	Bertioga	8	4	2
	Guarujá	não iniciado	não iniciado	0
	Cubatão	2	1	0
	Santos	2	1	0
	São Vicente	2	1	1
	Praia Grande	não iniciado	não iniciado	0
	Mongaguá	não iniciado	não iniciado	0
	Itanhaém	não iniciado	não iniciado	1
	Peruíbe	não iniciado	não iniciado	1
Litoral Sul	Iguape	7	1	1
	Ilha Comprida	4	-	1
	Cananeia	12	1	2
Total		81	52	28

Detalhes e as versões integradas e revisadas dos inventários de sítios de interesse geológico no litoral norte podem ser encontrados em Garcia et al. (2018b) e no capítulo 4 deste trabalho. Os levantamentos são revisados à luz do conceito de geossítios e sítios da geodiversidade (Brilha 2016) e de novos trabalhos de investigação na região.

Além dos valores da geodiversidade, a costa de São Paulo compreende uma série de unidades de conservação, incluindo duas Reservas de Biosfera da UNESCO relacionadas à Mata Atlântica. É também o lar de importantes comunidades tradicionais, como pescadores (Caiçaras), remanescentes de assentamentos africanos (Quilombolas) e indígenas (principalmente grupos étnicos Guarani e Mbya-Guarani), que detêm patrimônio cultural imaterial excepcional.

Fig. 6.1. Indicação dos inventários locais realizados até o momento no litoral do estado de São Paulo (Garcia et al. 2017). Base geológica: Perrotta et al. (2005). Fonte da imagem: Google Earth.

Os elementos da geodiversidade "ex-situ" (Brilha 2016) também foram alvo de estudos. Em Caraguatatuba e Bertioga, além do patrimônio geológico natural, foram realizados levantamentos do patrimônio cultural construído (Mucivuna et al. 2016, Arruda et al. 2017b). A forte relação entre este e a geodiversidade são amplamente encontrados em materiais pétreos utilizados em construções e monumentos, pois estes materiais constituem-se principalmente de litotipos locais.

Garcia et al. (2017) descrevem uma série de ações em geonconservação que vêm sendo realizadas na região e que tiveram como base principal os inventários do patrimônio geológico. Dentre estas ações estão o estudo da relação entre o patrimônio natural e cultural, a implementação de painéis interpretativos para divulgar a história geológica local (Fig. 6.2A), projetos de aprendizagem social envolvendo metodologias participativas como ferramentas para elaborar estratégias de geoconservação, confecção de cadernos educativos com atividades baseadas em materiais e paisagens geológicas, cursos de geociências para monitores ambientais (Fig. 6.2B) e interpretação da geologia ao longo de trilhas de ecoturismo disponíveis em *webmap*. Estas ações se tornaram possíveis devido à existência de um inventário sistemático e bem fundamentado, que permite traçar estratégias para a

geoconservação visando sua inclusão em políticas públicas para a gestão do patrimônio geológico na região.

Figura 6.2. Exemplos de iniciativas de valorização e divulgação da geodiversidade e do patrimônio geológico no litoral paulista. A) Painel interpretativo instalado no litoral norte. Secretaria Municipal de Turismo, Praia do Centro, Caraguatatuba; B) Atividade sobre ciclo das rochas. Cursos para monitores ambientais de unidades de conservação. Boiçucanga, São Sebastião.

Além dos inventários, o reconhecimento dos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade no litoral paulista foi elaborado de modo preliminar e está descrito no capítulo 6 desta tese e em Garcia et al. (2018b).

6.3 Desenvolvimento da proposta

Apresenta-se, a seguir, uma proposta de etapas para a elaboração de uma estratégia e plano de ação para a geodiversidade para o litoral do estado de São Paulo. Embora possa variar dependendo das particularidades de cada região, de um modo geral o conteúdo de uma Estratégia e Plano de Ação para a Geodiversidade abrange grande parte das ações descritas nos três exemplos apresentados no capítulo 2 e também sumarizado no quadro 6.2 e pode ser sintetizado da seguinte maneira:

FASE 1) Coleta e avaliação de dados

Esta fase corresponde ao reconhecimento da geodiversidade e do patrimônio geológico da região abordada. Da qualidade dos dados levantados depende o sucesso das fases posteriores e da própria estratégia.

i) Inventário de locais de interesse geológico, incluindo sistematização dos dados em termos de história geológica da região;

ii) Identificação da importância dos sítios em termos de vocação científica, turística, educativa, entre outros, com base na avaliação quantitativa;

iii) Identificação dos diversos tipos de ameaças à geodiversidade e dos locais com maior vulnerabilidade (antrópica) e fragilidade (natural);

iv) Identificação da contribuição da geodiversidade aos serviços ecossistêmicos – de suporte, de regulação, de provisão, culturais e de conhecimento;

FASE 2) Elaboração do plano de ação

Todas as etapas relacionadas a esta fase devem envolver os membros da sociedade e dos governos que tenham interesse em participar. A própria identificação dos parceiros deve ser feita de maneira colaborativa.

i) Identificação dos potenciais parceiros - entre os diferentes níveis governamentais, organizações não-governamentais, proprietários, unidades de conservação, potenciais financiadores, entre outros.

ii) Identificação de potenciais fontes de financiamento – incluindo agências de fomento, fundações, ONGs, indivíduos, etc.

iii) Estabelecimento de metas gerais - conservação da geodiversidade, políticas para a geodiversidade, conscientização acerca da geodiversidade, etc., das ações necessárias para alcançá-las e quais os parceiros que serão envolvidos em cada uma delas. Cada meta deve ser acompanhada de cronograma de cumprimento.

iv) Estabelecimento de indicadores de progresso – devem compor um quadro representativo para o acompanhamento adequado dos avanços na execução das ações para que as metas definidas seja alcançadas.

FASE 3) Execução

Após a elaboração do plano, os parceiros envolvidos devem ter seus papéis definidos para que cada ação seja implementada de maneira adequada.

i) Implementação das ações – As ações previstas na fase anterior e seu respectivo cronograma devem ser postas em prática.

ii) Apresentação de sugestões, direcionadas aos diversos setores da sociedade, de possíveis iniciativas relacionadas à conservação e uso sustentável da geodiversidade. Exemplos de iniciativas semelhantes podem ser também mostradas para ilustrar as ideias descritas.

FASE 4) Monitoramento e avaliação

Deve servir tanto para medir o progresso como para demostrar os sucessos e os desafios enfrentados pelo plano, após um tempo determinado.

i) Relatório de progresso – Confeccionado periodicamente, de acordo com as metas previstas no plano de ação, deve conter as ações implementadas ou não, uma avaliação das próximas etapas e dificuldades encontradas no período.

ii) Identificação de novas questões que possam ter surgido a partir da confecção do relatório e do desenvolvimento do plano.

iii) Estabelecimento de novas ações frente aos desafios que surgiram.

O quadro 6.2 fornece a síntese da estrutura geral para o desenvolvimento de uma estratégia e plano de ação para a geodiversidade, com base nos aspectos descritos acima. Não se pretende, neste projeto, realizar todas as etapas descritas, mas sim i) fornecer as bases necessárias, no domínio da Geoconservação, para a elaboração da estratégia para o litoral paulista e; ii) Delinear, de modo preliminar, o plano de ação por meio da identificação de potenciais parceiros, metas e ações gerais e indicadores de progresso – etapas que, como mencionado anteriormente, devem, na sua versão final, incluir outros atores além dos geocientistas.

Destaca-se que, embora a proposta ora apresentada tenha como base dados obtidos em pesquisas acadêmicas, a participação ampla de todos os setores da sociedade é essencial. Como observam Brilha e Reynard (2018) a participação de membros de instituições acadêmicas é crescente, mas a gestão destes locais é, na maioria das vezes, função de órgãos públicos, o que demanda um grau de comprometimento passível de ser alcançado somente com a apropriação total da ideia por parte dos governos.

Quadro 6.2. Proposta de desenvolvimento da estratégia e plano de ação para a geodiversidade.

FASES		ETAPAS	MÉTODOS	QUEM PARTICIPA
1	***Coleta e avaliação de dados***	• Inventário e avaliação de locais de interesse geológico e da geodiversidade "ex-situ" • Identificação da contribuição da geodiversidade aos serviços ecossistêmicos • Identificação das ameaças à geodiversidade	• Pesquisa científica em diversas temáticas relacionadas à Geociências • Pesquisa científica em Geoconservação • Envolvimento das comunidades • Técnicas de comunicação com a sociedade • Metodologias participativas • Envolvimento dos grupos-alvo • Workshops	• Academia • Instituições de pesquisa • Escolas • Empresários (comerciantes, prestadores de serviços) • Proprietários e gestores de terras • Organizações não-governamentais • Representantes do governo local • Governos estadual e federal • Unidades de conservação e outras áreas protegidas
2	***Elaboração do plano de ação***	• Identificação dos parceiros potenciais • Identificação de fontes de financiamento • Estabelecimento de metas e ações • Definição de indicadores de progresso		
3	***Execução***	• Implementação das ações previstas na fase anterior com atenção ao cronograma • Sugestões de iniciativas aos diversos setores		
4	***Monitoramento e revisão***	• Confecção de relatório de progresso • Identificação de novas questões • Estabelecimento de novas ações		

Arruda (2017) apresenta uma identificação preliminar dos principais atores sociais com potencial para serem representados no desenvolvimento do Mapa Geoturístico do Litoral Norte do estado de São Paulo. O quadro 6.3 apresenta uma atualização deste levantamento e adaptação às generalidades da totalidade do litoral.

Quadro 6.3 – Principais atores sociais como potenciais participantes da elaboração da estratégia e plano de ação para a geodiversidade no litoral paulista. Modificado de Arruda (2017).

INSTÂNCIA	ÓRGÃO/INSTITUIÇÃO
Federal	• Fundação Nacional do Índio (FUNAI) • Ministério do Meio Ambiente – Unidades de Conservação • Ministério do Turismo • Ministério da Educação • Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio)
Estadual	• Unidades de conservação • Secretaria estadual do Meio Ambiente (SMA) • Instituto Geológico (IG) • Fundação Florestal (FF)
Municipal	• Prefeituras • Secretarias de Turismo • Secretarias de Educação • Secretarias do Meio Ambiente • Fundações de Cultura
Privada	• Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) • Agências de Turismo • Setor Hoteleiro • Comerciantes • Artesãos
Sociedade	• Representantes de Comunidades locais • Representantes de Comunidades Tradicionais • Associações de moradores • Organizações não-governamentais (ONGs)

7 DISCUSSÃO E PERSPECTIVAS

Este capítulo busca integrar os resultados apresentados ao longo da pesquisa, discutindo-os em termos de contribuição ao uso sustentável dos recursos geológicos. São considerados temas como a validade e a importância dos inventários de locais de interesse geológico na formação de uma base acerca da geodiversidade, a utilização prática destes locais em ações de políticas públicas para educação e turismo e as perspectivas para a conservação destes locais com base na geodiversidade e no patrimônio geológico.

7.1 Inventários de locais de interesse geológico no litoral paulista

Neste trabalho são apresentados os inventários integrados e revisados dos geossítios e sítios da geodiversidade do litoral norte paulista que, graças a levantamentos prévios realizados desde o início do projeto, encontra-se numa fase mais avançada de reconhecimento em relação ao restante do litoral. Como demonstrado no trabalho, este reconhecimento permitiu que se fizesse uma avaliação detalhada da representatividade científica dos geossítios, tanto em termos de municípios como de história geológica. Esta avaliação traz perspectivas importantes quanto à inclusão destes locais em bases de dados nacionais e/ou locais. Como a metodologia utilizada segue as propostas oriundas do Projeto GEOSITES, aplicadas em outros países e no estado de São Paulo, estes sítios (geossítios, no sentido de Brilha 2016) têm potencial para compor o cadastro global de geossítios, dentro de categorias geológicas específicas, especialmente num momento em que o projeto de Inventário do Patrimônio Geológico da América do Sul foi aprovado e será coordenado pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).

Ao mesmo tempo, a identificação dos locais com maior risco de degradação pode guiar futuras estratégias de proteção àqueles sítios mais frágeis e mais vulneráveis que não teriam, em primeira instância, prioridade para divulgação ou visitação. Em termos de políticas públicas o estabelecimento destes rankings é importante, pois pode significar a escolha de um ou de outro local para uso. A organização de sugestões e propostas práticas de utilização destes locais em atividades educativas e/ou turísticas é essencial para que os gestores, em diferentes níveis, consigam enxergar as potencialidades da geodiversidade e do patrimônio geológico e incluí-los dentro de seus planos de governo. Os locais com relevância educativa, por exemplo, são avaliados por seu potencial de inserção em roteiros geológicos e de educação ambiental com diferentes focos, o que inclui universidades e escolas em vários níveis de ensino. Os locais nos quais predomina a relevância turística têm geralmente, como

características comuns, a beleza cênica e/ou o caráter contemplativo. Por esta razão, há um grande potencial de promoção e incremento da oferta turística em diferentes escalas com base nestes atrativos.

Neste sentido traz-se, no capítulo 4 neste trabalho, uma proposta preliminar de classificação, em níveis, dos locais inventariados para usos educativos e turísticos, que se constituem em recursos da geodiversidade na região. A ideia, a partir desta classificação inicial, é desenvolver um material prático, com sugestões de atividades e usos que possam ser facilmente entendidos pelos gestores destes recursos, sejam em unidades de conservação ou em nível de governo local. Isto é importante porque traduz a linguagem científica, ininteligível para a maior parte das pessoas (e, entre elas, os tomadores de decisões), sob a forma de propostas que podem realmente ser aplicadas. A ideia é que este material seja duradouro e útil para atuais e futuras gestões e que dê indicações claras e simples de como estes recursos podem ser aproveitados para fins de políticas para turismo e educação, além da conservação destes locais. Com base nestes fatos desenvolveu-se um protótipo de guia de intepretação dos locais de interesse geológico, com informações relevantes. Este guia, ainda em fase de desenvolvimento, está mostrado no final deste capítulo e servirá para compor um futuro manual de utilização dos recursos da geodiversidade (Anexo 7.1).

Os trabalhos de integração dos inventários feitos com base nos limites municipais serão realizados para as outras regiões (Baixada Santista e Litoral Sul) nos mesmos moldes do que foi feito para o Litoral Norte. No litoral sul, constituído pelos municípios de Cananeia, Iguape e Ilha Comprida, estes levantamentos já estão em vias de finalização, o que permitirá traçar futuras estratégias baseadas nos dados obtidos. Dentre estas estratégias estão a programação de cursos para monitores ambientais, a instalação de painéis interpretativos e o incentivo à participação da comunidade.

Além das informações sobre o meio natural abiótico, que são o foco deste trabalho, uma estratégia para a geodiversidade deve contar também com outros aspectos. Um dos mais importantes e que tem relação direta com os estudos ora apresentados é o patrimônio cultural construído, que perfaz a geodiversidade *ex situ*. Estes levantamentos também vêm sendo feitos e compõem o conteúdo de parte dos trabalhos de inventário. Em particular, durante os trabalhos de inventário na região da Baixada Santista, que estão em andamento, verificou-se que grande parte dos registros geológicos importantes haviam sido perdidos devido à urbanização.

7.2 Avaliação ecossistêmica como meio de conexão com a sociedade

Como produto importante gerado a partir da base de dados do inventário está a identificação preliminar dos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade, que vai servir como suporte à conservação e ao manejo destes recursos na região. A abordagem ecossistêmica tem sido largamente utilizada na análise dos serviços que a sociedade obtém a partir do meio natural, numa tentativa de avaliar, quantitativamente e qualitativamente, o valor da natureza. As abordagens tradicionais, no entanto, incluem apenas os serviços associados a processos e interações entre os meios biótico e abiótico, excluindo os serviços puramente abióticos, subestimando o valor da natureza e prejudicando uma avaliação completa do meio natural em questão (Gray 2018).

Os métodos utilizados na identificação e avaliação dos serviços ecossistêmicos variam de acordo com a abordagem e com o objetivo do trabalho. Uma das maneiras mais utilizadas para identificar os serviços ecossistêmicos em um determinada região é por meio da consulta aos atores sociais envolvidos. Munk (2015) listou 24 atividades desenvolvidas ao longo de sete trabalhos que utilizam a abordagem ecossistêmica, com objetivos distintos. As pesquisas foram analisadas criticamente com o objetivo de detectar as congruências e pontos em comum, assim como diferenças na coleta e no tratamento dos dados. Dentre estas atividades estão etapas iniciais como a definição dos objetivos e identificação dos ecossistemas, até a avaliação da relação com a sociedade, a seleção de indicadores, a indicação de medidas mitigadoras e o monitoramento, incluindo ou não a valoração monetária.

Estudos sobre os serviços ecossistêmicos no litoral paulista têm sido realizados por diversos autores, sendo muitos deles relacionados a elementos da geodiversidade, embora o termo não esteja diretamente especificado. Dentre estes estudos está o de Jericó-Daminello (2014) que, por meio de questionários aplicados por membros da Comunidade do Marujá, na Ilha do Cardoso, Cananeia, identificou 18 serviços ecossistêmicos relacionados ao ecossistema de praia, distribuídos em três categorias. Dentre os serviços identificados praticamente todos estão relacionados aos elementos abióticos que compõem este ecossistema.

Outro estudo que trata em grande parte do meio abiótico é o de Buchianeri (2017), que tratou dos serviços ecossistêmicos nas bacias hidrográficas dos rios Itaguaré e Guaratuba, em Bertioga. A autora identificou catorze serviços ecossistêmicos distribuídos em quatro funções: regulação, suporte, provisão e culturais. Uma das contribuições importantes deste trabalho é o exercício de valorar, em unidade monetária, todos estes serviços, além do capital

natural, reconhecido como o armazenamento de carbono. De acordo com os resultados, os ecossistemas associados às duas bacias fornecem cerca de 71 milhões de dólares em benefícios econômicos por ano, o que corresponde a cem vezes o valor do ICMS ecológico calculado para Bertioga. Influências nos serviços ecossistêmicos associados aos rios da Estação Ecológica Jureia-Itatins foram também avaliados por Lima et al. (2010), que indicaram 351 impactos que estariam em contraposição aos objetivos deste tipo de área protegida no Brasil.

A abordagem de serviços ecossistêmicos tem sido também frequentemente incluída na avaliação ambiental de empreendimentos, especialmente aqueles relacionados à modificação do meio natural, seja por extração ou adaptação da paisagem a construções. Neste sentido, Longo (2014) avaliou a influência de uma atividade de mineração de apatita, no Vale do Ribeira, no fornecimento de bens e serviços pelos ecossistemas locais. Segundo os dados obtidos, a oferta de todos os serviços ecossistêmicos é amplamente afetada, tanto direta como indiretamente, pelas atividades de mineração, o que, segundo o autor, reforça a importância da recuperação das áreas degradadas e da inclusão deste tipo de estudo.

Mais especificamente em relação a ecossistemas costeiros, duas pesquisas realizadas em Santa Catarina trazem informações importantes. Oliveira (2016) estudou os serviços ecossistêmicos em promontórios costeiros em Santa Catarina. Por meio de levantamentos realizados por meio de pesquisas bibliográficas, entrevistas com usuários da área e mapeamentos da paisagem dos promontórios, a autora verificou que, dependendo da fonte de dados considerada, determinados serviços eram considerados mais relevantes do que outros. De acordo com as referências bibliográficas, os serviços são na sua maioria de suporte. No entanto, de acordo com a percepção das pessoas identificou como mais importantes os serviços e regulação e culturais.

Similarmente, Veiga Lima et al. (2016) desenvolveram um modelo conceitual para identificação dos serviços ecossistêmicos dos sistemas dos campos de dunas da Ilha de Santa Catarina. Os autores reconheceram a Gestão Baseada em Ecossistemas (GBE) como essencial para a inclusão das informações referentes aos vetores de pressão, principalmente no que concerne à percepção da população em relação à perda destes serviços. Como apontam Turra et al. (2017), num estudo sobre a Baía do Araçá, em São Sebastião, a abordagem ecossistêmica pode ser a chave para avaliar as perdas no meio natural devido à ação humana e, ao mesmo tempo, sensibilizar as pessoas a partir das perdas da sociedade pela degradação do meio natural.

Neste contexto, ressalta-se a importância de iniciativas como os geoparques e os parques urbanos na preservação dos ecossistemas e dos bens e serviços por eles prestados (Munoz e Freitas 2017, Santos e Bacci 2017, Gabriel et al. 2018). Estes locais podem ser agentes da disseminação do conhecimento acerca dos serviços ecossistêmicos, para cujo fim uma abordagem potencialmente frutífera seria a inclusão em programas educativos e turísticos. Um exemplo desta aplicação é a que vem sendo feita no Geopark Terras de Cavaleiros, em Portugal (Pereira 2017) que tem um dos roteiros temáticos associado ao programa educativo do terceiro ciclo do ensino focado no reconhecimento dos serviços associados ao patrimônio geológico do local (http://geoparkterrasdecavaleiros.net/pt-pt/, acesso em 06/03/2018). A figura 7.1 mostra exemplos de como esta abordagem pode ser aplicada a dois locais de interesse geológico inventariados.

Uma informação importante é que a recém lançada Plataforma Brasileira sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (https://www.bpbes.net.br/, acesso em 21/02/2018) coleta dados sobre conservação e uso sustentável da biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Ela pode ser uma aliada na inclusão dos dados referentes à porção abiótica da natureza.

Fig. 7.1. Exemplos de locais de interesse geológico com identificação dos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade associados.

7.3 Perspectivas em políticas públicas de conservação da natureza

De acordo com Gray (2013) os impactos à geodiversidade ocorrem quase sempre como resultado de pressão pelo desenvolvimento e mudanças nos padrões de uso da terra e podem ser sumarizadas como: perda total de um elemento da geodiversidade, perda parcial ou dano físico, fragmentação de interesse, perda da visibilidade ou intervisibilidade, perda de acesso, interrupção de processos naturais, impactos nas adjacências do local, poluição e impacto visual. No caso das áreas costeiras, essa pressão advém principalmente da imobiliária, do turismo de massa, da expansão das marinas e da poluição urbana e industrial.

Na região enfocada neste trabalho as políticas de preservação da natureza têm sido implementadas principalmente por meio da criação de áreas protegidas – as unidades de conservação (ou UCs) – em geral sob o apelo da biodiversidade (Fig. 7.2). No entanto, a geodiversidade é o sistema que fornece os substratos, as formas de relevo e os processos dinâmicos necessários para o desenvolvimento e a manutenção dos habitats e, por

conseguinte, das espécies animais e vegetais que neles vivem. Por isso, a implementação de uma estratégia que valorize seu protagonismo na natureza é essencial se quisermos conservá-la a longo prazo, assim como os serviços que dela provêm. Neste sentido, o estudo adequado da geodiversidade e do patrimônio geológico da região pode dar contribuições importantes na identificação de potenciais áreas protegidas.

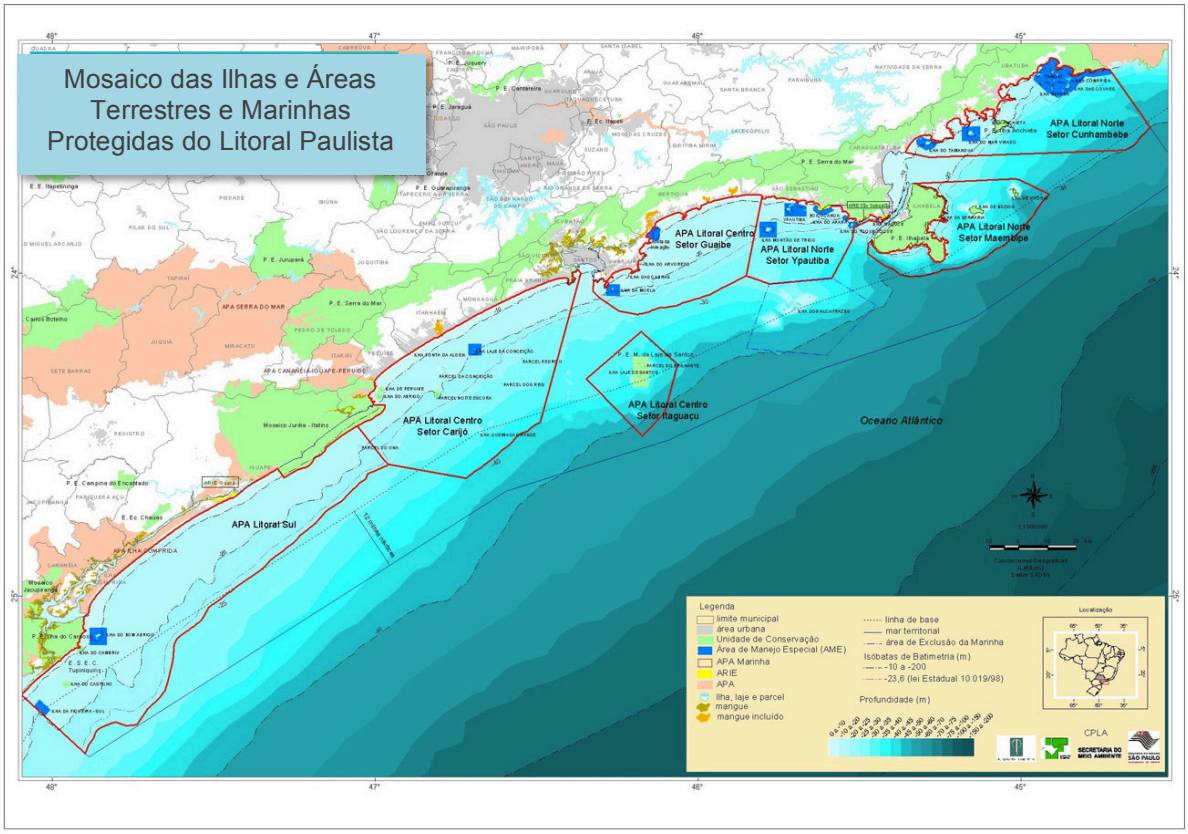


Fig. 7.2. Áreas de proteção ambiental (unidades de conservação) terrestres e marinhas no litoral do estado de São Paulo. Fonte: Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo.

Segundo Prates et al. (2012), os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio de Janeiro apresentam os maiores percentuais de proteção dos ecossistemas costeiros no Brasil (~ 30%) – Quadro 7.1. Os autores destacam, porém, que grande parte destas áreas estão protegidas apenas por APAs (Áreas do Proteção Ambiental), que caracteriza-se por ser uma das menos restritivas dentre as figuras do SNUC. Como afirmam Amaral et al. (2016) o conhecimento sobre as praias brasileiras é escasso e estudos sistemáticos e de longo prazo seriam necessários para avaliar o impacto das mudanças climáticas nestas regiões e as medidas necessárias para conservar estes ambientes.

Quadro 7.1. Situação da conservação dos diferentes ecossistemas costeiros no estado de São Paulo. Fonte: Prates et al. (2012). De acordo com a fonte consultada, os ecossistemas Dunas e Lagunas não estão representados no estado de São Paulo. Valores em hectares.

	Praia	*Restinga*	*Manguezal*	*Estuário*	*Costão rochoso*
Área total do ecossistema	4.126	114.048	25.041	22.848	37.967
Em UC prot. integral	309	38.737	3.043	126	29.876
Em UC uso sustentável	302	14.291	3.933	906	112
Apenas em APA 236	1.520	21.245	5.772	14.851	3.002
Total dentro de UCs	2.131	74.902	12.748	15.884	32.990
% protegido na UF	51,7	65,7	50,9	69,5	86,9

Como destacado por Gray (2013), o foco da geoconservação não é apenas a proteção de elementos estáticos da paisagem, mas também permitir que a continuidade dos processos dinâmicos dentro de uma perspectiva histórica natural. O autor aponta, ainda, que ainda que sejam muitas vezes quase imperceptíveis, mudanças na paisagem tais como retirada da vegetação, agricultura, desvios e canalização de cursos de água, reflorestamento e urbanização podem ter impactos muito grandes sobre estes processos. Dentre as principais atividades estão a extração mineral, aterros diversos (mesmo quando associados à recuperação de áreas mineradas), expansão urbana, obras para defesa costeira, mudanças nos padrões de rios, pressão de atividades de turismo e recreação, remoção de amostras geológicas, mudanças climáticas e variação do nível do mar, incêndios, atividades militares, falta de informação, impactos cumulativos.

Sanderson et al. (2016) ponderam que a tática conservacionista de proteger espécies-chave está sendo posta em cheque porque os locais que se protege na atualidade podem estar completamente modificados em poucas centenas de anos. Os autores sugerem que uma saída para este dilema seria utilizar os elementos da geodiversidade como guias, pois são eles que eles controlam os padrões da biodiversidade. De modo semelhante, Gill et al. (2014) argumentam que os antigos moldes em que se baseiam as estratégias conservacionistas podem não ser efetivos diante das mudanças climáticas. De acordo com as pesquisas, a conservação de atores (espécies) deveria ser substituída pela conservação da natureza baseada na geodiversidade que, graças à perspectiva temporal mais longa, engloba processos dinâmicos que incluem extinção, evolução e rotatividade de comunidades.

Neste contexto, os dados obtidos com os inventários e com a identificação dos serviços ecossistêmicos abióticos podem fornecer subsídios para a elaboração de uma

Estratégia e Plano de Ação para a Geodiversidade na região. O objetivo desta estratégia é fornecer as bases para que os órgãos administrativos, em diferentes escalas, utilizem as informações geológicas na gestão do território. Cabe destacar que, de modo semelhante ao que ocorre com o patrimônio arqueológico ou biológico, os locais de interesse geológico que tenham valor patrimonial podem e devem ser incluídos em planos de ordenamento territorial, impulsionando assim o desenvolvimento de leis adequadas de proteção ao patrimônio geológico.

Os planos de ação para a geodiversidade, concebidos no Reino Unido, tiveram origem a partir de planos semelhantes para a biodiversidade. Sendo assim, no caso do Brasil, é importante conhecer o processo de desenvolvimento do EPAB – Estratégia e Plano de Ação para a Biodiversidade, lançado em 2017. A definição de metas nacionais compatíveis com as Metas de Aichi (2010) foi feita por meio de grandes marcos participativos, denominados i) os Diálogos sobre a Biodiversidade; ii) a organização dos Subsídios Multi-setoriais para o Plano de Ação Governamental para a Conservação e Uso Sustentável da Biodiversidade e; iii) a criação do Painel Brasileiro de Biodiversidade – Painel Bio. Estas ações foram fundamentais no processo de mobilização e de engajamento de setores diversos da sociedade e criaram oportunidades únicas entre estes setores e a esfera governamental. Além disso, muito conhecimento foi gerado a partir destas ações, reforçando o caráter colaborativo e participativo do processo de elaboração e implementação da estratégia (MMA e órgãos vinculados, demais ministérios e instituições vinculadas, governos estaduais e locais, representantes da academia, da sociedade civil e do setor privado).

No caso da geodiversidade, as estratégias locais podem ser fomentadas pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e pelos serviços geológicos estaduais, como o Instituto Geológico, em São Paulo.

7.4 Conclusões e perspectivas

Este trabalho apresenta dados referentes a uma série de ações que vêm sendo realizadas na região costeira do estado de São Paulo: i) integração e revisão dos inventários de locais de interesse geológico no litoral norte; ii) avaliação destes locais quanto ao valor científico, risco de degradação e potencial uso educativo e turístico; iii) levantamento preliminar de serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade e as ameaças que podem afetar o fornecimento destes serviços e; iv) proposta de utilização destas informações como base para uma estratégia e plano de ação para a geodiversidade na região.

Um aspecto fundamental tratado neste trabalho é a abordagem ecossistêmica, que tem potencial para levantar as questões decorrentes da perda de bens e serviços causada pela degradação do meio abiótico e pode contribuir para a abertura de uma ampla discussão a este respeito. Confrontar potenciais cenários nos quais o declínio dos ecossistemas acarretaria prejuízos irreparáveis ao modo de vida moderno como o conhecemos hoje pode fazer com que a sociedade se conscientize de seu papel frente à questões ambientais. No entanto, apesar da noção de que a geodiversidade está associada a serviços essenciais para a sociedade parecer óbvia, nem sempre estas informações são comunicadas de modo eficaz para os tomadores de decisões. A linguagem e o modo de transmissão das informações científicas são, na maioria das vezes, ineficazes para atingir a sociedade e mais, insuficientes para sensibilizar o poder público da importância da sua conservação.

Neste contexto inclui-se a discussão sobre o papel dos geocientistas e, mais especificamente, da academia, nas questões ambientais e na geoconservação. Acredita-se que iniciativas pautadas em métodos científicos em Geoconservação constituem-se na melhor alternativa para conscientizar os geocientistas da importância da conservação do patrimônio geológico como memória científica do país e para as futuras gerações. Porém, ainda que importante, a conservação deste patrimônio unicamente por seu valor científico é um motivo insuficiente para comover a população em geral e os órgãos governamentais. Como apontado por Prosser et al. (2013), um sólido apoio público e político, necessário para impulsionar a geoconservação como uma alternativa factível no futuro, dificilmente será alcançado sem um apelo social mais amplo. Torna-se necessário fazer com que o caminho entre o conhecimento científico e sua transmissão para o público geral seja transposto com mais frequência e por mais geocientistas, que são, por formação, detentores de informações relevantes sobre processos naturais de longo prazo, podendo por isso, fornecer contribuições importantes para muitas das questões ambientais atuais. Destaca-se, neste contexto, as contribuições da Geoética, que busca traçar um código de conduta a pesquisadores, profissionais e alunos da área de Geociências (Brobowsky et al. 2017, Mansur et al. 2017).

Apesar destas dificuldades, as iniciativas bem sucedidas citadas ao longo deste trabalho em termos de valorização e divulgação do conhecimento geológico em vários âmbitos mostram que existe demanda e interesse em conhecer mais sobre o ambiente que nos cerca. Isto traz perspectivas otimistas e incentiva a realização de mais pesquisas em Geoconservação.

As pesquisas que vêm sendo realizadas vêm fornecendo diagnósticos sólidos a respeito do panorama da geoconservação no litoral paulista. Isto permitirá, no futuro, avaliar

a situação de cada sub-região ou município específicos, detectando fragilidades e lacunas e projetando soluções. Em termos práticos, de posse destes dados será possível identificar os locais que terão prioridade de gestão. Dependendo da escala considerada, diferentes propostas de gestão poderão ser elaboradas para um conjunto de sítios ou para um sítio específico. Os resultados obtidos têm, portanto, potencial para constituir as bases para uma estratégia cuja elaboração vai de encontro às metodologias participativas que têm sido utilizadas na formulação de políticas públicas voltadas ao bem estar social e à busca de soluções para questões ambientais atuais. Deve-se destacar que uma estratégia que envolva a gestão da geodiversidade deve abarcar diferentes atores e parceiros além dos geocientistas e consiste em uma oportunidade valiosa para interagir com os diferentes setores da sociedade na busca de objetivos comuns. De modo mais holístico, é necessário que os geocientistas se conscientizem de seu papel social e estabeleçam parcerias com outros campos, buscando novas formas de articulação dos benefícios que a geodiversidade fornece à ciência e à sociedade. Acredita-se, portanto, que as informações apresentadas neste trabalho trazem contribuições fundamentais e inéditas para a compreensão do papel da geodiversidade no litoral paulista e para o planejamento de ações a longo prazo.

ANEXO 7.1

Modelo de guia para interpretação de locais de interesse geológico direcionado a gestores e órgãos governamentais

GUIA PARA INTERPRETAÇÃO DE LOCAIS DE INTERESSE GEOLÓGICO

Dados gerais

Nome	Granito Verde Ubatuba em Itamambuca
Município/UF	Ubatuba/SP
Coordenadas	-23,39672 / -44,99321
Acesso	Na Rodovia BR-101, Km , pega-se o acesso à Praia de Itamambuca. No final da avenida paralela à praia, entra-se à esquerda.
Descrição do local	Afloramento de cerca de 15 metros de extensão, no costão norte da praia.
Regime de propriedade	Público: domínio da Marinha

Conteúdos

Breve descrição geológica	Charnockito grosso de cor esverdeada, textura porfirítica, com cor de alteração rosada, maciço ou foliado.
Interesse geológico	Petrologia Ígnea; Tectônica; História da mineração.
Outros tipos de interesse	Cultural: Antiga extração de charnockito - o "Granito Verde Ubatuba". Turístico: praia Esporte: surfe Ecológico: Próximo da APP Restingas como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues. Lei 12.651/12.; Manguezal no estuário do Rio Itamambuca (ponta sul).

Avaliação

Valor Científico	**155 (baixo)**	***Risco de degradação***	**185 (baixo)**	***Potencial Educativo***	**210 (médio)**	***Potencial turístico***	**220 (médio)**

Indicações de uso

Educativo	4 – No afloramento conteúdos específicos de cursos de graduação em Geociências. No entanto, os aspectos da paisagem podem ser trabalhados em outros níveis.
Turístico	2 – Acessível para todos os tipos de público. Aspectos socioambientais relacionados à criação do Parque Estadual da Serra do Mar e à proibição da extração.
Outros usos	Lazer, esportes.

EM ELABORAÇÃO

Documentação fotográfica

Vista do costão norte da Praia de Itamambuca, mostrando a foz do rio, a partir do acesso para o afloramento.

Detalhe de antigo furo utilizado para explosão durante a extração da rocha ornamental. Aspecto do charnockito fresco.

Painel interpretative do GeoHereditas instalado no caminho de acesso à ponta norte da praia.

EMBARGO

Sugestões de atividades

Para educação básica:

✓ Reconhecimento dos ecossistemas;

✓ Estudos do meio sobre os serviços ecossistêmicos da geodiversidade prestados pelo costão rochoso, pelo rio, pela restinga, pela praia e pelo manguezal;

✓ Reconhecimento das principais características da rocha ígnea charnockito como um dos três tipos de rochas;

Para cursos de graduação em Geologia e afins:

✓ Aulas de campo em Petrologia Ígnea (diretamente relacionadas ao afloramento);

✓ Aulas de campo sobre ambientes de sedimentação costeiros (relacionadas ao ambiente de entorno);

Para visitantes em geral (turismo educativo):

✓ Reconhecimento da paisagem e dos processos de dinâmica externa da Terra;

✓ Discussão sobre mudanças climáticas e as zonas costeiras.

EM ELABORAÇÃO

LEGENDA

Avaliação*:

- Valor científico: < 200 – baixo; 200 - 300 – médio; > 300 – alto
- Risco de degradação: < 100 – muito baixo; 100 – 200 – baixo; 200 – 300 – médio; > 300 – alto
- Potencial uso educativo e turístico: < 200 – baixo; 200 – 300 – médio; > 300 - alto

Indicação de uso turístico:**

1 - Locais que já são atrativos turísticos na região. Adequado para todos os tipos de visitantes;

2 – Locais que podem ou não serem atrativos turísticos, mas com acesso fácil, feito com menos de 100 metros de caminhada. Adequados para todos os tipos de visitantes;

3 – Locais acessados por trilhas fáceis ou com necessidade de caminhar por costão rochoso. Adequados para visitantes com disposição para pequenas caminhadas;

4 – Locais que já são atrativos turísticos, mas alcançados por trilhas moderadas. Adequados para visitantes com disposição para caminhadas moderadas;

5 – Locais de difícil acesso, seja por trilhas ou outros meios, além de ilhas não habitadas. Adequados para visitantes adeptos do turismo de aventura.

Indicação de uso educativo:**

1 - Apenas ensino fundamental;

2 – Ensino médio;

3 – Educação básica (ensino fundamental e médio)

4 – Cursos de graduação em Geologia e afins

*Baseado no GEOSSIT, a plataforma nacional de cadastro de geossítios e sítios da geodiversidade, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM) - http://www.cprm.gov.br/geossit/.

**Baseado em Garcia et al. (2018, em preparação) – Capítulo 4 desta tese.

EM ELABORAÇÃO

8 REFERÊNCIAS

Almeida FFM. 1964. Os fundamentos geológicos do relevo paulista. Boletim Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo 41: 169 - 263.

Almeida FFM, Carneiro CR, 1998. Origem e evolução da Serra do Mar. Revista Brasileira de Geociências 28(2):135-150.

Amaral ACZ, Corte GN, Rosa Filho JS, Denadai MR, Colling LA, Borzone C, Veloso V, Omena EP, Zalmon IR, Rocha-Barreira CA, Souza JRB, Rosa LC, Almeida TCM. 2016. Brazilian sandy beaches: characteristics, ecosystem services, impacts, knowledge and priorities. Brazilian Journal of Oceanography, 64(2):5-16.

Arana G, Monge-Ganuzas M. 2013. La estrategia de geodiversidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Cuadernos del Museo Geominero 15: 1-7.

Arruda KEC. 2017. A Geoconservação como subsídio à gestão territorial sustentável: o mapa geoturístico do litoral norte do estado de São Paulo. Tese de Doutoramento, IGc/USP, 190p.

Arruda KEC, Garcia MGM, Del Lama EA. 2017a. Inventário e quantificação do patrimônio geológico do município de Caraguatatuba, São Paulo. Revista Geociências UNESP, 36(3): 447-462.

Arruda KEC, Garcia MGM, Del Lama EA. 2017b. Selection method and proposals to the use of geodiversity sites: the case of the north coast of São Paulo State, Brazil. Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ, 40(3): 24-47.

Arruda KEC, Del Lama EA, Garcia MGM. 2017c. Inventário geológico do patrimônio construído no litoral norte do estado de São Paulo, Brasil. Boletim Paranaense de Geociências 73(1): 15-33.

Avelar S, van der Voort TS, Eglinton TI. 2017. Relevance of carbon stocks of marine sediments for national greenhouse gas inventories of maritime nations. Carbon Balance and Management 12:10.

Barbier EB, Hacker SD, Evamaria CK, Koch W, Stier AC, Silliman BR, 2011. The value of estuarine and coastal ecosystem services. Ecological Monographs 81(2):169-193.

Bendazzoli C, Francisco RA, Guimarães MA, 2009. Arqueologia de um sambaqui em abrigo, Ilhabela-SP. Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo 19:381-391.

Berchez F, Ghilardi N, Robim MJ, Pedrini AG, Hadel VF, Fluckiger G, Simões M, Mazzaro R, Klausener C, Sanches C, Bespalec P. 2007. Projeto Trilha Subaquática: sugestão de diretrizes para a criação de modelos de educação ambiental em unidades de

conservação ligadas a ecossistemas marinhos. OLAM Ciência & Tecnologia 7(3):181-209.

Berchez F, Carvalhal F, Robim MJ. 2005. Underwater interpretative trail: guidance to improve education and decrease ecological damage. Int. J. Environment and Sustainable Development 4(2):128-139.

Berchez F, Oliveira Filho EA, Amâncio CE, Ghilardi N. 2008. Possíveis impactos das mudanças climáticas globais nas comunidades de organismos marinhos bentônicos da costa brasileira. In: Buckeridge MS (Ed.) Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil. Rima Editora, São Paulo, Cap. 10:167-191.

Bobrowsky P, Cronin VS, Di Capua G, Kieffer SW, Peppoloni S. 2017. The Emerging Field of Geoethics. In: L.C. Gundersen (Ed.) Scientific Integrity and Ethics with Applications to the Geosciences. American Geophysical Union Sp Publ 73, p. 175-212.

Bourotte CLM, Toledo MCM, Duleba W, Aramaqui GT, Campos LGD, Viana PJ. 2014. Kit didático "da rocha ao grão" ... de areia. Terrae Didatica 10(3):298-304.

Brazier V, Bruneau PMC, Gordon JE, Rennie AF. 2012. Making space for nature in a changing climate: the role of geomorphology and soils in biodiversity conservation. Scottish Geographical Journal 128: 211–233.

Brilha J. 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. Geoheritage 8(2): 119-134.

Brilha J. 2017. Trends and challenges for geoconservation. Geophysical Research Abstracts 19, EGU2017-8626.

Brilha J, Pereira P. 2014. Património geológico de Portugal como base para ações de conservação da natureza e ordenamento do território. Comunicações Geológicas 101(III): 1211-1213.

Brilha J et al. 2005. Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. Episodes 28(3): 177–186.

Brilha J et al. 2010. O inventário nacional do património geológico: abordagem metodológica e resultados. e-Terra 18(1).

Brocx M, Semeniuk V. 2007. Geoheritage and geoconservation: history, definition, scope and scale. J R Soc West Aust 90: 53–87.

Buchianeri VC. 2017. O valor dos serviços ecossistêmicos nas bacias hidrográficas dos rios Itaguaré e Guaratuba, Bertioga, SP. Tese de Doutorado, FFCHL/USP, 268p.

Burek C, Potter J. 2003. Local Geodiversity Action Plans - Sharing Good Practice Workshop. English Nature Research Report 601, 38p.

Burek C, Potter J. 2006. Local Geodiversity Action Plans - Setting the context for geological conservation. English Nature Research Report 560, 58p.

Burek CV, Prosser CD. 2008. The history of geoconservation: an introduction. Geological Society, London, Special Publications, 300: 1-5. https://doi.org/10.1144/SP300.1.

Casanova CF, Pandolfo A, Berticelli R, Martins MS, Eckert NH. 2017. Propostas de gestão para os Parques Naturais Municipais do norte do RS. Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade 12(6): 51-69.

Cavalcanti VMM, 2011. Plataforma continental : a última fronteira da mineração brasileira. Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), Brasília, 104p.

CDB 1992. Convenção sobre diversidade biológica. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Série Biodiversidade n. 1.

CEPE. 2012. Plano Paulista de Energia – PPE 2020. Conselho Estadual de Política Energética, SEE-SP, 186p.

Chang HK, Assine ML, Corrêa FS, Tinen JT, Vidal AC, Koike L. 2008. Sistemas Petrolíferos e Modelos de Acumulação de Hidrocarbonetos na Bacia de Santos. Revista Brasileira de Geociências 38 (suplemento): 29-46.

CMAOT - Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Junta de Andaluzia. 2014. Estrategia andaluza de gestión integrada de la geodiversidad. Informe bienal 2013-2014.

Coelho MR, Martins VM, Vidal-Torrado P, Souza CRG, Perez XLO, Vázquez FM. 2010. Relação solo-relevo-substrato geológico nas restingas da planície costeira do estado de São Paulo. Revista Brasileira de Ciências do Solo 34:833-846.

Cordani UG. 2000. The role of the earth sciences in a sustainable world. Episodes 23(3): 155–162.

Costanza R, D'arge R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature 1: 3-15.

Crofts R, Gordon JE, Santucci VL. 2015. Geoconservation in protected areas. In: Worboys, GL, Lockwood M, Kothari A, Feary S, Pulsford I (Eds.). Protected Area Governance and Management. ANU Press, p. 531-568.

Cruz O. 1972. A Serra do Mar e o litoral na área de Caraguatatuba-SP.: contribuição à Geomorfologia Tropical. Tese de Doutoramento, FFCLH USP.

De Groot RS, Wilson MA, Boumans RMJ. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics 41: 393–408.

Díaz-Martínez E, Guillén-Mondéjar F, Brilha J, Monge-Ganuzas M, Herrero Martínez N, Hilario A, Mata-Perelló JM, Meléndez G, Utiel JC. 2017. Nuevas resoluciones y avances de la UICN para la geoconservación. In: L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.), Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, IGME 21: 247-252.

Diegues AC. 2002. Povos e Águas: inventário de áreas úmidas brasileiras (2ª Ed.). NUPAUB-USP, 597p.

DMAPT - Departamento de Medio Ambiente y Politica Territorial del Gobierno Vasco. 2014. Estrategia de la Geodiversidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Ihobe, S.A.

Dunlop L, Larwood JG, Burek CV. 2018. Geodiversity Action Plans: A method to facilitate, structure, inform and record action for geodiversity. In: E. Reynard, J. Brilha (Eds.) Geoheritage: Assessment, Protection, and Management. Elsevier, p. 53-65.

Ellis N. 2011. The Geological Conservation Review (GCR) in Great Britain—Rationale and methods. Proceedings ot the Geologist's Association 122(3): 353-362.

English Geodiversity Forum 2014. Geodiversity Charter for England. Disponível em: http://www.englishgeodiversityforum.org/Downloads/Geodiversity%20Charter%20for%20England.pdf. Acesso em 23/08/2017.

Ferreira CJ, Fernandes da Silva PC. 2008. O uso de sistema de informações geográficas na priorização de áreas para aproveitamento mineral de saibro em áreas degradadas, Ubatuba, SP. Revista do Instituto Geológico 29(1-2): 19-31.

Freitas RO, 1947. Geologia e petrologia da Ilha de São Sebastião. São Paulo: F.F.C.L. (Fac. Fil., Ci. E Letras), USP. Bol. v. 85, 1947. 244 p., 1 mapa (Geologia 3).

Freitas RO, 1959. Litoral norte do estado de São Paulo e Ilhabela. Roteiro de Excursão do XIII Congresso Brasileiro de Geologia, São Paulo-SP.

Fúlfaro V, Ponçano WL, Bistrichi CA, Stein DP. 1976. Escorregamentos de Caraguatatuba: expressão atual, e registro na coluna sedimentar da planície costeira adjacente. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Anais... Rio de Janeiro: ABGE, v. 2, p. 341-350.

Gabriel R, Moreira H, Alencoão A, Faria A, Silva E, Sá A. 2018. An Emerging Paradigm for the UNESCO Global Geoparks: The Ecosystem's Health Provision. Geosciences 8(100): 1-13.

Garcia MGM. 2017. One shore, multiple sceneries: challenges for assessment and use of coastal geoheritage in the State of São Paulo, Brazil. In: 14th European Geoparks Conference, Ponta Delgada, Açores, PT.

Garcia MGM, Del Lama EA, Bourotte C, Mazoca CEM, Bacci DC, Santos VMN (2017) Geoheritage inventories as means, not ends: example of the coastal region of São Paulo State, Brazil. Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Madri: Instituto Geologico e Minero de Espana 1: 131-136

Garcia MMG, Brilha J, Lima FF, Vargas JC, Pérez-Aguilar A, Alves A, Campanha GAC, Duleba W, Faleiros FM, Fernandes LA, Fierz MSM, Garcia MJ, Janasi VA, Martins L, Raposo MIB, Ricardi-Branco F, Ross JLS, Sallun Filho W, Souza CRG, Bernardes-De-Oliveira MEC, Brito Neves BB, Campos Neto MC, Christofoletti SR, Henrique-Pinto R, Lobo HAS, Machado R, Passarelli CR, Perinotto JAJ, Ribeiro RR, Shimada H. 2018a. The inventory of geological heritage of the State of São Paulo, Brazil: methodological basis, results and perspectives. Geoheritage 10(2):239-258.

Garcia MGM, Brilha J, Souza CRG, Del Lama EA. 2018b. Preliminary assessment of ecosystem services provided by geodiversity in the coastal region of the state of São Paulo, Southeastern Brazil. In: E. Głowniak, A. Wasiłowska, P. Leonowicz (Eds), Geoheritage and Conservation: Modern Approaches and Applications Towards the 2030 Agenda. 9th ProGEO Symposium, Chęciny, Poland, 25-28th June 2018 Programme and Abstract Book, p. 101-102.

Garcia MGM, Del Lama EA, Martins L, Mazoca CEM, Bourotte CLM. 2018c. Inventory and assessment of geosites to stimulate regional sustainable management: the northern coast of the state of São Paulo, Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências (no prelo).

García-Cortéz A, Carcavilla Urquí L. 2009. Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, version 12, 61p.

García-Cortés A, Rábano I, Locutura, Bellido F, Fernández-Gianotti J, Martín-Serrano A, Quesada C, Barnolas A, Durán JJ. 2001. First Spanish contribution to the Geosites Project list of the geological frameworks established by consensus. Episodes 24(2): 79–92.

Garda GM, Schorscher JHD, 1996. Os diques costeiros básicos e ultrabásicos adjacentes ao canal de São Sebastião (Litoral Norte do Estado de São Paulo). Revista do Instituto Geológico SP 17 (1-2): 7 – 31.

Gill JC. 2017. Geology and the Sustainable Development Goals. Episodes 40(1): 70-76.

Gill JL, Blois JL, Benito B, Dobrowski S, Hunter Jr ML, McGuire JL. 2015. A 2.5-million-year perspective on coarse-filter strategies for conserving nature's stage. Conservation Biology 29(3): 640-648.

GLNP. 2016. Greater Lincolnshire Geodiversity Strategy 2016-2021. Greater Lincolnshire Geodiversity Group, 50p.

Gordon JE. 2012. Engaging with geodiversity: 'stone voices', creativity and ecosystem cultural services in Scotland. Scottish Geographical Journal, 128: 240-265.

Gordon JE, Barron HF. 2012. Valuing geodiversity and geoconservation: developing a more strategic ecosystem approach. Scottish Geographical Journal 128: 278-297.

Gordon JE, Barron HF. 2013. The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland. Scottish Journal of Geology 49(1): 41-58.

Gordon JE, Barron HF, Hansom JD, Thomas MF. 2012. Engaging with geodiversity – Why it matters. Proceedings of the Geologists' Association 123: 1-6.

Gordon JE, Brooks AJ, Chaniotis PD, James BD, Kenyon NH, Leslie AB, Long D, Rennie AF. 2016. Progress in marine geoconservation in Scotland's seas: assessment of key interests and their contribution to Marine Protected Area network planning. Proceedings of the Geologists' Association 127:716-737.

Gray M. 2004. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. John Wiley & Sons.

Gray M. 2012. Valuing geodiversity in an 'ecosystem services' context. Scottish Geographical Journal, 128: 177-194.

Gray M, 2013. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. 2a Edição. John Wiley & Sons.

Gray M. 2018. Geodiversity: the backbone of geoheritage and geoconservation. In: E. Reynard and J. Brilha (Eds.) Geoheritage: Assessment, Protection and Management. Elsevier, p. 13-25.

Gray M, Gordon JE, Brown EJ. 2013. Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. Proceedings of the Geologists' Association 124: 659-673.

Gramani MF. 2001. Caracterização geológica-geotécnica das corridas de detritos ("Debris Flows") no Brasil e comparação com alguns casos internacionais. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

Gray M. 2013. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. 2a Edição. John Wiley & Sons.

Guedes CCF, Mendes VR, Giannini PCF, Sawakushi AO, Nogueira L, Buchmann FS. 2017. Idades de deposição dos sedimentos da falésia de Itaguaré (Bertioga-SP) determinadas por luminescência opticamente estimulada. Quaternary and Environmental Geosciences 08(2):09-16.

Grasso M. 1994. Avaliação econômica do ecossistema manguezal: complexo estuarino-lagunar de Cananéia, um estudo de caso. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 171p.

Hjort J, Gordon JE, Gray M, Hunter ML. 2015. Why geodiversity matters in valuing nature's stage. Conservation Biology 29(3): 630-639.

Herrero N, Díaz-Martínez E, Monge-Ganuzas M, Guillén F, Santisteban C, Meléndez G, Salazar A, Mata JM. 2013. La geoconservación en las actividades de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. In: Vegas J, Salazar A, Díaz-Martínez E, Marchán C (Eds.). Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo. Cuadernos del Museo Geominero 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, p. 251-258.

Henriques MH, Reis RP, Brilha J, Mota T. 2011. Geoconservation as an Emerging Geoscience. Geoheritage, 3: 117-128.

IBGE. 2009. Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil. IBGE, Diretoria de Geociências, Rio de Janeiro, 176p.

IBGE. 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. https://cidades.ibge.gov.br/. Acesso em 03/03/2018.

ICMBio. 2010. Plano de ação Mosaico Mantiqueira. Projeto Mosaicos, 21p.

ICMBio. 2012. Plano de ação nacional para a conservação do patrimônio espeleológico nas áreas cársticas da Bacia do Rio São Francisco. Mininstério do Meio Ambiente, Brasília-DF, 140p.

IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). 1981. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo, PROMOCET/PRÓ-MINÉRIO, 2 volumes.

IPT. 2007. Bases técnicas para o ordenamento territorial e desenvolvimento sustentável da mineração no Vale do Ribeira – municípios de Registro, Sete Barras, Juquiá, Miracatu, Jacupiranga e Iguape. Parecer técnico IPT nº 14002-301.

IPT. 2013. Bases técnicas para o ordenamento territorial da mineração nos municípios do litoral norte paulista. Relatório Final IPT nº 133407-205.

IPT. 2015. Ordenamento Territorial Geomineiro da Região Metropolitana da Baixada Santista, Estado de São Paulo. Relatório Técnico Final IPT nº 142577-205.

Jericó-Daminello C. 2014. Identificação e valoração sociocultural dos serviços ecossistêmicos – o caso da comunidade do Marujá, Ilha do Cardoso – SP, Brasil. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Ciência Ambiental, USP.

Larwood JG, Badman T, McKeever PJ. 2013. The progress and future of geoconservation at a global level. Proceedings of the Geologists' Association 124 (4): 720–730.

Lima FF, Brilha JB, Salamuni E. 2010. Inventorying geological heritage in large territories: a methodological proposal applied to Brazil. Geoheritage 2(3-4):91-99.

Lima GTNP, Bertolo LS, Santos RF. 2010. Trilhas náuticas, serviços ecossistêmicos e impactos ambientais na Estação Ecológica de Juréia-Itatins [São Paulo], Brasil. Revista Labor & Engenho 4(2): 34-46.

Longo MHC. 2014. Serviços ecossistêmicos e a atividade minerária: um estudo de caso no Vale do Ribeira, SP. Dissertação de Mestrado, ESALQ/USP, 107p.

Mahiques MM, Figueira RCL, Alves DPV, Italiani DM, Martins CC, Dias JMA. 2014. Coastline changes and sedimentation related with the opening of an artificial channel: the Valo Grande Delta, SE Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 86(4):1597-1607.

Mahler Jr JKF. 2014. Plano de ação "Restauração e conservação dos ecossistemas do entorno do Parque Estadual do Espinilho-RS". Projeto RS Biodiversidade, Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 66p.

Mansur KL, Ponciano LCMO, Castro ARSF. 2017. Contributions to a Brazilian Code of Conduct for Fieldwork in Geology: an approach based on Geoconservation and Geoethics. Anais da Academia Brasileira de Ciências 89(1 Suppl.): 431-444.

MEA. 2003. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Washington, DC: Island Press.

MMA. 2017. Estratégia e Plano de Ação Nacionais para a Biodiversidade. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80049/EPANB/EPANBPORT.pdf. Acesso em 24/03/2018.

Munk N. 2015. Inclusão dos serviços ecossistêmicos na avaliação ambiental estratégica. Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, 164p.

Muñoz AMM, Freitas SR. 2017. Importância dos serviços ecossistêmicos nas cidades: revisão das publicações de 2003 a 2015. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade 6(2): 89-104.

Mansur K. 2009. Projetos Educacionais para a Popularização das Geociências e para a Geoconservação. Revista do Instituto de Geociências/USP 5: 63-74.

Mansur K, Nascimento V. 2007. Disseminação do Conhecimento Geológico: Metodologia Aplicada ao Projeto Caminhos Geológicos. In Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra.

Mansur K, Silva A. 2011. Society´s Response: Evaluation on the performace of the "Caminhos Geológicos" Project, State of Rio de Rio Janeiro, Brazil. Geoheritage 3(1): 27-30.

Mansur K, Dourado Rocha AJ, Pedreira A (in memoriam), Schobbenhaus C, Salamuni E, Erthal FC, Piekarz G, Winge M, Nascimento MA, Ribeiro RR. 2013. Iniciativas institucionais de valorização do patrimônio geológico do Brasil. Boletim Paranaense de Geociências 70: 2-27.

Martins SSS, Silva MP, Azevedo MO, Silva VP. 2015. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. Holos 31(6): 54-76.

Meira VT. 2014. Evolução tectono-metamórfica neoproterozoica dos complexos Embu e Costeiro no contexto de formação do Gondwana Ocidental (leste do estado de São Paulo). Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Menezes AJEA, Galvão EUP. 2004. Bananeira: Recomendações de Cultivo. Comunicado Técnico do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento 113:1-4.

Mochiutti NF, Guimarães GB, Melo MS. 2011. Os Valores da Geodiversidade na Região de Piraí da Serra, Paraná. Geociências UNESP 30(4): 651-668.

Mochiutti NF, Guimarães GB, Moreira JC, Lima FF, Freitas FI. 2012. Os Valores da Geodiversidade: Geossítios do Geopark do Araripe/CE. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ 35(1): 173-189.

Moller I, Kudella M, Rupprecht F, Spencer T, Paul M, van Wesenbeeck BK, Wolters G, Jensen K, Bouma TJ, Miranda-Lange M and Schimmels S. 2014. Wave attenuation over coastal salt marshes under storm surge conditions. Nature Geosci 7:727-731.

Mucivuna VC. 2016. Estratégias de geoconservação aplicadas à geodiversidade do município de Bertioga-SP e às fortificações do litoral Paulista. Dissertação de Mestrado, IGc/USP,

Mucivuna VC, Garcia MGM, Del Lama EA. 2017. Inventário e avaliação quantitativa do patrimônio geológico do município de Bertioga, SP. Revista Pesquisas em Geociências (UFRGS) 44: 293-321.

Mucivuna VC, Del Lama EA, Garcia MGM. 2016. Aspectos geológicos, históricos e estado de conservação das fortificações da Baixada Santista, litoral paulista. Revista do Instituto Geológico 37(1): 29-48.

Nascimento Jr. DR, Giannini PCF, Tanaka APB, Guedes CCF. 2008. Mudanças morfológicas da extremidade NE da Ilha Comprida (SP) nos últimos dois séculos. Revista Geologia USP Série Científica 8(1): 25-39.

Natural England. 2008. Local Geodiversity Action Plans: A review of progress in England. Natural England Commissioned Report NECR027, 82p.

Natural England. 2010. Geodiversity Action Plans: The use of indicators in progress reporting. Natural England Commissioned Report NECR051, 43p.

Nellemann C, Corcoran E, Duarte CM, Valdés L, De Young C, Fonseca L, Grimsditch G (Eds). 2009. Blue Carbon. A Rapid Response Assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal, 80p.

Oliveira CR. 2016. Serviços ecossistêmicos prestados pelos promontórios costeiros no litoral centro-norte de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Itajaí, 86p.

Veiga Lima FA, Almeida FB, Torres RP, Scherer MEG. 2016. Modelo conceitual de avaliação de ameaças sobre serviços ecossistêmicos de sistemas de dunas. Estudo de caso: os campos de dunas da Ilha de Santa Catarina/SC, Brasil. Desenvolvimento e Meio Ambiente 38: 199-211.

Pellegati CHG, Galvani E. 2010. Avaliação da precipitação na Serra do Mar-SP em eventos de diferentes intensidade e duração. GEOUSP - Espaço e Tempo 27: 147–158.

Pereira DI. 2017. Raising awareness of geodiversity services in Terras de Cavaleiros UNESCO Global Geopark. In: 14th European Geoparks Conference, Açores, Portugal. Abstracts Book, p. 87.

Pereira MLM, Souza KIS, Vieira CV. 2010. Restingas: ser ou não ser, eis a questão.... In: XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário ABEQUA.

Perrotta MM, Salvador ED, Lopes RC, D'Agostinho LZ, Peruffo N, Gomes SD, Sachs LLB, Meira V., Garcia MGM, Lacerda Filho JV. 2005. Mapa geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil, CPRM, São Paulo.

Pfaltzgraff PAS, Peixoto CAB. 2010. Cap. 1 – Introdução. In: C.A.B Peixoto (Org.). Geodiversidade do estado de São Paulo. São Paulo: CPRM, p. 9-14.

Pozzi-Neto D. 2001. Baixada Santista, manguezal e vazamentos de óleo: uma valoração econômico-ecológica. Dissertação de Mestrado, PROCAM, Universidade de São Paulo.

Prates APL, Gonçalves MA, Rosa MR, 2012. Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil. Brasília: MMA, 152 p.

Prochoroff R. 2014. O patrimônio geológico de Ilhabela-SP: estratégias de geoconservação. Dissertação de Mestrado, IGc/USP, 176p.

Prosser CD, Burek CV, Evans DH, Gordon JE, Kirkbride V, Rennie AF, Walmsley CA. 2010. Conserving geodiversity sites in a changing climate: management challenges and responses. Geoheritage 2: 123–136.

Prosser CD, Brown EJ, Larwood JG, Bridgland DR. 2013. Geoconservation for science and society – an agenda for the future. Proceedings of the Geologists' Association 124: 561–567.

Queiróz DS, Garcia MGM. 2017. Expansão urbana como ameaça à geodiversidade: estudo de caso em Santos-SP. In: Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento. 1a ed. Campinas: UNICAMP v.1, p. 3102-3111.

Reverte FC. 2014. Avaliação da Geodiversidade em São Sebastião – SP como patrimônio geológico. Dissertação de Mestrado, IGc/USP, 208p.

Reverte FC, Garcia MGM. 2016a. The geological heritage of São Sebastião, SP: Inventory and potential use of geosites with scientific value. Revista de Geociências da UNESP, 35(4): 495-511.

Reverte F.C, Garcia MGM. 2016b. Quantitative Evaluation of Geological Heritage: Application to Geosites of São Sebastião, Northern Coast of São Paulo. Anuário do Instituto de Geociências (Online) 39: 43-56.

Riccomini C, Sant'Anna LG, Tassinari CCG. 2012. Pré-sal: geologia e exploração. Revista USP São Paulo 95: 33-42.

Rocha AJD, Lima E, Schobbenhaus C. 2016. Aplicativo Geossit: nova versão. In: 48º Congresso Brasileiro de Geologia. Available in: http://sbg.sitepessoal.com/anais48cbg/st22/ID6389_111446_52_Aplicativo_Geossit.pdf. Acesso em 08/01/2018.

Rocha-Campos AC. 2002a. Rocha moutonnée de Salto, SP. Típico registro de abrasão glacial do Neopaleozóico. In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. Brasília: Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), p. 155-160.

Rocha-Campos AC. 2002b. Varvito de Itu, SP - Registro clássico da glaciação neopaleozóica. In: Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1. ed. Brasília: Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP) 01: 147-154.

Reynard E, Brilha J (Eds.). 2018. Geoheritage: Assessment, Protection and Management. Elsevier, 450p.

Reynard E, Brilha J. 2018. Geoheritage: a multidisciplinar and applied approach. In: E. Reynard and J. Brilha (Eds.) Geoheritage: Assessment, Protection and Management. Elsevier, p. 3-9.

Romão RMM. 2017. Métodos de inventário e avaliação quantitativa de locais de interesse geológico no Brasil: visão geral e aplicação ao município de Cananeia, litoral sul do estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado, IGc/USP, 82p.

Romão RMM, Garcia MGM. 2017. Iniciativas de inventário e quantificação do patrimônio geológico no Brasil: panorama atual. Anuário do Instituto de Geociências UFRJ (online) 40(2): 250-265.

Ross JLS, Moroz IC. 1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1: 500.000. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas e FAPESP. 2 volumes.

Sanderson EW, Segan DB, Watson JEM. 2015. Global status of and prospects for protectionof terrestrial geophysical diversity. Conservation Biology 29(3): 649-656.

Santos PLA. 2014. Patrimônio geológico em áreas de proteção ambiental: Ubatuba – SP. Dissertação de Mestrado, IGc/USP, 208p.

Santos VMN, Bacci DC. 2017. Proposta para governança ambiental ante os dilemas socioambientais urbanos. Estudos Avançados 31(89): 1806-9592.

Scottish Geodiversity Forum. 2013. Scotland's Geodiversity Charter. Disponível em: https://scottishgeodiversityforum.org/charter/. Acesso em 23/08/2017.

Sharples C. 1993. A Methodology for the Identification of Significant Landforms and Geological Sites for Geoconservation Purposes; Report to Forestry Commission, Tasmania.

Sharples C. 1995. Geoconservation in forest management - principles and procedures. Tasforests 7: 37–50.

Sharples C. 2002. Concepts and Principles of Geoconservation, PDF Document, Tasmanian Parks and Wildlife Service.

Silva CR (Ed.). 2008. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro, CPRM, 264p.

Silva CR, Marques VJ, Dantas ME, Shinzato E. 2008. Aplicações múltiplas do conhecimento da geodiversidade. In: CR Silva (Ed.). Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. Rio de Janeiro, CPRM, p. 182-204.

Silva MLN, Nascimento MAL. 2016. Os valores da geodiversidade de acordo com os serviços ecossistêmicos sensu Murray Gray aplicados a estudos in situ na cidade do Natal (RN). Caderno de Geografia 26(2): 338-354.

SMA-SP. 2013. Plano de Ação de São Paulo Metas de Aichi 2020: Implementação no Estado de São Paulo (Versão resumida). Secretaria estadual do Meio Ambiente, 65p.

Souza CRG. 1992. Considerações sobre a origem de um depósito marinho pleistocênico no litoral norte do estado de São Paulo. Boletim IG-USP, Série Científica 23:43-54.

Souza CRG. 2009. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, conseqüências, indicadores de monitoramento e risco. In: Bononi, V.L.R., Santos Junior, N.A. (Org.). Memórias do Conselho Cientifico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Acumulado, p. 48-69.

Souza CRG. 2012. Praias arenosas oceânicas do estado de São Paulo (Brasil): síntese dos conhecimentos sobre morfodinâmica, sedimentologia, transporte costeiro e erosão costeira. Revista do Departamento de Geografia USP, Vol. Esp. 30 anos: 307-371.

Souza CRG, Hiruma SH, Sallun AEM, Ribeiro RR, Azevedo Sobrinho JM. 2008. "Restinga" - Conceitos e empregos do termo no Brasil e implicações na legislação ambiental. São Paulo, Instituto Geológico, 104p.

Souza KGS. 2008. Mapa da potencialidade dos recursos minerais da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes, Escala 1:2.500.000. Brasília, DF. Serviço Geológico do Brasil – CPRM.

Stewart IS. 2016. Sustainable geoscience. Nature Geoscience 9: 262.

Stewart IS, Gill JC. 2017. Social geology — _integrating sustainability concepts into Earth sciences. Proceedings of the Geologists' Association 128:165–172.

Spalding MD, Fish L, Wood L. 2008. Toward representative protection of the world's coasts and oceans - progress, gaps, and opportunities. Conservation Letters 1:217-226.

Suzuki EY, Taioli F, Rodrigues CL. 2005. Avaliação do comportamento geoquímico do solo da região do lixão de Ilhabela – SP. Águas Subterrâneas 19(2): 67-76.

Tansley AG. 1935. The use and abuse of vegetational terms and concepts. Ecology 16: 284–307.

Teles RD. 2016. Caracterização paleogeográfica de costões rochosos da porção sul do município de Ubatuba, SP. Dissertação de Mestrado, FFLCH, Universidade de São Paulo.

Terassi PMB, Galvani E. 2017. O efeito orográfico da Serra do Mar e o potencial erosivo das chuvas nas bacias hidrográficas do Ribeira e Litorânea – Paraná. Revista Brasileira de Climatologia 21: 327-345.

Tessler MG, Cazzoli Y, Goya S, Yoshikawa PS, Hurtado SN. 2006. São Paulo. In: Muehe D (Org.). Erosão e progradação no litoral brasileiro. Brasília, DF: MMA, p. 297-346.

TNC WWF. 2006. The Nature Conservancy, World Wildlife Fund. 2006. Standards for Ecoregional Assessments and Biodiversity Visions. Arlington, VA: The Nature Conservancy, January 26.

Tognella MMP. 1995. Valoração econômica: Estudo de caso para o ecossistema manguezal Bertioga e Cananéia, Estado de São Paulo. Dissertação de mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.

Toledo. 2017. Plano de Ação e estratégias para a biodiversidade de Toledo-PR. Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Toledo, 420p.

Turra A, Amaral ACZ, Zacagnini AC, Ciotti AM, Rossi-Wongtschowski CLDB, Schaeffer-Novelli Y, Marques AC, Siegle E, Sinisgalli PAA, Santos CR, Carmo AB. 2017. Avaliação de impacto ambiental sob uma abordagem ecossistêmica: ampliação do porto de São Sebastião. Ambiente & Sociedade 20(3): 159-178.

Woodroffe CD, Rogers K, McKee KL, Lovelock CE, Mendelssohn IA and Saintilan N. 2016. Mangrove Sedimentation and Response to Relative Sea-Level Rise. Annual Review of Marine Science 8: 243–66.