

Revista Brasileira de Cartografia (2015) N^o 67/6: 1167-1182
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

COMPARTIMENTOS FISIAGRÁFICOS DA CADEIA DE MONTES VULCÂNICOS SUBMARINOS VITÓRIA - TRINDADE: SUBSÍDIO A GEODIVERSIDADE MARINHA NO ATLÂNCIO SUL

*Physiographics Compartments at the Region of Vitória - Trindade Submarine
Volcanic Seamount Chain: Subsidy the Marine Geodiversity in South Atlantic*

**Maria Adelaide Mansini Maia¹; João Wagner Alencar Castro²
& Camila Areias de Oliveira²**

¹Departamento de Gestão Territorial - Serviço Geológico do Brasil - CPRM

Av. Pasteur, 404 - Urca. CEP: 22290-255. Rio de Janeiro - RJ. Brasil.
adelaide.maia@cprm.gov.br

²Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

**Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia & Meio Ambiente - LAGECOST /
Departamento de Geologia & Paleontologia (Museu Nacional)**

Programa de Pós-Graduação em Geologia - UFRJ.
Quinta da Boa Vista, São Cristóvão, CEP 20940-040, Rio de Janeiro, Brasil.
castro@mn.ufrj.br, milareias@gmail.com

*Recebido em 15 de Novembro, 2014/ Aceito em 19 de Agosto, 2015
Received on November 15, 2014/ Accepted on August 19, 2015*

RESUMO

A compartimentação fisiográfica da geodiversidade marinha possibilita a compreensão dos processos geológicos que atuam no assoalho oceânico, permitindo uma visão integrada das feições e formas resultantes que constituem a margem continental e a margem oceânica, explicitando as adequabilidades e limitações desses ambientes. Objetiva-se desenvolver uma compartimentação fisiográfica para caracterização da geodiversidade marinha aplicado à região da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos de Vitória / Trindade - CMVSVT e áreas adjacentes, situada no Atlântico Sul. Como procedimentos metodológicos, analisou-se, em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), dados batimétricos, geológicos, geofísicos disponíveis na literatura e em bancos de dados institucionais. Resultados obtidos possibilitaram a compreensão dos processos geológicos formadores e modificadores dos ambientes que compõem o assoalho oceânico, fornecendo subsídios para orientação de futuros levantamentos da geodiversidade marinha na Plataforma Continental Jurídica Brasileira - PCJB e áreas adjacentes, no âmbito das 200 milhas náuticas da Zona Econômica Exclusiva Brasileira - ZEE. Através da integração dos resultados definiu-se a compartimentação do assoalho oceânico, ressaltando-se a indicação de áreas-chaves representativas da geodiversidade relacionadas aos valores científicos, ambientais, econômicos e educativos.

Palavras-chaves: Compartimentação Fisiográfica, Geodiversidade Marinha, Cadeia de Montes Submarinos Vitória - Trindade, Zona Econômica Exclusiva.

ABSTRACT

Knowledge of marine geodiversity turns possible the analysis about the influence of geological aspects to generate marine landscapes, oceanographic parameters, mineral deposits, geohazard, geoconservation, relations to support biodiversity, use and occupation and other topics, explaining its suitability and limitation when facing diverse uses and occupation allowing integrated view of the dynamics and occurring processes in continental margins and oceanic basins. The aim of this study is to present a conceptual model so as to characterize marine geodiversity at the region of Vitória-Trindade seamount Chain and its surroundings in South Atlantic, southeast of Brazil, by means of construction and application of an arrangement model in macroscale of seafloor. Results aims at guiding future orientation about future surveys on geodiversity at juridical brazilian continental shelf and adjacent areas, under the 200 nautical miles of brazilian exclusive economic zone. As methodology procedure, was analysed in the environment of geographic information system the geological, geophysical, environmental and use-occupation, bathymetric data available in literature and in institutional database. Integration of these data led to the elaboration of geodiversity map of adjacent areas of the Vitória - Trindade island seamount Chain, approaching morfophysiographic aspects and of superficial geology of seafloor. Results include important record of scientific and educational interest about geological history of the East Brazilian continental margin and the South Atlantic; potential for diverse uses; geological, environmental and legal restraining aspects; and functional aspects and support to biodiversity associated to scientific, environmental, economic, educational and geotouristic values of geodiversity.

Keywords: Physiographic Compartments, Marine Geodiversity, Vitoria - Trindade Seamount Chain, Exclusive Economic Zone of Brazil.

1. INTRODUÇÃO

O termo “geodiversidade” surgiu na década de 1990, como equivalente de “biodiversidade”, de forma a definir o componente abiótico da natureza (Gray 2004, 2008). Ao longo dos anos seguintes, o conceito de geodiversidade consolidou-se, assumindo a mesma importância que o de biodiversidade. Entretanto, em área marinha é tema ainda pouco abordado, com estudos restritos a porções emersas das ilhas oceânicas e marinho raso (Nunes *et al.* 2007; Jačková e Romportl, 2008; Felton, 2010; Petrisor e Sârbu, 2010; Rovere *et al.* 2010; Booth e Brayson, 2011; Gordon e Barron, 2011). Entende-se por geodiversidade marinha a variedade da natureza abiótica presente nos assoalhos oceânicos, bem como a compartimentação morfológica desses ambientes originada por processos geológicos, tais como tectonismo, vulcanismo, deposição e metalogênese (Maia, 2013).

Estudos sobre geodiversidade envolvendo o assoalho oceânico vêm sendo realizados no mar Báltico, no golfo da Finlândia e nos mares do Reino Unido, como forma de estabelecer relações de apoio entre geodiversidade e biodiversidade e indicar áreas de proteção dos aspectos bióticos e abióticos da região (Brooks *et al.* 2009, 2012; Gordon e Barron, 2011; Kaskela

et al. 2012; Burek, 2012). Trabalhos mais amplo já realizado sobre o tema “geodiversidade marinha” foi iniciado nos domínios marinhos da Escócia, estendendo-se às demais regiões do Reino Unido (Brooks *et al.*, 2012; Burek, 2012).

No Brasil a aplicação do conceito de geodiversidade em áreas continentais é relativamente comum, com metodologia em fase de consolidação. Os estudos são focados no levantamento do patrimônio geológico, geoconservação e geoturismo, objetivando fomentar políticas de gestão pública (CPRM, 2006; Schobbenhaus, 2006; Mansur e Nascimento, 2007; Nascimento *et al.* 2008). Abordagens sobre a geodiversidade marinha são escassas e recentes, com estudos restritos a ilhas oceânicas e regiões costeiras, voltados para levantamento do patrimônio geológico e geoturismo (Almeida, 2002; Mansur e Carvalho, 2011; Mariano *et al.* 2011; Castro e Suguio, 2011; Alencar e Guimarães, 2012). O primeiro trabalho envolvendo esse tema no ambiente marinho brasileiro foi elaborada por Maia *et al.* (2012). Apresentou-se um mapa fisiográfico do assoalho oceânico envolvendo aspectos geológico-ambientais e critérios para caracterização da geodiversidade marinha da região da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória - Trindade – CMVSVT.

Apesar das dificuldades técnicas e financeiras envolvidas nas pesquisas oceanográficas, faz-se necessários levantamentos sobre a geodiversidade marinha, principalmente nas regiões da plataforma e talude continental, uma vez que essa área de domínio oceânico tem sido cada vez mais utilizada para fins diversos, entre estes, exploração de petróleo, exploração mineral, disposição de resíduos, pesca, instalação de cabos e dutos submarinos e obras de engenharia. O desafio consiste na dificuldade de acesso a determinados locais e no número reduzido de levantamentos, que ocorrem de forma esporádica e restrita. Para minimizar o problema, são utilizadas técnicas de processamento digital sobre dados obtidos por sensoriamento remoto e extrapolação estatística de dados amostrais (Burek, 2012). Tais limitações dificultam o conhecimento das características geológicas e geomorfológicas marinhas, conseqüentemente, interfere na qualidade dos resultados e interpretações desses ambientes.

O levantamento da geodiversidade marinha utilizando a compartimentação fisiográfica propicia o conhecimento dos aspectos geológicos associados às paisagens submarinas, que, por sua vez, influencia nas relações com a biodiversidade, principalmente de espécies cuja distribuição se encontra associada à forma do assoalho marinho. Possibilita, ainda, a aplicação em temas como: caracterização geológica e geomorfológica do fundo oceânico; estabelecimento de áreas de relevante interesse mineral; conservação do patrimônio geológico (geoturismo, sítios geológicos e geoparques marinhos); identificação de áreas com conflito de uso (indústrias de petróleo e mineral, obras de engenharia, pesca, maricultura, rotas marítimas, áreas de proteção ambiental, defesa nacional e interesse mineral); zonas suscetíveis ao risco geológico e atividades sísmicas; educação e popularização das geociências. O presente estudo visa elaborar um modelo conceitual para caracterização da geodiversidade marinha em macroescala com aplicação na região da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória - Trindade e áreas adjacentes, indicando áreas-chaves representativas da geodiversidade,

relacionadas aos valores científicos, ambientais, econômicos, educativos e geoturísticos. O modelo baseia-se na análise integrada de dados geológicos, geofísicos e batimétricos em SIG.

2. DESCRIÇÃO DA ÁREA

A área de estudo engloba a Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória - Trindade e o fundo oceânico adjacente, perfazendo uma área de cerca de 838.000 km², Atlântico Sul, sudeste da costa do estado do Espírito Santo, Brasil. Eleva-se até 5.500 m do assoalho oceânico, projetando-se da linha de costa por cerca de 1.167 km, a partir do paralelo de 20°S, em direção ao sudoeste do continente africano (Castro, 2010). A porção aflorante localiza-se na extremidade ocidental da cadeia, formando a ilha da Trindade e o arquipélago de Martin Vaz. O estudo envolve também, as demais feições fisiográficas limitadas pelas 200 milhas náuticas da Zona Econômica Exclusiva - ZEE brasileira, incluindo a porção proposta para extensão da PCJB, contidas no polígono de coordenadas geográficas: latitudes entre 17°00'00"S e 24°45'00"S e longitudes entre 41°20'00"W e 25°06'30"W (Figura 1).

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS E GEOMORFOLÓGICOS

A Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória/Trindade - CMVSVT é formada por lavas e intrusões de rochas sódico-alcalinas, subsaturadas em sílica e piroclastos diversos (Almeida *et al.* 1996). A origem da CMVSVT associa-se a atividades tectonomagmáticas cenozóicas ocorridas durante o processo de deslocamento da Placa Sul-Americana sob a ação de um hotspot. A referida placa passou a derivar para oeste afastando-se do continente africano no Eoceno (Thomaz Filho and Rodrigues, 1999; Cordani and Teixeira, 1979; Mizusaki *et al.*, 1994; Thompson *et al.* 1998). Alguns estudos postulam origem tectonomagmática para a CMVSVT, associado à extensão da Zona de Fratura de Vitória-Trindade - ZFVT da cordilheira meso-oceânica. A ZFVT apresenta direção aproximada W-E, com reflexo em toda a região oceânica, nas bacias sedimentares do Espírito Santo e de Campos, estendendo-se até a região continental (Ferrari and Riccomini, 1999;

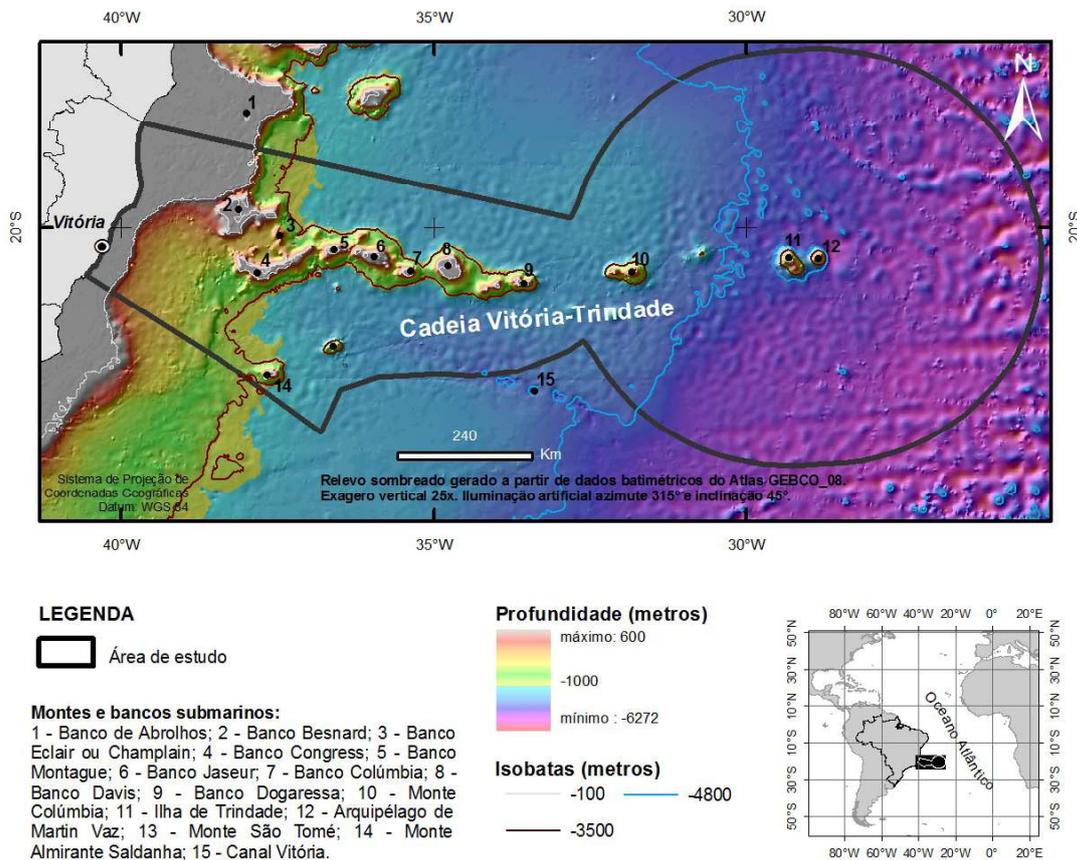


Fig. 1 - Localização da área de estudo no contexto do Atlântico Sul, sudeste do Brasil.

Almeida 1961; Alves *et al.* 2006).

A porção emersa da CMVSVT correspondente as ilhas da Trindade e Martin Vaz é caracterizada por rochas vulcânicas fortemente sódico-alcálicas, derrames fonolíticos, nefeliníticos e graziníticos e rochas piroclásticas associadas a eventos vulcânicos distintos (Almeida 1961). As unidades estratigráficas holocênicas ocupam uma pequena área na ilha da Trindade, destacando campos de dunas, praias, aluviões, recifes algálicos e depósitos de encosta (Castro and Antonello 2006; Castro, 2009). Datações realizadas por Cordani (1970) atribuem idade entre 3,7 e 1,5 Ma (K/Ar). Os domos e diques fonolíticos que constituem a maioria das rochas subvulcânicas se originaram no intervalo entre 2,9 e 2,3 Ma. O arquipélago de Martin Vaz é composta por rochas vulcânicas alcalinas subsaturadas, constituída por ancaratrilo, tambuschito, fonólito e perquinito do tipo biotita-hornblendito (Castro e Antonello, 2006). Análises geoquímicas apontam magmatismo bimodal e forte anomalia de Pb. Quando comparadas às análises geoquímicas de amostras da ilha da Trindade e da porção submersa da CMVSVT, verifica-se uma mesma

fonte geradora. As idades registradas na ilha são inferiores a $1.1 + 0,5$ Ma (Hansen *et al.*, 1998 apud Almeida, 2006; Cordani, 1970).

Na porção submersa da CMVSVT, os estudos geológicos são escassos. Segundo Motoki, *et al.* (2012), os bancos Besnard, Congress e o Monte Submarino de Vitória caracterizam-se por feição não cônica e topos planares extensos. Esses bancos são considerados fragmentos desintegrados da plataforma continental. Estudos realizados em amostras dragadas dos montes submarinos de Colúmbia e Jaseur e nos bancos de Dogressa e Davis revelam rochas de composição ultrabásico-alcálica, como picrito e ancaramito, com idade U-Pb de 29.8 ± 6.6 Ma (Fodor e Hanan, 2000; Skolotnev *et al.*, 2011).

A geomorfologia do assoalho oceânico da área estudada é resultante da interação de processos vulcânicos e sedimentares ocorridos no Mesozóico e Cenozóico. Esses processos são responsáveis pela grande diversidade de paisagens marinhas, tornando-as uma das mais peculiares da margem continental e oceânica brasileira. Destacam-se, nesse cenário, o expressivo alargamento da plataforma continental na região

do Banco de Abrolhos no segmento norte da área estudo, cânions, canais submarinos, elevações submarinas e as ilhas oceânicas de Trindade e Martin Vaz. Abaixo do nível do mar atual, as profundidades se encontram distribuídas no intervalo de 0 a - 6.272 m, com predomínio das

isóbatas de - 4.100 a -5.800 m (Castro *et al*, 2014). Entre -3.500 e -5.600 m ocorrem a base das principais elevações submarinas que constituem a CMVSVT. A batimetria nesse domínio de mar profundo apresenta profundidades entre - 1.500 e - 6000 m. (Figura 2).

Modelo Digital do Assolho Oceânico

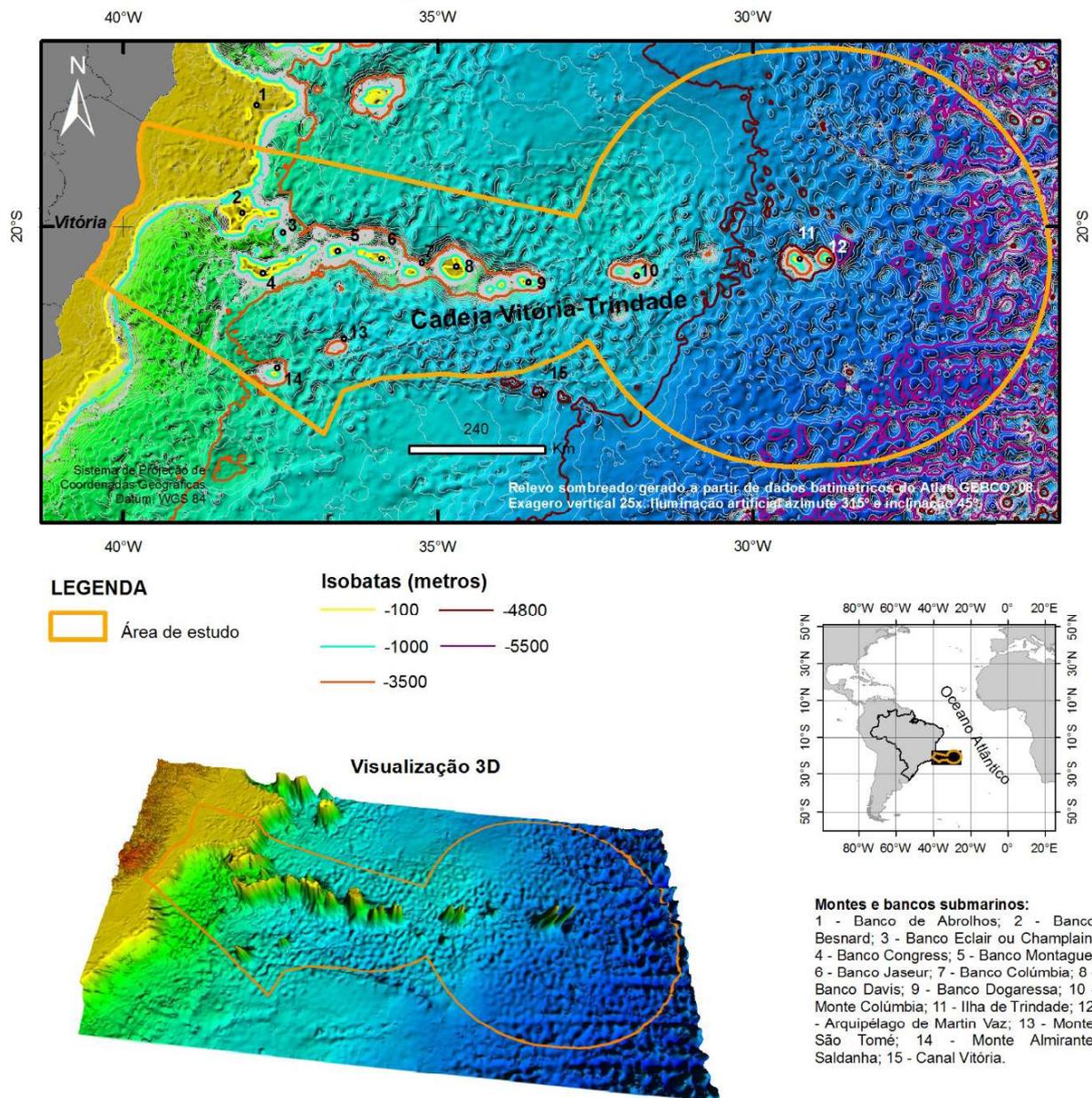


Fig. 2 - Modelo digital do assoalho oceânico da área estudo confeccionados a partir de dados do Atlas GEBCO_08 (exagero vertical de 25 x).

4. MATERIAL E METODO

Na elaboração do modelo conceitual da geodiversidade marinha da área estudada, utilizou-se informações pré-existentis disponíveis em bancos de dados institucionais de domínio público, artigos científicos e mapas

temáticos. As informações obtidas apresentam os seguintes temas: dados batimétricos, amostras de sedimentos superficiais do fundo oceânico, dados geológicos, dados geofísicos, recursos minerais, geodiversidade continental, aspectos ambientais e de uso e ocupação (Tabela 1).

Tabela 1: Temas utilizados no modelo de caracterização da geodiversidade marinha da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória-Trindade e assoalho oceânico adjacente, sudeste brasileiro

Tema	Parâmetros analisados	Fonte
Dados batimétricos	Profundidade, forma da superfície, extensão, largura, amplitude e declividade.	General Bathymetric Chart of the Ocean Atlas (GEBCO_08, release set. 2010). Formato NetCDF. Resolução espacial de 30 segundos de arco (< http://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/)
Amostra de sedimentos superficiais do fundo oceânico	Textura, teor de carbonato e composição do sedimento.	1.440 amostras de sedimentos oriundas do BAMPRETO (http://www.bampetro.on.br/). 1.136 amostras armazenadas no Banco de Dados Oceanográficos da Marinha do Brasil (CPRM, 2008). 41 descrições de PistonCorer armazenadas no Lamont-Doherty Geological Observatory (http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/marine_geology/)
Dados geológicos	Limite crustal, limite de bacias sedimentares, feições estruturais oceânicas (zona de fraturas) e ocorrência mineral.	SIG Geologia da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes (CPRM, 2008).
Dados geofísicos	Geomorfologia do fundo oceânico do centro-sul da Bacia do Espírito Santo e norte da Bacia de Campos.	Modelo digital do assoalho oceânico elaborado por meio de dados de sísmica 3D e batimetria multifeixe (Schreinder <i>et al.</i> , 2009).
Recursos minerais	Áreas requeridas para pesquisa mineral (títulos minerários).	Sistema de Informações Geográficas da Mineração (SIGMI-NE) do Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM (http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/)
	Áreas requeridas para pesquisa para petróleo oferecidas.	Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível - ANP (http://www.anp.gov.br).
Geodiversidade continental	Compartimentos da geodiversidade da porção continental estado do Espírito Santo (Brasil).	SIG do Mapa Geodiversidade do Estado do Espírito Santo (http://geobank.sa.cprm.gov.br).
Aspectos ambientais	Dados oceanográficos (altura e período de onda), elementos fisiográficos (drenagem costeira, ilhas, promontórios, banco de areia submersos, recife, duna, mangue e restinga).	Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo (ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento_sistemico/base_continua_ao_milionesimo/).

4.1 Base de Dados

Consultou-se o Mapa Fisiográfico da Plataforma Continental Jurídica Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes, escala 1:2.500.000 (Palma *et al.*, 2008), o Mapa de Sedimentos Superficiais da Plataforma Continental Brasileira, escala 1:2.500.000 (Dias *et al.*, 2008), o Mapa Faciológico dos Sedimentos Superficiais da Plataforma e da Sedimentação Quaternária no Oceano Profundo, escala 1:3.500.000 (Kowsmann e Costa 1979).

Devido à indisponibilidade de cartas náuticas e de levantamentos batimétricos de detalhe em toda a extensão da área estudada, optou-se por utilizar os dados de profundidade estimada e predita, com base na altimetria extraída de levantamentos gravimétricos obtidos por satélite e integrados a dados batimétricos levantados por sonares a bordo de navios.

Foram comparadas várias fontes de dados de batimetria de domínio público, optando-se pelos dados batimétricos disponibilizados pelo General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO_08, release september 2010). Essa opção deve-se a menor complexidade de aquisição e maior consistência dos dados, quando comparados às profundidades informadas nas cartas náuticas.

Com dados oriundos de fontes, datas de aquisição, formatos, projeções cartográficas e escalas diversas, tornaram-se necessários procedimentos de sistematização dos dados para posterior organização das informações em SIG. A organização do SIG e demais etapas do trabalho foram realizadas por meio dos programas ArcGisTM10.1 e Global Mapper (versão 12).

Utilizou-se o Sistema de Projeções de Coordenadas Geográficas, como datum planimétrico o World Geodesic System 1984

(WGS84) e Meridiano Central com latitude de origem 0° e longitude de origem 33°W de Greenwich. Optou-se pela escala de 1: 2.500.000

para integração dos dados, por essa permitir a análise das informações dentro da resolução espacial dos dados GEBCO_08 (Fig. 3).

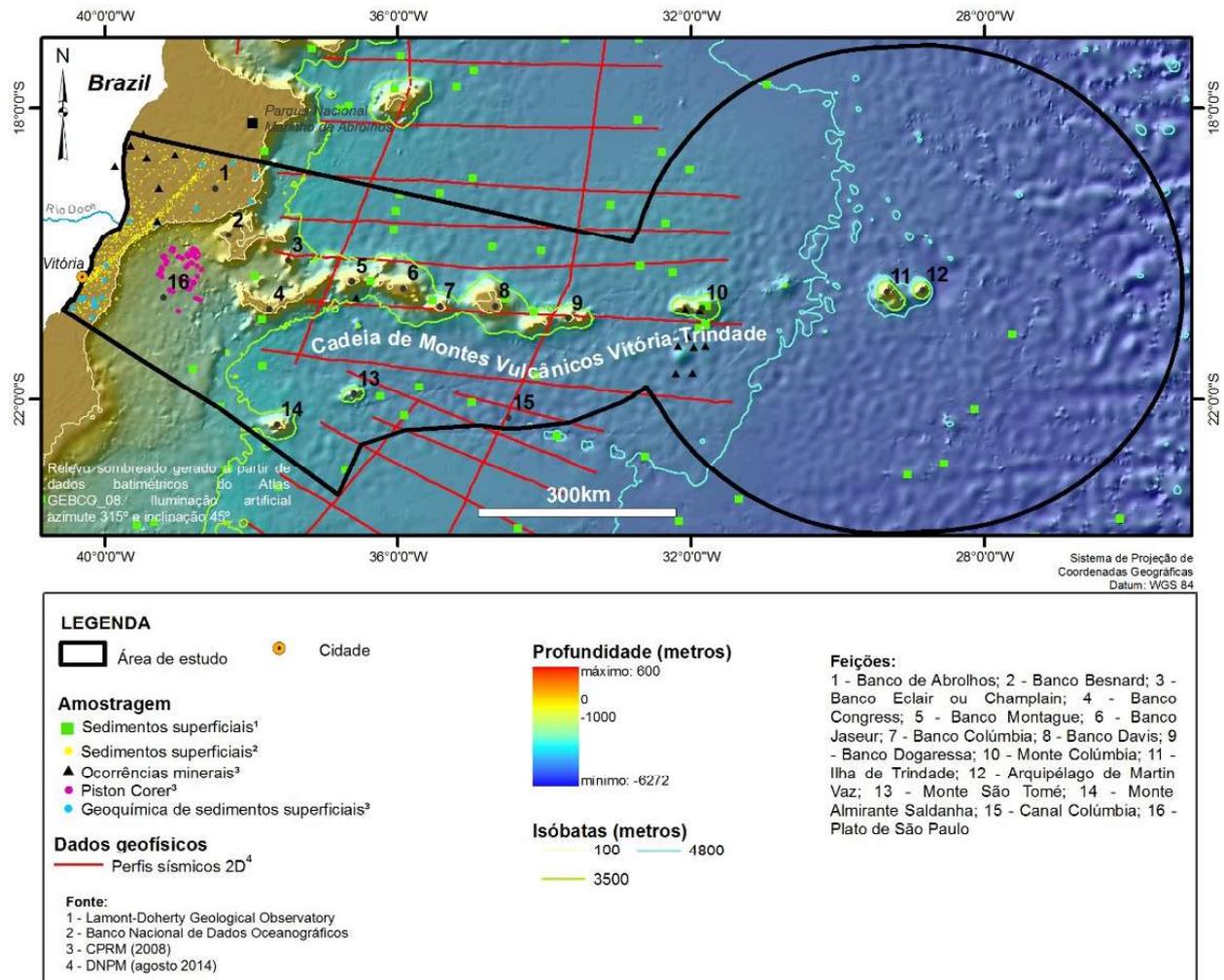


Fig. 3 - Distribuição espacial dos dados de amostragem, dados geofísicos, profundidade e feições morfológicas.

4.2 Modelo Conceitual

O modelo conceitual para caracterização da geodiversidade marinha do assoalho oceânico tem como base o domínio fisiográfico, o ambiente geológico, a composição litológica superficial e a morfologia resultante (Maia, 2012). Entende-se por domínio fisiográfico marinho, a paisagem presente nos assoalhos oceânicos constituída por macro compartimentos geomorfológicos. Os domínios foram estabelecidos com base no aspecto visual (textura e rugosidade) observados no relevo sombreado, nas variações da profundidade e

declividade. Essas informações foram obtidas em perfis batimétricos, mapa de declividade e curvas batimétricas. Utilizou-se a classificação e nomenclatura de Heezen *et al.* (1959), Chaves (1979) e Palma *et al.* (2008) na denominação dos domínios. O ambiente geológico foi definido com base na textura e componentes orgânicos das amostras superficiais e mapas preexistentes, agrupados nos seguintes critérios: classe da rocha (biogênica, sedimentar ou vulcânica); classificação litológica; idade geológica (holocênica, cenozóica, mesozóica); origem (terrígena, pelágica, carbonática,

autigênica, corrente de turbidez, corrente de fundo, movimento de massa, fluxos gravitacionais); classe textural e presença de bioclastos (recifes, lama, areno-lamoso, areia, cascalho, biodetritos). O referido ambiente reflete o conjunto de eventos endógenos e exógenos geradores e modificadores da crosta terrestre que afetam sua forma, estrutura e composição. A composição litológica representa as informações sobre classificação textural, litológica e componentes orgânicos das amostras dos sedimentos superficiais e classificação litológica das amostras de rocha aflorantes na superfície oceânica. As feições morfológicas correspondem às formas submersas encontradas sobre o fundo marinho

decorrentes das atividades deposicionais, biogênicas erosiva/deposicionais, vulcânica ou estrutural (tectônica ou atectônica). As etapas utilizadas no procedimento metodológico estão sintetizadas na Figura 4.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos procedimentos metodológicos adotados, o assoalho oceânico da área de estudo foi subdividido em 5 (cinco) províncias e 12 compartimentos fisiográficos que refletem a geodiversidade que compõem a área da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória - Trindade / CMVSVT e entorno (Figura 5).

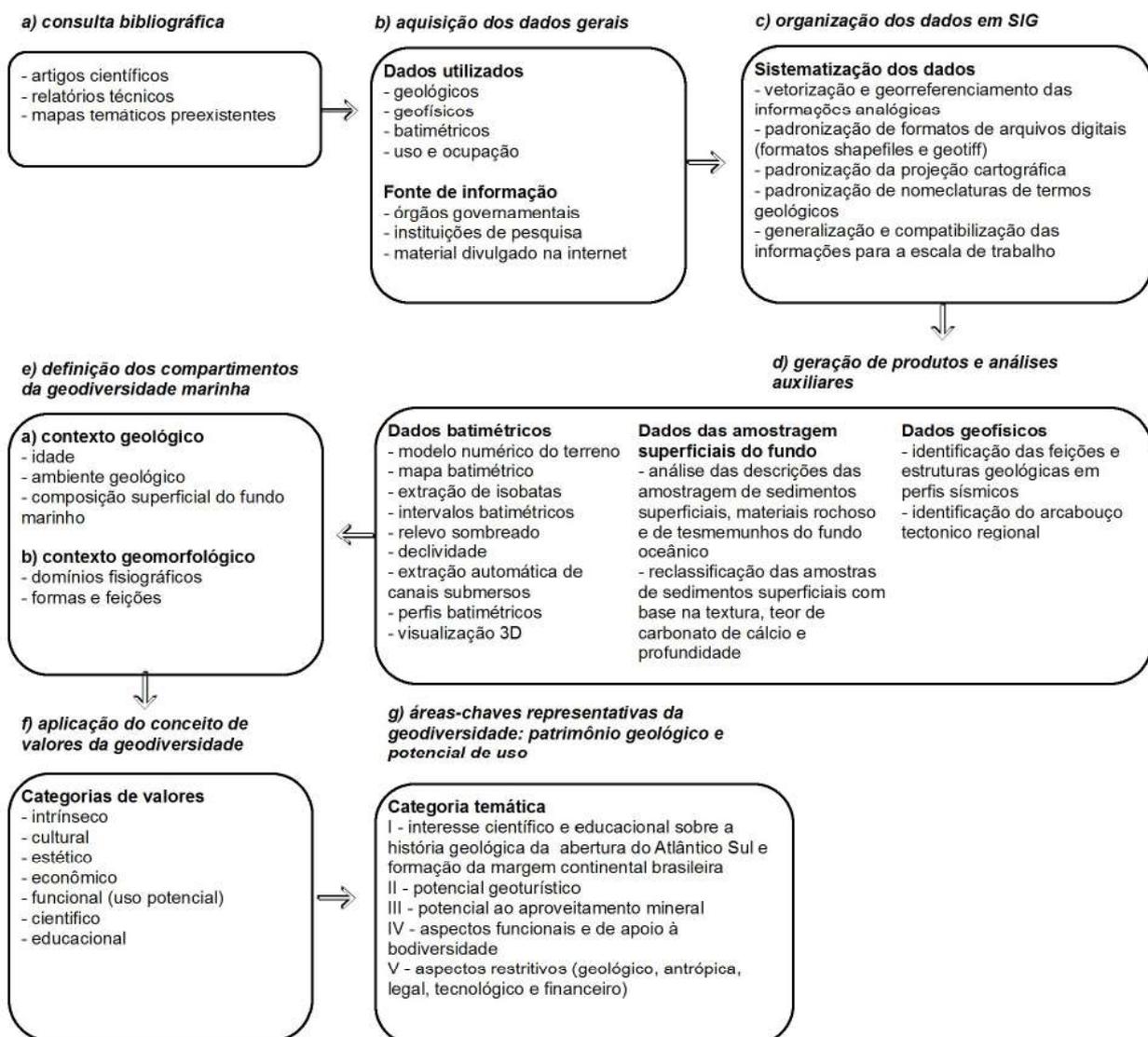


Fig. 4 - Etapas correspondentes aos procedimentos metodológicos adotados.

MAPA DA COMPARTIMENTAÇÃO FISIOGRÁFICA DA CADEIA DE MONTES VULCÂNICOS SUBMARINOS E ÁREAS ADJACENTES

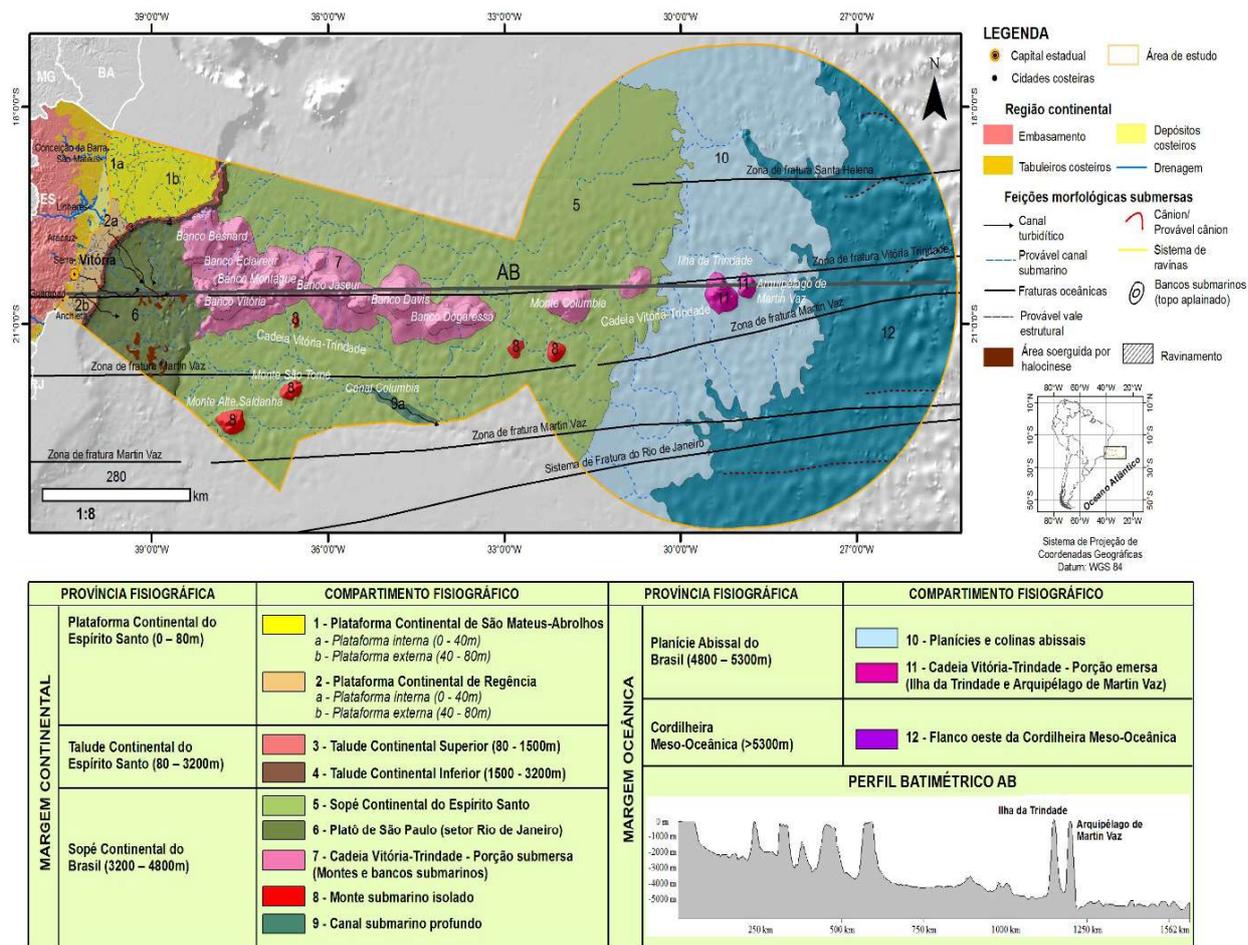


Fig. 5 - Mapa de compartimentação da geodiversidade marinha da Cadeia de Montes Submarinos Vitória - Trindade e área adjacente.

5.1 Compartimentos da Geodiversidade Marinha da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos de Vitória - Trindade e Áreas Adjacentes

Identificou-se cinco províncias fisiográficas, subdivididas nos seguintes compartimentos fisiográficos: (Plataforma Continental Interna e Externa de São Mateus-Abrolhos e Regência); Talude Continental Superior e Inferior do Espírito Santo; Sopé Continental do Brasil (Platô de São Paulo, porção submersa da Cadeia Vitória Trindade, montes submarinos isolados, canal submarino profundo); Planície Abissal do Brasil (planícies e colinas abissais e porção emersa da Cadeia Vitória Trindade); Cordilheira Meso-Oceânica (flanco oeste da Cordilheira Meso-Oceânica).

O assoalho oceânico é composto, em

sua superfície, por bioconstruções, sedimentos inconsolidados holocênicos e rochas sedimentares e vulcânicas mesocenoicas, agrupadas nos seguintes domínios: bioconstruções holocênicas (recifes modernos); sedimentação cenozoica (terrígena; bioclástica; hemipelágica/pelágica; depósitos turbidíticos e de canais submarinos profundos; depósitos de fluxo gravitacional e movimento de massa; depósitos autigênicos); estruturas deformacionais não tectônicas mesozoicas (diapirismo de sal); vulcanismo mesocenoico (intrusões e derrames de rochas sódico-alcalinas subsaturadas em sílica; derrames de rochas vulcânicas da crosta oceânica e zona de ascensão magmática da cordilheira meso-oceânica e sedimentação pelágica; intrusões de rocha vulcânica de composição e idades indeterminadas). Tabela 2.

Tabela 2: Aspectos avaliados no modelo de caracterização da geodiversidade marinha da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória-Trindade e assoalho oceânico adjacente, sudeste brasileiro

ASPECTO FISIAGRÁFICO	ASPECTO GEOLÓGICO		FORMAS E FEIÇÕES RESULTANTES
Província fisiográfica	Ambiente geológico	Composição superficial do fundo marinho	Feições morfológica
a) margem continental	a) sedimentação cenozoica	a) classes texturais	a) deposicional
- Plataforma continental (<i>interna e externa</i>)	- deposição terrígena (fluvial e deltaica)	- lama	- bancos e dunas subaquosas
- Talude continental	- deposição pelágica	- arenolamoso	
(<i>superior e inferior</i>)	- deposição carbonática	- areia fina	b) biogênico
- Sopé continental	- deposição autigênica	- areia média	- recifes
	- deposição por corrente de turbidez	- areia grossa	
b) margem oceânica	- deposição por fluxo de corrente de fundo	- cascalho	c) erosivo/deposicional
- Planície abissal	- deposição por movimento de massa e fluxo gravitacional	b) litologia	- paleocanais submersos
- Cordilheira meso-oceânica		- basaltotolítico	- bancos (<i>gyots</i>)
- flanco da cordilheira	b) processos biogênicos holocênicos	- alcalino-ultrabásica (sódico-alcalina)	- degraus de plataforma
	- bioconstruções modernas	- anidrita	- cânions e incisões submarinos
	c) vulcanismo e magmatismo mesocenoicos	- crostas e nódulos polimetalicos, glaucinita, fosforita	- canais e lequesturbidíticos
	- derrames em zona de ascensão magmática da cordilheira meso-oceânica	c) componentes orgânicos	- depósito de movimento de massa
	- intrusões cenozoicas	- recifes de corais/briozoários	d) vulcânico/magmático
	d) tectonismo cenozoico	- conchas e carapaças	- edifícios e derrames vulcânicos
	- zonas de fraturas transformantes	- areia e cascalho	- planícies e colinas abissais
	e) tectônica salina cenozoica	- biodetritos e lama	e) estrutural
	- halocinese cenozoica		- altos estruturais
			- vales e cristas estruturais
			f) estruturas deformacionais não tectônicas
			- diápiros de sal

5.1.1 Plataforma continental do Espírito Santo - PCES

Observou-se que a PCES ocorre limitada pelas isóbatas de 0 a – 80 m, constituída por superfícies planas, com declives suave, marcada por vales incisivos, bancos subaquosos, recifes

e desníveis topográficos de até 10 metros. Resultados obtidos apresentam diferenças significativas em relação ao Projeto REMAC (1979). Tal fato, deve-se principalmente a escala de abordagem. Por a escala do REMAC ser menor, varias informações quanto as

bioconstruções nesse domínio fisiográfico não foram estudadas (MAIA, 2013).

5.1.2 Talude continental do Espírito Santo – TCES

Conforme dados batimétricos, o TCES está limitado pela isóbatas de -80 a -3200m, com declives suaves a moderados, sendo formada por sedimentos provenientes da plataforma continental e por depósitos caóticos derivados de fluxo gravitacional, turbidíticos e de movimentos de massa do próprio talude. Constitui-se por depósitos areno-lamosos com fluxo de lama / detritos e turbiditos. Esse compartimento é interrompido por zonas de intenso ravinamento e sistemas de cânions submarinos associados aos efeitos das correntes de fundo. De maneira geral, o talude continental representa uma região de elevada suscetibilidade ao desenvolvimento de processos geológicos associados a movimento de massa e fluxo de detritos e turbiditos. Os processos decorrem, principalmente, dos gradientes elevados, do acúmulo caótico dos sedimentos e da ação das correntes geostróficas ao longo do talude submarino (MAIA, 2013).

5.1.3 Sopé Continental do Espírito Santo - SCES

Resultados obtidos sugerem o limite das isóbatas de -3200 a - 4800 m, para o Sopé Continental (Maia, 2013). O referido domínio fisiográfico é caracterizado por declives moderados a íngremes. Caracteriza-se por depósitos provenientes de descargas de sedimentos oriundos do continente, por diápiros de sal, depósitos pelágicos, canais turbidíticos, depósitos autigênicos, bioconstruções em bancos submarinos oceânicos. Através da batimetria foi possível verificar a ocorrência de sistemas turbidíticos, leques submarinos cenozóicos e halocinese associada ao Platô de São Paulo, depósitos pelágicos, autigênicos e de canais profundos.

5.1.4 Planície Abissal do Brasil – PAB

Ocorre limitada pelas isóbatas de -4800 a -5300 m, sendo constituída por superfícies planas, com declives suave, localmente por relevos íngremes. Compreende depósitos

pelágicos de 500 m de espessura, retrabalhados por correntes de fundo que recobrem as rochas vulcânicas da crosta oceânica e pela porção emersa da CMVSVT. A porção emersa da CMVSVT é constituída por rochas provenientes de eventos vulcânicos associados a produtos vulcanoclásticos representados por tufos lapilíticos, blocos e bombas rotacionais. Na extremidade oriental da ilha, encontram-se preservadas as ruínas de um cone vulcânico parcialmente destruído pela ação das ondas, sendo possível observar a borda de sua cratera (Almeida, 1961). Os depósitos holocênicos são constituídos por depósitos eólicos, praias, aluviões, recifes algálicos, depósitos eólicos e depósitos de encosta (Castro e Antonello, 2006). Os depósitos eólicos escalonares (dunas) da ilha são provenientes de contribuições exclusivas de tufos vulcânicos, materiais piroclásticos e recifes algálicos.

5.1.5 Cordilheira Meso-Oceânica – CMO

Apresenta um relevo irregular caracterizado por duas feições distintas: a crista e o flanco. A morfologia da crista em geral é muito irregular e o flanco é mais suave. A crista da cordilheira situa-se entre 1000 a 3500 m do piso da bacia oceânica com largura entre 30 a 350 km. Caracteriza-se por rochas vulcânicas e sedimentos inconsolidados que recobrem de forma irregular o assoalho oceânico. Os depósitos sedimentares são controlados pelo embasamento da crosta oceânica, caracterizado pela ocorrência de vales e cristas estruturais (Maia, 2012). Esses depósitos são representados por material argiloso associado a cinzas vulcânicas e basaltos toleíticos. Na maioria das amostras coletadas não foram identificadas ocorrências de carbonato de cálcio. Quando presente, o carbonato de cálcio apresenta teores variando de 1 a 2%. Na fração grossa, são comuns nódulos de manganês e palagonita. Eventualmente, são observados grânulos de grãos de quartzo, mica e, mais raramente, fragmentos de rochas sedimentares. Bioelementos incluem dentes de peixe, fragmentos de espículas de esponja e espículas de equinóide. Registrou-se também a ocorrência de foraminíferos planctônicos, diatomáceas e radiolários (MAIA, 2013).

6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A seleção da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória - Trindade / CMVSVT e área de entorno para o desenvolvimento desse trabalho, constituiu uma importante ferramenta de apoio para expansão da Zona Econômica Exclusiva - ZEE proposta pelo governo brasileiro. As informações obtidas quando combinadas aos aspectos bióticos, sociais e jurídicos podem desempenhar importante papel no ordenamento do assoalho oceânico, fornecendo informações voltadas para a geoconservação. O presente manuscrito constitui uma ferramenta capaz de subsidiar tomadas de decisões voltadas para planejamento ambiental do assoalho oceânico e gestão de áreas com conflito de interesse. De acordo com os resultados obtidos através da compartimentação fisiográfica da geodiversidade marinha, chegou-se as seguintes conclusões: O assoalho marinho da área de estudo foi subdividido em 5 (cinco) províncias e 12 (doze) compartimentos fisiográficos que refletem a geodiversidade da Cadeia de Montes Vulcânicos Submarinos Vitória - Trindade / CMVSVT. Apesar das limitações referentes as informações obtidas do Atlas GEBCO_8, o modelo batimétrico regional escala na escala 1:1.000.000, mostrou-se satisfatório na representação da morfologia do assoalho marinho da área de estudo. As 5 (cinco) províncias fisiográficas, são subdivididas em Plataforma Continental Interna e Externa de São Mateus-Abrolhos e Regência; Talude Continental Superior e Inferior do Espírito Santo; Sopé Continental do Brasil, incluindo o Platô de São Paulo, porção submersa da Cadeia Vitória - Trindade, montes submarinos isolados, canal submarino profundo; Planície Abissal do Brasil constituída por terraços, colinas abissais e a porção emersa da Cadeia Vitória - Trindade e a Cordilheira Meso-Oceânica, envolvendo o flanco oeste. Essas províncias representam uma das mais expressivas geodiversidade da margem continental e oceânica brasileira. Feições geomorfológicas como domos de sal, canais turbidíticos, cânions, recifes de corais, montes submarinos e também as ilhas oceânicas da Trindade e Martin Vaz, representam inestimável valor científico, cultural e educacional sobre a história geológica da margem leste do Atlântico Sul, com potencial para usos diversos, aspectos

restritivos ambientais e aspectos funcionais e de apoio à biodiversidade. Através da metodologia aqui adotada foi possível identificar na plataforma continental, áreas constituídas por granulados bioclasticos e litoclasticos, recifes e rochas vulcânicas que podem ser utilizadas como material de construção, indústria de cosmético e insumos agrícolas. No sopé continental e na planície abissal registra-se ocorrências de nódulos e crostas polimetálicas na profundidade de até - 4.500 m. Do ponto de vista de riscos geológicos verifica-se a presença de um conjunto de cânions submarinos, submetidos a movimentos de massa e fluxo de detritos no domínio fisiográfico do talude continental, próximo as vertentes dos montes e banco submarinos. As condições geológicas desfavoráveis do local poderão comprometer a instalação de projetos de engenharia da indústria de petróleo. Portanto, resultados aqui obtidos visam a geração e difusão do conhecimento sobre a geodiversidade marinha brasileira, proporcionando informações capazes de subsidiar a realização de estudos adicionais e identificar perspectivas futuras que permitam a valoração, conservação, aproveitamento e gestão dos recursos abióticos. Fomenta-se a necessidade de criação de legislação específica para preservação em conjunto da geodiversidade e biodiversidade, a exemplo do que vem ocorrendo na Europa.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Marinha Brasileira, o BANPETRO pela concessão dos dados e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de pesquisa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, J., GIRARDI G., NASCIMENTO, K.A. Espírito Santo. In: MUEHE, D. (org). **Erosão E Progradação do Litoral Brasileiro**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, p. 423, 2006.
- ALENCAR, R., GUIMARÃES, G.B. O potencial geodidático de um arquipélago: as ilhas de Santa Catarina. In: LXVI Congresso Brasileiro de Geologia, Santos. **Anais**. Santos: SBG, 343 - 345 p. 2012.
- ALMEIDA, F.F.M. **Geologia e petrologia da ilha da Trindade**, MME/DNPM/Divisão de

- Geologia Mineral, Rio de Janeiro, Monografia, 18, 1 - 168 p. 1961.
- ALMEIDA, F.F.M. Ilha de Trindade: registro de vulcanismo cenozóico no Atlântico sul. In: SCHOBENHAUS C, CAMPOS DA, QUEIROZ ET, WINGE M, BERBERT-BORN MLC (eds) **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**, DNPM/CPRM/SIGEP, Brasília, DF, v. 1, 369-377 pp, 2002.
- ALMEIDA, F.F.M. Ilhas oceânicas brasileiras e suas relações com a tectônica atlântica. **Terra Didática**, 2(1):3-18 pp, 2006.
- ALMEIDA, F.F.M., CARNEIRO, C.D.R., MIZUSAKI, A.M.P. Correlação do magmatismo das bacias da margem continental brasileira com o das áreas emersas adjacentes, **Revista Brasileira de Geociências**. 26(3):125-138 pp, 1996.
- ALVES, E.C., MAIA, M., SICHEL, S.E., CAMPOS, C.M.P. Zona de fratura de Vitória-Trindade no oceano Atlântico sudeste e suas implicações tectônicas. **Revista Brasileira de Geofísica**, 24(1):117-127 pp. 2006.
- ASSUMPTÃO, M. Dados sísmicos. In: **CPRM Geologia da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes: dados organizados em sistema de informações geográficas**. Disponível em DVD-ROM, 2008.
- BOOTH KA, BRAYSON J (2011) Geology, landscape and human interactions: examples from the Isle of Wight. **Proceeding Geologist Association**, 122 (5): 938-948 pp. 2012.
- BRILHA, J. **Patrimônio geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. Palimage, Viseu. 104 - 134 pp. 2005.
- BROOKS A.J., ROBERTS H., KENYON, N.H., HOUGHTON, A.J. Accessing and developing the required biophysical dataset and data layers for marine protected areas network planning and wider marine spatial planning purposes. Report n. 8. Task 2A: Mapping of Geological and Geomorphological Features. **DEFRA**, London. 65 p. 2009.
- BROOKS, A.J., KENYON, N.H., LESLIE, A., LONG, D., GORDON, J.E. Characterizing Scotland's marine environment to define search locations for new Marine Protected Areas. Part 2: The identification of key geodiversity areas in Scottish waters (interim report July 2011), **Scottish Natural Heritage Commissioned Report**, 430 p. 2011.
- BROOKS, A.J., KENYON, N.H., LESLIE, A., LONG, D., GORDON, J.E. Characterizing Scotland's marine environment to define search locations for new Marine Protected Areas. Part 2: The identification of key geodiversity areas in Scottish waters (2nd interim report), **Scottish Natural Heritage Commissioned Report**, 431p. 2012.
- BUREK, C.V., ELLIS, N.V., EVANS, D.H., HART, M.B., LARWOOD, J.G. **Marine geoconservation in the United Kingdom. Proc. Geol. Assoc.** 56 p. 2012.
- CASTRO, J.W.A. Geologia ambiental das ilhas oceânicas de Trindade e Fernando de Noronha, Brasil. In: Mohr, L.V., Castro, J.W.A., Costa, P.M.S., Alves, R.J.V. (org) **Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo**. MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, vol. 2, cap. 1, 33-54 pp. 2009.
- CASTRO, J.W.A. Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: uma visão da geologia ambiental. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, 10 (3): 303-319 pp. 2010.
- CASTRO, J.W.A., ANTONELLO, L.L. Geologia das ilhas oceânicas brasileiras In: Alves RJV, Castro JWA (org) **Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo**. MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília, DF, cap. 2, 29-57 pp. 2006.
- CASTRO, J.W.A., SUGUIO, K. Rochas de praia "beachrocks", testemunhos de antigas posições do nível relativo do mar na ilha do Cabo Frio (Arraial do Cabo), estado do Rio de Janeiro: registro local da transição Pleistoceno-Holoceno. In: **XIII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário - ABEQUA e III Encontro do Quaternário Sul-Americano**. Armação dos Búzios Rio de Janeiro, 135 - 137 pp. 2011.
- CASTRO, J.W.A., SUGUIO, K., SEOANE, J.C.S., CUNHA, A.M and DIAS, F.F., 2014. Sea-level fluctuations and coastal evolution in the state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil.

Annals of the Brazilian Academy of Sciences. 86 (2) 671 - 683.

CORDANI, U.G., TEIXEIRA, W. Comentários sobre as determinações geocronológicas existentes para as regiões das folhas Rio de Janeiro, Vitória e Iguapé. In: **Carta geológica do Brasil ao milionésimo das folhas Rio de Janeiro (SF23), Vitória (SF-24) e Iguapé (SG23)**. Texto explicativo. DNPM, Brasília, DF, 175-207 pp. 1979.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geodiversidade do Brasil, escala 1:2.500.000**, legenda expandida. CPRM, Brasília, DF. 2006.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. **Geologia da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes: dados organizados em sistema de informações geográficas**. CPRM. Disponível em DVD-ROM. 2008.

DHN. Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar. Lisboa: Ministério dos Negócios Estrangeiros e do Mar, 1985 (versão em língua portuguesa com anexos. **Acta final da Terceira Conferência das Nações Unidas sobre o Direito do Mar**, 54 p. 1995.

DIAS, G.T. M., ROBRINI, M., FREIRE, J.S.S., FIGUEIREDO, A. **Mapa de sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira**. In: CPRM. Geologia da plataforma continental jurídica brasileira e áreas oceânicas adjacentes: dados organizados em sistema de informações geográficas. Disponível em DVD-ROM. 2008.

FELTON, A. Marine geotourism development at the Sapphire Coast Marine Discovery Centre, Eden, NSW. In: **Symposium on Geodiversity, Geological Heritage and Geotourism**, Sydney, Austrália. 323 p. 2010.

FERRARI, A.L., RICCOMINI, C. Campo de esforços pliopleistocênico na ilha de Trindade (oceano Atlântico sul, Brasil) e sua relação com a tectônica regional. **Revista Brasileira de Geociências**. 29 (2): 195-202 p. 1999.

FLEMMING, B.W. A revised textural classification of gravel-free muddy sediments of ternary diagrams. **Continental Shelf Research**, 20:1125-1137 pp. 2000.

FLOETER, S.R., GASPARINI, J.L.

The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition and zoogeographic patterns. **Journal of Fish Biology**, 56:1099-1114 pp. 2000.

FODOR RV, HANAN, B.B. Geochemical evidence for the Trindade hotspot trace: Columbia seamount ankaramite. **Lithos** 51: 293-304 pp. 2000.

FRANÇA, R.L., DEL REY, A.C., TAGLIARI, C.V., BRANDÃO, J.R., FONTENELLI, P.R. Bacia do Espírito Santo. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, 15(2):501-509 pp. 2007.

GORDON, J.E., BARRON, H.F. Scotland's geodiversity: development of the basis for a national framework. **Scottish Natural Heritage Commissioned Report** 417. 1 - 48 pp. 2011.

GRAY, M. **Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature**. John Wiley & Sons New York, 343 p. 2004.

GRAY, M. **Geodiversity: the origin and evolution of a paradigm**. In: BUREK C.V, PROSSER C.D (eds) The history of geoconservation. Geological Society of London, Special Publications, 31-36 pp. 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base cartográfica integrada digital do Brasil ao milionésimo**. IBGE. 1 p. 2010.

JÁČKOVÁ, K., ROMPORTL, D. The relationship between geodiversity and habitat richness in Šumava National Park and Křivoklátsko Pla (Czech Republic): a quantitative analysis approach. **Journal of Landscape Ecology** 1 (1) 23-38 pp. 2008.

KASKELA, A.M., KOTILAINEN, A.T., AL-HAMDANI, Z., LETH, J.O., REKER, J. Seabed geomorphic features in a glaciated shelf of the Baltic sea. **Coastal Shelf Science** 100: 150-161 pp. 2012.

KOWSMANN, R.O., COSTA, M.P.A. **Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes**: relatório final. PETROBRAS/CENPES/DINTEP, Rio de Janeiro. Série Projeto REMAC, 8. 1 - 45 pp. 1979.

- LEÃO, Z.M.A.N. Abrolhos: o complexo recifal mais extenso do oceano Atlântico sul. In: SCHOBENHAUS C, CAMPOS DA, QUEIROZ ET, WINGE M, BERBERT-BORN M (eds) **Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil**. 23 - 43 pp 2012.
- MAIA, M.A.M., CASTRO, J.W.A., SILVA, C.R. Proposta para levantamento da geodiversidade marinha da cadeia de montes vulcânicos de Vitória-Trindade. In: **LXVI Congresso Brasileiro de Geologia**, Santos, São Paulo. **Anais**. 45 - 46 p. 2012.
- MAIA, M.A.M. **Geodiversidade das áreas adjacentes à cadeia submarina de Vitória - Trindade: Construção e aplicação de um modelo de compartimentação em macroescala do assoalho oceânico**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geologia - UFRJ, 153 p. 2013.
- MANSUR, K.L., CARVALHO, I.S. Characterization and valuation of the geological heritage identified in the Peró dune field, state of Rio de Janeiro, Brazil. **Geoheritage** 3:97-115 pp. 2011.
- MANSUR, K.L., NASCIMENTO, V.M.R. Disseminação do conhecimento geológico: metodologia aplicada ao projeto Caminhos Geológicos. In: **Simpósio de Pesquisa em Ensino e História de Ciências da Terra**, 1. 23 - 25 p. 2007.
- MARIANO, G., GUIMARÃES, T., TAVARES, E.S. O vulcanismo do litoral sul de Pernambuco e a abertura do oceano Atlântico. In: SBG, **I Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico**, 1, Rio de Janeiro (RJ), **Atas**, 95 p. 2011.
- MIZUSAKI, A.M.P., ALVES, D.B., CONCEIÇÃO, J.C.J. Eventos magmáticos nas bacias do Espírito Santo, Mucuri e Cumuruxatiba. In: SBG, Congresso. Brasileiro Geologia, 37, Camboriú (SC), **Anais**, 566-568 pp. 1994.
- MOCHIUTTI, N.F., GUIMARÃES, G.B., MOREIRA, J.C., LIMA, F.F., FREITAS, F.I Os valores da geodiversidade: geossítios do geopark Araripe/CE. **Anuário do Instituto de Geociências, UFRJ**, 35(1):173-189 p. 2012.
- MOHRIAK, W.U. **Bacias sedimentares da margem continental brasileira**. In: BIZZI L.A, SCHOBENHAUS, C, VIDOTTI, R.M, GONÇALVES, J.H (eds) **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil**, CPRM, Brasília, DF, cap. III, 87-94 pp. 2003.
- MOTOKY, A., MOTOKY, K.F., MELO, D.P. Caracterização da morfologia submarina da cadeia Vitória-Trindade e áreas adjacentes-ES, com base na batimetria predita do topo versão 14.1. **Revista Brasileira Geomorfologia** 13(2): 151-170 pp. 2012.
- NASCIMENTO, M.A.L., RUCHKYS, Ú.A., MANTESSO-NETO, V. Geodiversidade, geoconservação e geoturismo: trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico. **Sociedade Brasileira de Geologia**, São Paulo. 23 - 87 pp. 2008
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. **IBGE**, Rio de Janeiro, 433 p. 1989.
- NUNES, J.C., LIMA, E.A., MEDEIROS, S. Os Açores, ilhas de geodiversidade: o contributo da ilha de Santa Maria. **Açoreana** 5: 74-111 pp. 2007.
- PETRISOR, A., SÂRBU, C.N. Dynamics of geodiversity and eco-diversity in territorial systems. **Journal of Urban and Regional Analysis** 2(1): 61-70 p. 2010.
- ROVERE, A., VACCHI, M., PARRAVICINI, V., MORRI, C., BIANCHI, C.N., FIRPO, M. Bringing geoheritage underwater: methodological approaches to evaluation and mapping. In: Regolini-Bissig G, Reynard E (eds). **Géovisions** 35: 65-80 p. 2010.
- SCHOBENHAUS, C. Projeto geoparques: proposta de projeto. **CPRM**, Brasília, DF. 76 p. 2006.
- SCHREINER, S., SOUZA, M.B.F.M., MIGLIORELLI, J.P.R. Modelo digital da geomorfologia do fundo oceânico do centro-sul da bacia do Espírito Santo e norte da bacia de Campos. **Boletim de Geociências da Petrobras** 17(2): 365-369 pp. 2009.
- SEMA Atlas de ecossistemas do Espírito Santo[Vitória, ES] **Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa MG, 1 - 56 pp. 2008.
- SHEPARD, F.P. Nomenclature based on sand-

- silt-clay rations. **Journal of Sedimentary Petrology** 24(3):151-158 pp. 1954.
- SILVA, C.R. Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro. **CPRM**, Rio de Janeiro. 433 p. 2008.
- SILVA, S.F., MACHADO, M.F. Mapa geodiversidade do estado do Espírito Santo. **CPRM**. 55 p. 2012.
- SKOLOTNEV, S.G., BYLINSKAYA, M.A., GOLOVINA, L.A., IPAT'EVA, I.S. First data on the age of rocks from the central part of the Vitoria-Trindade ridge (Brazil Basin, South Atlantic). **Doklady Earth Sciences** 437 (1): 316-322 pp. 2011.
- THOMAZ FILHO, A., RODRIGUES, A.L. O alinhamento de rochas alcalinas poços de Caldas-Cabo Frio - RJ e sua continuidade na cadeia vitória-trindade. **Revista Brasileira de Geociências** 29 (2): 189-194 pp. 1999.
- THOMPSON, R.N., GIBSON, S.A., MITCHELL, J.G., DICKIN, A.P., LEONARDOS, O.H., BROD, J.A., GREENWOOD, J.C. Migrating cretaceous-eocene magmatism in the serra do Mar alkaline provinces, SE Brazil: melts from the deflected Trindade mantle plume? **Journal. Petrology**. 39(8):1493-1526 pp. 1998.