

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Avaliação da geodiversidade como base para estratégias de geoconservação em áreas protegidas: estudo aplicado ao Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Caraguatatuba (SP)

LAURA PEREIRA BALAGUER

Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Área de concentração: Mineralogia Experimental e Aplicada

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

SÃO PAULO

2022

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.

Serviço de Biblioteca e Documentação do IGc/USP

Ficha catalográfica gerada automaticamente com dados fornecidos pelo(a) autor(a) via programa desenvolvido pela Seção Técnica de Informática do ICMC/USP

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de catalogação da publicação:
Sonia Regina Yole Guerra - CRB-8/4208 | Anderson de Santana - CRB-8/6658

Pereira Balaguer, Laura
Avaliação da geodiversidade como base para estratégias de geoconservação em áreas protegidas: estudo aplicado ao Parque Estadual da Serra do Mar - Núcleo Caraguatatuba (SP) / Laura Pereira Balaguer; orientadora Maria da Glória Motta Garcia.
-- São Paulo, .
125 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Mineralogia e Petrologia) -- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, .

1. áreas protegidas. 2. geodiversidade. 3. geoconservação. 4. mapeamento geoambiental. 5. serviços ecossistêmicos. I. Motta Garcia, Maria da Glória, orient. II. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**AVALIAÇÃO DA GEODIVERSIDADE COMO BASE PARA ESTRATÉGIAS DE
GEOCONSERVAÇÃO EM ÁREAS PROTEGIDAS: ESTUDO APLICADO AO
PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO MAR - NÚCLEO CARAGUATATUBA (SP)**

LAURA PEREIRA BALAGUER

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

Dissertação de Mestrado

Nº 882

COMISSÃO JULGADORA

Dr^a. Maria da Glória Motta Garcia

Dr. Paulo Pereira

Dr^a. Joana Paula Sanchez

SÃO PAULO

2022

À minha família

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de mestrado concedida (130693/2020-0) e à Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), chamada FAPESP/BIOTA-SIMA-FF (2019/19527-5), pelo projeto temático.

À Prof.^a Dr.^a Maria da Glória Motta Garcia meus sinceros agradecimentos pela cuidadosa orientação e dedicação à pesquisa, que contribuiu imensamente desde a etapa de projeto à realização do trabalho final.

À Dr.^a Lígia Maria de Almeida Leite Ribeiro pela atenção e coorientação também desde a construção do projeto ao produto, que muito enriqueceu as discussões levantadas, principalmente em atividades de campo.

Ao Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Caraguatatuba pela abertura aos projetos relativos à Geoconservação e, em especial, ao gestor Miguel Nema pela disponibilidade, participação e concessão de materiais.

À minha família, Vera Lúcia, Vicente e Otávio, que sempre me incentivaram e apoiaram aos estudos, bem como comemoraram minhas conquistas neste âmbito. Em especial ao Otávio, irmão querido que compartilhou muitos dos momentos universitários entre os anos de 2015 e 2017. Agradeço também ao resumo em espanhol.

As amigas que construí ao longo desses oito anos de estadia na Universidade de São Paulo e que comigo compartilharam experiências acadêmicas e pessoais, agradeço: à Lígia Dona, Gabriela Basotti e Pamela Basotti. Aos amigos LiGEAnos, de graduação, em especial ao Leonardo Alvim, Érica Souza, Júlia Gonçalves, Paula Suelem, Jonathan Pereira, Guilherme Amaral e Mariana Marques.

Ao José Renato, que contribuiu para a construção deste trabalho, que se iniciou no apoio desde a graduação. Agradeço o incentivo e apoio, inclusive no aprendizado de QGIS.

Ao Bruno Bordini, meu companheiro, que acompanhou os momentos finais desta jornada e contribuiu direta e indiretamente à finalização desta etapa.

Agradeço aos amigos de pós-graduação pelas discussões e disciplinas compartilhadas, mesmo que a distância. Em especial à Eliana Mazzucato (pelo trabalho em conjunto no PESH – NuCar), Débora Queiroz (pelo apoio e orientação ao ingresso na pós-graduação), Fernanda Reverte e Vanessa Mucivuna. Aos demais colegas por me acolherem na sala B-09.

Agradeço à toda a equipe GeoHereditas pelo acolhimento ainda na graduação e inserção às discussões, reuniões e eventos, estes que pude participar ativamente, inclusive na organização, como no VI Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico.

Aos professores que desde a graduação me acompanharam: Denise Bacci, Christine Bourotte, Paulo Boggiani e Veridiana Martins.

Por fim, aos funcionários do IGc, que sempre muito solícitos contribuíram imensamente a esta caminhada que aqui apresento uma parte.

Não posso deixar de mencionar que esta dissertação foi inteiramente construída durante a Pandemia de Covid-19, momento em que o contexto político nacional, especialmente de pesquisa, políticas públicas e de saúde foram arrasadores contabilizando inúmeras perdas humanas.

“Fomos, durante muito tempo, embalados com a história de que somos a humanidade. Enquanto isso – enquanto seu lobo não vem – fomos nos alienando desse organismo de que somos parte, a Terra, e passamos a pensar que ele é uma coisa e nós, outra: a Terra e a humanidade. Eu não percebo onde tem alguma coisa que não seja natureza. Tudo é natureza. O cosmos é natureza. Tudo que eu consigo pensar é natureza.”

Ailton Krenak

RESUMO

Balaguer, L. P., 2022, Avaliação da geodiversidade como base para estratégias de Geoconservação em áreas protegidas: estudo aplicado ao Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Caraguatatuba (SP) [Dissertação de Mestrado], São Paulo, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 125 p.

O município de Caraguatatuba, no litoral norte do estado de São Paulo, é parte de um mosaico de áreas costeiras que compõem uma das principais áreas protegidas do estado: o Parque Estadual da Serra do Mar. Embora expressiva, a área protegida tem sido cada vez mais suprimida pela urbanização e industrialização, representando forte ameaça à geodiversidade. A geodiversidade da região está associada aos registros geológicos de amalgamação, evolução e fragmentação do supercontinente Gondwana, passando pela abertura do Oceano Atlântico Sul, formação da Serra do Mar e episódios de variação do nível do mar. Os elementos e processos da geodiversidade associados a estes eventos apresentam benefícios à sociedade e encontram-se ameaçados por fatores naturais e antrópicos. Por este motivo, a caracterização e a avaliação integrada da geodiversidade, que contribua para estratégias de conservação da natureza na unidade de conservação, deve levá-los em consideração. Este trabalho objetiva caracterizar a geodiversidade do município com foco na área protegida, além de definir e avaliar os serviços ecossistêmicos providos pela geodiversidade e quantificar suas perdas. A metodologia empregada baseou-se em cinco etapas: (i) confecção de mapeamento geoambiental em escala de detalhe, (ii) definição das Variáveis Essenciais da Geodiversidade (EGVs), (iii) identificação dos serviços ecossistêmicos providos pela geodiversidade, (iv) confecção de mapas de uso e ocupação do solo de 1990 e 2020 e (v) avaliação quantitativa dos impactos à geodiversidade e aos serviços ecossistêmicos. O mapa geoambiental resultou em 11 unidades que abrangem os processos denudacionais das rochas cristalinas da Serra do Mar e os processos agradacionais das planícies costeira, fluvial e fluviomarinha, que estão associadas a potencialidades e limitações de uso na gestão territorial. Dentre as EGVs foram definidas as categorias geologia, recursos minerais, geomorfologia, pedologia, hidrologia e depósitos inconsolidados. A identificação dos serviços ecossistêmicos providos pela geodiversidade indicou 76 serviços distribuídos nas funções de regulação, suporte, provisão, cultural e conhecimento. Destes, os mais ameaçados pela urbanização e pela ausência de vegetação são, respectivamente: suporte (50,9%), regulação (47,7%), cultural (41,9%), conhecimento (34,9%) e provisão (31,2%). Os resultados obtidos por meio da caracterização integrada da geodiversidade abrangem dados que permitem uma avaliação consistente e com base nos vetores de impacto à porção abiótica. Espera-se que os dados resultantes possam servir como ferramenta para políticas públicas.

Palavras chaves: áreas protegidas, geodiversidade, geoconservação, mapeamento geoambiental, serviços ecossistêmicos

ABSTRACT

Balaguer, L. P., 2022, Geodiversity assessment as bases strategies of Geoconservation in protected areas: study applied to the Serra do Mar State Park – Núcleo Caraguatatuba (SP) [Master's Dissertation], São Paulo, Institute of Geociences, University of Sao Paulo, 125 p.

The Caraguatatuba county, on the northern coast of the state of São Paulo, is part of a mosaic of coastal areas that make up one of the main protected areas in the state: the Serra do Mar State Park. Although expressive, the protected area has been increasingly suppressed by urbanization and industrialization, representing a strong threat to geodiversity. The geodiversity of the region is associated with the geological records of amalgamation, evolution and fragmentation of the supercontinent Gondwana, including the opening of the South Atlantic Ocean, the formation of Serra do Mar Mountain Range and episodes of sea level variation. The elements and processes of geodiversity associated with these events present benefits to society and are threatened by natural and anthropic factors. For this reason, the characterization and integrated assessment of geodiversity, which contributes to nature conservation strategies in the conservation unit, must take them into account. This work aims to characterize the municipality's geodiversity with a focus on the protected area, in addition to defining and assessment the ecosystem services provided by geodiversity and quantifying their losses. The methodology used was based on five steps: (i) geoenvironmental mapping in a detailed scale, (ii) definition of the Essential Geodiversity Variables (EGVs), (iii) identification of ecosystem services provided by geodiversity, (iv) land use and occupation maps for 1990 and 2020 and (v) quantitative assessment of impacts on geodiversity and ecosystem services. The geoenvironmental map resulted in 11 units that cover the denudational processes of the Serra do Mar crystalline rocks and the flatten processes of the coastal, fluvial and fluviomarine plains, which are associated with potential and limitations of use in territorial management. Among the EGVs, the categories geology, mineral resources, geomorphology, pedology, hydrology and unconsolidated deposits were defined. The identification of ecosystem services provided by geodiversity indicated 76 services distributed in the functions of regulating, supporting, provisioning, cultural and knowledge. Of these, the most harmed by urbanization and the absence of vegetation are, respectively: supporting (50.9%), regulating (47.7%), cultural (41.9%), knowledge (34.9%) and provisioning (31.2%). The results obtained through the integrated characterization of geodiversity include data that allow a consistent assessment and based on the vectors of impacts to the abiotic portion. It is hoped that the resulting data can serve as a tool for public policy.

Keywords: ecosystem services, geodiversity, geoconservation, geoenvironmental mapping

RESUMEN

Balaguer, L.P, 2022, Evaluación de la geodiversidad como base para las estrategias de geoconservación en áreas protegidas: un estudio aplicado al Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Caraguatatuba (SP) [Tesis de Maestría], São Paulo, Instituto de Geociencias, Universidad de São Paulo, 125 p.

El municipio de Caraguatatuba, ubicado en el litoral norte del estado de São Paulo, es parte de un mosaico de zonas costeras que constituyen una de las principales áreas protegidas del estado: el Parque Estadual da Serra do Mar. Aunque expresivo, el área protegida ha sido cada vez más reprimida por la urbanización y la industrialización, lo que representa una fuerte amenaza para la geodiversidad. La geodiversidad de la región está asociada a los registros geológicos de fusión, evolución y fragmentación del supercontinente Gondwana, incluyendo la apertura del Océano Atlántico Sur, la formación de la Serra do Mar y episodios de variación del nivel del mar. Los elementos de geodiversidad asociados a estos eventos presentan beneficios para la sociedad y están amenazados por factores naturales y antrópicos. Por ello, una caracterización y evaluación integrada de la geodiversidad, que contribuya a las estrategias de conservación de la naturaleza en la unidad de conservación, debe tenerlos en cuenta. Este trabajo tiene como objetivo caracterizar la geodiversidad del municipio con enfoque en el área protegida, además de definir y evaluar los servicios ecosistémicos que brinda la geodiversidad y cuantificar sus pérdidas. La metodología utilizada se basó en cinco pasos: (i) mapeo geoambiental a escala detallada, (ii) definición de las Variables Esenciales de Geodiversidad (EGV), (iii) identificación de los servicios ecosistémicos proporcionados por la geodiversidad, (iv) confección de mapas de uso y ocupación del suelo del 1990 y 2020 y (v) evaluación cuantitativa de los impactos sobre la geodiversidad y los servicios ecosistémicos. El mapa geoambiental resultó en 11 unidades que abarcan los procesos de denudación de las rocas cristalinas de la Serra do Mar y los procesos de agregación de las llanuras costeras, fluviales y fluviomarinas, que están asociados a potencialidades y limitaciones de uso en la gestión territorial. Entre las EGV se definieron las categorías geología, geomorfología, pedología, hidrología y depósitos no consolidados. La identificación de los servicios ecosistémicos proporcionados por la geodiversidad indicó 76 servicios distribuidos en las funciones de regulación, soporte, provisión, cultural y conocimiento. De estos, los más amenazados por la urbanización y la ausencia de vegetación son, respectivamente: apoyo (50,9%), regulación (47,7%), cultural (41,9%), conocimiento (34,9%) y provisión (31,2%). Los resultados obtenidos a través de la caracterización integrada de la geodiversidad incluyen datos que permiten una evaluación consistente y basada en los vectores de impacto a la porción abiótica. Se espera que los datos resultantes puedan servir como herramienta de política pública.

Palabras clave: áreas protegidas; geodiversidad; geoconservación; mapeo geoambiental; servicios ecosistémicos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Justificativa	4
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Gerais	5
1.2.2 Específicos	5
2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	7
2.1 Área de estudo, localização e acesso	7
2.2 Contexto Geológico	8
2.3 Contexto Geomorfológico	11
2.4. Parque Estadual da Serra do Mar	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS	15
4. AVALIAÇÃO COMBINADA DA GEODIVERSIDADE COMO FERRAMENTA DE GESTÃO TERRITORIAL: APLICAÇÃO AO LITORAL SUDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL	17
5. ATÉ QUE PONTO OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS PROVIDOS PELA GEODIVERSIDADE SÃO AFETADOS POR IMPACTOS ANTRÓPICOS? UM ESTUDO QUANTITATIVO EM CARAGUATATUBA, LITORAL SUDESTE DO BRASIL	19
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
6.1 Sobre a Avaliação da Geodiversidade	21
6.2 Perspectivas para Áreas Protegidas	27
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização do município de Caraguatatuba (SP). Elaborado pela autora.....	7
Figura 2 – Contexto dos cinturões orogênicos que compõem a Província Mantiqueira com destaque para o cinturão Ribeira e o extremo sul do cinturão de Brasília. (1) Cobertura Fanerozoica, (2-4) Unidades cinturão Ribeira, (3) Terreno Apiaí, (4) Terrenos relacionados ao arco e fora de borda, (5) Unidades tectônicas do cinturão Brasília, (6) Grupo Bambuí, (7) Embasamento exposto dos crátons São Francisco (CSF) e Luiz Alves (LA), terrenos tectonoestratigráficos sensu Howell (1989). Assim, a Faixa Ribeira subdivide-se em quatro terrenos, nomeadamente, o Ocidental, Paraíba do Sul-Embu, Oriental e Cabo Frio. A zona externa do cinturão, que é contínuo ao cinturão Araçuaí corresponde ao terreno Ocidental. Modificado e extraído de Heilbron et al. (2017).....	8
Figura 3 – Contexto geológico regional do município de Caraguatatuba (SP). Fonte: Perrotta et al. (2005).	9
Figura 4 – Depósitos marinhos pleistocênicos e holocênicos de Caraguatatuba (SP). Extraído de Souza (1992) e adaptado por ela.	10
Figura 5 – Estágios evolutivos propostos por Suguio e Martin (1978) para a formação da planície costeira de Caraguatatuba, mostrando as transgressões marinhas Cananéia e Santos. Extraído de Suguio e Martin (1978).	11
Figura 6 – Parque Estadual da Serra do Mar com destaque para o núcleo Caraguatatuba no município homônimo. A área protegida tem caráter regional e se distribui por diferentes municípios paulistas em dez núcleos administrativos, como visto na imagem no canto superior esquerdo do mapa. Elaborado pela autora.	13
Figura 13 – (A) Pedreira de granito à beira da rodovia translitorânea, (B) Erosão costeira na Praia Massaguaçu e contenção com estrutura rígida já degradada, (C) Plantação de hortaliça em planície fluvial, (D) Vista da planície fluviomarinha desocupada e com pasto, (E) Passivo ambiental na planície fluviomarinha ocasionada pela impermeabilização do solo a partir da duplicação do contorno da Tamoios na Bacia do Rio Juqueriquerê, (F) Embarcações e suporte de avifauna no Rio Juqueriquerê. Fotos da autora.	24
Figura 14 – (G) Ao fundo depósito de tálus em formato triangular, (H) Captação de água do Rio Guaxinduba pelos moradores, (I) Mirante natural denominado Mirante dos Tropeiros, (J) Rio Pardo, afluente do Rio Camburu, (K) Perfil de solo do domínio geoambiental Corpos	

máficos e ultramáficos e (L) Vista do Mirante dos Tropeiros para a vegetação de Mata Atlântica, em particular Floresta ombrófila densa montana (São Paulo, 2008). Fotos da autora.....25

LISTA DE TABELAS

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Potencialidades e limitações por unidade geoambiental no município de Caraguatatuba (SP).....	22
--	----

LISTA DE SIGLAS

ANM	Agência Nacional de Mineração
AP	Áreas protegidas
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
EGVs	Variáveis Essenciais da Geodiversidade
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico do estado de São Paulo
IUCN	International Union for Conservation of Nature
IUGS	International Union Geological Science
IF	Instituto Florestal
LIGs	Locais de Interesse Geológico
NuCar	Núcleo Caraguatatuba
PESM	Parque Estadual da Serra do Mar
ProGEO	The European Association for the Conservation of the Geological Heritage
SEs	Serviços ecossistêmicos
SIGMINE	Sistema de Informação Geográfica da Mineração
SMA	Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do estado de São Paulo
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

1. INTRODUÇÃO

A conservação da natureza em âmbito internacional foi impulsionada a partir da década de 1970. No Brasil, ela foi marcada principalmente a partir dos anos 80 e 2000, devido ao movimento socioambiental e à criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), respectivamente (Franco et al., 2015).

De acordo com Franco et al. (2015), a conservação da natureza foi expressa ao longo da história por diferentes concepções, que culminaram na noção da necessidade de criação de áreas protegidas (AP). Neste contexto, surgiu, em 1948, a União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN, em inglês) sob a denominação de “União Internacional para Proteção da Natureza – IUPN”, órgão internacional regulador das diretrizes de gestão em AP até o presente momento.

Embora o primeiro grande marco de APs criadas no mundo seja o Parque Nacional de Yellowstone (EUA, 1872), consolidado sobre aspectos geológicos como componentes principais, ao longo dos anos observou-se um crescente movimento conservacionista voltado à “vida selvagem”. Isto se refletiu, por exemplo, na consolidação do conceito de biodiversidade durante os anos 80 (Gray, 2004). Entretanto, mesmo com a iminência de discussões atuais de fenômenos naturais que cada vez mais se intensificam devido ações antrópicas e comprometem também a biodiversidade, a grande maioria das APs continuam a negligenciar a porção abiótica em práticas conservacionistas.

Desde a década de 1990 a porção abiótica da natureza tem sido referida como “geodiversidade”, em contrapartida à biodiversidade, e tem recebido diversas definições. Para Gray (2013), a geodiversidade é conceituada como:

“a variedade natural (diversidade) de elementos geológicos (rochas, minerais, fósseis), geomorfológicos (formas de relevo, topografia, processos físicos), solos e feições hidrológicas, incluídas suas associações, estruturas, sistemas e contribuição à paisagem” (Gray, 2013, p. 12).

Sharples (2002), ao discutir o termo e sua importância para a área da geoconservação, se refere à geodiversidade como “a metade esquecida” da conservação da natureza, que possui escalas de manifestação variadas, desde global à local. Isto denuncia a negligência desta porção, que é destacada, por exemplo, na ausência de valorização do capítulo do meio físico de planos de manejo de APs, em detrimento da biodiversidade. Isto esbarra no desbalanço em estratégias de conservação da natureza, que prejudicam planos de ação efetivos nessas áreas, não se aproveitando da geodiversidade que, inclusive, é grande atrativo turístico devido sua

importância geomorfológica. Além disso, a geodiversidade possui valores funcionais, como o de suporte para grandes florestas do mundo.

Atualmente o número de APs no mundo registram um percentual em torno de 15,4% da superfície terrestre, que abrange cerca de 20,6 milhões de km² (Franco et al., 2015). De acordo com a *World Database on Protected Areas*, a América Latina e Caribe totalizam 10.016 APs, distribuídas em áreas terrestres, marinhas e outras medidas eficazes de conservação baseadas na área (UNEP, WCMC, IUCN, 2022). Somente no Brasil, esse número é de 3.202 APs, que indica um percentual de 30,3% para área terrestre protegida e 26,8% para área marinha protegida (Mucivuna et al., 2021; UNEP, WCMC, IUCN, 2022).

Neste contexto, somado à concepção contemporânea de conservação da natureza em APs assentada na abordagem de ecossistemas e serviços ecossistêmicos, torna-se relevante a realização de estudos que contribuam para a temática. Serviços ecossistêmicos (SE) é o conceito que advém do termo utilizado por Erlich e Money (1893) ao abordar os benefícios dos ecossistemas ao ser humano. Ao longo dos anos o termo recebeu diversas definições, especialmente na década de 1990 (Constanza et al., 1997) e a partir de 2005, após o estabelecimento do “*Millennium Ecosystem Assessment*” (MEA).

Segundo Constanza et al. (2017), os SE são compreendidos como características ecológicas, funções e processos do ecossistema que beneficiam direta e indiretamente à sociedade. Os SE podem ser classificados de diferentes maneiras, como proposto em MEA (2005), *The Economics of Ecosystem of Biodiversity* (TEEB) e *Common International Classification of Ecosystem Services – CICES* (Haines-Young Potschin, 2013) e se relacionar à valoração monetária, denominada capital natural (Constanza e Daly, 1992; De Groot, 2002).

O capital natural (renovável e não renovável) e a abordagem em geral de SE podem ser entendidos sob uma perspectiva utilitarista, que vem sendo empregada em políticas públicas para pagamentos de serviços ambientais. Embora a temática seja amplamente divulgada, impera um certo descaso perante o potencial da geodiversidade na promoção e na participação no funcionamento do ecossistema, como apontado em Fox et al. (2020) e discutido por Gray (2019). Van Ree (2017) corrobora o exposto ao explicitar a pouca abrangência dos SE providos especialmente pela subsuperfície do planeta em detrimento da biodiversidade, ideia partilhada em Alahuhta et al. (2018).

A partir de 2011, começaram a surgir esforços para identificar os SE providos pela geodiversidade (Gray, 2011; Gordon e Barron, 2013; Brilha et al., 2018) culminando, inclusive, em nova classificação para estes SE (Gray, 2013; Gray, 2019). Segundo Gray (2019), os SE providos pela geodiversidade (ou serviços geossistêmicos) são bens e serviços que beneficiam

o ser humano de forma consciente ou não e podem ser divididos em cinco funções: suporte, provisão, regulação, cultural e conhecimento.

Para Gray (2021) e Chakraborty e Gray (2020), a geodiversidade é um conceito multifacetado, que esbarra em diferentes aplicações no planejamento e na gestão territorial, dentre elas nas AP. Considerar a geodiversidade neste contexto significa aprimorar as estratégias de conservação da natureza e romper a barreira existente entre os tomadores de decisões e as ciências da Terra, que hoje se apresentam como desafio para políticas públicas eficientes.

Neste sentido, destaca-se o reconhecimento da geodiversidade como parte integrante da natureza por meio de ações realizadas pela IUCN, principalmente a partir de resoluções (4.040/2008, 048/2012) e das Diretrizes para a Geoconservação em Áreas Protegidas e Conservadas (Crofts et al., 2015; Crofts et al., 2020; Crofts et al., 2021). Recentemente, a Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, em inglês), que regula ações do patrimônio geológico em nível mundial, adotou, no dia 22 de novembro de 2021, em Conferência Bienal da UNESCO, em Paris, o Dia Internacional da Geodiversidade como o dia 6 de outubro (<https://en.unesco.org/news/unesco-adopts-international-geodiversity-day>).

Diante do exposto, compreender a geodiversidade e suas ameaças a partir de uma avaliação adequada é um instrumento para alavancar a geoconservação e suas práticas, especialmente em APs, onde o tópico é pouco disseminado apesar de suas inúmeras aplicações (Gordon et al., 2021). Além disso, a abordagem se apresenta em um contexto de extrema relevância para os ecossistemas costeiros, uma vez que as áreas costeiras se comportam de maneira complexa ao entrelaçar processos terrestres, oceânicos e atmosféricos frente às mudanças climáticas (IPCC, 2021).

Com vistas a contribuir para as estratégias de conservação da natureza e de geoconservação em APs, o presente trabalho aborda a caracterização da geodiversidade do município de Caraguatatuba, com foco no Parque Estadual da Serra do Mar (PESM). A abordagem é feita por meio de uma avaliação integrada, baseada na combinação de mapeamento geoambiental a partir da metodologia do Serviço Geológico do Brasil (Ramos et al., 2018), identificação e avaliação dos SE providos pela geodiversidade, bem como suas ameaças e impactos.

A dissertação está organizada em seis capítulos, sendo dois deles de resultados apresentados em formato de artigos. O capítulo 4, intitulado “Avaliação combinada da geodiversidade como ferramenta de gestão territorial: aplicação ao litoral sudeste do estado de

São Paulo”, apresenta dados para a avaliação integrada da geodiversidade, enquanto o capítulo 5 “Até que ponto os serviços ecossistêmicos providos pela geodiversidade são afetados por impactos antrópicos? Um estudo quantitativo em Caraguatatuba, litoral sudeste do Brasil” apresenta os resultados da identificação dos SE providos pela geodiversidade e suas principais ameaças antrópicas. As considerações finais abordam a integração dos dados obtidos nos capítulos 4 e 5, abrangendo suas contribuições à geoconservação em áreas protegidas dentro do panorama atual.

1.1 Justificativa

O município de Caraguatatuba, inserido no contexto do litoral paulista, possui relevante papel no cenário econômico e turístico regional. Um conjunto de fatores naturais, como a configuração do meio físico e da biodiversidade, propiciaram o desenvolvimento urbano e o aproveitamento monetário de recursos naturais em diversos setores econômicos e turísticos na região.

Especialmente por conter uma das mais extensas planícies costeiras do litoral no norte do estado de São Paulo (Souza, 2012), somado a fatores estruturais, o município tem apresentado um intenso processo de urbanização. Este processo remonta à época das construções da rodovia Rio-Santos e da estrada Tamoios nas décadas de 1960 e 70, que tiveram influência direta na facilitação do acesso à área e no escoamento de produtos do litoral ao interior do estado (Rosemback, 2013).

Nas décadas seguintes, o crescimento urbano passou a ser atribuído especialmente à criação do Porto de São Sebastião e, mais recentemente, à especulação imobiliária devido ao crescente interesse turístico e o denominado turismo de massa (Gigliotti e Santos, 2013). Neste contexto, a região se caracteriza por ser uma zona vulnerável ao vetor urbano devido à sua interface oceano-continente e à complexa dinâmica hidrogeológica.

Ainda que a região possua uma das mais importantes áreas protegidas do estado, o Parque Estadual da Serra do Mar (PESM), que recobre grande porcentagem da área do município, existe ameaça aos seus benefícios para o ecossistema frente ao mais recente Zoneamento Econômico Ecológico (ZEE, 2017). De acordo com a definição das zonas e suas respectivas atividades econômicas, a atual zona de amortecimento do PESM está sob ameaça, principalmente pela flexibilização quanto às atividades industriais.

Diante da complexidade das interações econômicas, ambientais e sociais do município, evidencia-se a urgência de se integrar a geodiversidade à discussão da conservação da natureza e à geoconservação com foco aos SEs. Uma vez que a geodiversidade é negligenciada no

contexto de identificação dos SEs, faz-se relevante a sua avaliação, essencialmente em locais que interagem com áreas protegidas, as quais têm papel central na manutenção desses bens e serviços.

Além disso, a testagem de metodologias para identificação dos SEs providos pela geodiversidade e seus impactos torna-se ferramenta para o aprimoramento e a divulgação da abordagem. Por meio destes estudos é possível construir estratégias de conservação da natureza integradas e abrangentes para o alcance do desenvolvimento sustentável em Caraguatatuba e em outros locais. Neste sentido, a geoconservação tem contribuições significativas para o quadro da agenda global de 2030 dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs), como apontado em ProGEO (2020) e Stewart e Gill (2017). O PESM torna-se uma área piloto especial, uma vez que o Sistema Nacional de Unidades de Conservação, SNUC (lei nº 9.985/2000) prevê a facilitação do lugar para aplicação e validação de metodologias de conservação da natureza.

1.2 Objetivos

1.2.1 Gerais

O presente trabalho propõe a caracterização da geodiversidade do município de Caraguatatuba (SP), com destaque ao Parque Estadual da Serra do Mar (Núcleo Caraguatatuba) e zona de amortecimento, com vistas à identificação dos serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade e aos impactos nestes serviços causados pelas perdas da geodiversidade.

1.2.2 Específicos

Os objetivos específicos consistem em:

- i. Realizar o mapeamento geoambiental qualitativo do município de Caraguatatuba
- ii. Definir e caracterizar os domínios geoambientais
- iii. Identificar os serviços ecossistêmicos prestados pela geodiversidade local a partir das Variáveis Essenciais da Geodiversidade (EGVs)
- iv. Avaliar quantitativamente os impactos aos SEs providos pela geodiversidade no município
- v. Discutir estes temas no contexto do Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Caraguatatuba

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

No presente capítulo são apresentados os aspectos administrativos e do meio físico relativos à geologia e à geomorfologia da área de estudo.

2.1 Área de estudo, localização e acesso

A área de estudo é o município de Caraguatatuba (Fig. 1), com destaque para o núcleo homônimo do PESH, litoral norte do estado de São Paulo.

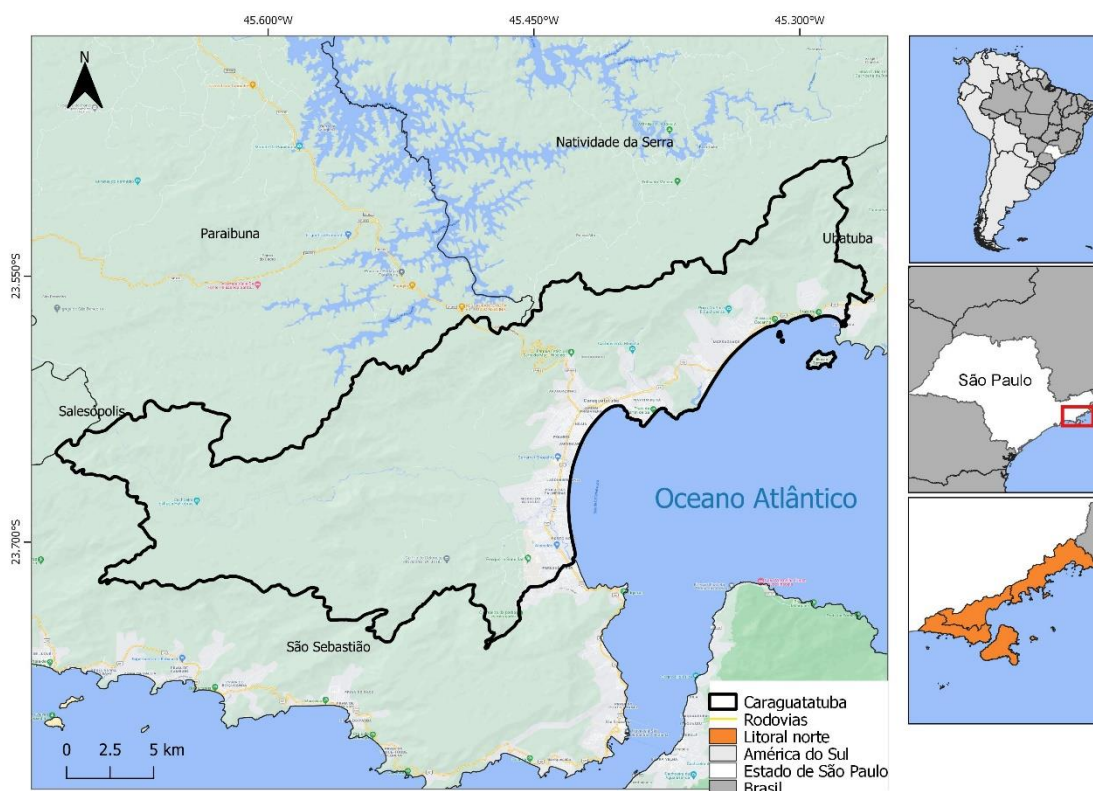


Figura 1 – Localização do município de Caraguatatuba (SP). Elaborado pela autora.

O município de Caraguatatuba dista 188 km da capital do estado e faz divisa com os municípios de São Sebastião, Paraibuna, Natividade da Serra e Ubatuba. O acesso a área se dá pelas rodovias dos Tamoios (SP-099), Rio Santos (BR-101), Mogi-Bertioga (SP-98) e Oswaldo Cruz (SP-125).

Como um dos dez núcleos do Parque Estadual da Serra do Mar, o núcleo Caraguatatuba é uma Unidade de Conservação de Proteção Integral, de acordo como o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC (Lei nº9.985/2000), gerida pela Fundação Florestal. O núcleo ocupa cerca de 75,3% do município de Caraguatatuba e abrange também porções dos municípios de Paraibuna e Natividade da Serra (São Paulo, 2019; Mazzucato, 2017).

Acompanhando a área de proteção integral tem-se a zona de amortecimento, incluída também na área de estudo.

2.2 Contexto Geológico

O contexto geológico e geomorfológico no qual o município de Caraguatatuba (SP) se insere relaciona-se aos eventos de amalgamação, fragmentação e separação do paleocontinente Gondwana Ocidental, à abertura do Oceano Atlântico Sul e formação da Serra do Mar e às elevações do nível do mar. Esses eventos são datados desde o Neoproterozoico até o presente.

A área insere-se no contexto da Província Estrutural Mantiqueira, que registra processos acrescionários, de colisão continente-continente e de colapso extensional que representam o período do Neoproterozoico ao Cambriano (840 a 450 Ma) (Heilbron et al., 2004). A província, que se estende por cerca de 3000 km na direção NE-SW, da porção sul a sudeste do país, é composta por um sistema de orógenos diacrônicos (Almeida e Carneiro, 1998; Heilbron et al., 2004; Hasui et al., 2012). A área de estudo situa-se no Orógeno Ribeira (Fig.2), localizado a sul da zona de Cisalhamento de Cubatão (Perrotta et al., 2005).

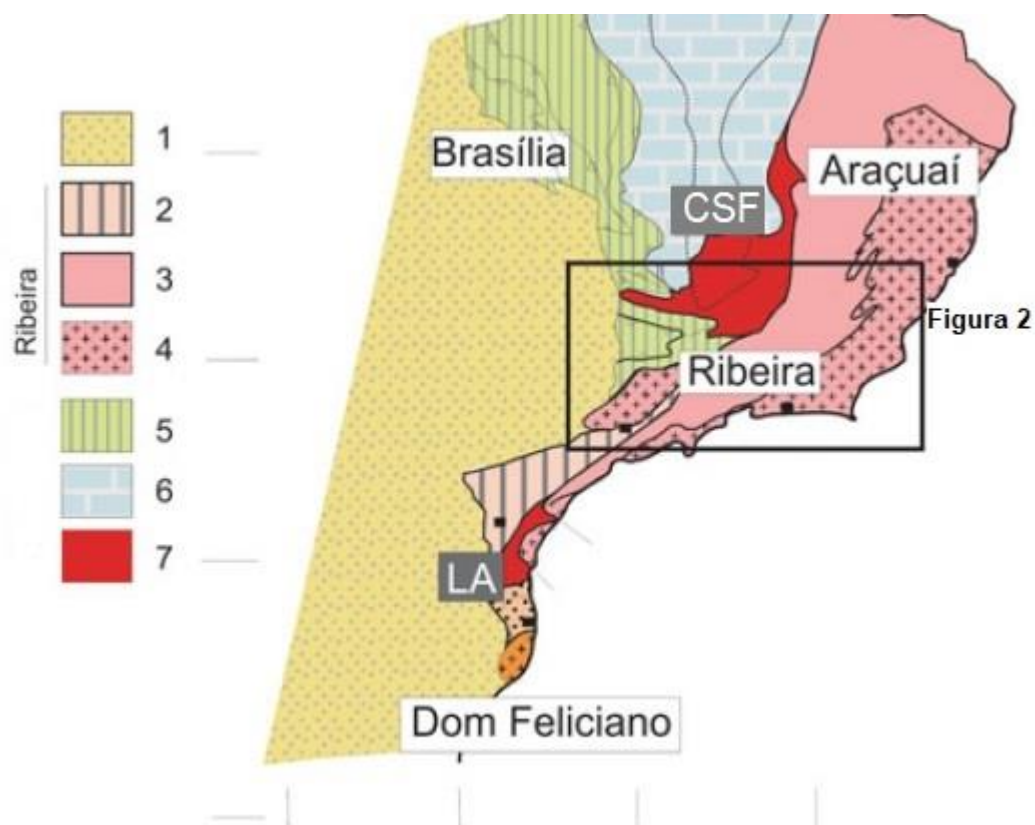


Figura 2 – Contexto dos cinturões orogênicos que compõem a Província Mantiqueira com destaque para o cinturão Ribeira e o extremo sul do cinturão de Brasília. (1) Cobertura Fanerozoica, (2-4) Unidades cinturão Ribeira, (3) Terreno Apiaí, (4) Terrenos relacionados ao arco e fora de borda, (5) Unidades tectônicas do cinturão Brasília, (6) Grupo Bambuí, (7) Embasamento exposto dos crátons São Francisco (CSF) e Luiz Alves (LA), terrenos tectonoestratigráficos sensu Howell (1989). Assim, a Faixa Ribeira subdivide-se em quatro terrenos, nomeadamente, o Ocidental, Paraíba do Sul-Embu, Oriental e Cabo Frio. A zona externa do cinturão,

que é contínuo ao cinturão Araçuaí corresponde ao terreno Ocidental. Modificado e extraído de Heilbron et al. (2017).

O orógeno ou cinturão Ribeira Central vincula-se ao evento de amalgamação do Supercontinente Gondwana Ocidental (650 a 510 Ma), que se deu a partir da colisão entre os crátons São Francisco e Congo Ocidental, em conjunto com microplacas e terrenos, associado ao ciclo Brasileiro/Pan-Africano (Heilbron et al., 2004).

Regionalmente, o orógeno Ribeira é composto pelo terreno Serra do Mar e Coberturas Sedimentares Cenozoicas (Heilbron e Machado, 2003; Perrotta et al., 2015). No Terreno Serra do Mar se insere o domínio Costeiro, constituído pelo complexo homônimo que, segundo Meira (2014), caracteriza-se pela heterogeneidade de rochas migmatíticas, metaígneas de protólito básico a intermediário e rochas metabásicas e metaintermediárias (Bairro do Marisco), sendo rochas metamorfisadas desde as fácies granulito até anfíbolito (arqueanas), representativas do embasamento cristalino da região.

A tectônica da região é marcadamente transpressiva, com falhas transcorrentes do tipo dextral com direção NE-SW, com destaque para as zonas de cisalhamento Camburu e Caraguatatuba (Mora et al., 2013; Perrotta et al., 2015) (Fig.3).

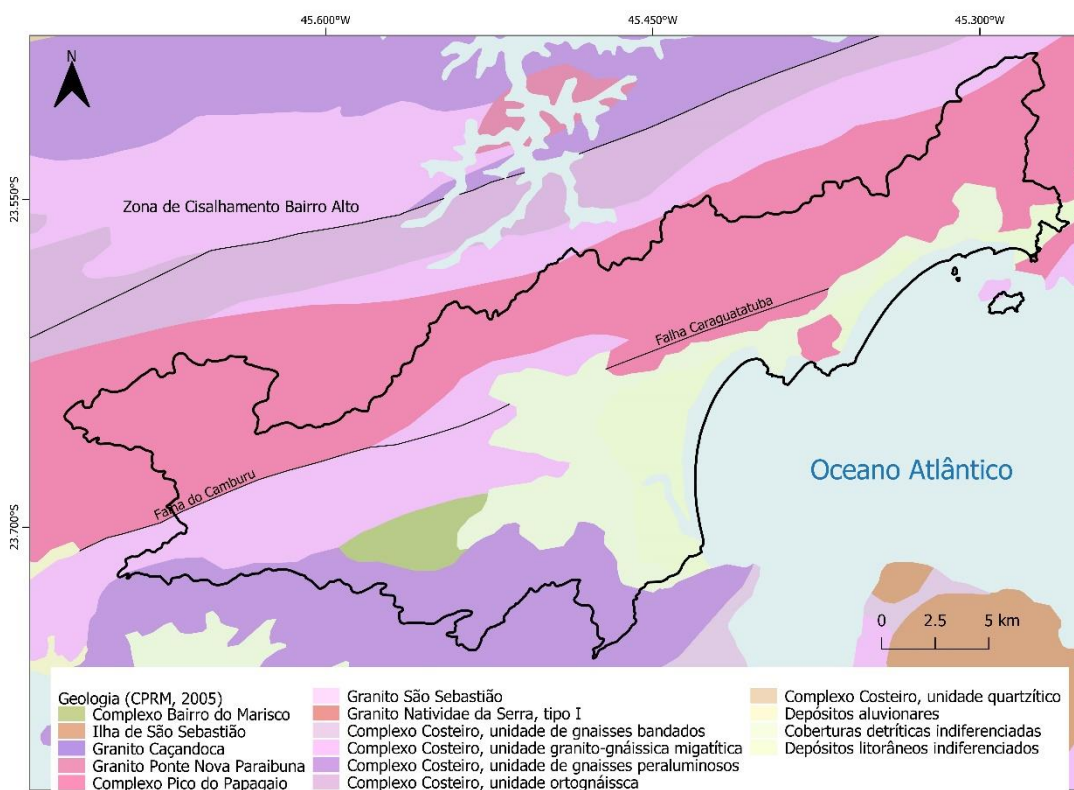


Figura 3 – Contexto geológico regional do município de Caraguatatuba (SP). Fonte: Perrotta et al. (2005).

No mesozoico ocorre a fragmentação do Paleocontinente Gondwana Ocidental, resultando na abertura do Oceano Atlântico Sul e no desenvolvimento da borda Atlântica, onde ocorreu vulcanismo fissural basáltico e toleítico. Este evento é registrado por meio dos diversos diques encontrados ao longo da costa sudeste do Brasil, desde Santa Catarina às praias do litoral norte do estado de São Paulo (Mafra, 2000; Coutinho, 2008).

No Quaternário são registrados ao menos quatro períodos de glaciação, os quais foram responsáveis pela configuração atual de depósitos de praias arenosas na planície costeira de Caraguatatuba (Souza, 1997). Na planície são descritos cordões litorâneos provenientes do pico transgressivo do nível do mar (NM), denominado de Transgressão Cananeaia, datado em torno de 120 mil A.P. (anos antes do presente) (Souza, 1992). Seguidos a este máximo do NM, ocorrem depósitos de cristas praias, interpretados e associados ao segundo evento de transgressão, denominado de Transgressão Santos, datado a partir de 5000 B.P. Esta transgressão, diferente da primeira, datada do Pleistoceno, limita o período do Holoceno com registros de duas gerações de cristas litorâneas, uma mais antiga e espessa e outra mais recente, menos espaçada e, portanto, com sedimentação mais rápida (Fig. 4) (Suguio e Martin, 1978; Souza, 1992).

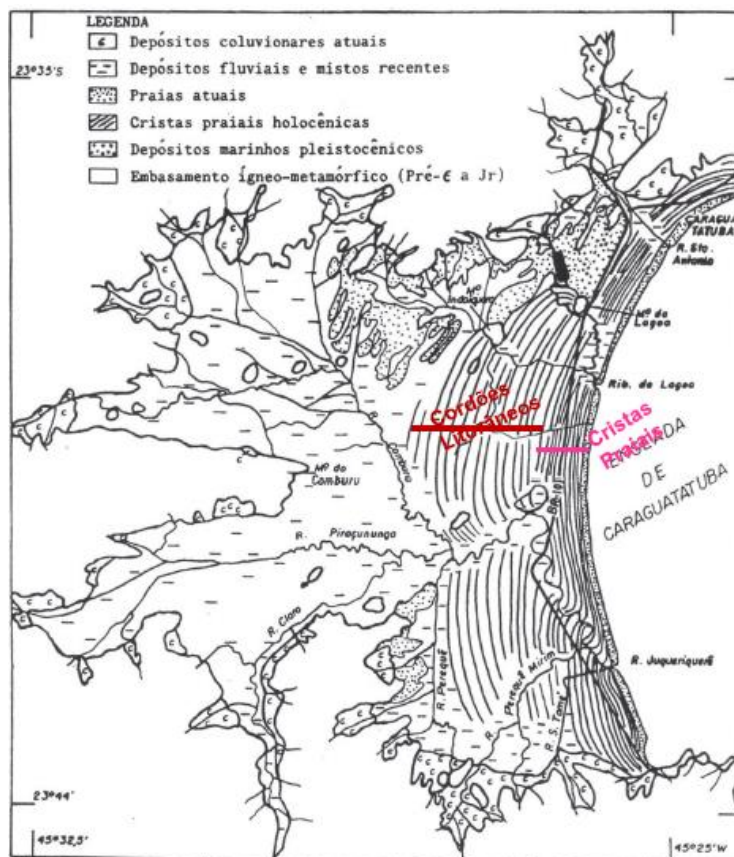


Figura 4 – Depósitos marinhos pleistocênicos e holocênicos de Caraguatatuba (SP). Extraído de Souza (1992) e adaptado por ela.

A figura 5 mostra o esquema elaborado por Suguio e Martin (1978) sobre os diferentes estágios das transgressões marinhas até o estágio atual, que são responsáveis pela configuração da planície costeira de Caraguatatuba.

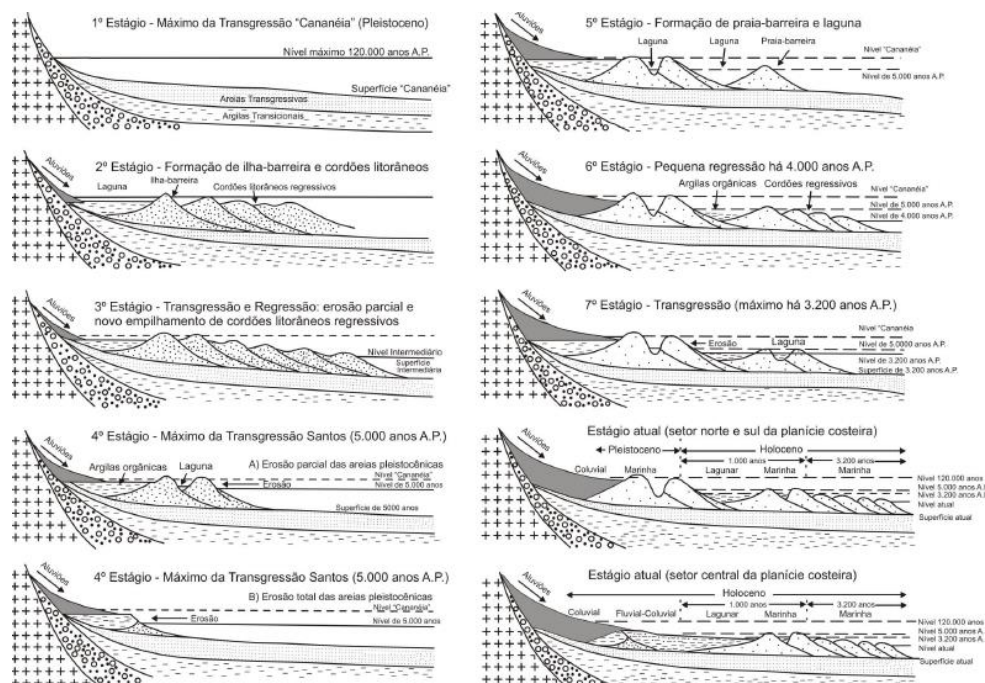


Figura 5 – Estágios evolutivos propostos por Suguio e Martin (1978) para a formação da planície costeira de Caraguatatuba, mostrando as transgressões marinhas Cananéia e Santos. Extraído de Suguio e Martin (1978).

2.3 Contexto Geomorfológico

Almeida (1967) situa o contexto geomorfológico do município de Caraguatatuba na Província Costeira, composta pelas zonas Serra do Mar e baixada litorânea.

Segundo Almeida e Carneiro (1988), a Serra do Mar é uma feição orográfica com extensão de cerca de 1000 km, que abrange desde Santa Catarina até o Rio de Janeiro. No estado de São Paulo, a estrutura apresenta altitudes que variam de 800 a 1200 metros. De acordo com os autores, a origem desta feição está associada ao conjunto dos processos tectônicos de movimentações verticais – vinculados à distensão decorrente da reativação mesozoica e à formação do Rifte Continental do Sudeste do Brasil (Riccomini, 1989), no Cenozoico – e posterior recuo erosivo diferencial, no Cretáceo Superior. Os morros testemunhos e as paleoilhas, distribuídos ao longo da planície costeira, confirmam esta última hipótese.

Essa feição geomorfológica apresenta falhas na direção NE-SW como elementos estruturais predominantes que condicionam aspectos físicos da região. Tais aspectos se referem ao condicionamento da drenagem, que tem nascentes na Serra do Mar, e o alinhamento da linha

de costa paulista. O último tem interferência nos processos da geomorfologia costeira que se debruçam sobre a baixada litorânea (Souza, 2012).

No setor norte do litoral paulista a Serra do Mar e a linha de costa são mais próximas do que no setor sul. Isto resulta em diversas proposições de classificações para o litoral paulista, apontadas em Souza (2012). No entanto, segundo a autora, as praias do setor norte se apresentam mais restritas e recortadas, sendo do tipo baías e enseadas.

Na planície costeira de Caraguatatuba foi descrita e caracterizada por Souza (1992) uma seção de depósito marinho costeiro pleistocênico, com extensão de 400 metros de afloramento contínuo e 3,5 metros de espessura máxima, que foi correlacionado à Formação Cananeia, mencionada no tópico anterior. Além disso, cordões e cristas litorâneas estão presentes, assim como terraços fluviais como o Rio do Ouro, descrito em Souza (1997).

Em março de 1967 a porção da Serra do Mar abrangida pelo município de Caraguatatuba sofreu uma série de escorregamentos e debris flow, desencadeados por episódios de intensa precipitação que atingiram níveis pluviométricos de cerca de 600,00 a 945,6 mm e culminou em um evento catastrófico (Cruz, 1974, Gramani, 2001).

2.4. Parque Estadual da Serra do Mar

No Brasil as áreas protegidas estão asseguradas pelo Sistema de Unidades de Conservação (SNUC, lei nº9.985/2000), instaurado em 2000. De acordo com o SNUC, as unidades de conservação são divididas em dois grupos: de uso sustentável e de proteção integral.

O grupo de uso sustentável permite o uso direto dos recursos naturais de maneira sustentável, enquanto o grupo de proteção integral se volta apenas ao uso indireto dos recursos naturais, tais como o desenvolvimento de atividades de pesquisas científicas, educação (incluída a ambiental), recreação e turismo ecológico (São Paulo, 2021).

Dentro do grupo de Proteção Integral existem cinco categorias, das quais o Parque Estadual é uma delas. Nesta categoria, o objetivo principal se vale para a preservação dos ecossistemas naturais de relevância ecológica e cênica por meio dos artifícios de uso indireto, como previsto no parágrafo anterior.

O Parque Estadual da Serra do Mar (PESM) foi criado em 1977 (Decreto nº10.251), com o objetivo de assegurar a conservação da flora (remanescentes de Mata Atlântica, principalmente), fauna, beleza cênica e garantir usos educativos, científicos e recreativos. À época, o parque contava com 23 municípios e 8 núcleos administrativos que, juntos, somavam cerca de 315.390 hectares de área (São Paulo, 2008). Hoje, o parque cobre uma extensa área

que vai desde municípios do litoral sul paulista, passando pelo Vale do Ribeira, até o Rio de Janeiro, sendo considerado a maior área de proteção integral do litoral (São Paulo, 2021). Atualmente o parque é organizado em dez núcleos administrativos, dentre os quais o núcleo Caraguatatuba, foco do presente estudo.

O núcleo Caraguatatuba (Fig. 6) foi inaugurado também no ano de 1977, embora sua área de abrangência já tenha sido considerada reserva natural desde 1956 e Parque Estadual de Caraguatatuba desde 1962. Hoje a área possui cerca de 35.947 hectares e abrange os municípios de Paraibuna e Natividade da Serra. Além disso, o parque e suas estratégias de gestão contribuem para a garantia e a promoção de serviços ecossistêmicos, tais como regulação do clima e da qualidade da água, proteção de morros, encostas e solos, turismo, polinização, bem-estar e manutenção de importantes bacias hidrográficas do litoral norte que abastecem Caraguatatuba e as demais regiões (São Paulo, 2021).

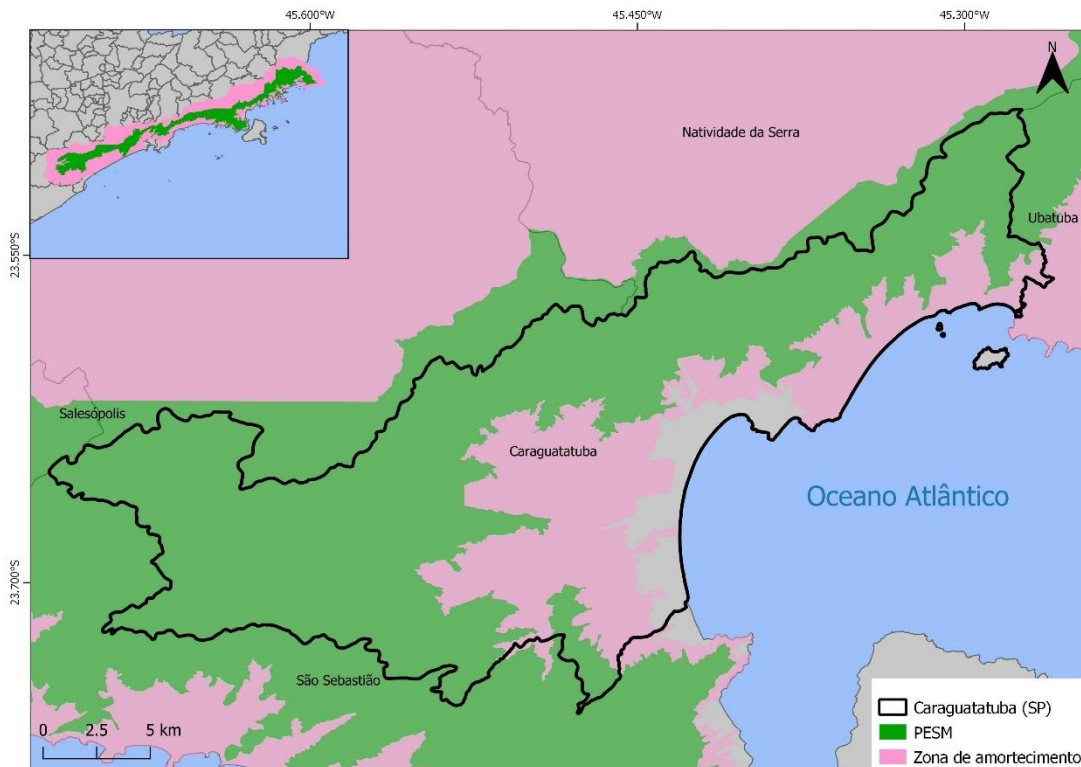


Figura 6 – Parque Estadual da Serra do Mar com destaque para o núcleo Caraguatatuba no município homônimo. A área protegida tem caráter regional e se distribui por diferentes municípios paulistas em dez núcleos administrativos, como visto na imagem no canto superior esquerdo do mapa. Elaborado pela autora.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

4. AVALIAÇÃO COMBINADA DA GEODIVERSIDADE COMO FERRAMENTA DE GESTÃO TERRITORIAL: APLICAÇÃO AO LITORAL SUDESTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

5. ATÉ QUE PONTO OS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS PROVIDOS PELA GEODIVERSIDADE SÃO AFETADOS POR IMPACTOS ANTRÓPICOS? UM ESTUDO QUANTITATIVO EM CARAGUATATUBA, LITORAL SUDESTE DO BRASIL

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Sobre a Avaliação da Geodiversidade

A geoconservação visa, grosso modo, aplicar estratégias de inventário, conservação e divulgação dos elementos e processos da geodiversidade que possuem excepcional valor científico (patrimônio geológico ou geopatrimônio) e potencial turístico e educativo (Brilha, 2016). Portanto, a geoconservação é inicialmente condicionada pela geodiversidade, embora autores como Carcavilla (2007) apontem que o patrimônio geológico não é diretamente relacionado a um alto índice de geodiversidade, abordagem metodológica conhecida como mapas índice da geodiversidade.

Para além do valor patrimonial ou do emprego da geodiversidade sob uma abordagem pontual e restrita, deve-se destacar que ela é detentora de inúmeros valores e aplicações (Gray, 2004; 2013). Estes aspectos podem ser mais bem aproveitados sob uma perspectiva direcionada ao ordenamento territorial e à conservação da natureza, que considere uma abordagem holística da geodiversidade, sem necessariamente focar em locais com altos índices da geodiversidade.

Neste caso, considerou-se no trabalho a geodiversidade sob uma das conceituações mais recentes, a de Gray (2013), que a evidencia como elementos e processos do meio físico abrangentes que formam o substrato para biodiversidade e para o desenvolvimento humano. Neste estudo buscou-se explorar as características da geodiversidade do município de Caraguatatuba, que funcionou como uma área piloto, com o intuito de contribuir com novas maneiras de avaliação da geodiversidade que gerem políticas públicas eficientes, bem como corroborar o alcance dos objetivos das agendas ambientais globais em nível minimamente local.

As ferramentas metodológicas empregadas no trabalho combinaram abordagens qualitativas e quantitativas que se enquadram numa das três possibilidades de avaliação da geodiversidade, denominada por Zowlinski et al. (2018) de métodos qualitativo-quantitativo (ou misto).

A abordagem qualitativa, representada pela confecção do mapa geoambiental, permitiu a caracterização da geodiversidade sob uma perspectiva prática e útil ao aprimoramento do planejamento e da gestão territorial de Caraguatatuba. Os dados obtidos culminaram, por exemplo, na definição das potencialidades e das limitações de cada domínio e cada unidade geoambiental (Quadro 1, Fig 13 e 14).

Quadro 1 – Potencialidades e limitações por unidade geoambiental no município de Caraguatatuba (SP)

	Domínio Geoambiental	Unidade geoambiental	Potencialidades	Limitações
Zona de Amortecimento e entorno	Domínio dos sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso ou misto (DC)	Depósitos tecnogênicos (DC_Tec)	Recursos minerais: turfa, argila, areia, saibro, gnaiss, granito, água mineral.	Descaracterização da geomorfologia de morros e saprólito bastante friável em locais pontuais, que pode oferecer risco de instabilidade.
		Ambiente marinho costeiro (DCmc_Dmar)	Suporte para a biodiversidade, foz de rios, locais adequados ao lazer, esportes, turismo e assentamentos urbanos.	Processos naturais podem ser determinantes a algumas limitações como, por exemplo, estruturais devido à erosão costeira. Além disso, a área é altamente impermeável, o que torna inadequada à criação de cemitérios e obras com impermeabilização. Planície com possibilidade de inundação em alguns pontos, embora a suscetibilidade à inundação seja baixa.
		Ambientes de planície de inundação recentes (DCa)	Locais bem drenados e adequados à plantação de hortaliças.	Área com suscetibilidade à inundação predominantemente alta.
		Ambiente misto (continental/marinho) (DCm_Dm)	Suporte a vegetações variadas e pastagem.	Locais inadequados a obras com impermeabilização e suscetibilidade de inundação média a alta, sendo a última mais predominante.
		Manguezal (DCm_Dm1)	Locais propícios a navegação, suporte e distribuição de avifauna e vegetação e mineração de areia.	Área com suscetibilidade à inundação alta.
Área protegida	Domínio dos sedimentos cenozoicos inconsolidados do tipo coluvião e tálus (DCICT)	Predomínio de colúvio e subordinados de tálus (DCICT_Co-T)	Recursos minerais como saibro e captação de água no Rio Guaxinduba pelos moradores.	Suscetibilidade a movimentos de massa predominantemente baixa a média.
	Domínio dos complexos gnáissico-migmatíticos e granulíticos (DCGMGL)	Gnaisses indiferenciados (DCGMGLgni)	Porção restrita no município e sem acesso.	Porção restrita no município e sem acesso e suscetibilidade de movimento de massa baixa a média.
		Predomínio de quartzito (DCGMGLqt)	Paisagens panorâmicas com mirantes naturais, área com perfil pedogenético bem desenvolvido, atividades de lazer e turismo.	Locais mais restritos à área protegida e com acesso por trilhas e suscetibilidade a movimentos de massa média a alta em locais pontuais.

	Predomínio de gnaisses ortoderivados. Pode conter porções migmatíticas. (DCGMGLgno)	Presença de afluentes de rios e cachoeiras.	Suscetibilidade a movimentos de massa média a alta em locais de vertentes mais íngremes, com possibilidades de corridas de massa.
Domínios dos corpos máficos-ultramáficos (DCMU)	Metamáficas, anfibolitos e gnaisses calcissilicáticos (DCMUmG)	Afloramentos de solos com perfis bem desenvolvidos, locais turísticos com acesso a rios e corredeiras.	Predomínio de intemperismo químico (esfoliação esferoidal), físico e biológico com suscetibilidade a movimentos de massa média a alta com possibilidades de corridas de massa.
Domínio dos complexos granitoides deformados (DGCR2)	Séries granítica subalcalinas, calcialcalinas a toleíticas (DGCR2_alc)	Suporte para cemitérios, paisagens panorâmicas para mirantes, trilhas, proteção de nascentes pelos neossolos do topo da Serra do Mar, cachoeiras, cambissolos háplicos como suporte à Mata Atlântica, infraestrutura para gasodutos da Petrobras, geoformas, geossítios e sítios da geodiversidade e recursos minerais para a construção civil.	Perfis de solos provavelmente pouco profundos e recobertos por vegetação, terrenos com topografias íngremes, propriedades de solo e de rocha que desencadeiam escorregamentos (de alta a média suscetibilidade a movimentos de massa e corridas de massa) e área proibida à exploração de recursos naturais, apenas uso indireto.



Figura 7 – (A) Pedreira de granito à beira da rodovia translitorânea, (B) Erosão costeira na Praia Massaguaçu e contenção com estrutura rígida já degradada, (C) Plantação de hortaliça em planície fluvial, (D) Vista da planície fluviomarinha desocupada e com pasto, (E) Passivo ambiental na planície fluviomarinha ocasionada pela impermeabilização do solo a partir da duplicação do contorno da Tamoios na Bacia do Rio Juqueriquerê, (F) Embarcações e suporte de avifauna no Rio Juqueriquerê. Fotos da autora.



Figura 8 – (G) Ao fundo depósito de tálus em formato triangular, (H) Captação de água do Rio Guaxinduba pelos moradores, (I) Mirante natural denominado Mirante dos Tropeiros, (J) Rio Pardo, afluente do Rio Camburu, (K) Perfil de solo do domínio geoambiental Corpos máficos e ultramáficos e (L) Vista do Mirante dos Tropeiros para a vegetação de Mata Atlântica, em particular Floresta ombrófila densa montana (São Paulo, 2008). Fotos da autora.

De acordo com o quadro 1, a maioria dos domínios geoambientais (quatro dos cinco domínios) se inserem no Parque Estadual da Serra do Mar. O domínio “Complexo granitoides deformados” é predominante e, por consequência, é o que possui maior detalhamento de informações. Os dados gerados auxiliam tanto na disponibilização e na atualização de informações integradas do meio físico em escala de detalhe (nível municipal), que hoje se mostram escassos, como apontado em Santos et al. (2017), quanto na facilitação da identificação e da avaliação da geodiversidade no contexto de Caraguatatuba.

A definição de EGVs intrínsecas a cada unidade geoambiental também permitiu a identificação de ameaças naturais e antrópicas que estão implícitas nas limitações. Essas informações são significativas para a gestão territorial e podem contribuir ao aprimoramento de dispositivos legais já existentes, como discutido nos capítulos 4 e 5. Como exemplo tem-se os projetos de atualização dos futuros ZEEs e do projeto Orla em áreas costeiras paulistas. Isso realça a relação da geodiversidade e suas potencialidades e limitações com os setores ambiental, econômico e social, em especial em áreas protegidas e costeiras. Estas áreas são chave para o desenvolvimento de políticas públicas e ações que corroborem as discussões das mudanças climáticas e dos ODSs frente ao exacerbado processo de urbanização.

Neste sentido, a avaliação dos impactos aos SE providos pela geodiversidade complementa os resultados qualitativos do mapeamento geoambiental e traz dados numéricos das perdas na geodiversidade. Os resultados obtidos por essa abordagem evidenciaram uma ferramenta de grande contribuição ao tópico de conservação da natureza e, em especial, à geoconservação.

Em nível global e nacional, a avaliação de impactos aos SE pode complementar as discussões levantadas pelo último relatório do Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), que traz dados alarmantes acerca do aumento do nível do mar e das inundações em áreas costeiras. Esta situação pode ser agravada se nenhuma medida for tomada em relação às alterações no ecossistema costeiro, desencadeadas essencialmente pelas ações antrópicas.

Diversas ações em nível local e de conservação da natureza voltadas à geoconservação podem ser tomadas a partir dos dados base aqui apresentados. Estas contribuições vinculam-se a (i) atualização do plano de manejo do PESH (São Paulo, 2008) com inserção de temas acerca da geodiversidade, serviços ecossistêmicos, ameaças e patrimônio geológico; (ii) promoção de cursos para monitores ambientais com temática voltada à geodiversidade e seus benefícios, a exemplo de Garcia et al. (2019b) para o litoral paulista, (iii) aprimoramento da conscientização dos moradores da ZA e do município acerca das contribuições da geodiversidade para o bem-

estar humano, história da Terra e manutenção da biodiversidade por meio de cursos e atividades com abordagem da aprendizagem social; (iv) apresentação das metodologias empregadas aos tomadores de decisões para conhecimento, compreensão e tomada de decisões assertivas e (v) instalação de novos painéis interpretativos com a temática.

Com base nisso, as Geociências e, em particular, a geoconservação, se destacam como instrumentos para o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) na agenda global até o ano de 2030. O presente trabalho, por meio da avaliação da geodiversidade e seus possíveis desdobramentos, se relaciona de forma direta e indireta aos seguintes objetivos (<https://odsbrasil.gov.br/>):

4. Educação de qualidade: foco no desenvolvimento sustentável;
6. Água potável e saneamento básico: garantir a disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos;
8. Emprego decente e crescimento econômico: com foco na elaboração e implementação de políticas que promovam o turismo sustentável, que gera empregos e promove a cultura e os produtos locais;
11. Cidades e comunidades sustentáveis: tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis com foco na participação dos cidadãos na gestão territorial;
13. Ação contra a mudança global do clima: tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos com foco em estratégias e planejamentos nacionais, aprimorar a comunicação e educação para a conscientização dos impactos da mudança do clima;
14. Vida na água: conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e os recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável com foco aos ecossistemas costeiros;
15. Vida terrestre: proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

6.2 Perspectivas para Áreas Protegidas

Uma vez que o PESH dispõe de dez núcleos administrativos, faz-se relevante a aplicação das metodologias empregadas às demais áreas de abrangência do parque, para extensão da abordagem, das discussões da geodiversidade e geoconservação. A análise do comportamento das ameaças dos SE providos pela geodiversidade em outros municípios é também relevante à

compreensão dos vetores antrópicos de causa e aprimoramento de estratégias de gestão territorial frente aos ODS e às mudanças climáticas.

Com os percentuais de perda dos SE obtidos no período de avaliação da geodiversidade pode-se realizar projeções. As projeções são instrumentos empregados em diversos campos da Geociências que permitem avaliar estratégias que envolvem os setores ambiental, social e econômico considerando previsões. Neste caso, a metodologia proposta por Reverte et al. (2020) é especialmente útil para traçar estratégias de planejamento e ordenamento territorial local que priorize o funcionamento e manutenção destes serviços e suas áreas de abrangência, como as APs.

Se considerarmos o desenvolvimento das práticas de geoconservação em nível nacional, poucas são as abordagens que se voltam às etapas de monitoramento da geodiversidade ou de locais de interesse geológico (LIGs). Os monitoramentos são estratégicos tanto para a avaliação da degradação e perda da geodiversidade, quanto para a avaliação do uso turístico e segurança dos visitantes. No Brasil, a discussão ganhou visibilidade após a queda de um bloco de rocha sedimentar dos Cânions de Capitólio (Minas Gerais), que atingiu cerca de 32 turistas com registros de mortes. A região, inserida em um contexto altamente turístico com diversos mirantes e visitas o ano inteiro, possui áreas de risco a movimentos de quedas e tombamentos não monitoradas pelos órgãos legais.

O episódio trágico elucida a urgência de se propor formas de monitoramento para a geodiversidade. Isto é particularmente relevante em APs que recebem um contingente significativo de visitantes, além das estratégias de conservação desconsiderarem as vulnerabilidades e as ameaças da geodiversidade, que refletem na pouca prática e evolução dos monitoramentos para esta porção. Em especial às ameaças naturais, não abrangidas pela abordagem de quantificação de Reverte et al. (2020), tem-se como alternativa os denominados geoindicadores, um sistema de parâmetros inicialmente propostos pela Comissão de Ciências Geológicas para Planejamento Ambiental da *International Union of Geological Sciences* (IUGS).

Os geoindicadores podem ser compreendidos como parâmetros mensuráveis de modo qualitativo ou quantitativo para finalidades de diagnóstico de estado de integridade, estabilidade e sustentabilidade do meio físico e que possibilitam a previsão de mudanças ambientais rápidas (Berger e Iams, 1996; Berger et al., 1997; Berger, 1998; Berger, 2002). Estes parâmetros se mostram como ferramentas relevantes em APs, pois permitem a identificação de indicadores de mudança tanto antrópicos, quanto, essencialmente, naturais. Isto pode ser especialmente

relevante para LIGs de excepcional valor científico que se relacionam com a função de conhecimento dos SE providos pela geodiversidade.

Essa medida já tem sido empregada em parques espanhóis para monitoramento do estado e degradação de geossítios (Carcavilla et al., 2019) e são, inclusive, previstos na legislação espanhola (Vegas et al., 2015). Com isso, as APs brasileiras podem se utilizar de tais ferramenta para monitoramento e garantia destes locais para a promoção de atividades educativas, previstas para a categoria de AP no SNUC.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alahuhta J., Ala-Hulkko T., Tukiainen H., Purola L., Akujärvi A., Lampinen R., & Hjort J., 2018, The role of geodiversity in providing ecosystem services at broad scales: Ecological Indicators, 91:47-56, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.068>.
- Almeida F.F.M. de, 1964, Geologia do estado de São Paulo: Boletim, n. 41.
- Almeida F.F.M., Carneiro C.D.R., 1998, Origem e evolução da Serra do Mar: Revista Brasileira de Geociências, v. 28, 2:135-150, <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/11205/10667>.
- ANM., 2020, <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>.
- Araujo A.M., Pereira, D.I., 2018, A New Methodological Contribution for the Geodiversity Assessment: Applicability to Ceará State (Brazil): Geoheritage, 10:591-605, <https://doi.org/10.1007/s12371-017-0250-3>.
- Arruda K.E.C., Garcia M.G.M., Del Lama E.A., 2017, Inventário e quantificação do patrimônio geológico do município de Caraguatatuba, São Paulo: Geociências, (36)3:447-462, <https://doi.org/10.5016/geociencias.v36i3.11340>.
- Arruda, K. E. C., 2017, A Geoconservação como subsídio à gestão territorial sustentável: o mapa geoturístico do litoral norte do estado de São Paulo [Tese de doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 10.11606/T.44.2018.tde-26042018-091309.
- Balaguer, L.P., Garcia, M.G.M., Ribeiro, L.M.A.L., Combined assessment of geodiversity as a tool to territorial management: application to Southeastern coast of State of São Paulo, Brazil: Geoheritage. (Não publicado).
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., Silliman, B. R., 2011, The value of estuarine and coastal ecosystem services: Ecological monographs, 81(2), 169-193, <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>.
- Barros, F.L., Mansur, K.L., 2018, Desafios da gestão costeira integrada da Região dos Lagos (RJ): uma análise baseada na vulnerabilidade costeira e nos serviços ecossistêmicos da geodiversidade: Revista Brasileira de Geografia, 63(1), 73-97, https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2018_n1_p73-97.
- Bastos Araújo, A.B., Medeiros, D.D.S., Hasenack, H., Azevedo, L.S., Fitz, P.R., Waskow, R.P., Kautzmann, R.M., 2013, Contribuição à Gestão Ambiental da Extração de Basalto em Nova Prata, RS: Mapas de APPs e mineração, <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.34.34/doc/p0116.pdf>.
- Berger, A. R.; Iams, W. J. (eds)., 1996, Geoinicators. Assessing Rapid Environmental Changes in Earth Systems: xi + 466 pp. Rotterdam, Brookfield: A. A. Balkema. Price Dfl. 165.00 (hard covers), ISBN 90 5410 631 X.
- Berger, A. R., 1997, Assessing rapid environmental change using geoinicators: Environmental Geology, 32(1), 36-44.
- Berger, A. R., 1998, Environmental change, geoinicators, and the autonomy of nature: GSA Today, 8(1): 3-8, [extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.geosociety.org%2Fgsatoday%2Farchive%2F8%2F1%2Fpdf%2Fi1052-5173-8-1-3.pdf&cien=568906&chunk=true](http://www.geosociety.org/2Fgsatoday%2Farchive%2F8%2F1%2Fpdf%2Fi1052-5173-8-1-3.pdf&cien=568906&chunk=true).
- Berger, A., 2002, Tracking rapid geological change: Episodes, 25 (3):154-159, <https://doi.org/10.18814/epiugs/2002/v25i3/001>.
- Betard F., Peulvast J.P., 2019, Geodiversity Hotspots: Concept, method and cartographic application for geoconservation purposes at a regional scale: Environmental management, 63(6): 822-834, <https://doi.org/10.1007/s00267-019-01168-5>.
- Boulomytis, V.T.G., Bernardes-marcos, M.E.C., Kruk, N.S., 2014, Avaliação do

- Comportamento Hidrológico da Bacia do Rio Juqueriquerê, Caraguatatuba, SP, https://www.researchgate.net/publication/262523358_Avaliacao_do_Comportamento_Hidrologico_da_Bacia_do_Rio_Juqueriquere_Caraguatatuba_SP_Assessment_of_the_hydrological_behavior_of_the_Juqueriquere_river_watershed_Caraguatatuba_Sao_Paulo_Brazil_-_origin.
- Bourotte, C.L.M., de Toledo, M.C.M., Duleba, W., Aramaqui, G.T., Campos, L.G.D., Viana, P.J., 2014, Kit didático “da rocha ao grão” de areia: *Terrae Didatica*, 10(3), 298-304, <https://doi.org/10.20396/td.v10i3.8637345>.
- Brazier, V., Bruneau, P. M., Gordon, J. E., & Rennie, A. F., 2012, Making space for nature in a changing climate: the role of geodiversity in biodiversity conservation: *Scottish Geographical Journal*, 128(3-4), 211-233, <https://doi.org/10.1080/14702541.2012.737015>.
- Brilha J., 2005, Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica: Palimage Editores, Braga, 190p.
- Brilha, J., Gray, M., Pereira, D. I., Pereira, P., 2018, Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature: *Environmental Science & Policy*, 86, 19-28, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.05.001>.
- Bruce, J. P., Frome, M., Haites, E., Janzen, H., Lal, R., Paustian, K., 1999, Carbon sequestration in soils: *Journal of soil and water conservation*, 54(1), 382-389, https://www.researchgate.net/publication/279891287_Carbon_sequestration_in_soils.
- Campos, J. F., 2000, Santo Antônio de Caraguatatuba: memória e tradições de um povo. Fundacc.
- Carcavilla, L., Díez-Herrero, A., Vegas, J., Diaz-Marínez, E., García-Cortés, A., Baeza, E., Rábano, I., Serrano, A. M., Marco, J. C. G., Gómez-Heras, M., 2019, Sistemas de indicadores para el seguimiento del estado de conservación del patrimonio geológico em la red de parques nacionales: Amengual, P. (Ed). *Proyectos de Investigación em Parques Nacionales*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Serie Investigación em la Red, Madrid. 95-116, https://www.miteco.gob.es/en/red-parques-nacionales/programa-investigacion/05_monografia_luiscarcavilla_tcm38-506818.pdf.
- Carvalho, A.R., Marinho, A.M., de Sá Silva, A.C.R., Bernardes, M.E.C., 2013, Comparação entre os índices de qualidade da água (iqa) dos estuários dos rios itamambuca e juqueriquerê–litoral norte de são paulo–sob mesma sazonalidade: IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/VIII-021.pdf>.
- Cerri, R.I., Reis, F.A.G.V., Gramani, M.F., Rosolen, V., Luvizotto, G.L., do Carmo Giordano, L., Gabelini, B. M., 2018, Assessment of landslide occurrences in Serra do Mar mountain range using kinematic analyses: *Environmental Earth Sciences*, 77(9), 1-16, <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7508-1>.
- Cerri R.I., Rosolen V., Reis F.A., Filho A.J.P., Vemado F., do Carmo Giordano L., Gabelini B.M., 2020, The assessment of soil chemical, physical, and structural properties as landslide predisposing factors in the Serra do Mar mountain range (Caraguatatuba, Brazil): *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 1-14, <https://doi.org/10.1007/s10064-020-01791->.
- Coutinho J.M.V., 2008, Enxame de diques da junção tríplice do Paraná, Brasil meridional: *Geologia USP. Série Científica*, 8(2): 28-52, <https://doi.org/10.5327/Z1519-874X2008000200003>.
- Corrêa, I.C.S., Elias, A.R.D., 2001, Minerais pesados dos sedimentos do fundo da enseada de Caraguatatuba, Sao Paulo, Brasil: *Pesquisas em Geociências*, 28(1), 37-47, <https://doi.org/10.22456/1807-9806.20166>.
- Costanza, R., Daly, H.E., 1992, Natural capital and sustainable development: *Conservation biology*, 6(1), 37-46, <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.610037.x>.
- Costanza, R., d'Arge, R., De Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Van Den Belt, M.,

- 1997, The value of the world's ecosystem services and natural capital nature, 387(6630), 253-260, <https://doi.org/10.1038/387253a0>.
- Costanza, R., De Groot, R., Braat, L., Kubiszewski, I., Fioramonti, L., Sutton, P., ... & Grasso, M., 2017, Twenty years of ecosystem services: how far have we come and how far do we still need to go?: *Ecosystem services*, 28, 1-16, <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.09.008>.
- Chakraborty, A., 2020, Mountains as a global heritage: arguments for conserving the natural diversity of mountain regions: *Heritage*, 3(2), 198-207, <https://doi.org/10.3390/heritage3020012>.
- CPRM, 1982, Projeto integração geológica da região metropolitana de São Paulo: Relatório, Folhas geológicas Caraguatatuba e Natividade da Serra 1:50, 000.
- CPRM, 1991, Projeto integração geológica da região metropolitana de São Paulo: Relatório, Folha geológica Pico do Papagaio 1:50, 000.
- CPRM, 2017, Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa e inundações – Município de Caraguatatuba (SP) 1:50 000, <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/19381?show=full>.
- Crisp J.R., Ellison J.C., Fischer A., 2020, Current trends and future directions in quantitative geodiversity assessment: *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, <https://doi.org/10.1177%2F0309133320967219>.
- Crofts R., Gordon J.E., 2015, Geoconservation in protected areas: Protected area governance and management. ANU Press, Canberra, 531-568, <https://www.jstor.org/stable/j.ctt1657v5d.25>.
- Crofts, R., 2019, Linking geoconservation with biodiversity conservation in protected areas: *International Journal of Geoheritage and Parks*, 7(4), 211-217, <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.12.002>.
- Croft, R., Gordon, J.E., Brilha J., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., Santucci, V.L., Tormey, D., Worboys, G.L., 2020, Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas: Best practice Protected Areas Guidelines Series Nº31. Gland, Switzerland: IUCN, <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.31.en>
- Crofts, R., Tormey, D., & Gordon, J. E., 2021, Introducing New Guidelines on Geoheritage Conservation in Protected and Conserved Areas: *Geoheritage*, 13(2), 1-14, <https://doi.org/10.1007/s12371-021-00552-0>.
- Cruz O., 1974, A Serra do Mar e o litoral na região de Caraguatatuba: *Revista Brasileira de Geografia*, 37(3): 73-138.
- Cruz O., 1990, Contribuição geomorfológica ao estudo de escarpas da Serra do Mar: *Revista do Instituto Geológico*, 8(1): 9-20, <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.19900002>.
- Dai, F. C., Lee, C. F., & Zhang, X. H., 2001, GIS-based geo-environmental evaluation for urban land-use planning: a case study: *Engineering geology*, 61(4), 257-271, [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(01\)00028-X](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(01)00028-X).
- Dantas M.E., 2016, Catálogo de Padrões de relevo no território brasileiro, <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/16589>.
- De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M., 2002, A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services: *Ecological economics*, 41(3), 393-408, [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7).
- Dias V.C., Martins T.D., Gramani M.F., Coelho R.D., Dias H.C., Vieira B.C., 2019, Morphology of debris flow deposits from a 1967 event in Caraguatatuba, Serra do Mar, Brazil: The Association of Environmental and Engineering Geologists; special publication 28. Colorado School of Mines. Arthur Lakes Library, <http://dx.doi.org/10.25676/11124/173160>.
- Dunlop I., Larwood J.G., Burek C.V., 2018, Geodiversity Action Plans: A method to facilitate, structure, inform and record action for geodiversity: Reynard, E.; Brilha, J. (Eds.)

- Geoheritage: Assessment, Protection and Management. Elsevier, p. 53-65, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00003-4>.
- Ehrlich, P.R., Mooney, H.A., 1983, Extinction, substitution, and ecosystem services: *BioScience*, 33(4), 248-254, <https://doi.org/10.2307/1309037>.
- Favoretti, M.R., Batalla, J.F., 2017, Levantamento da avifauna no mangue do Rio Juqueriquerê, Caraguatatuba-SP: *Unisanta BioScience*, 6(4), 272-285, <https://periodicos.unisanta.br/index.php/bio/article/view/953>.
- Fernández A., Fernández T., Pereira D.I., Nieto L.M., 2020, Assessment of Geodiversity in the Southern Part of the Central Iberian Zone (Jaén Province): Usefulness for Delimiting and Managing Natural Protected Areas: *Geoheritage*, 12:20, <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00447-6>.
- Ferreira C., Sciota L., Vedovello R., Fernandes Da Silva P.C., 2008, Definição e análise dos indicadores de degradação ambiental associada às áreas mineradas no município de Caraguatatuba, SP, DOI: 10.13140/RG.2.1.5117.0724.
- Forte J., 2014, Avaliação quantitativa da geodiversidade: desenvolvimento de instrumentos metodológicos com aplicação ao ordenamento do território. [Tese de doutoramento], Universidade de Minho, Portugal. <http://hdl.handle.net/1822/35857>.
- Forte J.P., Brilha J., Pereira D.I., Nolasco M., 2018, Kernel density applied to the quantitative assessment of geodiversity: *Geoheritage*, 10(2): 205-217, <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0282-3>.
- Fox, N., Graham, L. J., Eigenbrod, F., Bullock, J. M., & Parks, K. E., 2020, Incorporating geodiversity in ecosystem service decisions: *Ecosystems and People*, 16(1), 151-159. <https://doi.org/10.1080/26395916.2020.1758214>.
- Florestal, V.1. 118p. (inclui Mapas), ISBN: 978-85-64808-16-4. https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/wpcontent/uploads/sites/234/2017/11/Livro_Solos1.pdf. (Acesso em 20 Dezembro 2020).
- Franco, J. L. D. A., Schittini, G. D. M., & Braz, V. D. S., 2015, História da conservação da natureza e das áreas protegidas: panorama geral, <https://periodicos.furg.br/hist/article/view/5594>.
- Freire, D.S., Batalla, J.F., 2018, Caracterização da área de manguezal na Praia do Camaroeiro em Caraguatatuba (SP): *Unisanta BioScience*, 7(2), 107-125, <https://periodicos.unisanta.br/index.php/bio/article/view/1401/1169>.
- Garcia, M.D.G., Lama E.A., Martins L., Mazoca C.E.M., Bourotte C.L., 2019, Inventory and assessment of geosites to stimulate regional sustainable management: the northern coast of the state of São Paulo, Brazil: *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(2), <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201920180514>.
- Garcia, M.D.G.M., Reverte, F.C., Mucivuna, V.C., Arruda, K.E.C., Prochoroff, R., de Abreu Santos, P. L., Romão, R.M.M., 2019b, Geoconservação em áreas protegidas: contribuição de cursos para monitores ambientais no litoral norte do estado de São Paulo, Brasil: *Terræ Didática*, 15, e019028-e019028, <http://dx.doi.org/10.20396/td.v15i0.8652390>.
- Garcia M.G.M., 2019, Ecosystem Services Provided by Geodiversity: Preliminary Assessment and Perspectives for the Sustainable Use of Natural Resources in the Coastal Region of the State of São Paulo, Southeastern Brazil: *Geoheritage*, 11(4): 1257-1266, <https://doi.org/10.1007/s12371-019-00383-0>.
- Garcia, M. G. M., Nascimento, M. A. L., Mansur, K. L., Pereira, R. G. F. A., 2022, Geoconservation strategies framework in Brazil: Current status from the analysis of representative case studies: *Geoheritage*. (128) 194-207, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.11.006>.
- Garima; Chandra, T., 2021, Sustainable Strategies for Management of Protected Areas-case of Okhla Bird Sanctuary, Delhi. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science

- (Vol. 796, No. 1, p. 012074). IOP Publishing, 10.1088/1755-1315/796/1/012074.
- Garda G.M., Schorscher J.H.D., 1996, Basic and ultrabasic coastal dykes adjacent to the Sao Sebastiao Channel (North coast of Sao Paulo State, Brazil): *Revista do Instituto Geologico*, 17(1/2): 7-31, <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.19960001>.
- Gigliotti C., Santos M.J., 2013, A expansão urbana de Caraguatatuba (1950-2010): uma análise das transformações socioespaciais: *Caminhos de Geografia*, 14(46), <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/17794>.
- Gonçalves J.B., 2018, Mapeamento da geodiversidade no município de Miguel Pereira – RJ: abordagens metodológicas e sua contribuição para a gestão territorial. [Trabalho de Conclusão de Curso], Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro, <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/6934>.
- Gordon, J. E., Barron, H. F., 2013, The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland: *Scottish Journal of Geology*, 49(1), 41-58, <http://dx.doi.org/10.1144/sjg2011-465>.
- Gordon, J. E., 2019, Geoconservation principles and protected area management: *International Journal of Geoheritage and Parks*, 7(4), 199-210, <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.12.005>.
- Gordon, J. E., Crofts, R., Gray, M., & Tormey, D., 2021. Including geoconservation in the management of protected and conserved areas matters for all of nature and people: *International Journal of Geoheritage and Parks*, <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2021.05.003>.
- Gray M., 2004, *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.
- Gray, M., 2011, Other nature: geodiversity and geosystem services: *Environmental Conservation*, 38(3), 271-274, <https://doi.org/10.1017/S0376892911000117>.
- Gray M., 2012, Valuing geodiversity in an ‘ecosystem services’ context: *Scottish Geographical Journal*, 128(3-4): 177-194, <https://doi.org/10.1080/14702541.2012.725858>.
- Gray M., 2013, *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*. (2nd edition): Editora John Wiley Blackwell. England, Londres, 495p.
- Gray, M., 2018. The confused position of the geosciences within the “natural capital” and “ecosystem services” approaches: *Ecosystem services*, 34, 106-112, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.10.010>.
- Gray M., 2018, *Geodiversity: the backbone of geoheritage and geoconservation*: *Geoheritage*, Elsevier, p. 13-25, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809531-7.00001->.
- Gray M., 2019, *Geodiversity, geoheritage and geoconservation for society*: *International Journal of Geoheritage and Parks*, 7(4):226-236, <https://doi.org/10.1016/j.ijgeop.2019.11.001>.
- Gray, M., 2021, *Geodiversity: a significant, multi-faceted and evolving, geoscientific paradigm rather than a redundant term*: *Proceedings of the Geologists' Association*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.pgeola.2021.09.001>.
- Gramani M.F., 2001, *Caracterização geológica-geotécnica das corridas de detritos (“Debris Flows”) no Brasil e comparação com alguns casos internacionais*. [Dissertação de Mestrado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Escola Politécnica.
- Haines-Young, R., Potschin, M., 2012, *Common International classification of ecosystem services*. Nottingham: Centre for Environmental Management, University of Nottingham, https://cices.eu/content/uploads/sites/8/2012/09/CICES-V4_Final_26092012.pdf.
- Hasui, Y., 2010, A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional: *Geociências*, 141-169, <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7147/6592>.
- Hasui Y., Carneiro C.D.R., de Almeida F.F.M., Bartorelli A. (Ed.), 2012, *Geologia do Brasil*. São Paulo: Beca.

- Heilbron M., Pedrosa-Soares A.C., Campos Neto M.D.C., Silva L.D., Trouw R.A.J., Janasi V.D.A., 2004, Província mantiqueira. Mantesso-Neto V, Bartorelli A, Carneiro CDR, p. 203-234, <https://www.researchgate.net/publication/284672209>.
- Hjort J., Gordon J.E., Gray M., Hunter Jr M.L., 2015, Why geodiversity matters in valuing nature's stage: *Conservation Biology*, 29(3): 630-639, <https://doi.org/10.1111/cobi.12510>.
- IBGE, 1991, Censo demográfico 1991. Resultados do universo relativos às características da população e dos domicílios. Rio de Janeiro, p. 1-764. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/82/cd_1991_n3_caracteristicas_populacao_domicilios_ac.pdf. (Acesso em Novembro 2020).
- IBGE, 2010, Arranjos populacionais e concentrações urbanas do Brasil. Coordenação de Geografia, 2ª edição, Rio de Janeiro. ISBN 978-85-240-4406-9. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=299700>. (Acesso em 15 de Dezembro de 2020).
- IBGE, 2017, Hidrogeologia 1:250, 000. <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geologia/15824-hidrogeologia.html?=&t=downloads>. (Acesso em 15 Dezembro 2020).
- IBGE, 2020, Caraguatatuba. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/caraguatatuba/panorama>. (Acesso em 29 Novembro de 2020).
- IBGE, 2021, Censo demográfico. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/caraguatatuba/panorama>.
- IUCN, 2008, Resolución 4.040 Conservación de la geodiversidade y el patrimonio geológico, https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2020_RES_088_ES.pdf. (Acesso em 15 Dezembro de 2020).
- IUCN, 2012, Resolución 048 Valorización y conservación del patrimonio geológico dentro del Programa de la IUCN 2013-2016. https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/resrecfiles/WCC_2012_RES_48_ES.pdf. (Acesso em 15 de Dezembro 2020).
- IPCC, 2021, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>. Acesso em 16 de dezembro de 2020.
- Juliano, K.A., Giusti, D.A., Muratori, A.M., 2008, Aspectos legais da degradação de solos em áreas de preservação permanente em mineração de areiano médio Iguaçu: *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32, 905-909, <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000200045>.
- Kiernan K., 2010, Human impacts on geodiversity and associated natural values of bedrock hills in the Mekong Delta: *Geoheritage*, 2(3-4): 101-122, <https://doi.org/10.1007/s12371-010-0015-8>.
- Kozłowski, S., 2004, Geodiversity. The concept and scope of geodiversity: *Przegląd Geologiczny*, 52(8/2): 833-837.
- Lima, A.O., Tessler, M.G., Turra, A., 2011, Distribuição de lixo ao longo de praias arenosas—Estudo de caso na Praia de Massaguaçu, Caraguatatuba, SP: *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 11(1):75-84, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340132009>.
- Lima, C.O., 2015, Zoneamento geoambiental para o município de Caraguatatuba-SP. Recurso online (114p). [Dissertação de mestrado]: Campinas, Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. SP. <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/286590#:~:text=http%3A//repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/286590>.
- Lima C.O., de Oliveira R.C., 2018, Proposta de zoneamento geoambiental para o município

- de Caraguatatuba-SP: *Geosul*, 33(67): 140-161, <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2018v33n67p140>.
- Macedo Y., Silva E., Oliveira V., Correia J., Medeiros S., Costa D., Cestaro L., 2017, Serviços ambientais das unidades geoambientais no município de São Miguel do Gostoso/RN, Brasil. *GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território*, 12: 205-229, [dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.009](https://doi.org/10.17127/got/2017.12.009).
- Marnika, E., Christodoulou, E., & Xenidis, A., 2015, Sustainable development indicators for mining sites in protected areas: tool development, ranking and scoring of potential environmental impacts and assessment of management scenarios: *Journal of Cleaner Production*, 101, 59-70, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.098>.
- Mazzucato, E., Bacci, D.C., Souza, C.R.G., Geomorphological heritage on the North Coast of the State of São Paulo: a perspective about current and past climate changes: *Geoheritage* (Resultados não publicados).
- Mea, M.E.A., 2005, *Ecosystems and Human Well-Being: wetlands and water synthesis*, <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.358.aspx.pdf>.
- Meira, V. T., 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]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências.
- Moura, C.A., 2013, Avaliação de tendência a enchentes das bacias hidrográficas do município de Caraguatatuba (SP): *Revista de Geografia (UFPE)*, 30(2), <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229012/23414>.
- Mohriak W., Nemčok M., Enciso G., 2008, South Atlantic divergent margin evolution: rift-border uplift and salt tectonics in the basins of SE Brazil: *Geological Society, London, Special Publications*, 294(1): 365-398, <https://doi.org/10.1144/SP294.19>.
- Mora C.A.S., Campanha G.A.C., Wemmer K., 2013, Microstructures and K-Ar illite fine-fraction ages of the cataclastic rocks associated to the Camburu Shear Zone, Ribeira Belt, Southeastern Brazil: *Brazilian Journal of Geology*, 43(4):607-622, DOI: 10.5327/Z2317-48892013000400003.
- Moreira, J. C., 2008, *Patrimônio geológico em unidades de conservação: atividades interpretativas, educativas e geoturísticas*. [Tese de doutorado]: Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Mucivuna, V.C.; Garcia, M.G.M.; Gomes, B.N.; Reynard, E.; Holanda, E.H.; Mattos, C.M.C., 2021, Environmental interpretation and geoheritage in Brazilian protected areas: analysis of the Itatiaia National Park: X International ProGEO symposium, Building connections for global geoconservation. p 229-230, ISBN: 978-84-9138-112-9.
- Narita J., Oehlmeyer A.S., Alves F.A., Bortolotte A.C., Basbaum M., Rodrigues T.D., 2013, Results of four-year fauna monitoring in the caraguatatuba-taubaté (gastau) pipeline: Rio Pipeline Conference and Exposition, https://www.academia.edu/4788041/Master_IBP1484_13_RESULTS_OF_FOUR_YEAR_FAUNA_MONITORING_IN_THE_CARAGUATATUBA_TAUBAT%C3%89_GASTAU_PIPELINE_Copyright_2013_Brazilian_Petroleum_Gas_and_Biofuels_Institute_IBP. (Acesso em 11 Novembro de 2020).
- Nascimento M.A.L., da Silva M.L.N., de Moura-Fé M.M., 2020, Os Serviços Ecológicos em Geossítios do Geopark Araripe (CE), Nordeste do Brasil: *Anuário do Instituto de Geociências UFRJ*. 43:119- 132, https://doi.org/10.11137/2020_4_119_132.
- Nellemann, C., Corcoran, E. (Eds.), 2009, *Blue carbon: the role of healthy oceans in binding carbon: a rapid response assessment*: UNEP/Earthprint, https://ccom.unh.edu/sites/default/files/publications/Nellemann_2010_BlueCarbon_book.pdf.

- Nieto L.M., 2001, Geodiversidad: propuesta de una definición integradora: Boletín Geológico y minero, 112(2):3-12, http://asgmi.igme.es/Boletin/2001/112_2-2001/1-ARTICULO%20%20GEODIVERSIDAD.pdf. (Acesso em 3 Dezembro de 2020).
- Okida, R., Veneziani, P., 1998, O Sensoriamento Remoto como Alternativa no Estudo de Áreas de Inundação: um exemplo na região de Caraguatatuba (SP), http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.15.45/doc/1_79p.pdf.
- Paes, S.R., 1998, Espaço da vida, espaço da morte na trajetória caçara, <https://nupaub.fflch.usp.br/sites/nupaub.fflch.usp.br/files/Silvia%20Regina%20Paes.pdf>.
- Pan, X., Shi, P., & Wu, N., 2020, Spatial–Temporal Interaction Relationship between Ecosystem Services and Urbanization of Urban Agglomerations in the Transitional Zone of Three Natural Regions: Sustainability, 12(23), 10211, <https://doi.org/10.3390/su122310211>.
- Peixoto P., 2010, Geodiversidade do Estado de São Paulo. Peixoto (Org.), São Paulo: CPRM. <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16776>. (Acesso em 3 Dezembro de 2020).
- Pellegatti, C.H G., Galvani, E., 2010, Avaliação da precipitação na Serra do Mar–SP em eventos de diferentes intensidade e duração: GEOUSP Espaço e Tempo (Online), 14(1), 147-158, <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2010.74160>.
- Pereira, B.S., 2017, Verticalização da Avenida Prefeito Geraldo Nogueira da Silva, município de Caraguatatuba – SP. [Trabalho de Graduação Individual]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas.
- Pereira D.I., Pereira P., Brilha J., Santos L., 2013, Geodiversity Assessment of Paraná State (Brazil): Na Innovate Approach: Environmental Management 52: 541-552, <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0100-2>.
- Perrotta et al., 2005, Mapa geológico do Estado de São Paulo. Brasília, CPRM, escala 1:750.000.
- Perotti, L., Carraro, G., Giardino, M., De Luca, D. A., & Lasagna, M., 2019, Geodiversity evaluation and water resources in the Sesia Val Grande UNESCO Geopark (Italy): Water, 11(10), 2102, <https://doi.org/10.3390/w11102102>
- Petrobras, <https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/unidade-de-caraguatatuba-completa-5-anos-com-marca-historica-de-producao-de-gas.htm>. (Acesso em 15 dezembro 2020).
- Queiroz, D. S., Garcia, M. G. M., 2022, The “hidden” geodiversity in the traditional approaches in ecosystem services: a perspective based on monetary valuation: Geoheritage, (14):44, <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00676-x>.
- Rahmati, O., Tahmasebipour, N., Haghizadeh, A., Pourghasemi, H. R., & Feizizadeh, B. 2017, Evaluating the influence of geo-environmental factors on gully erosion in a semi-arid region of Iran: An integrated framework: Science of the Total Environment, 579, 913-927, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.176>.
- Ramos M.A.B, Dantas M.E., Maia M.A.M., Machado M., Pfaltzgraff P.A., Ambrosio M.F., Osório C, 2018, Proposta Metodológica para Levantamento da Geodiversidade em escalas 1: 100 000 a 1: 50 000 em Regiões Metropolitanas. Projeto Geodiversidade. Departamento de Gestão Territorial, CPRM, <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/21731>. (Acesso em 3 Dezembro de 2020).
- Reverte F.C., Garcia M.G.M., Brilha J., Pellejero A.U., 2020, Assessment of impacts on ecosystem services provided by geodiversity in highly urbanised areas: A case study of the Taubaté Basin, Brazil: Environmental Science & Policy, 112:91-106, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.05.015>.
- Riccomini, C., 1989, O Rift Continental do sudeste do Brasil. [Tese de doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Geociências, 10.11606/T.44.1990.tde-18032013-105507.
- Rodrigues F.H., 2018, Estudo da geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião

- (SP): uma proposta de mapeamento geoambiental aplicado à estratégia de geoconservação, [Tese de doutorado]: Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, <http://hdl.handle.net/11449/152822>.
- Rosemback, R., 2013, Levantamento da atividade urbana nas adjacências do Parque Estadual da Serra do Mar-municípios de São Sebastião, Caraguatatuba e Ubatuba, SP, <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.29.00.56.19/doc/p1495.pdf>.
- Ross J.L.S., 1992, O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo: *Revista do departamento de Geografia*, 6:17-29, <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>.
- Ross J.L.S., Moroz I.C., 1996, Mapa geomorfológico do estado de São Paulo: *Revista do Departamento de Geografia*, 10:41-58, Doi: 10.7154/RDG.1996.0010.0004.
- Rossi M., 2017, Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado. São Paulo: Instituto Florestal, V.1. 118p. (inclui Mapas). ISBN: 978-85-64808-16-4. https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/wp-content/uploads/sites/234/2017/11/Livro_Solos1.pdf. (Acesso em 20 Dezembro de 2020).
- Santos D.S., Mansur K.L., Gonçalves J.B., Junior E.R.A., 2017, Quantitative assessment of geodiversity and urban growth impacts in Armação dos Búzios, Rio de Janeiro, Brazil: *Applied geography*, 85: 184-195, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.03.009>.
- Santos D.S., Mansur K.L., de Arruda Jr E.R., Dantas M.E., Shinzato E., 2019, Geodiversity Mapping and Relationship with Vegetation: A Regional-Scale Application in SE Brazil: *Geoheritage*, 11(2): 399-415, <https://doi.org/10.1007/s12371-018-0295-y>.
- São Paulo, 2008, Secretaria do Meio Ambiente, Plano de Manejo do Parque Estadual da Serra do Mar. São Paulo: Instituto Florestal.
- São Paulo, 2012, Iritani, M. A., Ezaki S. As águas subterrâneas do estado de São Paulo. Cadernos de educação ambiental. Governo do estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto geológico.
- São Paulo, 2019, Parque Estadual Serra do Mar Caraguatatuba. <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/pesm/nucleos/caraguatatuba/>. (Acesso em 10 Dezembro de 2020).
- Secron M.B., Hurtado S.N., Medeiros S.S., de Oliveira W.J., 2008, Preliminary Environmental Assessment for the site selection for the UTGCA (Gas Treatment Unit for Caraguatatuba-SP): 7th International Pipeline Conference, <http://dx.doi.org/10.1115/IPC2008-64244>.
- Serrano E, Ruiz-Flaño P., 2007, Geodiversity: a theoretical and applied concept: *Geographica Helvetica*, 62(3): 140-147, <https://doi.org/10.5194/gh-62-140-2007>.
- Silva C.R., Dantas M.E., 2010, Mapas geoambientais, http://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/17873/1/mapas_geoambientais_sbcgg.pdf. (Acesso em 3 Dezembro de 2020).
- Silva, S.D., Braga, F.A., Fonseca, A.R., 2010, Análise de conflito entre legislação e uso da terra no município de Itabira-MG: *Caminhos da Geografia*, 11(934), 131-144, <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16077>.
- Silva M.L.N., do Nascimento M.A.L., 2020, Ecosystem Services and Typology of Urban Geodiversity: Qualitative Assessment in Natal Town, Brazilian Northeast: *Geoheritage*, 12(3): 1-16, <https://doi.org/10.1007/s12371-020-00479-y>.
- Silveira E.A., 2015, Caracterização dos fluxos energéticos e gases de efeito estufa em instalações “offshore”, [Dissertação de mestrado]: Brasília, Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, <http://dx.doi.org/10.26512/2015.03.D.18426>.
- Soms J., 2017, Assessment of geodiversity as tool for environmental management of protected nature areas in South-Eastern Latvia: *Proceedings of the 11th International*

- Scientific and Practical Conference. Volume I (Vol. 271, p. 277),
<https://doi.org/10.17770/etr2017vol1.2581>.
- Souza C.R.G., 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,
<https://doi.org/10.11606/issn.2316-8986.v23i0p43-54>.
- Souza, C. R. D. G., 1997, As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo [Tese de doutorado]: São Paulo, Universidade de São Paulo, Instituto de Oceanografia.
- Souza, C.R.G., Suguio, K., Oliveira, A.M.S., Oliveira, P.E., 2005, Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos, Editora. 382p.: il.: 28, <https://www.abequa.org.br/livro.php>
- Souza, C.R.G., 2005a, Suscetibilidade morfométrica de bacias de drenagem ao desenvolvimento de inundações em áreas costeiras: Revista Brasileira de Geomorfologia, 6(1), <http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v6i1.38>.
- Souza C.R., Luna G.C., 2008, Unidades quaternárias e vegetação nativa de planície costeira e baixa encosta da Serra do Mar no litoral norte de São Paulo: Revista do Instituto Geológico, 29(1-2): 1-18, <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.20080001>.
- Souza C.R., 2009, A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil: Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management, 9(1): 17-37, <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340125003>.
- Souza C.R.G., Luna G.D.C., 2010, Variação da linha de costa e balanço sedimentar de longo período em praias sob risco muito alto de erosão do município de Caraguatatuba (Litoral Norte de São Paulo, Brasil): Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management, 10(2): 179-199.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340129002>. (Acesso em 15 Dezembro de 2020).
- Souza, C.R.G., 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, 308-371,
<https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0112.0014>.
- Schrodt F., et al., 2019, Opinion: To advance sustainable stewardship, we must document not only biodiversity but geodiversity: Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 116, n. 33, p. 16155-16158, <https://doi.org/10.1073/pnas.1911799116>.
- Sharples C., 2002, Concepts and principles of geoconservation: Tasmanian Parks & Wildlife Service, Hobart.
- Shrestha, O. M., Koirala, A., Hanisch, J., Busch, K., Kerntke, M., & Jäger, S., 1999, A geo-environmental map for the sustainable development of the Kathmandu Valley, Nepal: Geojournal, 49(2), 165-172, <https://www.jstor.org/stable/41147413>.
- Steiner, N. S., Bowman, J., Campbell, K., Chierici, M., Eronen-Rasimus, E., Falardeau, M., ... & Wongpan, P., 2021, Climate change impacts on sea-ice ecosystems and associated ecosystem services: Elem Sci Anth, 9(1), 00007,
<https://doi.org/10.1525/elementa.2021.00007>.
- Stewart, I. S., Gill, J. C., 2017, Integrating sustainability concepts into Earth Sciences: Proceedings of Geologists Association. (128), 165-172,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.pgeola.2017.01.002>.
- Tansley, A.G., 1935, The use and abuse of vegetational concepts and terms Ecology 16, 284—307: Progress in Physical Geography, 31(5), 517-522,
<http://dx.doi.org/10.1177/0309133307083297>.
- Terassi, P.M.B., 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, <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.47621>.

- Tognetto, F., Perotti, L., Viani, C., Colombo, N., & Giardino, M., 2021, Geomorphology and geosystem services of the Indren-Cimalegna area (Monte Rosa massif–Western Italian Alps): *Journal of Maps*, 17(2), 161-172, <https://doi.org/10.1080/17445647.2021.1898484>.
- Tupinambá, M., Heilbron, M., Duarte, B. P., Nogueira, J. R., Valladares, C., Almeida, J., ... & Ludka, I., 2007, *Geologia da Faixa Ribeira Setentrional: estado da arte e conexões com a Faixa Araçuaí*: Geonomos.
- Turra, A., Petracco, M., Amaral, A.C.Z., Denadai, M.R., 2014, Temporal variation in life-history traits of the clam *Tivela mactroides* (Bivalvia: Veneridae): Density-dependent processes in sandy beaches: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 150, 157-164, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecss.2013.06.004>.
- UNEP-WCMC and IUCN, 2022, *Protected Planet: The World Database on Protected Areas (WDPA) and World Database on Other Effective Area-based Conservation Measures (WD-OECM)* [Online], January 2022, Cambridge, UK: UNEP-WCMC and IUCN, Available at: www.protectedplanet.net.
- Van Ree, C.C.D.F., Van Beukering, P.J.H., Boekstijn, J., 2017, Geosystem services: A hidden link in ecosystem management: *Ecosystem services*, 26, 58-69, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.013>.
- Vegas, J., Mata, P., Sánchez España, J., Morellón, M., Salazar, A., Rodríguez, J. A., Valero-Garcés, B., Carcavilla, L., 2015, Evolución del estado de conservación de lugares de interés geológico sometidos a modificaciones antrópicas. 2015: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuza, M., Fernández, E., Vegas, J., Belmonte, A. (eds) *Patrimonio geológico y geoparques, avances de um caminho para todos*. Cuadernos del Museo Geominero, nº 18. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2015, ISBN 978-84-7840-962-4.
- Worboys G.L., Lockwood M., Kothari A., Feary S., Pulsford I (eds), 2015, *Protected Areas Governance and Management*, ANU Press, Canberra, <http://doi.org/10.22459/PAGM.04.2015>.
- Zoneamento Ecológico Econômico Setor Costeiro do Litoral Norte de São Paulo – Caraguatatuba. 1: 50. 000, 2017, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA/ Coordenadoria de Planejamento Ambiental (CPLA). Grupo setorial de coordenação do Litoral Norte. <http://s.ambiente.sp.gov.br/zee/CARAGUATATUBA.pdf>. (Acesso em 15 Dezembro de 2020).
- Zwolinski Z., Najwer A., Giardino M., 2018, *Methods for Assessing Geodiversity*: Reynard E, Brilha J. *Geoheritage: Assessment, Protection, and Management*: Elsevier. p. 27-46.