

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS  
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL

Nelio Augusto Secchin

# Mapeamento de Habitats Marinhos na Plataforma dos Abrolhos

Vitória  
2011

Nelio Augusto Secchin

# Mapeamento de Habitats Marinhos na Plataforma dos Abrolhos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental.

Orientador: Doutor Alex Cardoso Bastos

Vitória

2011





Dedico à toda minha família pela força e apoio!

Em especial à Diana, namorada querida  
que com muita paciência e perseverança  
proporcionou inúmeros momentos prazerosos  
e aguentou toda a minha ausência durante o mestrado e embarques

Agradeço a Deus;

Aos meus pais Eni e Nelio por proporcionarem este momento, à Nelieny e Leonardo, amados irmãos, pelo apoio e conforto nas horas necessárias durante toda essa jornada;

À Diana por toda atenção, carinho e incentivo;

À família Abreu pelo acolhimento e incentivo desde o início do trabalho, em especial ao Álvaro e Carol, sogra querida que em muito colaborou para o resultado final;

Às afilhadas Maisa e Alice pelas alegrias em cada sorriso;

À Jacqueline Albino pela amizade e ao incentivo no início da minha graduação;

À Tobias, Marcel e Daniel pelo aprendizado empreendedor!

Aos amigos João Batista, Hudson Pinheiro, Miguel Santos, Flavio Coelho, Daniel Klein.

À toda galera da C&C com quem tive a oportunidade de trabalhar e que conviveram com o processamento dos dados durante minhas horas de folga, em especial ao Filipe Niero, Pablo Scherer, Roberta Frensel, Celso Rodrigues, Luciana Amorim, Luana Valverde, Mauricio Piassi, Silvia Lisboa, Tito Luiz, Victor Pereira, Claudio Boise, Rubens Comin, Robson, Alexie, Rafael Teixeira, Leticia Luz, Ana Paula, Wanderson, Jesus, Afonso, Leleco, Robério, Reginaldo, ... e muitos outros que compartilharam momentos insquecíveis durante dias e dias no mar.

Ao professor Alex pela orientação, amizade, compreensão e ajuda fundamental nas etapas deste mestrado;

À Valéria Quaresma pelos conselhos e boas conversas;

Aos amigos do Labogeo e do Departamento de Oceanografia e Ecologia que comigo conviveram nestes últimos anos, em especial à Amine, Paulo, Marcel, Silvia, Alex Evaristo, Lucas Cabral e Kleverson;

Agradeço à Conservation International por este projeto estar inserido no programa Marine Management Area Science (MMAS), financiado pela Gordon & Betty Moore Foundation. Em especial agradeço a toda equipe da Conservação Internacional do Brasil e ao Guilherme Fraga Dutra;

Ao professor Paulo Yukio Sumida e ao Arthur Güth da Universidade de São Paulo por compartilhar as imagens de ROV, elaboradas pelo projeto ProAbrolhos financiado pelo Cnpq/MCT;

Aos professores Gilberto Amado Filho, do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, que de forma muito valiosa e cordial forneceu as imagens de ROV, e Rodrigo Leão de Moura da Universidade Estadual de Santa Cruz, pela colaboração e aceitação para a banca avaliadora desta dissertação;

À Marinha do Brasil, em especial à DHN pelo fornecimento dos dados;

À todos que colaboraram de alguma maneira para a concretização deste trabalho, mesmo que não citados.

## Resumo

A plataforma continental tropical é composta por um mosaico de megahabitats que suportam uma alta diversidade de habitats, e atualmente vêm sofrendo com as pressões antrópicas. O desenvolvimento e a aplicação de geotecnologias em estudos de mapeamento do substrato marinho vêm proporcionando um aumento no conhecimento dos habitats bentônicos. Importante formação coralínea do Atlântico Sul, a Plataforma dos Abrolhos, não possui informações suficientes que possibilitem uma gestão efetiva. O presente estudo tem como objetivo apresentar uma distribuição espacial e caracterização dos domínios dos principais megahabitats da Plataforma dos Abrolhos. Para tal, foram utilizados dados diretos e indiretos de investigação geológica, com uma combinação metodológica englobando levantamentos de SVL, ecobatímetro monofeixe e ROV, sendo base para uma classificação hierárquica dos megahabitats e integração com dados pretéritos levantados. Alcançando uma representação interpretativa dos tipos de fundo da região estudada (50.500km<sup>2</sup>), a aplicação metodológica possibilitou gerar uma nova visão para a Plataforma dos Abrolhos. Foram identificados os domínios de megahabitat *Recifal* (17%), *Rodolito* (51%), bem como as principais feições de cada um, ocorrendo com variações na distribuição e ocorrência em relação à disposição ao perfil batimétrico. Uma estrutura recifal que ocorre juntamente com o domínio de rodolitos, as *Buracas*, é um habitat particular que pode ter uma importância significativa para o ecossistema de Abrolhos. A metodologia aplicada foi satisfatória na geração de uma representação da distribuição e descrição de megahabitats marinhos para toda a Plataforma dos Abrolhos. Oferecendo, assim, uma nova abordagem em estudos de delineamento de habitats marinhos aplicados na costa brasileira, sendo importante pela área espacial representada, contida em uma região singular onde havia uma lacuna no conhecimento sobre a distribuição e caracterização deste habitat em toda a sua extensão.

Palavras-chave: *Abrolhos, mapeamento de habitats, Megahabitats*

## Abstract

The continental shelf is composed of a tropical mosaic megahabitats that support a high diversity of habitats, and now have suffered from anthropogenic pressures. The development and application of geo-mapping studies of the marine substrate has provided increased knowledge of benthic habitats. The most important coral reef formation of the South Atlantic, Abrolhos Platform, does not have sufficient information to enable effective management. The present study aims at presenting a spatial distribution and characterization of the major fields of the Platform of the Abrolhos' megahabitats. To this end, we used data from direct and indirect geological research, with a combination of surveys covering methodological SSS, and echo sounder, ROV, and the basis for a hierarchical classification of megahabitats and integration with past data collected. Reaching an interpretative representation of the types of background of the region studied (50.500km<sup>2</sup>), the methodological application was able to generate a new vision for the Platform of the Abrolhos. We identified areas of reef megahabitat (17%), Rhodolite (51%) as well as the main features of each, with variations occurring in the distribution and occurrence in relation to the available bathymetric profile. A reef structures that occurs with the domain Rhodolite, the Buracas, is a particular habitat that may have a significant importance for the ecosystem of Abrolhos. The methodology was applied to generate a satisfactory representation of the distribution and description of marine megahabitats for the entire Abrolhos Platform. Thus offering a new approach to design studies of applied marine habitats along the Brazilian coast, is important for the space represented, contained in a unique region where there was a gap in knowledge about the distribution and characterization of this habitat throughout its length.

Keywords: Abrolhos, mapping habitats, Megahabitats

## Lista de Tabelas

Tabela 01: Informações das zonas dos levantamentos sonográficos.....	23
Tabela 02: Conjunto de dados pretéritos reunidos. ....	25
Tabela 03: Sistema de classificação das informações pontuais existentes. ....	31
Tabela 04: Base de dados usada, com sua fonte, arquitetura e descrição. ....	32

## Lista de Figuras

Figura 01: Mapeamento de habitat marinho como uma fase inicial da Gestão Baseada no Ecossistema. A linha tracejada no centro representa uma divisão típica (potencialmente problemática) entre a atividade do projeto e as responsabilidades institucionais e governamentais. Fonte: modificado de Cogan e Noji (2007). ....	14
Figura 02: Diagrama mostrando a relação entre o substrato físico e habitats bentônicos. (A) Visão simplificada que equipara o substrato com habitat. (B) Visão realista que combina as tolerâncias ambientais e preferências de espécies com características do substrato para definir os subconjuntos do espaço que são habitat para as espécies identificadas. Fonte: Modificado de DIAZ <i>et al.</i> (2004). ....	15
Figura 03: Sistemas de classificação hierárquico, onde a classe de nível superior é subdividida em classes de segundo nível e cada classe de segundo nível em classes de terceiro nível. Fonte: Modificado de (Lund & Wilbur, 2007) .....	18
Figura 04: Mapa batimétrico da Plataforma dos Abrolhos. ....	21
Figura 05: Disposição das zonas dos levantamentos sonográficos e pontos de mergulho com ROV.....	24
Figura 06: Padrões mapeados e verdades de campo correlacionadas. ....	27
Figura 07: Padrões dos registros sonográficos os quais foram correlacionados com as estruturas recifais encontradas. ....	28
Figura 08: Imagens dos registros sonográficos característicos de rodolito, correlacionados com as informações de verdade de campo coletadas com os mergulhos com ROV. ....	29
Figura 09: Imagens dos registros sonográficos característicos inconsolidados, correlacionados com as informações de verdade de campo coletadas com os mergulhos com ROV. ....	30
Figura 10: Esquema mostrando as etapas para a transformação para ponto, das informações oriundas em polígono.....	33

Figura 11: Grid de hexágonos com exemplos do resultado dos compilamentos das informações.....	34
Figura 12: Distribuição pontual das informações compiladas sobre os megahabitats.....	35
Figura 13: Domínio de megahabitats na Plataforma de Abrolhos.....	36
Figura 14: Mapas faciológicos da Plataforma de Abrolhos: esquerda, Dias <i>et al.</i> , 2007; direita, Melo <i>et al.</i> 1975.....	37
Figura 15: Características dos pináculos e chapeirões identificados.....	40
Figura 16: Características dos bancos recifais identificados. ....	41
Figura 17: Disposição das principais regiões encontradas na Plataforma dos Abrolhos.....	42
Figura 18: Características dos bancos recifais associados a antigos sistemas de drenagem. .	43
Figura 19: Frames das filmagens de ROV evidenciando a associação de rodolitos com marco algas.....	44
Figura 20: Frame de ROV evidenciando a ocorrência de montículos de rodolitos. ....	45
Figura 21: Distribuição do sedimento superficial na região dos recifes de Abrolhos. Fonte: Leão (2008). ....	47
Figura 22: Perfis batimétrico e correlações sonográficas dispostos em duas linhas entre o limite externo do PARNAM dos Abrolhos, até a quebra da plataforma. ....	48
Figura 23: Correlação entre as informações dos domínios de megahabitats e o perfil batimétrico na região da paleo laguna dos Abrolhos.....	49
Figura 24: Distribuição das Buracas mapeadas.....	50
Figura 25: Esquema mostrando a batimetria de um agrupamento de Buracas, a imagem sonográfica correspondente e os perfis batimétricos de cada buraca. ....	52
Figura 26: Esquema mostrando as imagens sonográficas das buracas, bem como os frames das filmagens de ROV. ....	53

# Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	11
1.1. Estrutura da Dissertação .....	13
2. MAPEAMENTO DE HABITATS .....	14
2.1. O que é um Habitat e como mapeá-lo? .....	14
2.2. Classificação de Habitats .....	17
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	20
3.1. Área de Estudo .....	20
3.2. Mapeamento do Fundo Marinho e Base de Dados .....	21
3.2.1 <i>Sonar de Varredura Lateral</i> .....	22
3.2.2 <i>Verdade de Campo</i> .....	23
3.2.3 <i>Compilação de dados pretéritos</i> .....	25
4. MÉTODO DE MAPEAMENTO DE HABITATS MARINHOS: INTEGRAÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS, VERDADE DE CAMPO E BASE DE DADOS PRETÉRITOS .....	26
4.1. Introdução .....	26
4.2. Mapeamento Acústico e Verdades de Campo .....	26
4.2.1 <i>Fundos de Estruturas Recifais</i> .....	28
4.2.2 <i>Fundos de Rodolito</i> .....	29
4.2.3 <i>Fundos Inconsolidados</i> .....	30
4.3. Classificação dos Habitats e Mapeamento dos Habitats Marinhos .....	30
4.4. Discussão .....	37
5. MAPEAMENTO DE HABITATS MARINHOS NA PLATAFORMA DOS ABROLHOS .....	39
5.1. Introdução .....	39
5.2. Domínios De Megahabitats .....	40
5.2.1 <i>Domínio de Megahabitat Recifal</i> .....	40
5.2.2 <i>Domínio de Megahabitat Rodolito</i> .....	43
5.2.3 <i>Domínio de Megahabitat Inconsolidado</i> .....	46
5.3. Discussão .....	48
5.4. Buracas, um habitat particular .....	50
6. CONCLUSÃO .....	54
7. BIBLIOGRAFIA .....	56

## 1. INTRODUÇÃO

A plataforma continental tropical é composta por um mosaico de megahabitats interconectados ecologicamente, que suportam uma alta diversidade de habitats, com um arranjo dinâmico que desempenha um papel fundamental na manutenção de muitas comunidades biológicas associadas, provendo vários bens e serviços naturais que são vitais para o bem estar e sobrevivência humana. (Roberts & Ormond, 1987; Myers, 1997; Jones & Syms, 1998; Moberg & Folke, 1999; Moberg & Rönnbäck, 2003).

Pressões antrópicas vêm atuando de forma deletéria, esgotando recursos naturais e alterando os habitats, sem mensurar os prejuízos e conduzindo à perda de interações, acarretando no desaparecimento dos bens e serviços fornecidos, tais como a pesca e o turismo (Bryant *et al.*, 1998; Moberg & Folke, 1999; Kostylev *et al.*, 2001; Nyström & Folke, 2001; Loreau *et al.*, 2001; Jackson *et al.*, 2001; Moberg & Rönnbäck, 2003; Bjorndal *et al.*, 2011).

Atualmente, o desenvolvimento e a aplicação de geotecnologias em estudos de mapeamento do substrato marinho vêm proporcionando um aumento no conhecimento da distribuição e das particularidades dos habitats bentônicos, tornando-se essenciais às pesquisas e possibilitando a avaliação do estado dos recursos (Castelo *et al.* 1994; Greene *et al.*, 1999; Kenny *et al.*, 2003; Diaz *et al.*, 2004; Wright & Heyman, 2008). Essa temática de estudo vem sendo tratada como prioridade em vários programas nacionais e internacionais (Hodgson, 1999; Hughes & Connell, 1999; Andréfouët 2003; Brown *et al.*, 2004; Pickrill & Kostylev, 2007), sendo representativa nas abordagens necessárias para conservação, gestão dos sistemas marinhos e delineamento de áreas protegidas (Figura 01) (Castelo *et al.*, 1994; Laban, 1998; Benaka, 1999; Cogan & Noji, 2007; De Young *et al.*, 2008; Wright & Heyman, 2008; Cogan *et al.*, 2009).

Caracterizada por ser o maior alargamento da plataforma continental brasileira, o Banco ou Plataforma dos Abrolhos, entre o extremo sul da Bahia e o norte do Espírito Santo, constitui a formação coralínea mais importante do Atlântico Sul, representando a área mais rica e diversa em corais do Brasil, com um alto grau de endemismo, formas cogumelares de crescimento único e um mosaico de ecossistemas composto por bancos de algas, fanerógamas marinhas, fundo inconsolidado, parceis, recifes, manguezais, restingas, brejos e remanescentes de Mata Atlântica (Melo *et al.*, 1975; Leão & Gisburg, 1997; Leão, 2002; Marchioro *et al.*, 2005) e, ainda, pelo maior banco de rodólitos do Atlântico Sul (Moura, *et al.* 2009).

A importância da região do Banco dos Abrolhos pode ser medida pelas ações e definições apontadas por algumas instituições. A área é considerada pelo Ministério do Meio Ambiente como Área Prioritária para a conservação de ecossistemas marinhos e costeiros no Brasil, dando suporte econômico para exploração de recursos naturais, turismo e povos tradicionais. A UNESCO reconhece a área do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos como sendo Patrimônio Natural Mundial e a classifica como área de prioridade mundial para conservação da biodiversidade, (Leão, 2002; MMA, 2002; Marchioro *et al.*, 2005; Di Ciommo, 2006; Nogueira, 2009).

Apesar de sua importância, o Banco dos Abrolhos não possui informações suficientes que possibilitem uma gestão efetiva, sendo os estudos existentes restritos a porções costeiras e a profundidades rasas e muito rasas (Leão & Gisburg, 1997). Assim, a maior parte das áreas da plataforma continental do Banco dos Abrolhos com profundidade maior que 20m permanece desconhecida no que tange à extensão e distribuição de seus habitats (Klein *et al.*, 2008; Moura *et al.*, 2009). As Áreas de Proteção Marinha, principais ferramentas de gestão da conservação e uso sustentável da biodiversidade, foram elaboradas por um delineamento deficiente, englobando apenas um conjunto discreto de habitats como recifes rasos, bancos de fanerógamas marinhas e bancos lamosos, fazendo com que outros habitats permanecessem desprotegidos (Moura *et al.*, 2009).

Nesse contexto, o objetivo desta dissertação é apresentar uma distribuição espacial dos domínios dos principais megahabitats constituídos no Banco dos Abrolhos, caracterizando morfológica e geologicamente cada um deles. O trabalho teve também como meta inicial a identificação dos diferentes tipos de substratos mapeados na área da Plataforma e o seu agrupamento na classificação de megahabitats. A pesquisa foi desenvolvida fazendo uso de levantamentos de Sonar de Varredura Lateral (Side Scan Sonar - SSS), filmagens de Veículo de Operação Remota (Remotely Operated Vehicle - ROV) e informações pretéritas oriundas de artigos e do Banco Nacional de Dados Oceanográficos - BNDO (DHN/MAR). A dissertação está inserida no projeto “*Marine Management Areas Science - MMAS*” do Programa Marinho da Conservation International do Brasil em parceria com Departamento de Oceanografia e Ecologia (DOC) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

### **1.1. Estrutura da Dissertação**

A dissertação está estruturada em 6 capítulos, onde são apresentados: o contexto e o interesse no tema da pesquisa e na área objeto do trabalho; a discussão dos conceitos, metodologias e dados disponíveis na bibliografia existente; as metodologias adotadas na pesquisa e a amplitude das informações obtidas; e, concluindo, as contribuições do trabalho para o conhecimento científico e para a gestão da área tratada.

Dessa forma, a introdução oferece uma justificativa seguida dos objetivos do trabalho. O capítulo 2 pretende apresentar uma revisão dos conceitos de classificação e mapeamento de habitats, definindo o que é um habitat marinho. O Capítulo 3 descreve brevemente a área de estudo, assim como os métodos e o banco de dados usados na pesquisa. Os resultados do trabalho foram divididos em dois capítulos: o capítulo 4 tem como foco apresentar os resultados acerca da metodologia de mapeamento dos habitats e a forma como as bases de dados foram integradas para que se pudesse produzir um mapa geral de megahabitats marinhos para a plataforma de Abrolhos; o capítulo 5 descreve e discute os diferentes megahabitats observados na área de estudo. A conclusão do trabalho é apresentada no capítulo 6.

## 2. MAPEAMENTO DE HABITATS

### 2.1. O que é um Habitat e como mapeá-lo?

O ambiente marinho sofre pressões antrópicas deletérias, das quais não podemos mensurar as consequências devido a ausência de informações sobre os habitats marinhos e suas interações (Bryant *et al.*, 1998; Kostylev *et al.*, 2001; Loreau *et al.*, 2001; Jackson *et al.*, 2001; Kenny *et al.*, 2003; Brown & Blondel 2008; Bjorndal *et al.*, 2011). O fato é que não se pode gerenciar ou proteger algo que não se conhece, que não foi mapeado. Tendo em vista esta lacuna de conhecimento, o avanço tecnológico em métodos geofísicos nas últimas décadas contribuiu para a evolução em pesquisas com a temática de mapeamento de habitat marinho (Greene *et al.*, 1999; Nichols, 1999; Kenny *et al.*, 2003; Frid *et al.*, 2006; Amend, 2007; Cogan & Noji, 2007). O mapeamento de habitats é uma ferramenta aplicada na caracterização do fundo marinho, permitindo a definição e compreensão da geologia em extensas áreas, bem como dos processos sedimentares dos dias atuais. Este conjunto de características que podem definir tipos de habitats é também conhecido como geodiversidade, que passa a ser diretamente correlacionada com habitats bentônicos. Sendo assim, o mapeamento é uma etapa inicial que servirá de base para a discussão sobre o processo de gestão e proteção de recursos naturais marinhos, até então desconhecidos (Figura 01) (Able *et al.*, 1987; Cendrero 1989; Able *et al.*, 1993; Greene *et al.*, 1999; Kenny *et al.*, 2003; Diaz *et al.*, 2004; Coops *et al.* 2007; Anderson *et al.*, 2008).

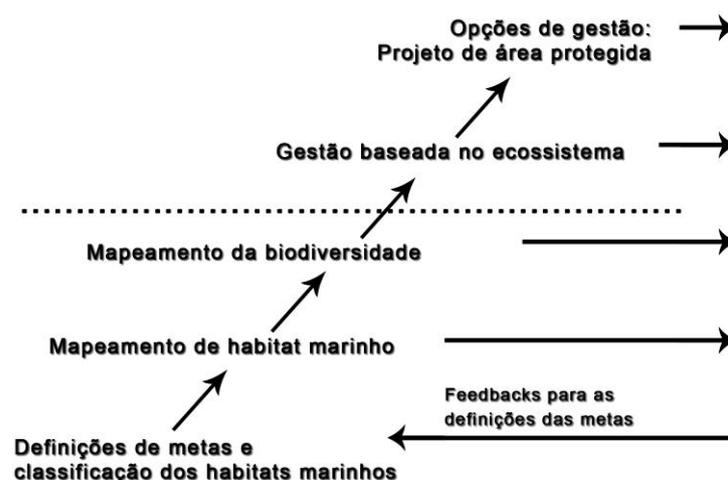


Figura 01: Mapeamento de habitat marinho como uma fase inicial da Gestão Baseada no Ecosistema. A linha tracejada no centro representa uma divisão típica (potencialmente problemática) entre a atividade do projeto e as responsabilidades institucionais e governamentais. Fonte: modificado de Cogan e Noji (2007).

Habitat é um termo comum que define o espaço físico de vivência de organismos vegetais e animais, distribuídos por um conjunto de fatores distintos do ambiente (Begon et al, 1990). Na plataforma continental, o conceito de habitat engloba aspectos norteados pela geologia, como o tipo de substrato, textura sedimentar, geomorfologia e processos sedimentares, os quais possuem função determinante em grande parte da distribuição e abundância de determinados organismos demersais e bentônicos (Yoklavich *et al.*, 2000; Love *et al.*, 2006). Os estudos que avaliam os bentos marinhos têm direcionado o detalhamento das interações e relações entre organismo/substrato, definindo de forma simplificada o habitat pela geologia (Figura 02) (Rhoads, 1974; Gray, 1974; Fagerstrom, 1987; Greene *et al.*, 1999; Kostylev *et al.*, 2001; Diaz *et al.*, 2004; Ryan *et al.*, 2007).

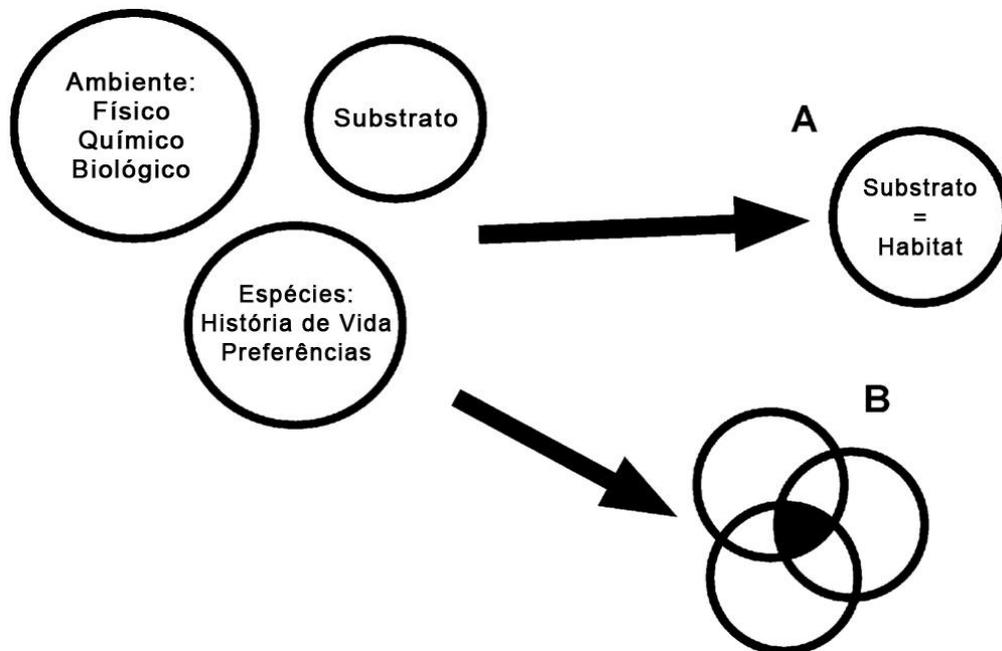


Figura 02: Diagrama mostrando a relação entre o substrato físico e habitats bentônicos. (A) Visão simplificada que equipara o substrato com habitat. (B) Visão realista que combina as tolerâncias ambientais e preferências de espécies com características do substrato para definir os subconjuntos do espaço que são habitat para as espécies identificadas. Fonte: Modificado de DIAZ *et al.* (2004).

Habitats bentônicos são definidos por um conjunto de fatores geológicos e pelas características físico-químicas das massas de água (Diaz *et al.*, 2004). Os fatores correlacionados com a geologia desempenham um papel fundamental na estabilidade e composição do leito marinho, possuindo uma variação muito menor quando comparado com parâmetros físico-químicos atuantes nos habitats marinhos. Isso faz com que as informações geológicas do substrato marinho sejam mais relevantes na predição de habitats (Möller *et al.*, 1985; Coleman *et al.*, 1997; Diaz *et al.*, 2004),

indicando que a capacidade de caracterização de um habitat depende da existência de bases de dados e compreensão dos fatores condicionantes (Möller *et al.*, 1985; Coleman *et al.*, 1997; Thrush *et al.*, 1998; Friedlander & Parrish, 1998; Koenig *et al.*, 2000; Diaz *et al.*, 2004).

Um habitat é, de fato, algo que engloba mais do que substrato ou estrutura. No entanto, esses elementos são essenciais para a determinação de cobertura e proteção de uma fauna associada. A correlação do sedimento como habitat é utilizada com a consideração dos aspectos da história de vida dos organismos bentônicos, incluindo a forma em que um determinado local atende as necessidades relativas com a residência do organismo no ambiente (Diaz *et al.*, 2004).

Os métodos de mapeamento de habitat não são universais: as aplicações de uma ampla variedade de instrumentação e metodologias que evoluíram com o intuito de caracterizar o fundo marinho são empregadas de acordo com o objetivo de cada projeto, respeitando a escala, a distribuição dos recursos naturais e a resolução dos mapas a serem gerados, abrangendo um leque diversificado de métodos e metodologias (Kenny *et al.*, 2003; Solan *et al.*, 2003; Diaz *et al.*, 2004).

A maioria dos projetos de mapeamento em habitats recifais é produzida a partir de técnicas de sensoriamento remoto orbital por imagens de satélite (Spalding & Greenfel, 1997; Spalding *et al.*, 2001; Prates, 2006). Segundo Kendall *et al.* (2005), o mapeamento de habitats situados na zona mesofótica está além dos limites de métodos cartográficos como a aerofotogrametria e sensores orbitais devido ao efeito de espalhamento da onda na coluna de água e/ou turbidez. Sendo assim, a combinação de métodos geofísicos com filmagens pode ser adaptada e aplicada em mapeamento de habitats em grandes áreas.

Com o domínio tecnológico dos métodos acústicos, resultado do desenvolvimento de décadas, o mapeamento de habitat é comumente usado em abordagens para a identificação do ambiente marinho com base no retorno do sinal acústico em sistemas monofeixes (Lurton & Pouliquen, 1992; Collins *et al.*, 1996; Davies *et al.*, 1998; Van Walree *et al.*, 2005; Ryan *et al.*, 2007), permitindo a interpretação nos registros de Sonar de Varredura Lateral (Able *et al.*, 1987; Greene *et al.*, 1995; Yoklavich *et al.*, 1997; Brown *et al.*, 2002; Cutter *et al.*, 2003). Mais recentemente, informações acústicas e batimétricas com alta resolução, obtidas com Sistema de Sonar Multifeixe (Multibeam Sonar System – MBSS), vem apresentando um maior potencial no uso para o

mapeamento de habitat, uma vez que proporcionam uma informação mais completa que as obtidas com Sonar de Varredura Lateral (Mayer et al, 1999; Todd et al, 1999; Brown & Blondel, 2008). Os sistemas de Veículo Subaquático Autônomo (Autonomous Underwater Vehicle – AUV), oferecem uma amostragem acústica variada, permitindo a coleta simultânea de dados químicos, físicos e biológicos de maneira sistemática, com grande capacidade de armazenamento (Moline *et al.*, 2007).

## **2.2. Classificação de Habitats**

A classificação de habitat é baseada na avaliação de variáveis bióticas e abióticas, atribuindo nomes a um conjunto de características combinadas, tendo como informações fundamentais para a classificação adequada dos habitats marinhos a morfologia ou o relevo e a distribuição de sedimentos superficiais do fundo marinho (Lund & Wilbur, 2007). Com isso, a diversidade de habitats mapeados e classificados em uma determinada região depende da heterogeneidade física e biológica do ambiente, da disponibilidade de dados do leito marinho e da escala em que o mapeamento é realizado (Valentine *et al.* 2005).

Para os gestores e a comunidade científica, uma classificação sistemática e eficiente é útil por organizar e apresentar os dados de uma forma padronizada e lógica, facilitando a utilização para os mais diversos usuários. As classificações realizadas em mapeamento de pequena escala cartográfica (< 1:1.000.000) são mais genéricas e com pouco detalhamento, restringindo a sua análise aos níveis mais superiores na escala de hierarquia de classificação, sendo de grande valia para agências nacionais. Por outro lado, as agências mais locais podem usar de preceito os níveis superiores, para obedecer ao sistema de classificação, bem como realizar mapeamentos dentro de níveis mais baixos, com um maior detalhamento. Tendo uma hierarquia alinhada, torna-se possível a organização e comparação com os resultados de ambas escalas, dentro de um vocabulário unificado em relação à estrutura de dados em comum (Valentine *et al.* 2005; Lund & Wilbur, 2007).

Assim, os sistemas de classificação mais eficientes permitem que os dados sejam organizados ao nível de interesse para a análise do usuário, dentro de uma hierarquia estruturada em que a classe de nível superior seja subdividida em classes de segundo nível, as de segundo nível em classes de terceiro nível e assim por diante. Cada nível inferior descreve o habitat com um maior grau de detalhamento e precisão espacial do que os níveis mais superiores (Figura 03) (Lund & Wilbur, 2007).

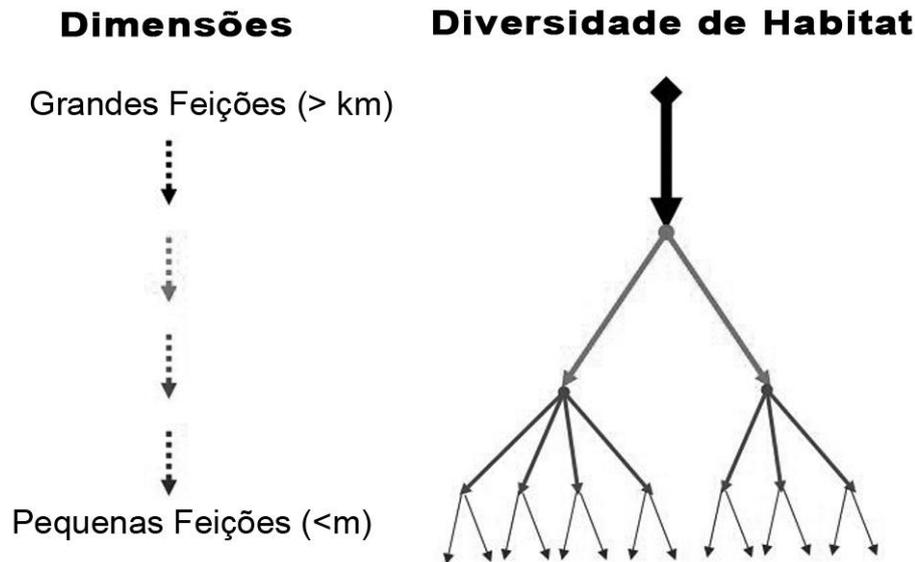


Figura 03: Sistemas de classificação hierárquico, onde a classe de nível superior é subdividida em classes de segundo nível e cada classe de segundo nível em classes de terceiro nível. Fonte: Modificado de (Lund & Wilbur, 2007)

Sendo o SIG uma potente ferramenta com crescente utilização nas últimas décadas, a organização bem como a consulta de dados formatados ficou facilitada (Wright & Goodchild, 1997; Hatcher & Maher, 1999; Lund & Wilbur, 2007). Considerada como principal ferramenta utilizada na elaboração, análise e visualização de dados do leito marinho para o mapeamento de habitat (Greene *et al.*, 2007), o SIG expande a capacidade de interpretação em pequenas escalas (Yoklavich *et al.*, 2002), possibilitando a identificação de um método adequado para classificar um determinado habitat (Lund & Wilbur, 2007) e auxiliando a utilização de sistemas de classificação e aplicação de modelos preditivos de habitat (Fox *et al.*, 1999; Greene *et al.*, 1999; Dartnell, 2000).

A fisiografia, profundidade, dureza do substrato, textura sedimentar, geomorfologia e a biologia são amplamente utilizados para classificar os habitats no fundo marinho (Greene *et al.*, 2007). Os habitats bentônicos são comumente classificados a partir das respostas acústicas de métodos geofísicos, e sua referência com verdades de campo são amplamente utilizadas nos mais diversos ambientes marinhos e são base para a aplicação de classificação dos habitats (Greenstreet *et al.*, 1997; Anderson *et al.*, 2002; Freitas *et al.*, 2003; Brown *et al.*, 2005; Greene *et al.*, 2007), tendo uma correlação entre a tipologia do fundo com a disposição dos habitats (Lathrop *et al.*, 2006), sendo a textura uma informação precursora no mapeamento dos mesmos (Orpin & Kostylev, 2006).

Os sistemas geofísicos, utilizados de maneira combinada, proporcionam a oportunidade de mapear e classificar habitats em escalas de sedimento ( $<1\text{m}^2$ ), aos bancos ( $>10.000\text{km}^2$ ) e as plataformas ( $>1000.000\text{km}^2$ ) (Anderson *et al.*, 2008). A classificação seguida por Greene *et al.* (1999) foi desenvolvida por métodos de classificação anteriores, com base em levantamentos geofísicos e técnicas utilizadas para definir e mapear o fundo do mar em zonas mesofóticas. As interpretações de dados geofísicos correlacionados com verdades de campo oriundas de dados geológicos, observações biológicas e do fundo marinho *in situ*, são elementos críticos para a classificação do habitat.

Como o grau hierárquico de um habitat é baseado em preceitos referentes à escala espacial, a plataforma continental, a planície abissal e os canyons submarinos são grandes exemplos de mapeamentos geológicos de grande porte característicos em pequena escala (1:1.000.000). A estrutura biogênica e o tamanho dos grãos são mapeamentos característicos de detalhe, os quais requerem representações em grandes escalas ( $<1:50.000$ ), seguindo uma lógica em que as classes progridem de estrutura de pequenas escalas para os de atributos de maior escala (Greene *et al.*, 1999). Assim, a escala é um dos aspectos mais importantes no mapeamento de habitats, mesmo sendo pouco compreendida, evoluindo de classes de pequena escala como os megahabitats, até os microhabitats que são mapeados em escalas maiores (Lund & Wilbur, 2007).

Os megahabitats são referentes aos recursos de grandes dimensões, de um quilômetro até dezenas de quilômetros, representados com o uso de pequenas escalas, como a plataforma continental, talude, sopé e planície abissal. Tendo dezenas de metros a um quilômetro como característica, são representantes de mesohabitats os pequenos montes submarinos, canyons, bancos, recifes, morenas, zonas de deslizamento, cascalho, seixo, cavernas, elevações e afloramentos rochosos. Definidos por mapeamentos geológicos ou geomorfológicos, e representados em escalas menores que 1:250.000, variando entre um e dez metros, os macrohabitats podem ser representados por recifes, grandes rochas, afloramentos rochosos e formas de fundo, em escalas menores que 1:50.000. Por último, os microhabitats variam em dimensões centimétricas até um metro, sendo composto por areia, lama, cascalho, seixo, pedras pequenas, interfaces sedimentares, entre outros (Greene *et al.*, 1999; Lund & Wilbur, 2007).

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. Área de Estudo

Abrangendo a mais extensa área de recifes de coral do Brasil e constituída por um mosaico de ilhas vulcânicas, mares rasos, manguezais, restingas e remanescentes de Mata Atlântica, a Plataforma dos Abrolhos – tendo como limite norte a Reserva Extrativista Marinha do Corumbau no município de Porto Seguro, estado da Bahia, e limite sul na Foz do Rio Doce, em Linhares, estado do Espírito Santo – possui formas características de fundo como os pináculos recifais endêmicos, denominado por Hartt em 1870 como “chapeirões” (Melo *et al*, 1975; Leão, 2002; Leão *et al.*, 2008). É constituída por areias terrígenas, lamas carbonáticas, calcarenitos retrabalhados, calcarenitos modernos e recifes coralíneos. Os depósitos de areias terrígenas estão restritos à plataforma interna nas profundidades acima de 30 metros. Os sedimentos biogênicos são representados pelos calcarenitos, que são distribuídos por uma pequena parte da plataforma interna e intermediária, além de toda a plataforma externa. Já as lamas carbonáticas estão dispostas em manchas ao longo da plataforma (Melo *et al*, 1975; Andrade, 1994).

É evidenciado um gradiente na distribuição do sedimento superficial entre a região costeira, plataforma interna, intermediária e externa: os sedimentos siliciclásticos são predominantes ao longo da região costeira e as plataformas intermediária e externa são compostas predominantemente por sedimentos carbonáticos, ressaltando que este tipo de sedimento também é encontrado em abundância no entorno dos recifes (Leão, 1982; Leão & Ginsburg 1997; Leão *et al.*, 2006; Leão *et al.*, 2008). Nas bases dos recifes há um predomínio de areia e lama carbonática resultante da quebra da estrutura do recife, incluindo fragmentos de corais, mileporas e algas coralinas, sendo que, em menor predominância, o material carbonático é oriundo da produção *in situ* de vários organismos associados aos recifes, destacando-se fragmentos de moluscos, equinodermos, foraminíferos, ostracodes e *Halimeda* (Leão & Ginsburg 1997; Leão *et al.*, 2008).

A superfície da parte interna da plataforma continental do Banco dos Abrolhos é relativamente plana devido à soterração da topografia pelo sedimento do Holoceno. As plataformas intermediária e externa são cortadas por canais estreitos e profundos, e bancos arenosos e rochosos são comuns fazendo com que sua superfície tenha um aspecto rugoso (Figura 04) (Melo *et al*, 1975; Andrade, 1994).

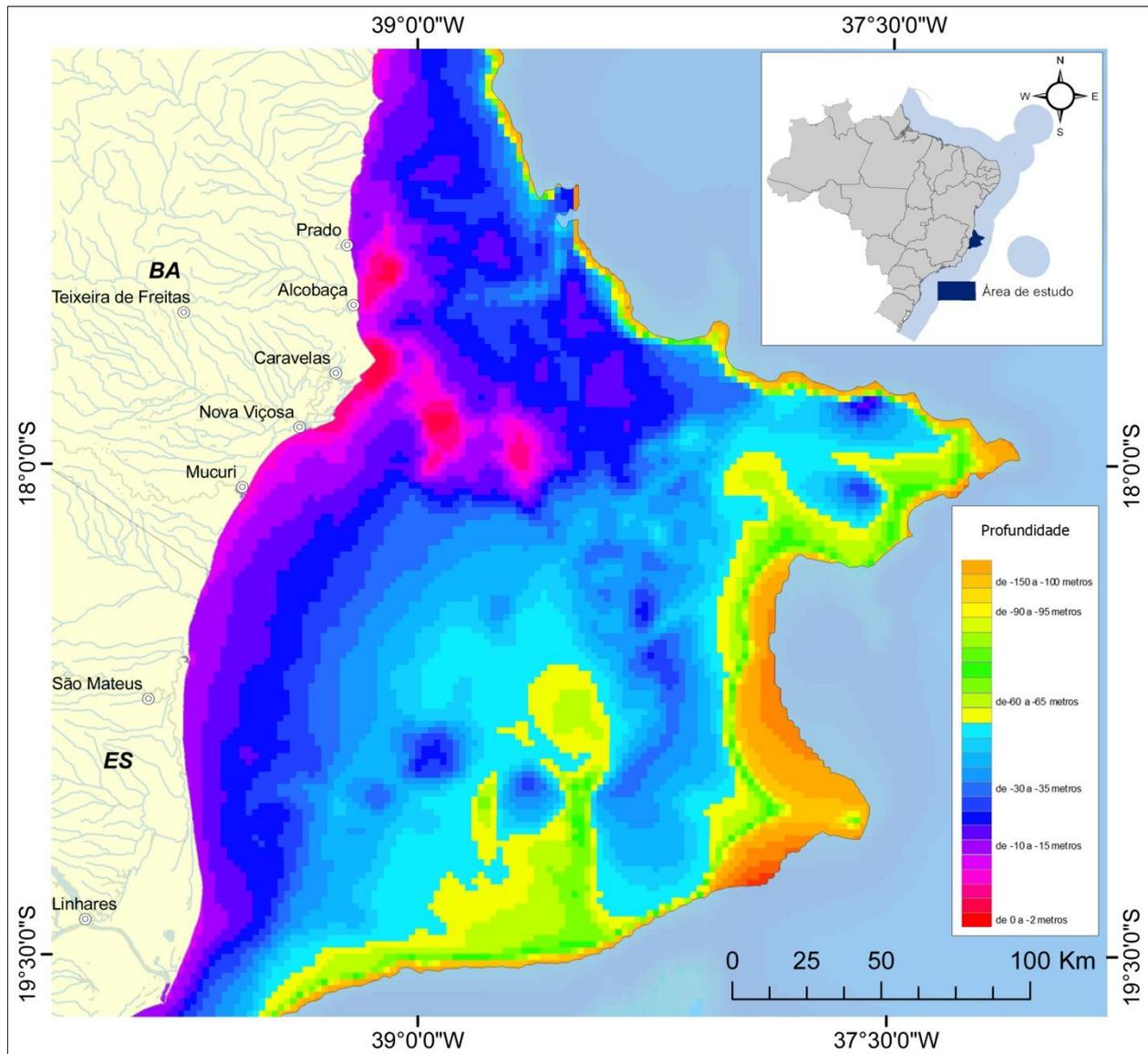


Figura 04: Mapa batimétrico da Plataforma dos Abrolhos.

### 3.2. Mapeamento do Fundo Marinho e Base de Dados

Determinados habitats de grande relevância ecológica, como os recifais e áreas inter-recifais, são claramente identificados em levantamentos de Sonar de Varredura Lateral, sendo utilizados com sucesso, pois os recifes se destacam nos sonogramas por suas características de reflexão ao sinal acústico em relação ao entorno, além de sua rugosidade elevada e relevo positivo (Souza & Moura, 2005; Kendall *et al.* 2005; Lindberg *et al.* 2007; Collier & Humber, 2007; Degraer *et al.*, 2008).

Quando combinado com métodos de investigação direta, como vídeos transectos e ROV, as informações acústicas de Sonar de Varredura Lateral permitem o mapeamento dos domínios de habitats (Durand *et al.*, 2006), sendo capazes de auxiliar

estudos de gestão e delineamento de áreas de proteção marinha (Franklin *et al.*, 2003; Cogan *et al.*, 2009). Uma vez que os dados das investidas com observações diretas e indiretas, filmagens e sonografia podem ser interpolados para a confecção de produtos para o mapeamento de habitat (Hewitt *et al.*, 2004), métodos geofísicos associados com avançadas ferramentas de verdade de campo possibilitaram a caracterização e o mapeamento de habitats marinhos, quanto ao tipo de fundo e textura sedimentar (Christensen *et al.*, 2009), sendo essenciais para a avaliação do estado dos habitats e uma gestão efetiva (Diaz *et al.*, 2004; Cogan & Noji, 2007).

Sabendo que o espaçamento das informações texturais oriundas de sonar de varredura lateral, quando correlacionadas por métodos de interpolação, podem gerar uma interpretação com uma maior diversidade nos habitats bentônico, em interpolações com espaçamentos mais afastados, a riqueza dos habitats manteve-se inalterada quando comparada com interpolações em espaçamentos mais próximos (Prada *et al.*, 2007). As interpolações com grandes afastamentos (maior que 4,0 km) se torna adequada em abordagens com a finalidade de mapear grandes áreas, tendo a obtenção de uma ideia dos tipos de substratos, os biótipos presentes (Pinn & Robertson, 2003).

Para este trabalho foram utilizados dados diretos e indiretos de investigação geológica. O mapeamento geológico-geomorfológico na escala proposta foi realizado com levantamentos de sonar de varredura lateral e ecobatímetro monofeixe e verdades de campo através de filmagens com ROV. O mapeamento de toda a Plataforma dos Abrolhos foi integrada a um banco de dados pretéritos levantados na literatura, sendo que as informações existentes foram parametrizadas com os dados coletados em campo, levando assim a produção de um mapa de classificação de habitats.

### 3.2.1 *Sonar de Varredura Lateral*

Com a finalidade de mapear os domínios dos megahabitats marinhos distribuídos ao longo da plataforma continental do Banco dos Abrolhos (~50.500 km<sup>2</sup>) foram coletados, durante os anos de 2007 e 2011, 2.625 km de imagens de sonar de varredura lateral (EdgeTech 4100, 100-500 kHz) recobrimo uma área de 1.083 km<sup>2</sup> (Tabela 01).

Agrupados em cinco zonas, os levantamentos sonográficos feitos nas regiões mais próximas à linha de costa foram elaborados com frequência de 500kHz, com o objetivo de mapear o substrato do canal dos Abrolhos, e entre os recifes rasos e o litoral. Assim compreendidos pelas zonas *Costeira* e *Canal dos Abrolhos* (Tabela 01). Os

levantamentos feitos com frequência de 100kHz, com o objetivo de mapear os substratos e delimitar a ocorrência dos recifes profundos, foram agrupados nas zonas *Recifal, Sul e Regional* (Figura 05).

Tabela 01: Informações das zonas dos levantamentos sonográficos.

ID	Área (km <sup>2</sup> )	Extensão (km)	Prof. (m)	Descrição	Zonas	Freq.
1	21	96	3 a 25	<i>Linhas próximas a costa</i>	<i>Costeira</i>	500 kHz
2	67	271	8 a 30	<i>Linhas alternadas, paralelas e perpendiculares</i>	<i>Canal Abrolhos</i>	
3	115	311	10 a 60	<i>Linhas alternadas, paralelas e perpendiculares</i>	<i>Recifais</i>	100 kHz
4	125	277	20 a 100	<i>Linhas na direção E-W, perpendiculares e NE/SW</i>	<i>Sul</i>	
5	755	1.669	20 a 100	<i>Linhas na direção E-W; Espaçados de 10 km.</i>	<i>Regional</i>	
<i>Total</i>	<i>1.083</i>	<i>2.625</i>				

O processamento dos registros sonográficos foram feitos no software SonarWis Map4 (V.4.02), onde foram convertidos em imagens georreferenciadas no formato GeoTIFF com resolução de 1,0 m/pixel. Em ambiente GIS (ArcGIS 9.2), as imagens foram interpretadas de forma supervisionada, sendo vetorizados em polígonos de áreas homólogas com base no padrão sonográfico do fundo e posteriormente correlacionadas com informações de filmagens com ROV.

### 3.2.2 Verdade de Campo

Um dos grandes desafios dos métodos de investigação submarina, os quais nem sempre permitem uma visualização concreta dos locais de amostragem, uma vez que no fundo marinho ocorre uma grande mistura de formações rochosas e de sedimentos. Com uma visualização do fundo, o pesquisador tem possibilidade de identificar, coletar dados de uma maneira que possa se ajustar aos seus objetivos (Ayres & Baptista Neto, 2004). Como no caso das filmagens feitas por ROV com o objetivo de correlacionar informações diretas do fundo marinho com dados de métodos indiretos, para validar a resposta do padrão sonográfico acústico dos sonogramas com informações das filmagens. Sua utilização é ampla nos estudos voltados para mapeamento de zonas recifais, observação da cobertura do substrato, evolução de recifes de coral e arquitetura recifal realizados em profundidades limitantes para o emprego de outro método (Waddell, 2005).

Após a avaliação preliminar dos padrões sonográficos, foram selecionados locais para a realização dos mergulhos com o ROV, no total de 69 pontos, para validação tipológica do fundo (Figura 05). A escolha dos locais para as filmagens incidu sobre áreas homogêneas no que tange o padrão sonográfico, representativas nas diversidades encontradas entre essas áreas. Foi utilizado para levantamento das filmagens panorâmicas um sistema composto por um submersível conectado via cabo a um sistema de comando e gravação que permite filmagens sub, modelo Seabotix LBV150 do Laboratório de Dinâmica Bêntica do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IO-USP) e outro do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro/Ministério do Meio Ambiente. As observações e imagens adquiridas foram utilizadas para ajudar a interpretação em outras áreas com assinaturas semelhantes de padrão sonográfico, assim, auxiliando no desenvolvimento do sistema de classificação descrito na próxima seção.

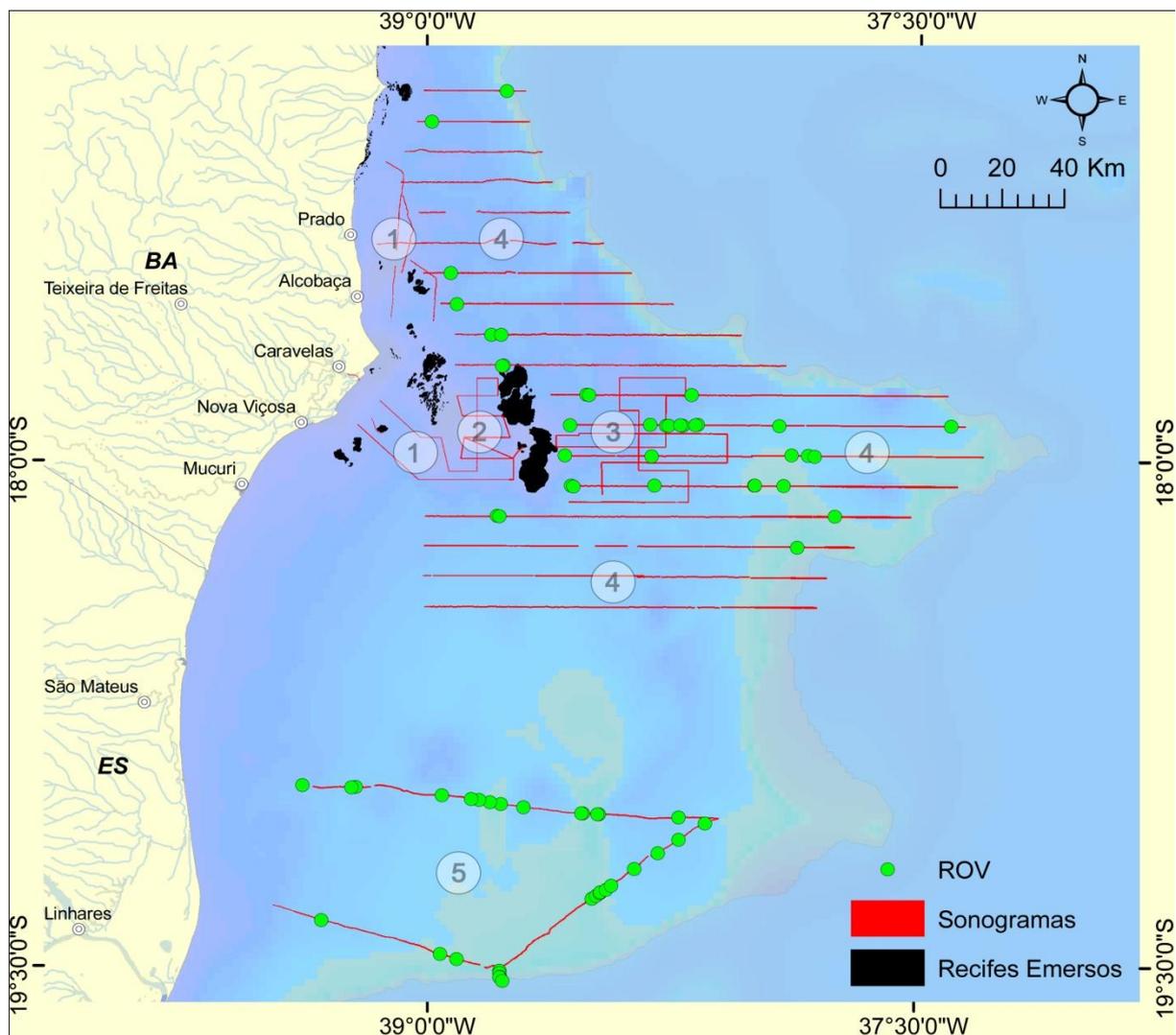


Figura 05: Disposição das zonas dos levantamentos sonográficos e pontos de mergulho com ROV.

### 3.2.3 Compilação de dados pretéritos

O conhecimento científico da localização e extensão de habitats é uma premissa que permite aos pesquisadores e gestores uma efetiva gestão, de maneira precisa, dos efeitos das utilizações do ambiente pelos mais diversos atores, protegendo de maneira mais eficaz os habitats críticos e propiciando um uso mais sustentável. Com o intuito de ampliar o esforço amostral de informações inerentes ao tipo de fundo na plataforma dos Abrolhos, foi conduzida uma extensiva busca de dados existentes em trabalhos anteriores identificando a potencialidade das informações representarem a extensão e o tipo do fundo marinho. Como as informações do projeto “Produtividade, Sustentabilidade e Utilização do Ecossistema do Banco de Abrolhos” - Pro-Abrolhos, coordenado pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo – IOUSP, o Banco Nacional de Dados Oceanográficos do Centro de Hidrografia da Marinha Marinha do Brasil – BNDO/DHN/MAR e as Cartas sedimentológicas elaboradas no Projeto Revizee do Ministério do Meio Ambiente – REVIZEE/MMA, e artigos já publicados sobre a região. O conjunto de dados existentes é apresentado na Tabela 02.

Tabela 02: Conjunto de dados pretéritos reunidos.

Fonte dos dados	Descrição
Dias <i>et al.</i> (2004)	Dados do sedimento de fundo em amostras feitas para escala de mapeamento regional.
BNDO (2004)	Banco de dados oceanográficos governamental com dados entre 1956 até 2000.
Prates (2006)	Mapeamento dos recifes emersos por meio de sensoriamento remoto orbital.
Leão <i>et al.</i> (2005)	Amostras pontuais em escala regional, com a finalidade de avaliar a influencia dos recifes na sedimentação.
Cebola (2007)	Área dos bancos camaroneiros constituídos por lama.
Pró-Abrolhos	Frames de ROV e dados de amostradores busca fundos (IOUSP).

## 4. MÉTODO DE MAPEAMENTO DE HABITATS MARINHOS: INTEGRAÇÃO DE DADOS ACÚSTICOS, VERDADE DE CAMPO E BASE DE DADOS PRETÉRITOS

### 4.1. Introdução

As metodologias geofísicas combinadas com as informações oriundas dos mergulhos com ROV e com a base de dados existente e interpretados, podem ser bem empregadas em mapeamentos de habitats (Durand *et al.*, 2006; Anderson *et al.*, 2008), sendo elementos fundamentais para a classificação dos Megahabitats (Greene *et al.*, 1999; Hewitt *et al.*, 2004; Lund & Wilbur, 2007).

Os habitats foram identificados nos sonogramas pela distribuição de áreas homólogas no que tange o padrão de retorno do sinal acústico (padrão sonográfico), interpretando a textura, distribuição espacial, morfologia e distribuição sedimentar. Os métodos geofísicos forneceram dados sobre o fundo marinho que, com informações das verdades de campo, propiciaram melhorias e aferições quali-quantitativas sobre o leito marinho, aumentando a eficiência para o mapeamento do fundo. Com uma visualização do fundo, as filmagens feitas por ROV, validaram a resposta do padrão sonográfico e sua utilização é ampla nos estudos voltados para mapeamento de zonas recifais, observação da cobertura do substrato, evolução de recifes de coral e arquitetura recifal realizados em profundidades limitantes para o emprego de outro método (Ayres & Baptista Neto, 2004; Waddell, 2005). Neste trabalho, a integração dos dados sonográficos com as verdades de campo foram também utilizados como ferramenta de parametrização dos dados pré-existentes, como será explicado mais a frente.

### 4.2. Mapeamento Acústico e Verdades de Campo

A partir de um mosaico georreferenciado dos sonogramas foi feita uma interpretação com base no padrão de intensidade de retorno do sinal acústico e seu relevo indireto. Esta interpretação levou ao reconhecimento de padrões rugosos e homogêneos, com alta e baixa intensidade de retorno do sinal acústico. Esta interpretação, parametrizada com os dados de verdade de campo permitiram a definição de três tipos de fundo dominantes: a) fundos com relevo tridimensional marcado por estruturas recifais agrupadas e isoladas de alto relevo, agrupadas de baixo relevo, estruturas em paleocanais e depressões circulares (buracas); b) fundos homogêneos de alta intensidade de retorno do sinal, associados à rodólitos; e c) fundos homogêneos de

baixa intensidade de retorno, representando fundos de sedimentos inconsolidados, onde em áreas mais rasas e com dados sonográficos de alta resolução, foi possível observar formas de fundo, A Figura 06 ilustra os padrões mapeados e as verdades de campo e indica o complexo mosaico de interdigitação de muitos desses tipos de fundo.

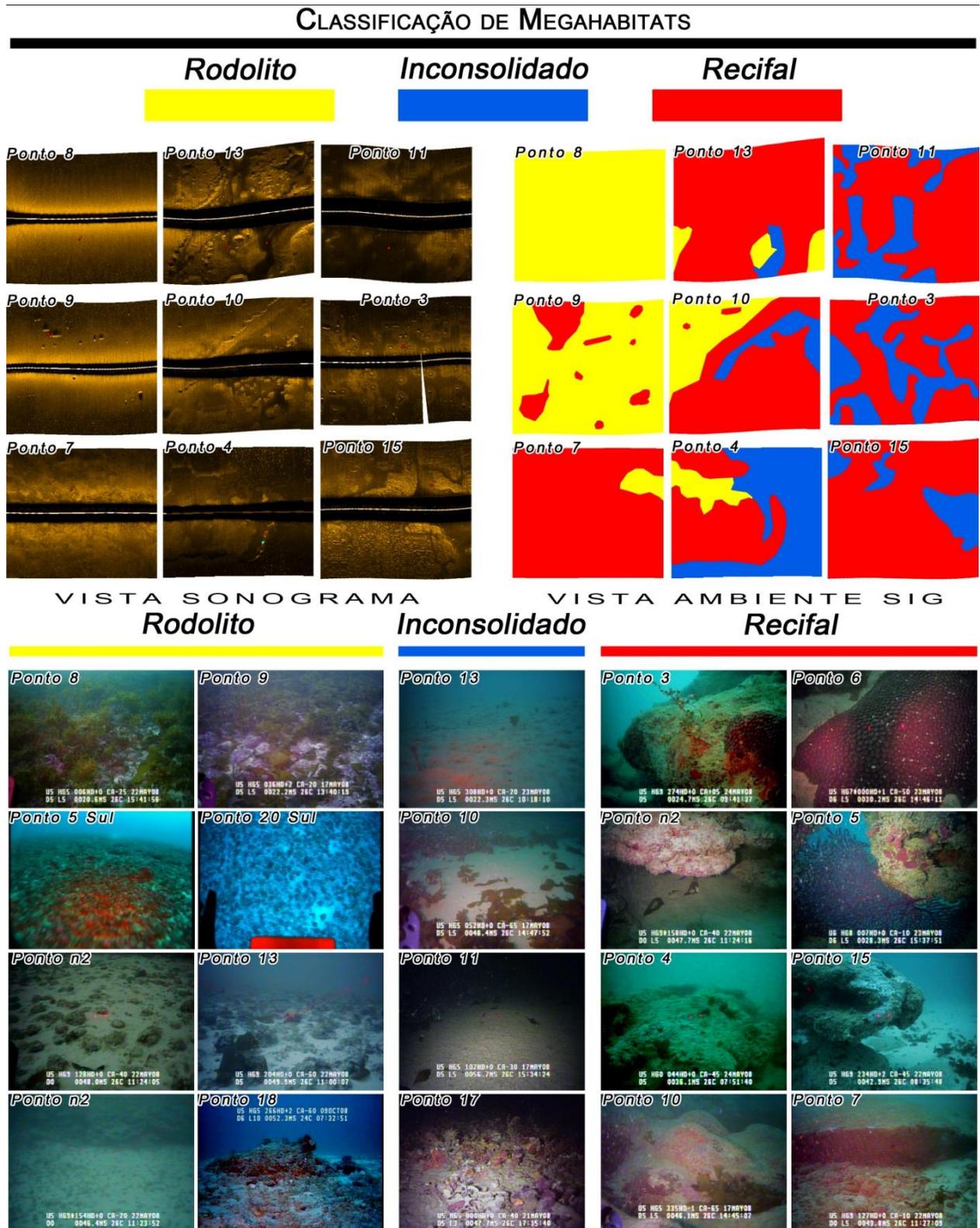


Figura 06: Padrões mapeados e verdades de campo correlacionadas.

#### 4.2.1 Fundos de Estruturas Recifais

Os fundos recifais são caracterizados por possuir um retorno do sinal acústico variado e heterogêneo, desde baixo a alto, com presença de sombras e rugosidades. As estruturas recifais carbonáticas bioconstrutivas propiciam uma maior tridimensionalidade ao fundo marinho, aumentando a área superficial para organismos bentônicos e oferecendo um substrato com características mais duras. No entorno dos recifes são encontrados sedimento inconsolidados variando de textura, composição e granulometria, desde lamas a bancos de rodolito (Figura 07).

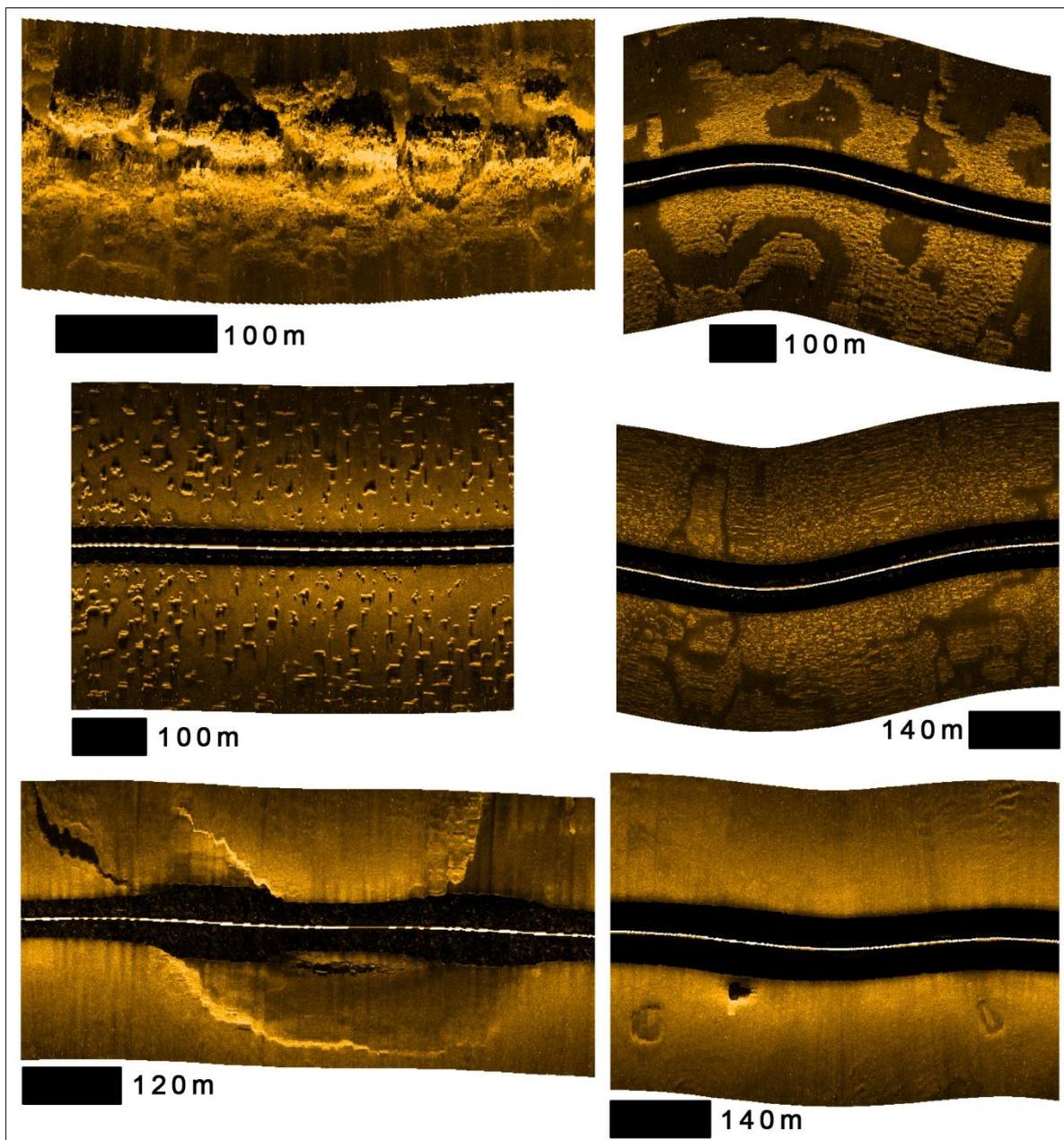


Figura 07: Padrões dos registros sonográficos os quais foram correlacionados com as estruturas recifais encontradas.

#### 4.2.2 Fundos de Rodolito

Os dados sonográficos foram caracterizados por possuir um padrão homogêneo e de intenso retorno do sinal acústico. Assim, o alto retorno no sinal acústico foi identificado como fundo composto por rodolitos, que dão a característica de substratos de superfície dura (Figura 08).

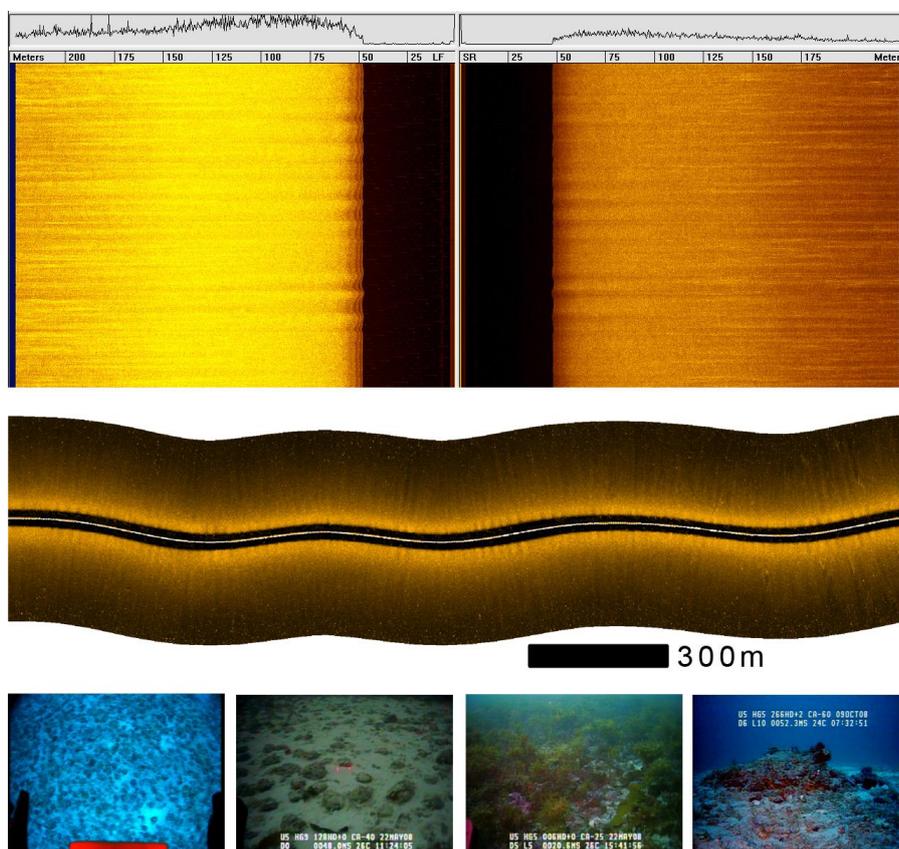


Figura 08: Imagens dos registros sonográficos característicos de rodolito, correlacionados com as informações de verdade de campo coletadas com os mergulhos com ROV.

Os nódulos de rodolitos, formadores de substratos curtosos, possuem uma forma de crescimento concrecional composta por algas coralináceas (Bosence, 1983), podendo coexistir com recifes de coral em regiões de águas quentes (Schlager, 1981), como nos casos descritos para a plataforma continental brasileira, especificamente no Atol das Rocas, no litoral potiguar e em Abrolhos (Leão, 1999; Testa e Bosence, 1999; Gherardi e Bosence, 2001; Castaños, 2002; Gherardi e Bosence, 2005). São altamente relevantes para a ecologia marinha, provocando mudanças físicas no fundo marinho, transformando-os em substratos heterogêneos duros, alterando as características dos habitats e aumentando de maneira significativa a diversidade das comunidades presentes (Jones *et al.*, 1994; Steller *et al.*, 2003; Foster *et al.*, 2007).

### 4.2.3 Fundos Inconsolidados

Caracterizado por possuir um padrão homogêneo e de baixo retorno do sinal acústico, os fundos inconsolidados apresentam um fundo associado com cascalho fino biodetrítico, bancos lamosos e áreas arenosas (Figura 09). Os fundos inconsolidados foram assim mapeados sem a diferenciação de sua composição granulométrica ou composicional (siliciclástica ou carbonática), em função da falta de dados detalhados.

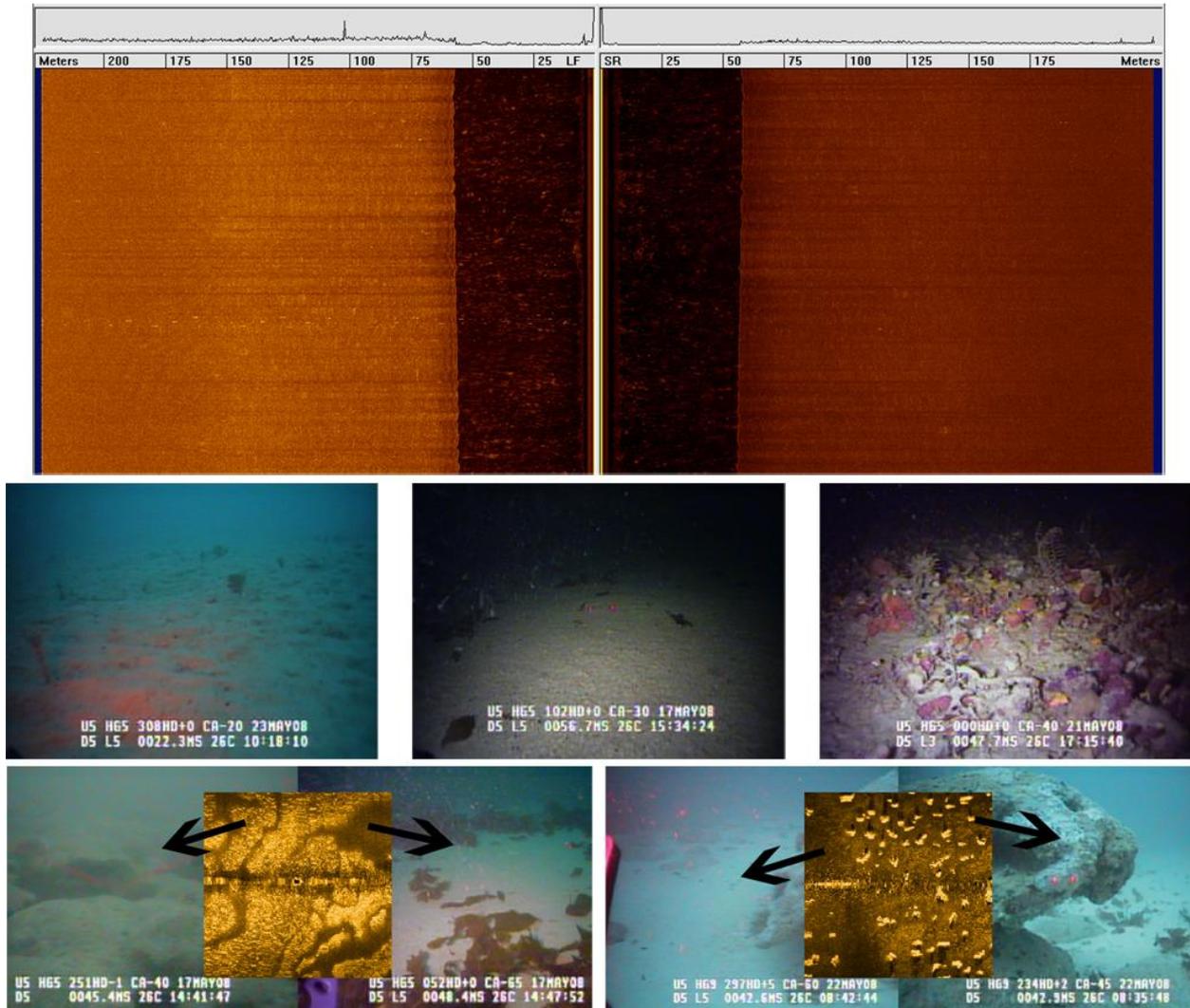


Figura 09: Imagens dos registros sonográficos característicos inconsolidados, correlacionados com as informações de verdade de campo coletadas com os mergulhos com ROV.

### 4.3. Classificação dos Habitats e Mapeamento dos Habitats Marinhos

A hierarquia do habitat é baseada amplamente na escala espacial do mapeamento. Levando-se em consideração as limitações atribuídas à cartografia, foi determinado que o grau hierárquico seria o Megahabitat, característico para mapeamento em pequena escala (1:1.000.000, ou inferior) (Greene *et al.*, 1999). Para integração e

visualização de dados foi empregado um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Desse modo, tornou-se possível a interpretação e elaboração de um sistema de classificação com base na fisiografia, rigidez do substrato, textura e geomorfologia para a delimitação dos megahabitats (Kendall *et al.*, 2005; Greene *et al.*, 2007). As categorias específicas e a estrutura do sistema de classificação foram conduzidas nas interpretações onde foram definidos três megahabitats marinhos para o Banco dos Abrolhos: Recifal, Rodolitos e Inconsolidados.

Dada a grande variedade de descrições de fundo usada nos vários estudos aqui reunidos (Tabela 02), tornou-se necessário uma interpretação e classificação comum para a base de dados existente (Tabela 03). Com isso, foram usados os três domínios de fundo como base para a classificação dos pontos existentes na base de dados.

Tabela 03: Sistema de classificação das informações pontuais existentes.

		Alga
		Alga Calcária
<b>Rodolito</b>	Cascalho	<i>Nódulos</i>
		<i>Algas</i>
		<i>Rocha</i>
	Seixo	<i>Nódulos</i>
		<i>Concreções</i>
		<i>Algas</i>
<i>Biodetrítico</i>		
		<i>Calcário</i>
		Coral
<b>Recifal</b>	Seixo	<i>Coral</i>
		<i>Dura</i>
	Rocha	<i>Calcária</i>
		<i>Dura</i>
	Cascalho	<i>Coral</i>
		<i>Espanja</i>
		Silte
		Argila
		Lama
<b>Inconsolidados</b>	Areia	<i>Gróssa</i>
		<i>Média</i>
		<i>Fina</i>
	Cascalho	<i>Biodetrítico</i>
		<i>Areia</i>
		<i>Lama</i>

Para a geração do mapa de classificação de habitats foi necessário padronizar toda a informação em pontos, incluindo os dados sonográficos e os oriundos dos bancos de dados. A tabela 04 apresenta toda a base de dados usada neste trabalho, com sua descrição, origem, ponto ou polígono.

Tabela 04: Base de dados usada, com sua fonte, arquitetura e descrição.

Fonte dos dados	Arquitetura		Descrição
	<i>Polígonos</i>	<i>Pontos</i>	
Dias <i>et al.</i> (2004)		X	Dados do sedimento de fundo em amostras feitas para escala de mapeamento regional.
BNDO (2004)		X	Banco de dados oceanográficos governamental com dados entre 1956 até 2000.
Prates (2006)	X		Mapeamento dos recifes emersos por meio de sensoriamento remoto orbital.
Leão <i>et al.</i> (2005)		X	Amostras pontuais em escala regional, com a finalidade de avaliar a influencia dos recifes na sedimentação.
Cebola (2007)	X		Área dos bancos camaroneiros constituídos por lama.
Pró-Abrolhos		X	Frames de ROV e dados de amostradores busca fundos (IOUSP).
ROV		X	Frames dos mergulhos de ROV feitos para validar os dados sonográficos.
Sonogramas	X		Polígonos da interpretação de ocorrência dos três megahabitats.

Tendo em vista as transformações de informações de polígonos para pontos, os dados em polígonos (Prates, 2006; Cebola, 2007 e os sonogramas), passaram por uma fase de pré-processo onde foi criado um grid de corte com aproximadamente 25.000 hexágonos com uma milha náutica de diâmetro (1.852 metros), tendo como limite norte a Reserva Extrativista Marinha do Corumbau no município de Porto Seguro no estado da Bahia, e limite sul na Foz do Rio Doce, em Linhares, estado do Espírito Santo. O processo se deu com o corte dos polígonos em segmentos limitados pelo grid de hexágono de referência, e posterior cálculo dos centróides de cada polígono final, transformando assim as informações contidas em polígonos para pontos correspondentes aos padrões de megahabitat classificados, fazendo com que todas as informações disponíveis fossem passíveis de uma padronização em uma única arquitetura de arquivo vetorial, em ponto (Figura 10).

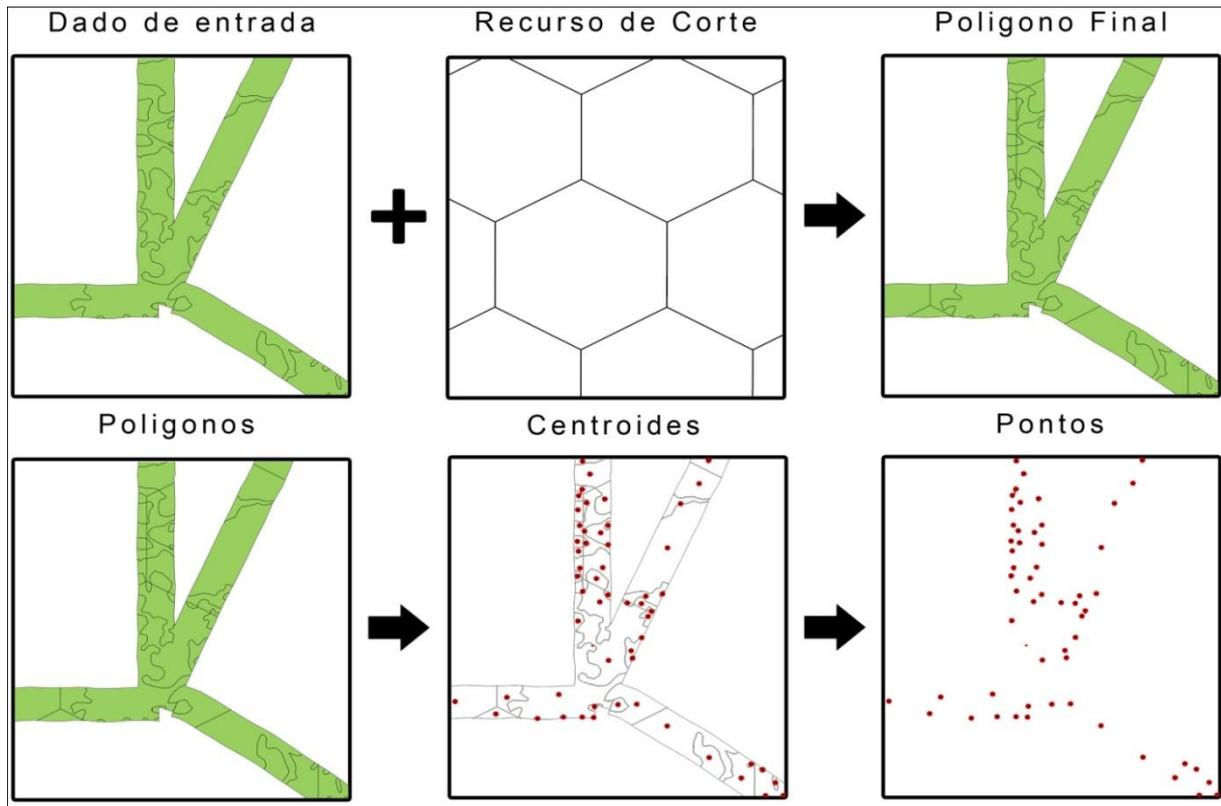


Figura 10: Esquema mostrando as etapas para a transformação para ponto, das informações oriundas em polígono.

Em sequência foi abordado um método apresentado por Wilder & Norris (2002), aplicado para mapeamentos em pequenas escalas, visando a identificação do megahabitat compreendido no fundo (Figura 11). Sobre o grid de hexágonos foi plotada a base de dados e, fazendo uso de aplicações de ferramentas espaciais, as informações contidas nos grids foram classificadas respeitando um grau hierárquico de: 1º) Domínio recifal; 2º) Domínio de rodolitos e 3º) Domínio de inconsolidados, considerando a origem das informações: 1º) ROV; 2º) Sonografia; 3º) Prates (2006) e Cebola (2007); 4º) Pró Abrolhos, Dias *et al.* (2004), Leão *et al.* (2005) e BNDO (2004). Este método possibilitou que todas as informações se tornassem uniformes e em pontos localizados nos centróides de cada hexágono, integrando todas as informações em ambiente SIG para posterior interpolação.

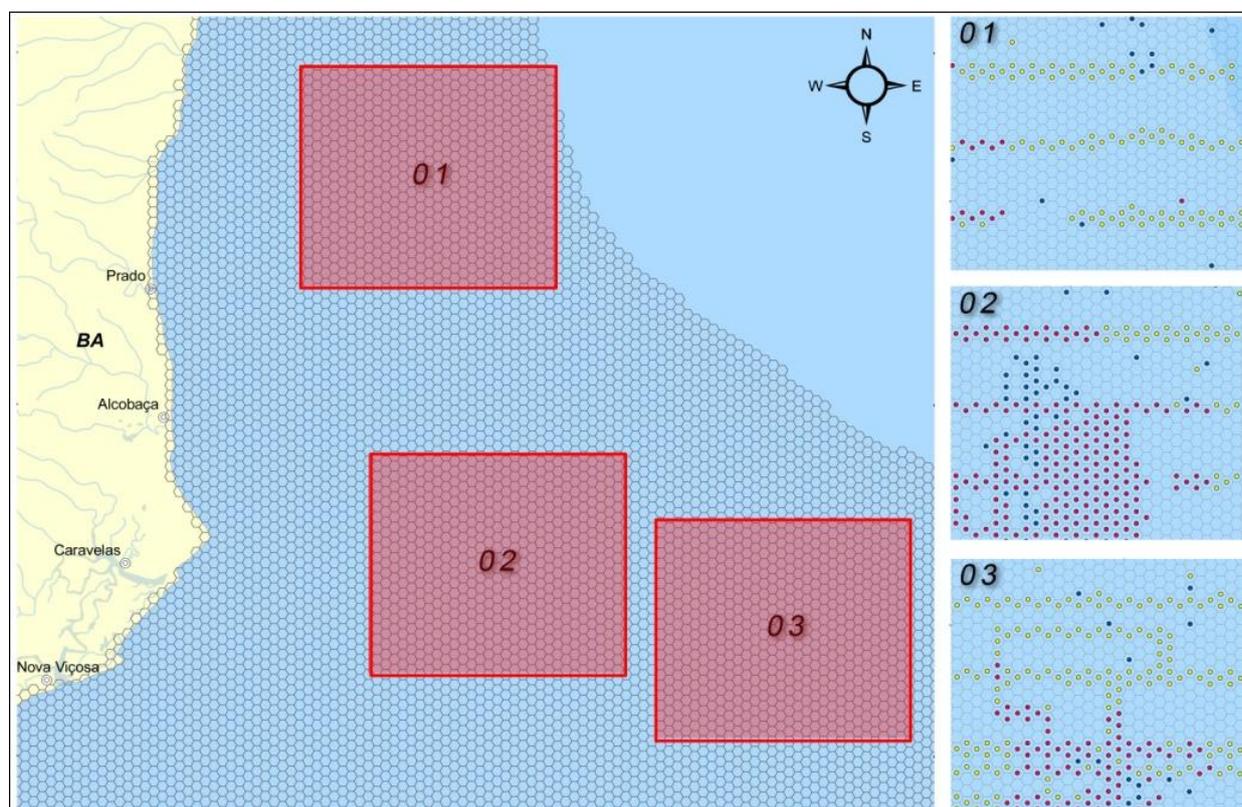


Figura 11: Grid de hexágonos com exemplos do resultado dos compilamentos das informações.

Através do processo de compilação de todas as informações resultantes da padronização entre os dados levantados neste estudo, com pretéritos, publicados em revistas e bancos de dados de projetos e instituições governamentais, foi possível identificar um total de 5.486 pontos contendo informações sobre a composição dos megahabitats marinhos.

A figura 12 mostra, pontualmente, o produto da distribuição dos habitats na Plataforma de Abrolhos, utilizando-se da metodologia descrita até aqui. O mapa demonstra de forma clara que, neste caso, apenas a qualiquantificação de amostras pontuais não necessariamente representa uma capacidade de interpretação de domínios espaciais, sendo necessário a aplicação de processos de interpolação, a fim de caracterizar de forma espacial as áreas em que dominam a ocorrência de determinado megahabitat.

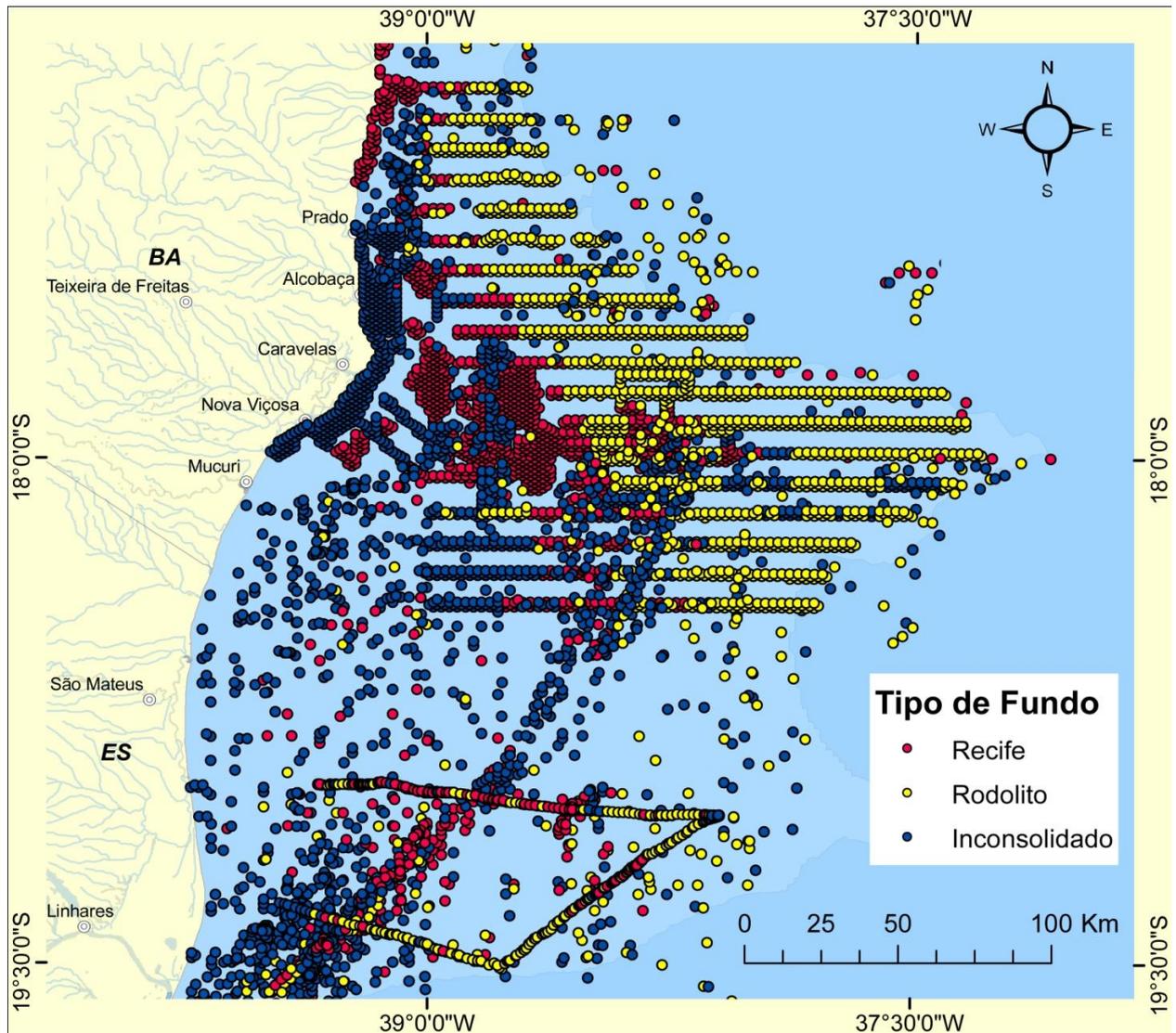


Figura 12: Distribuição pontual das informações compiladas sobre os megahabitats.

A partir desta distribuição de pontos com informações sobre os megahabitats, foi realizada uma interpolação dos dados usando o método por krigagem ordinária com modelo de semivariograma esférico (Figura 13). Métodos de interpolação geoestatística, como a krigagem, são mais confiáveis e propiciam a correlação de forma mais precisa de informações secundárias disponíveis, que juntamente com as informações primárias obtidas em campo torna os valores interpolados representativos para uma área espacial maior (Goovaerts, 1997; Deutsch & Journel, 1998; Wackernagel, 1998).

A interpolação de todas as informações aqui reunidas sobre a composição do fundo da plataforma continental dos Abrolhos propiciou um conhecimento da distribuição e domínio dos megahabitats em toda a área investigada, aproximadamente 50.500km<sup>2</sup>.

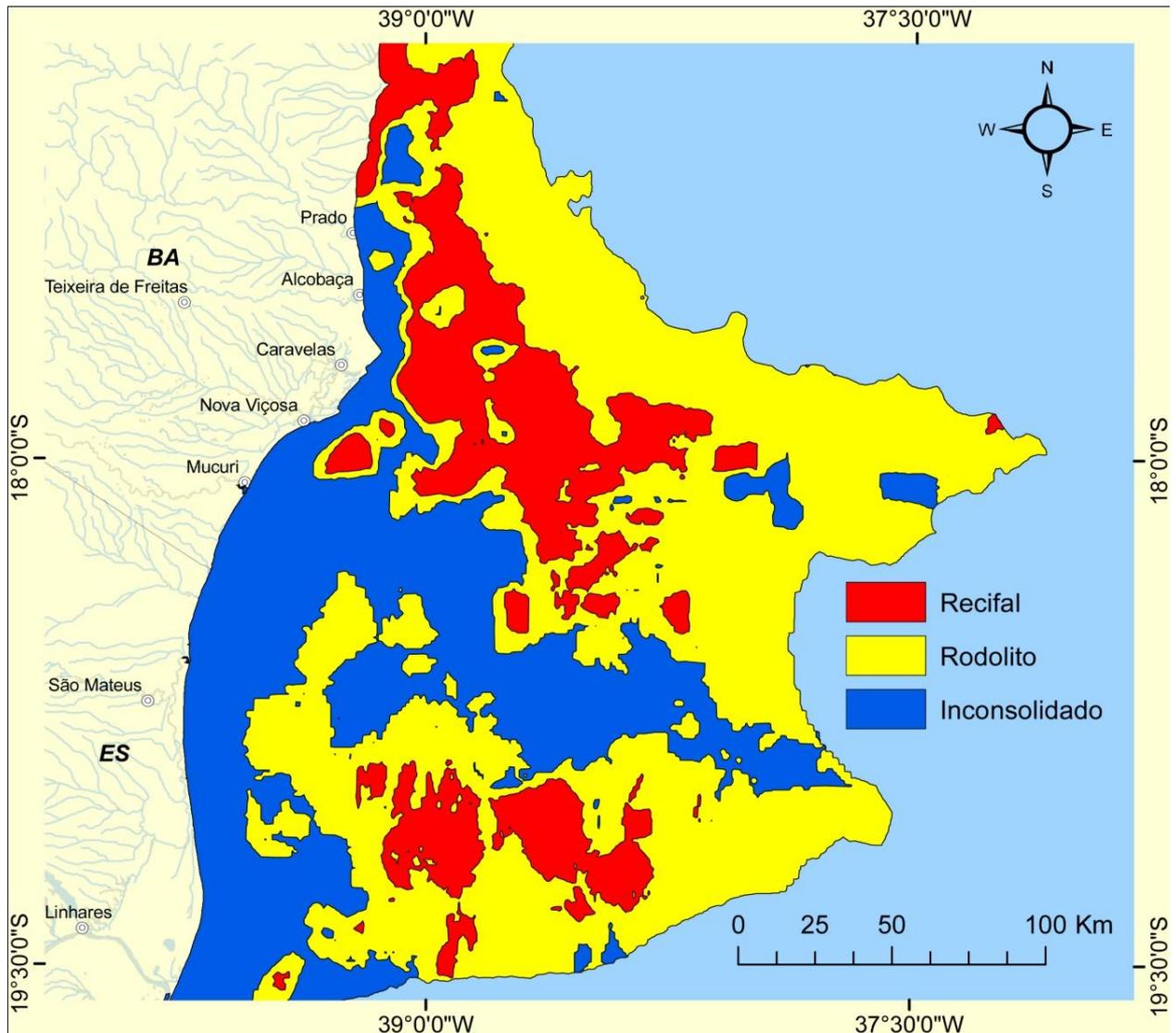


Figura 13: Domínio de megahabitats na Plataforma de Abrolhos

O mais representativo, em escala espacial, foi o megahabitat dominado por *Rodolito*, com 25.850km<sup>2</sup> - 51% do total mapeado, representado por fundos compostos por rodolitos, que dão a característica de substratos heterogêneos duros, criando um habitat para numerosos organismos. O grupo composto por *Inconsolidado*, foi o segundo mais representativo com 15.950km<sup>2</sup> - 32% da área mapeada. O megahabitat *Recifal* foi classificado pelas alterações na composição que proporciona ao fundo marinho, aumentando a tridimensionalidade e gerando uma maior complexidade de habitat. Com 17% da área mapeada, representado em 8.626km<sup>2</sup>, o grupo recifal não é menos importante que os demais, pois contém ecossistemas complexos que dão suporte a uma alta diversidade de habitats, com um arranjo dinâmico que possui um papel fundamental no suporte de muitas comunidades biológicas associadas.

#### 4.4. Discussão

O mapa de megahabitats é uma representação interpretativa dos tipos de fundo da plataforma continental estudada. A aplicação de uma metodologia de mapeamento de megahabitats, considerando informações sobre a composição de vários componentes do fundo marinho, possibilitou gerar uma nova visão para a Plataforma dos Abrolhos, uma ampla região da plataforma leste brasileira com grande lacuna de conhecimento. Abaixo, são mostrados dois exemplos de mapas faciológicos, o primeiro de Dias *et al.* 2007, elaborado com base nos dados do BNDO/DHN e o segundo oriundo da publicação de Melo *et al.* (1975) (Figura 13).

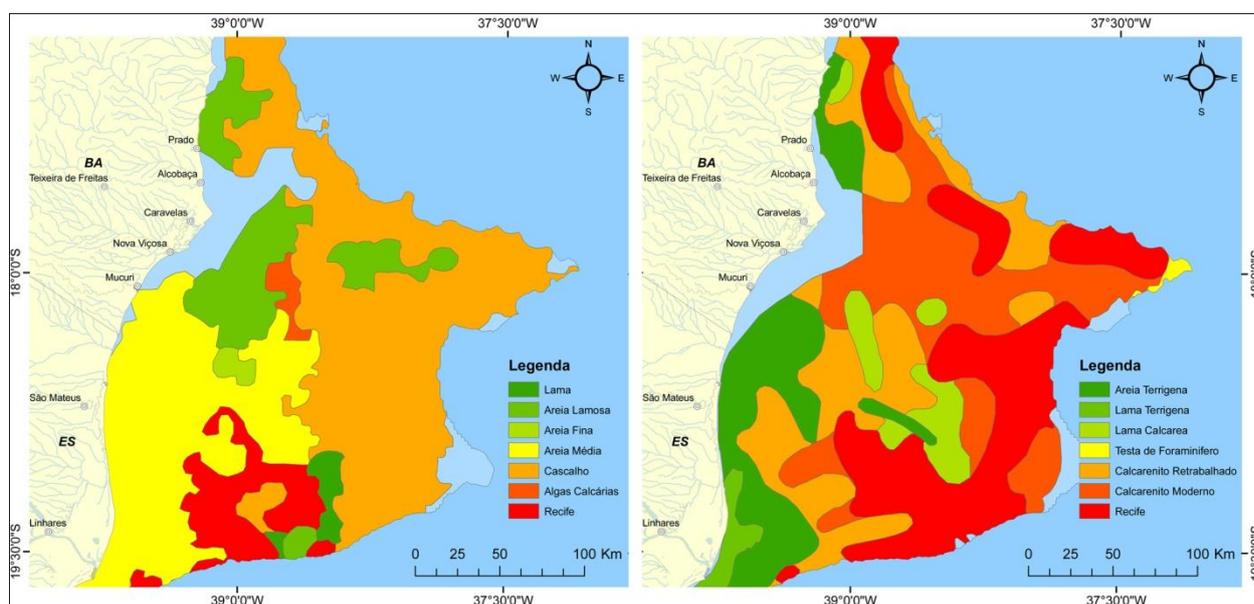


Figura 14: Mapas faciológicos da Plataforma de Abrolhos: esquerda, Dias *et al.*, 2007; direita, Melo *et al.* 1975.

Em comum, os dois possuem o tipo de fonte primárias dos dados, os amostradores do tipo busca fundo, o que faz que a interpretação seja limitada quanto a outros fatores, como a composição e complexidade associadas ao fundo marinho. Imaginemos que, no caso de um busca fundo sendo amostrado em uma região inter-recifal onde canais de areia carbonática prevaleçam, a informação qualitativa fica restrita à tipologia sedimentar e não às estruturas recifais associadas. Isso faz com que as informações faciológicas sejam classificadas de maneira difusa aos objetivos de cada pesquisa, tendo como principal variável a origem e as informações granulométricas. De frente a este cenário, a metodologia aqui empregada surge como uma alternativa aplicada à necessidade de mapeamento geológico do fundo marinho, visando uma melhor sustentabilidade, conservação e manejo de áreas marinhas.

Analisando a plataforma externa, fica evidente que a área descrita por Dias *et al.* (2007) como cascalho tem grande correlação com a ocorrência dominada pelo Megahabitat *Rodolito*, no entanto Melo *et al.*, (1975) ressalta uma descrição para a ocorrência de recifes e uma extensa cobertura de calcarenito moderno, onde podemos observar uma correlação com os bancos e recifes formados por concreções de rodolito. Assim como apresentado no resultado da interpolação dos megahabitats da Plataforma de Abrolhos, regiões recifais são comuns na porção sul.

Com a finalidade de mapear os habitats compostos no leito marinho, a partir de histórico de informações ou banco de dados, pesquisadores como Wilder & Norris (2002) propuseram um método de compilamento baseado em sistemas de classificação, onde cada informação tinha uma prevalência particular, gerando informações necessárias para a identificação da composição do habitat composto no fundo e podendo inserir informações cruzadas, tais como a associação entre dados de pesca para indicação da composição do substrato (Van Dolah *et al.*, 1994; Moser *et al.*, 1995). A metodologia aplicada para este tipo de mapeamento, contudo, é restrita a mapeamentos de grandes feições em pequenas escalas.

## 5. MAPEAMENTO DE HABITATS MARINHOS NA PLATAFORMA DOS ABROLHOS

### 5.1. Introdução

A distribuição do domínio de habitats marinhos na Plataforma dos Abrolhos é apresentada na figura 13, sendo que a distribuição espacial dos tipos de fundo foi classificada pelo grau hierárquico de megahabitats, como sugerido por Greene *et al.* (1999) e Lund & Wilbur (2007). Os três megahabitats mapeados na plataforma dos Abrolhos são denominados por *Recifal*, *Rodolito* e *Inconsolidado*.

A superfície da parte interna da plataforma continental do Banco dos Abrolhos é relativamente plana devido à soterração da topografia pelo sedimento do Holoceno (Melo et al, 1975). Tendo sua complexidade batimétrica alterada para um padrão rugoso devido aos recifes costeiros descritos por Leão *et al.* (2003), os recifes mais externos são responsáveis pela rugosidade característica da região próxima aos parceiros e ao arquipélago dos Abrolhos (Melo et al, 1975; Leão *et al.*, 2003).

As plataformas intermediária e externa são cortadas por canais estreitos e profundos fazendo com que sua superfície tenha um aspecto rugoso e complexo (Melo et al, 1975; Andrade, 1994). O mapa batimétrico (Figura 04) revela um fundo morfológicamente heterogêneo, momentos com padrões planos horizontais e inclinados com pouca variação batimétrica, outras vezes com relevo altamente acidentado com variações abruptas relacionadas com presença de estruturas coralíneas associadas ou não com sistemas de paleovales e paleocanais.

Os ambientes de paleodrenagem encontrados foram descrito por Melo *et al.* (1975), como representantes de um sistema de drenagem Pleistocênico. Drenando para uma depressão denominada de Depressão dos Abrolhos, que consiste em uma lagoa fossilizada que foi erodida anteriormente na superfície da plataforma (Melo *et al.*, 1975). Muehe (1988) descreve que esses entalhamentos na superfície dos Abrolhos foram formados quando a plataforma estava exposta aos processos morfogenéticos fluviais e subaéreos durante o período glacial, quando o nível do mar estava abaixo da cota batimétrica de 100 metros, e a plataforma foi posteriormente afogada na transgressão holocênica.

## 5.2. Domínios De Megahabitats

### 5.2.1 Domínio de Megahabitat Recifal

O megahabitat Recifal ocorre no litoral norte da área estudada, representado por recifes costeiros juntamente com o complexo recifal de Itacolomis, avançando com maior densidade na região central do banco com uma batimetria altamente recortada, tendo como exemplares notórios os recifes externos que podem aflorar na superfície. Nas profundidades maiores que 30 metros, zona mesofótica, é evidente seu predomínio na região central após a área descrita por Leão *et al.* (2003) como Arco Externo, e, na porção sul do banco, com forte associação às elevações presentes nos recortes batimétricos do antigo sistema de drenagem.

O megahabitat Recifal está associado com estruturas recifais de grande diversificação nas formas e dimensões no leito marinho. Em geral, apresentam um gradiente batimétrico baixo, porém em um relevo acidentado com um perfil plano a irregular. É compreendido por um conjunto com arranjos de distribuição particular, indo além dos recifes costeiros conhecidos e a distribuição de Arco Costeiro e Externo descritos por Leão *et al.* (2003). O megahabitat Recifal é formado por feições como os chapeirões, pináculos, bancos recifais, parciais, paleocanais com bioconstruções associadas e as buracas.

Estruturas recifais isoladas são pináculos que apresentam bordas de circunferências com padrão de crescimento cogumelar de altura variada, com zonas de fundo irregular e predominância de sedimentos inconsolidados, tendo forma semelhante à descrita por Cooke (2007) e denominados como “chapeirões” (Melo et al, 1975; Leão, 2002). Segundo Leão (2008), são estruturas coralinhas isoladas que crescem com forma cogumelar de base estreita e o topo expandido lateralmente, variando diversamente as alturas, com dimensões laterais também variadas, e nos mais diferentes estágios de crescimento (Figura 15).

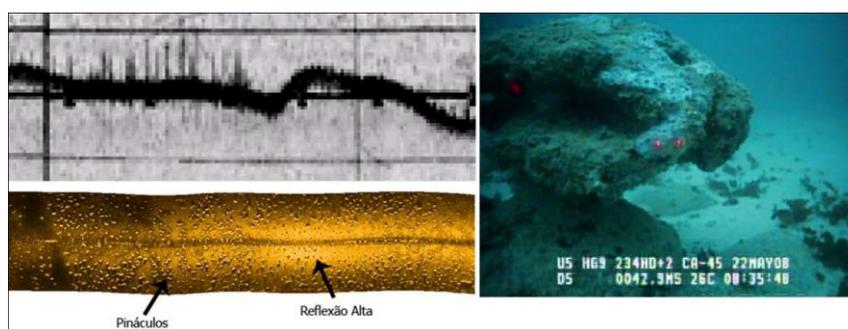


Figura 15: Características dos pináculos e chapeirões identificados.

Outro conjunto de ocorrência observada nos sonogramas e filmagens de ROV foi o dos bancos recifais com formas e dimensões variadas e altura relativamente baixa (Leão *et al.*, 2008). Em muitos casos, é possível que esses bancos tenham uma provável origem em decorrência da coalescência de numerosos pináculos e posterior preenchimento dos espaços vazios dos seus topos por sedimento de origem biogênica tendo, nas partes inferiores, canais estreitos os quais persistem onde não houve coalescência lateral das estruturas. Arquitetura análoga a essa estrutura recifal foi descrita por Leão *et al.* (2003), para o Arco Costeiro, sendo evidenciado aqui a ocorrência desses recifes em áreas mais distantes e profundas daquelas relacionadas para o arco costeiro, como por exemplo os representantes ocorrentes na região ao sul do Parcel das Paredes, em que, segundo Castro (1999), ocorrem pequenos bancos recifais isolados, alongados e paralelos uns aos outros, ofertando armadilhas de sedimentos em seus topos e bases provenientes da degradação de material biogênico e siliciclástico (Figura 16) (Melo *et al.*, 1975; Leão & Gisburg, 1997; Leão, 2002; Leão *et al.*, 2003; Marchioro *et al.*, 2005).

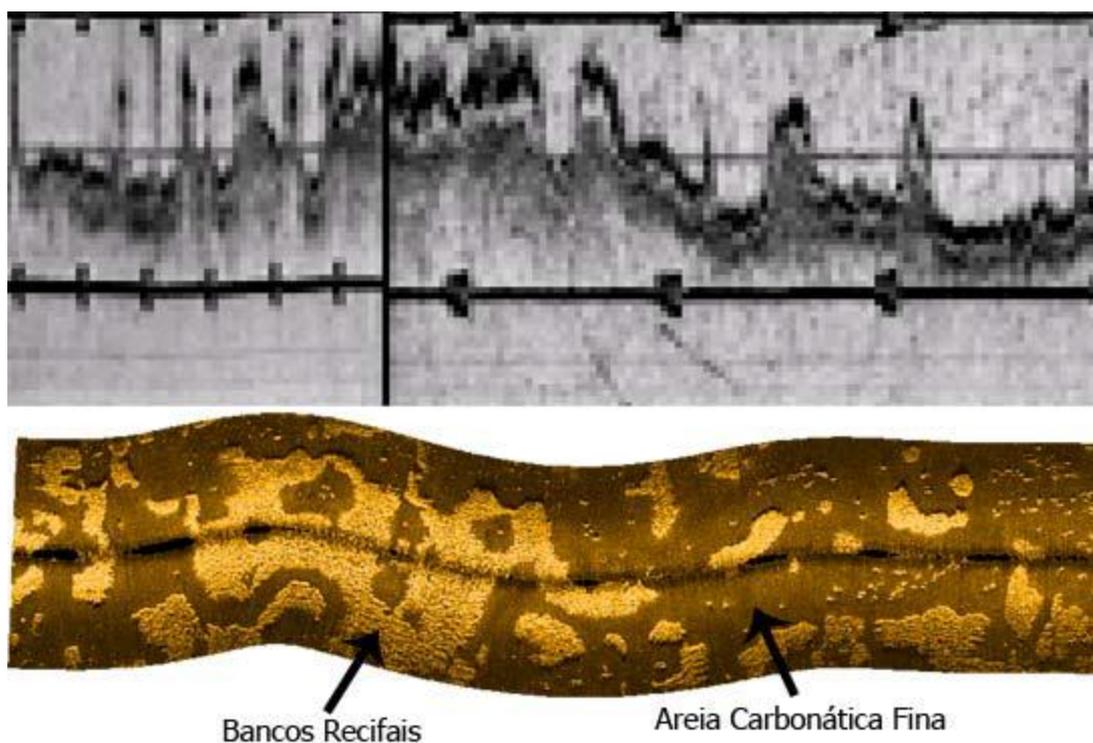


Figura 16: Características dos bancos recifais identificados.

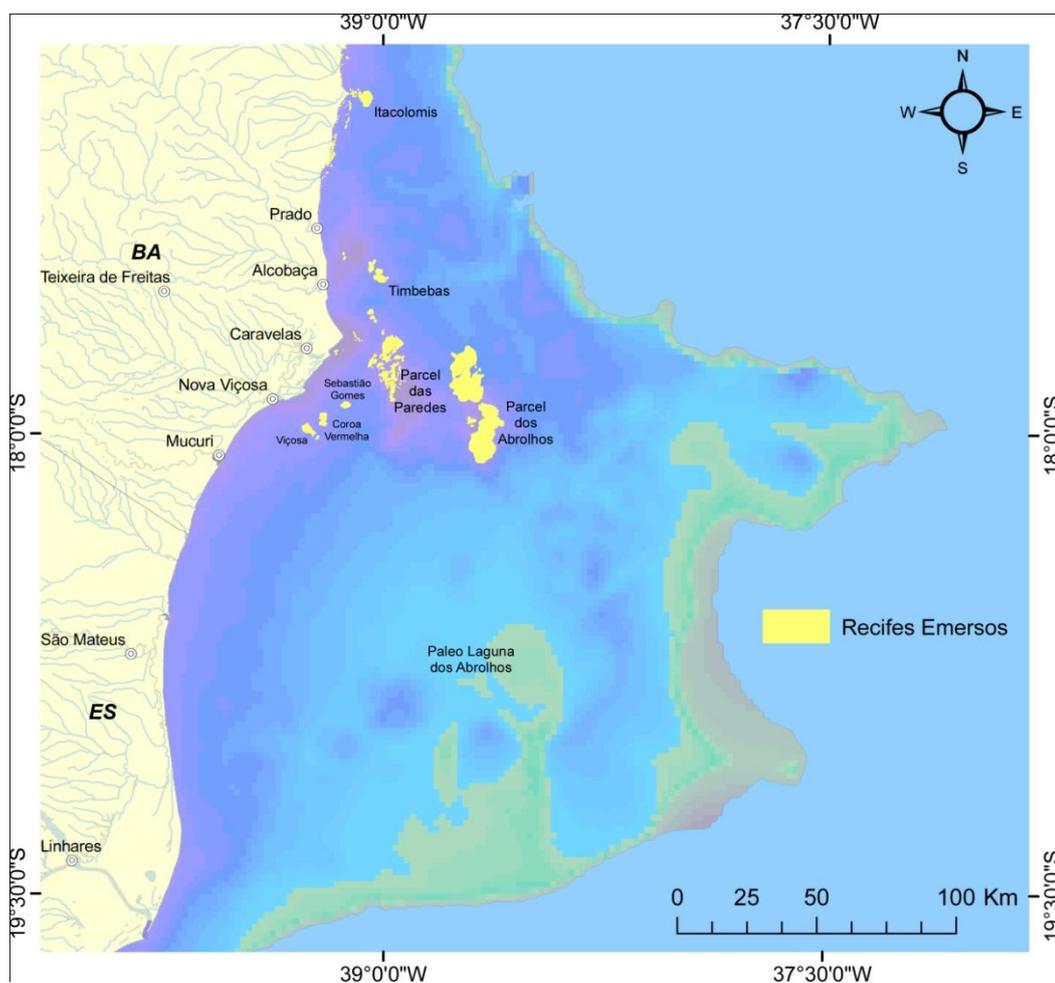


Figura 17: Disposição das principais regiões encontradas na Plataforma dos Abrolhos.

Por fim, constata-se a presença das estruturas recifais associadas com sistema de paleovales e processos erosivos de antigos recifes, com um gradiente batimétrico complexo altamente recortado e presença de rodolitos e material de maior granulometria no entorno (Figura 18). Pode-se inferir que o processo de retrabalhamento dos recifes submersos em zonas maiores que 30 metros, mesofótica, onde as últimas flutuações do nível do mar deixaram marcas distintas no desenvolvimento dos recifes submersos que foram expostos à intensa sedimentação, contribuiu para a mortalidade de corais da porção norte do banco dos Abrolhos (Melo *et al.*, 1975; Leão *et al.*, 2003; Leão & Kikuchi, 2005). A disposição das paleodrenagens nas últimas variações do nível do mar no Banco dos Abrolhos está relacionada a uma superfície rugosa devido à presença de vários pequenos bancos, com laterais íngremes de canais, que provavelmente representam o sistema de drenagem passado, tendo como principal nível de base uma região denominada de Depressão dos Abrolhos, que consiste em uma paleolaguna que tem sua origem associada a flutuações do nível relativo do mar (Figura 17) (Melo *et al.*, 1975; Vicalvi *et al.*, 1978).

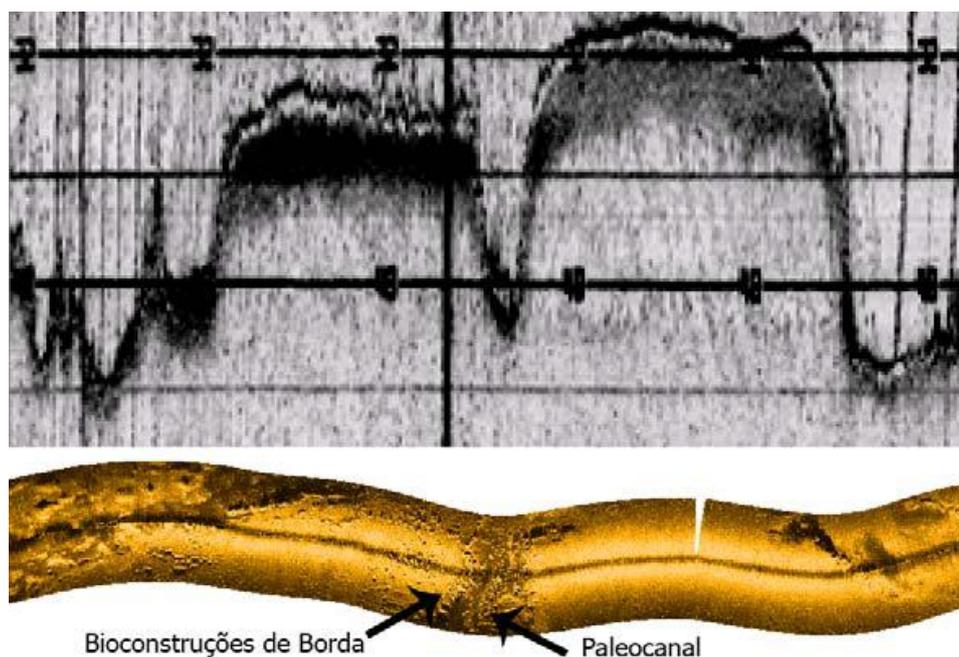


Figura 18: Características dos bancos recifais associados a antigos sistemas de drenagem.

Sem um padrão nítido de espaçamento e ocorrência dispersas, foram encontradas, na porção norte do Banco dos Abrolhos, estruturas com características erosivas de morfometria circular com dezenas de metros de diâmetro. Em seu entorno é evidente uma sedimentologia mais fina, devido ao padrão de reflexão menos intenso em suas bordas; com o afastar dessas estruturas, o sedimento muda de características, ficando mais grosso com dominância de rodolitos, fator inferido pelo padrão de alta reflexão. Denominadas de Buracas, estas feições serão apresentadas posteriormente, devido às suas limitações de dimensões e representatividade na escala trabalhada no mapeamento.

### 5.2.2 Domínio de Megahabitat Rodolito

O megahabitat Rodolito possui em suas ocorrências predominantes um baixo gradiente batimétrico, podendo inferir uma batimetria de fundo plano, com ampla distribuição entre profundidades rasas próximas ao arquipélago dos Abrolhos, até a quebra da plataforma, sendo a maior distribuição espacial de rodolitos da plataforma continental brasileira (Melo *et al.*, 1975; Vicalvi *et al.*, 1978; Figueiredo *et al.*, 2007; Moura *et al.*, 2009).

Superfície rígida, criando muitos habitats para diversas macroalgas, invertebrados marinhos e peixes (Foster, 2001; Steller *et al.*, 2003; Foster *et al.*, 2007;), varia em relação à concentração, forma e tamanho dos nódulos de rodolito, à composição sedimentar associada e estruturas agrupadas em pequenos montes.

Na plataforma interna, os bancos de rodolito disputam espaço com areias carbonáticas com vasta composição faunística, e, mais próxima a costa, são soterrados por areia e lama terrígena (Melo *et al.*, 1975; Vivalvi *et al.*, 1978). Melo *et al.* (1975), retratam que a grande dominância de depósitos destas algas formadoras de nódulos no Banco dos Abrolhos é controlada por fatores como competição espacial, substrato, energia da onda e a taxa de sedimentação de material terrígeno particulado. A associação com macroalgas foi observada não exclusivamente em regiões rasas, mas até profundidades próximas a 50 metros (Figura 19).



Figura 19: Frames das filmagens de ROV evidenciando a associação de rodolitos com marco algas.

A presença concomitante de macro algas e fundos de rodolito indica uma relação de competição onde o adensamento de macrófitas propicia uma maior sedimentação do sedimento particulado, criando um ambiente hostil para o rodolito. Este processo é regulador na abundância dos nódulos calcários, que são controlados por processos de herbivoria. Com o aumento da profundidade, a abundância de macro algas diminui (Steneck, 1986; Steneck, 1997; Figueiredo & Steneck, 2002).

Pequenos montes de rodolito, montículos com formas e dimensões características, foram encontrados na plataforma externa do Banco dos Abrolhos (Figura 20), sempre associados à presença do peixe *Malacanthus plumieri* (Bloch, 1786), que possui ampla distribuição em áreas tropicais e subtropicais (Dooley, 1978; Froese & Pauly, 2003), estando presente nas costas leste e nordeste do Brasil (Rocha *et al.*, 1998; Rocha & Rosa, 2001; Martins *et al.* 2005). O *Malacanthus plumieri* (Bloch, 1786) é associado como agente geológico construindo montículos com formas circulares e semicirculares, de alturas variadas (0,3 - 2,0m) compostos por grandes clastos (20 - 90mm) em todas as áreas da plataforma continental (<150m), tendo grandes ocorrências em bancos carbonáticos (Clifton & Hunter, 1972; Muckelbauer, 1990; Mankiewicz *et al.*, 2003).



Figura 20: Frame de ROV evidenciando a ocorrência de montículos de rodolitos.

O presente estudo demonstrou que esta é a maior área de distribuição dessas comunidades do Brasil (Moura *et al.*, 2009). A dominância de depósitos de rodolitos se torna uma peculiaridade do Banco dos Abrolhos: considerando que, embora a área seja famosa apenas pela presença de recifes de corais, o domínio é de rodolitos, cuja importância é muito grande em vários sentidos ecológicos e biogeoquímicos como, por exemplo, no balanço de carbonato de cálcio dos oceanos.

Mesmo se não considerado o Complexo dos Abrolhos (Vicalvi & Milliman, 1977; Dias, 2000), os bancos de rodolitos na margem continental brasileira são relatados como a área de maior extensão mundial deste tipo de comunidade (Foster, 2001). A plataforma continental do Espírito Santo é a região mais rica deste tipo de depósito, ocorrendo desde as zonas litorâneas até a profundidades próximas de 100 metros (Amado-Filho *et al.*, 2007), podendo formar fundos com uma assembléia de recifes algais bioconstrutivos, com o crescimento dos rodolitos podendo também ocorrer em algumas partes do sedimento grosseiro adjacente (Melo *et al.*, 1975). No entanto, há uma defasagem no conhecimento particular do reconhecimento sistemático de distribuição latitudinal e estrutural de bancos de rodolito na plataforma continental brasileira e na complexidade de sua ecologia (Gherard, 2004; Amado-Filho *et al.*, 2007).

### 5.2.3 Domínio de Megahabitat Inconsolidado

O litoral do Banco dos Abrolhos é composto por sistemas de falésias, praias, dunas e pântanos, com aporte de vários rios despejando material siliciclástico de granulometria variada que fica confinado à plataforma interna (Leão, 1999; Bittencourt *et al.*, 2000; Dutra, 2003). A maior parte da plataforma interna, mais rasa que 30m, é coberta por areia, com algumas áreas de lama, podendo ser encontradas extensas áreas cobertas por areia em maiores profundidades na foz do Rio Doce, e áreas de lama profundas na região da Depressão dos Abrolhos (Melo *et al.*, 1975). Esse padrão indica um gradiente transicional na distribuição do sedimento superficial entre a região costeira, plataforma interna, intermediária e externa da Região dos Abrolhos: os sedimentos siliciclásticos são predominantes ao longo da região costeira e as plataformas intermediária e externa são compostas predominantemente por sedimentos carbonáticos, ressaltando que este tipo de sedimento também é encontrado em abundância no entorno dos recifes (Leão, 1982; Leão & Ginsburg 1997; Leão *et al.*, 2006; Leão *et al.*, 2008).

A sedimentação e a siltação têm se destacado como umas das principais ameaças antropogênicas, resultantes do adensamento populacional e ao desenvolvimento desordenado na zona costeira, que estão influenciando negativamente o crescimento dos recifes de corais (Leão & Ginsburg, 1997; Kikuchi *et al.*, 2000; Leão & Kikuchi, 2005; Dutra *et al.* 2006).

Os sedimentos siliciclásticos, encontrados com um percentual de 70% na região costeira, são originados da erosão dos depósitos terciários do Grupo Barreiras que cobrem grande parte da zona continental e afloram ao longo da costa, e estão disponíveis na zona costeira e também em áreas que circundam os recifes costeiros. Nas bases dos recifes há um predomínio de areia e lama carbonática resultante da quebra de estruturas carbonáticas, incluindo fragmentos de corais, mileporas e algas coralinas, sendo que, em menor predominância o material carbonático é oriundo da produção *in situ* de vários organismos associados aos recifes, destacando-se fragmentos de moluscos, equinodermos, foraminíferos, ostracodes e Halimeda (Figura 21) (Leão & Ginsburg 1997; Leão *et al.*, 2008).

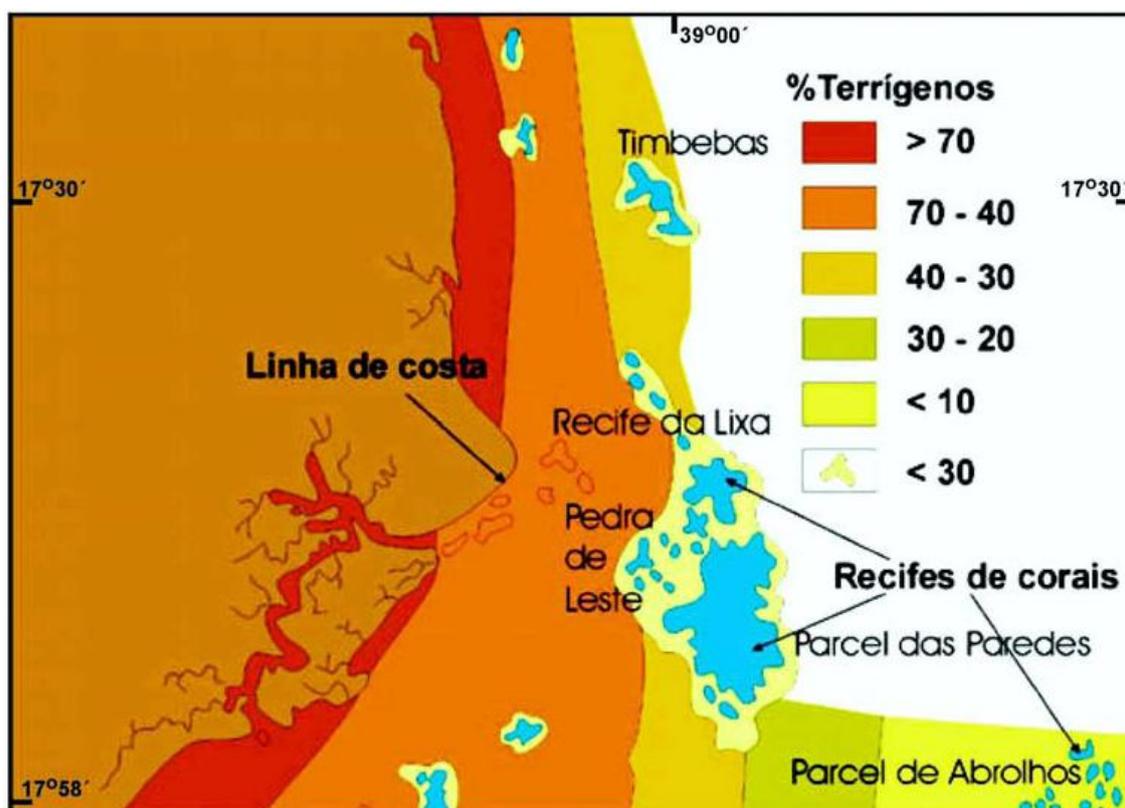


Figura 21: Distribuição do sedimento superficial na região dos recifes de Abrolhos. Fonte: Leão (2008).

A sedimentação siliciclástica está condicionada principalmente a condições tais como a área do sistema de drenagem, regime climático, tectônica, sendo a deposição controlada pelo nível de base, que por sua vez é alterado em função das mudanças eustáticas e de subsidência relativa do fundo marinho (Pomar, 2001). No interior de antigos sistemas de drenagem dispostos na plataforma continental dos Abrolhos, foram encontrados invertebrados marinhos em um sedimento inconsolidado. Segundo Melo *et al.* (1975), briozoários preferem condições mais calmas. Isto explica porque briozoários são tão comuns em áreas relativamente protegidas como a Depressão de Abrolhos. No interior da paleolaguna ou Depressão dos Abrolhos, é evidente a presença de fundo inconsolidado, tendo seu preenchimento relacionado ao antigo nível de base situado nessa depressão ao sul da plataforma dos Abrolhos, sendo este um ambiente deposicional de sedimentos terrígenos em um nível de mar mais baixo, com preenchimento mais recente de material retrabalhado soterrando os sedimentos terrígenos (Melo *et al.*, 1975; Vicalvi *et al.*, 1978).

### 5.3. Discussão

Os exemplares formadores e seus respectivos megahabitats característicos possuem variações na distribuição e ocorrência em relação à disposição ao perfil batimétrico. Em duas linhas da parte central da plataforma, com 10 milhas náuticas de afastamento entre elas, prevalece a presença de rodolitos na borda externa e nos sistemas com suaves características depressionais contidos na plataforma externa. Indo em direção à costa, com o aumento do relevo, temos de maneira associada a disposição de estruturas recifais agrupadas ou isolada (Figura 22).

Na sequência, é possível perceber uma batimetria extremamente rugosa denotando uma possível complexidade de habitats, fator responsável por esse padrão, representando as estruturas correlacionadas com antigos sistemas de drenagem para a paleo laguna dos Abrolhos em antigos níveis do mar. As estruturas agrupadas ou isoladas com alto relevo voltam a dominar uma superfície plano inclinada, com o aumento da batimetria em direção à costa. Na plataforma intermediária, ocorrem bancos recifais com variações espaciais e formas peculiares como os pináculos (Figura 22).

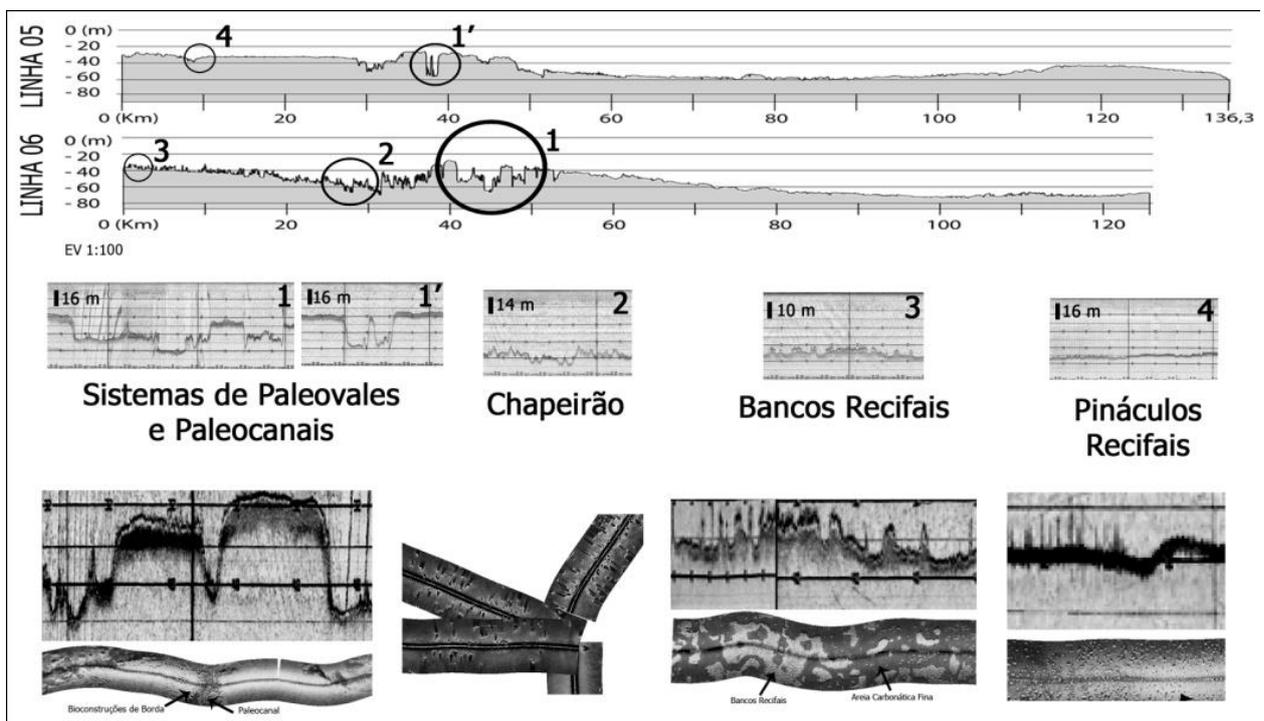


Figura 22: Perfis batimétrico e correlações sonográficas dispostos em duas linhas entre o limite externo do PARNAM dos Abrolhos, até a quebra da plataforma.

Com um perfil batimétrico em alinhamento comum a uma das rotas levantadas com SVL na porção sul da plataforma dos Abrolhos, podemos evidenciar que a ocorrência de domínio recifal é predominante nos topos das regiões elevadas, como observado na figura 23. Tanto é possível identificar a existência do domínio inconsolidado confinado no interior do sistema de drenagem da paleolaguna dos Abrolhos, como o domínio de rodolito nas regiões mais planas.

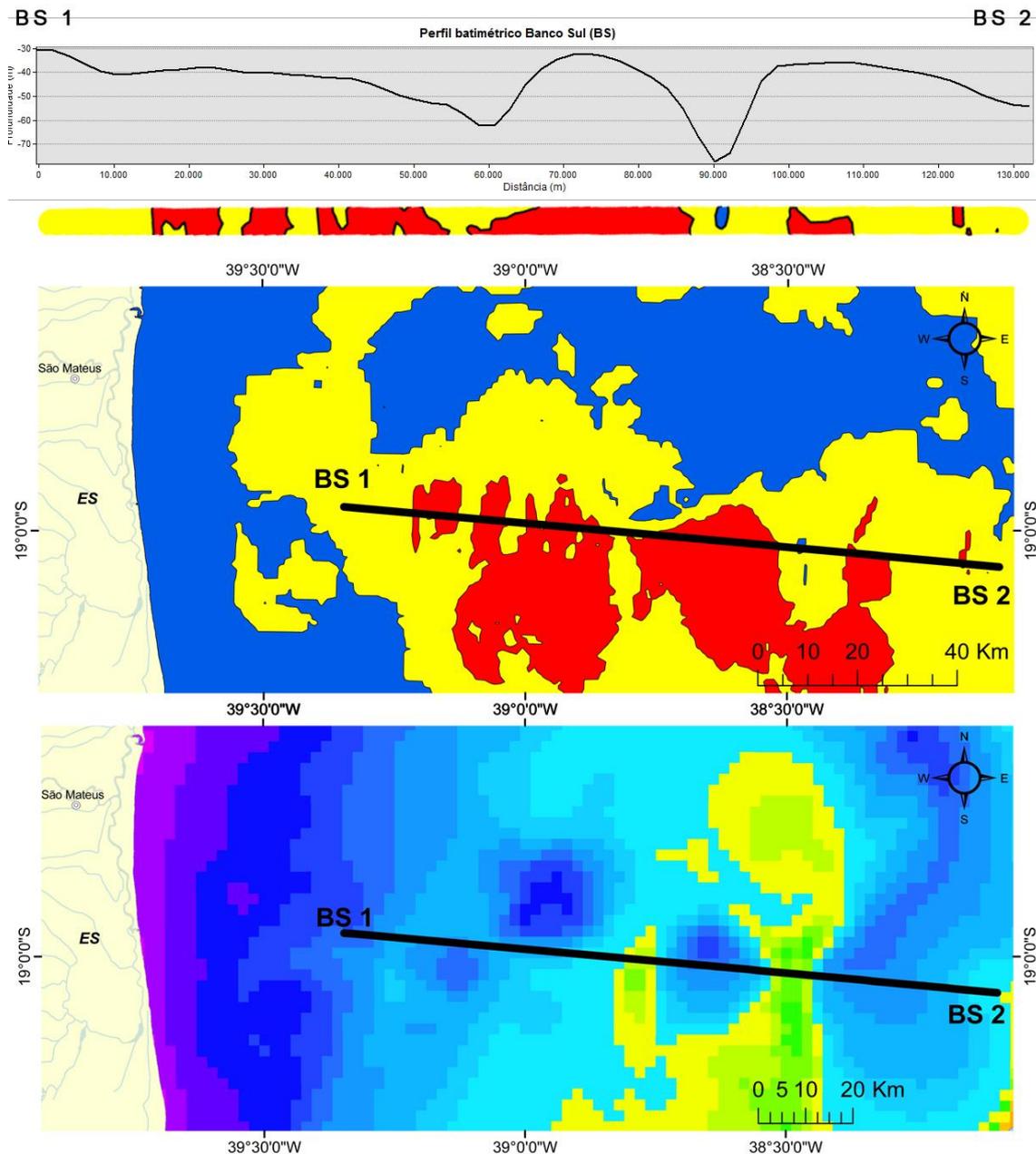


Figura 23: Correlação entre as informações dos domínios de megahabitats e o perfil batimétrico na região da paleo laguna dos Abrolhos.

#### 5.4. Buracas, um habitat particular

Com ocorrência dominante em fundos característicos de *Rodolito*, sem um padrão nítido de espaçamento e dimensões, foram encontradas, na porção nordeste do Banco dos Abrolhos, entre as isóbatas de 20 a 70 metros, estruturas com características erosivas, morfometria cônica com dezenas de metros de diâmetro e profundidade. Localmente denominadas de *Buracas*, são conhecidas pelos pescadores tradicionais como um importante habitat marinho e pesqueiro, dando suporte a diversas cadeias tróficas e espécies comercialmente importantes de peixes e lagostas. Estando, por sua vez, as Buracas excluídas das ferramentas governamentais de conservação como as Áreas Marinhas Protegidas (AMP), provavelmente pela escassez de conhecimento atrelado a esse novo habitat. Se faz necessário que estes ambientes singulares sejam alvos de pesquisas multidisciplinares para melhor entendimento sobre sua origem, dinâmica e conservação.

Foram mapeadas um total de 50 buracas nos registros sonográficos, tendo um adicional de 17 buracas advindas de registros feitos por pescadores tradicionais, perfazendo um total de 67 buracas registradas. Com formato circular e semicircular, são mais frequentes entre as distâncias de 80 a 150 km da costa baiana (Figura 24).

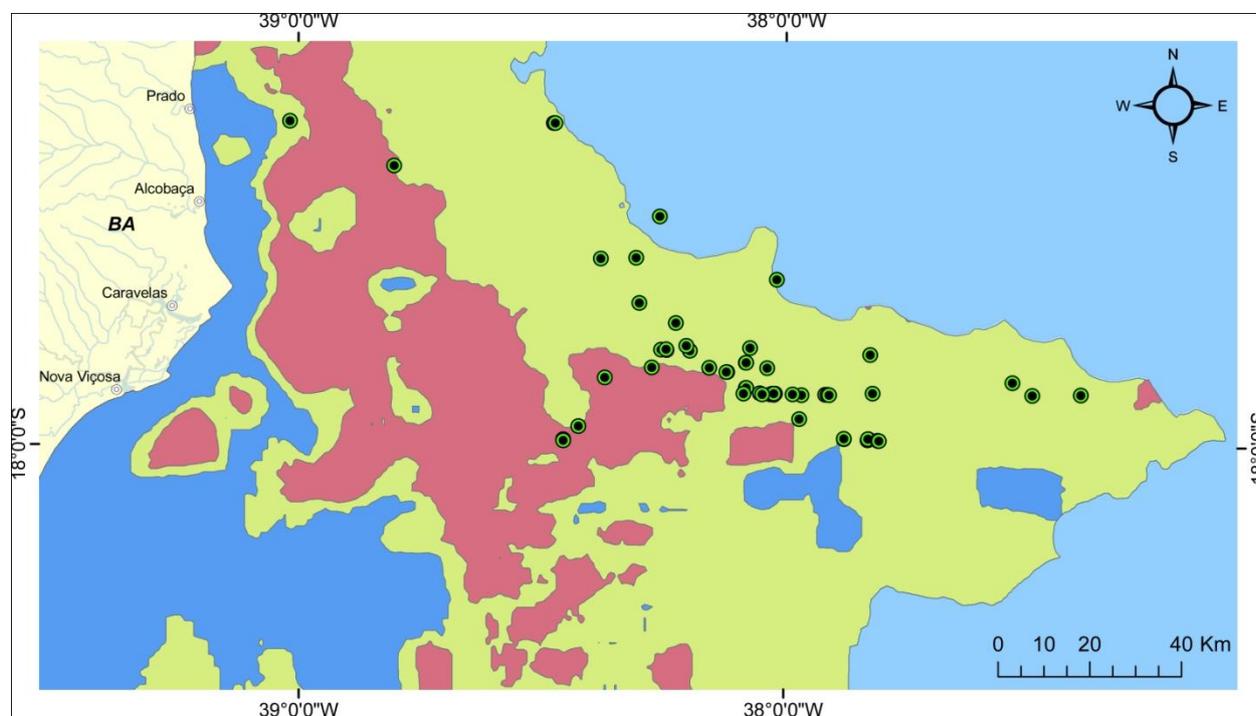


Figura 24: Distribuição das Buracas mapeadas.

São encontradas dispostas de forma agrupada ou isolada, possuem um diâmetro que varia entre 15 e 60 metros, e profundidades entre 8 e 45 metros. De maneira geral, sua forma assemelha-se a um cone, tendo em suas bordas um sedimento mais retrabalhado e já no entorno é dominante a presença de rodolito. Em seu interior encontram-se estruturas íngremes com a presença de afloramentos rochosos, podendo ter a ocorrência de prateleiras recobertas por material inconsolidado em direção ao seu interior. Em suas paredes foi observada a presença de estruturas recifais carbonáticas e estruturas rochosas estratificadas. Foi evidente nas filmagens de *ROV*, o registro de uma grande diversidade de peixes, crustáceos, tartarugas, raias, conferindo assim uma rica concentração biológica (Figuras 25 e 26).

A feição descrita na literatura na qual podemos conferir uma semelhança com essas encontradas aqui são as *pockmarks*, depressões semelhantes a uma cratera, com sedimentos finos, no leito marinho comumente encontrado ao longo de margens continentais e, geralmente, atribuídos às expulsões episódicas e catastróficas de fluido, podendo formar a precipitação de carbonatos autigênicos em seu interior (Hovland e Judd, 1988). Há, assim, distinções entre os tipos de fundo em que se encontram essas estruturas e entre suas dimensões. No caso das buracas, o fundo é rígido com presença de estruturas rochosas, e dimensões menores do que as registradas para as *pockmarks* (Hovland & Judd, 1988; Han *et al.* 2004; Pilcher & Argent, 2007; Sahling *et al.* 2008). Com isso, não podemos inferir nenhuma analogia no que tange à formação e evolução entre essas estruturas, sendo que para a compreensão da gênese destas estruturas demandam-se estudos mais detalhados envolvendo abordagens multidisciplinares.

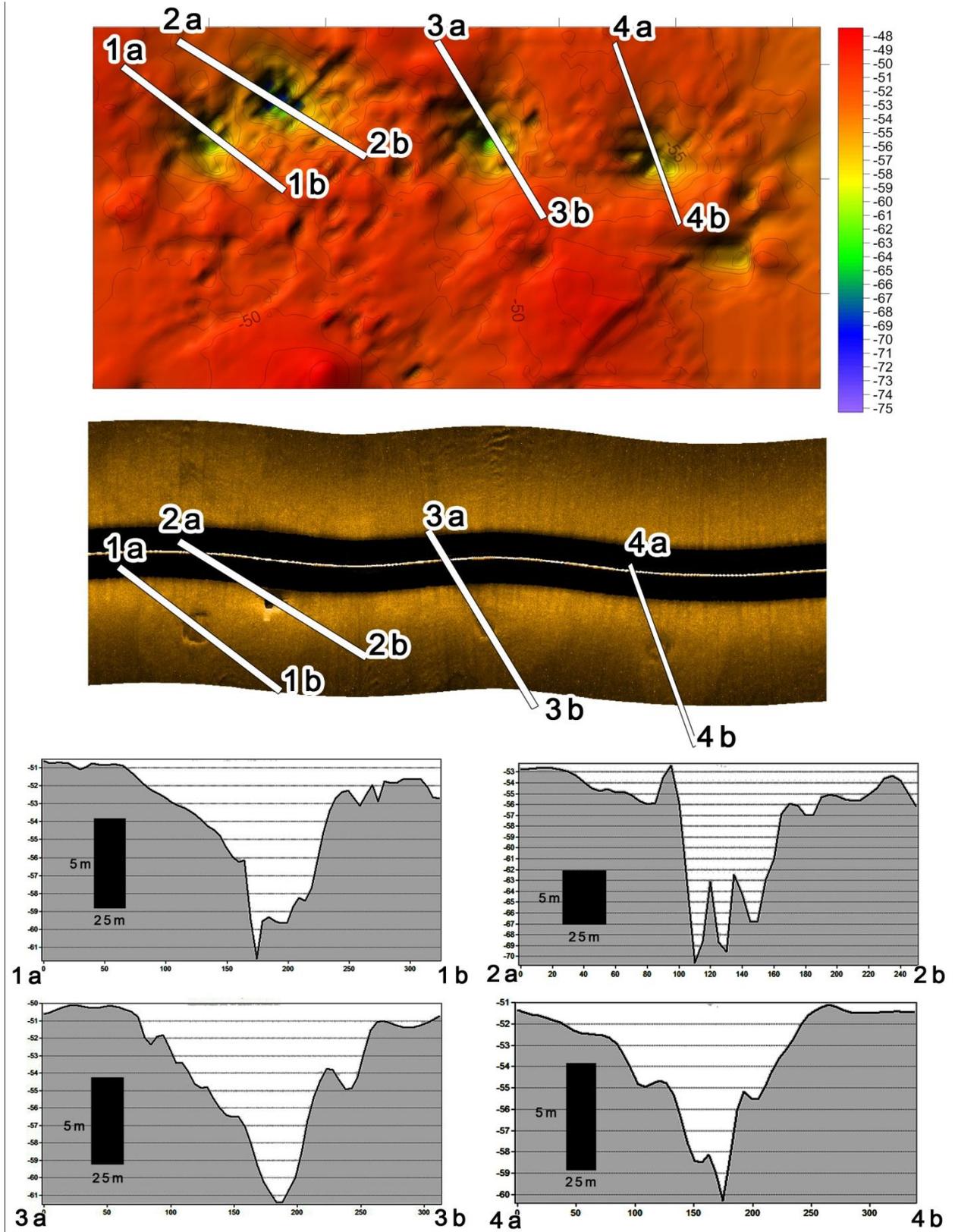


Figura 25: Esquema mostrando a batimetria de um agrupamento de Buracas, a imagem sonográfica correspondente e os perfis batimétricos de cada buraca.

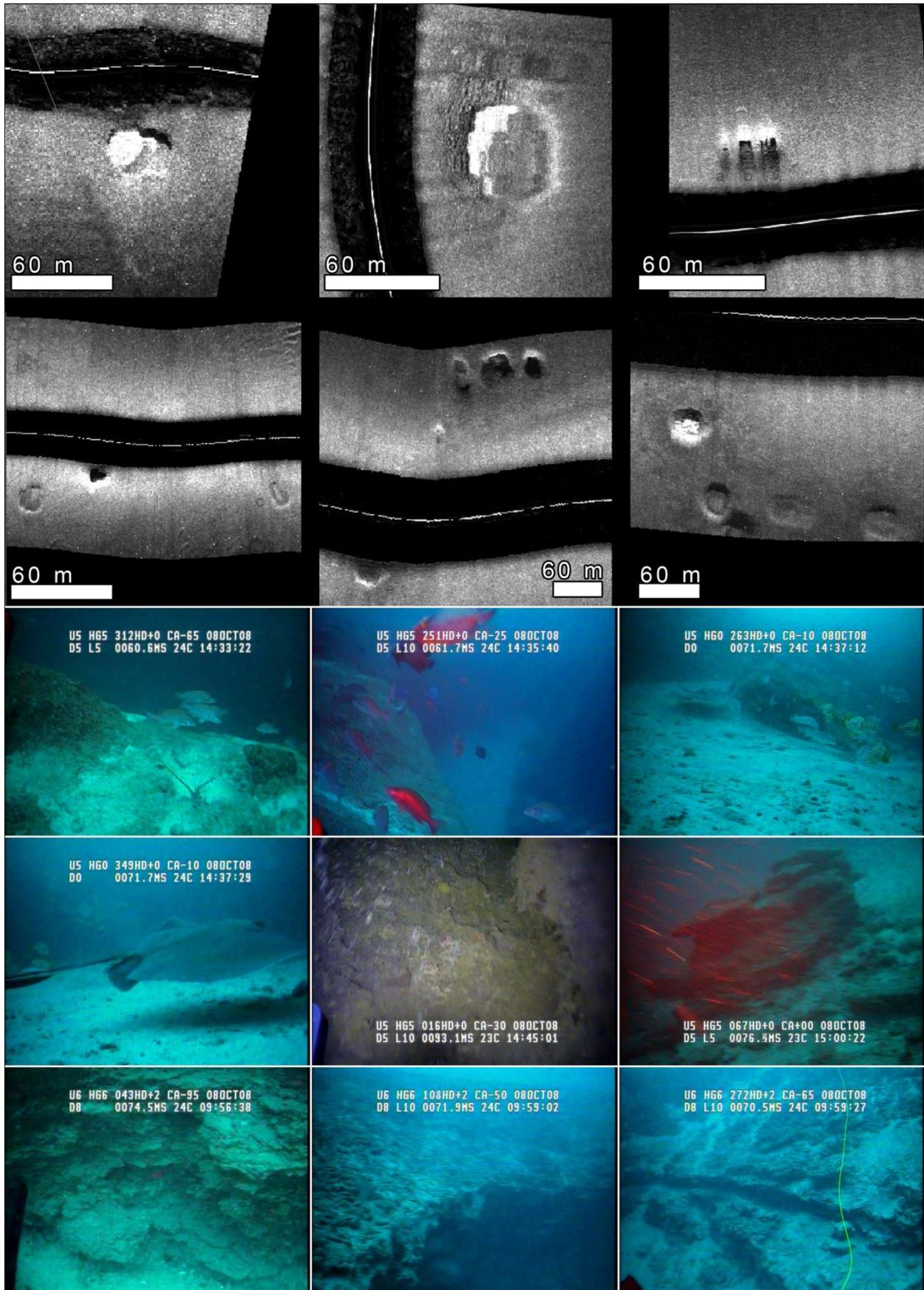


Figura 26: Esquema mostrando as imagens sonográficas das buracas, bem como os frames das filmagens de ROV.

## 6. CONCLUSÃO

A aplicação de dados acústicos validados por filmagens de *ROV* permitiram o mapeamento de habitats marinhos na região da Plataforma de Abrolhos, e não somente sobre a tipologia sedimentar, sendo importantes indicadores na classificação dos megahabitats. A base de conhecimento gerada a partir desta metodologia possibilitou a integração de informações pontuais (base de dados de distribuição de sedimentos de fundo) pré-existentes com a finalidade de adensar a malha amostral dos tipos de fundo da área estudada. Com isso, a metodologia aqui empregada teve sucesso na geração de uma representação da distribuição e descrição de megahabitats marinhos para toda a Plataforma dos Abrolhos.

Os resultados aqui alcançados são incisivos no que diz respeito à diversidade de habitats que compõem um cenário classificado como megahabitat. Em correspondência, podemos citar as diversas formas e “paisagens” recifais apresentadas no *Megahabitat de domínio Recifal*. O domínio Recifal é caracterizado por estruturas recifais isoladas e agrupadas, paleocanais e depressões circulares. Cada estrutura dessas, em um grau de hierarquização, poderia ser descrita como um macrohabitat, com origem geológica e características morfológicas distintas, o que definitivamente deve promover diferentes macrohabitats bentônicos. O *Megahabitat de domínio Rodolito*, o qual possui associações com outros organismos marinhos de importâncias econômicas e conservacionistas, é o de maior representatividade na distribuição superficial na Plataforma dos Abrolhos, corroborando para que o Brasil seja a maior extensão dessas comunidades em escala global. Pontualmente, uma estrutura recifal que ocorre juntamente com o domínio de rodolitos, as *Buracas*, é um habitat particular que, embora não tenha expressão espacial, pode ter uma importância muito grande para o ecossistema de Abrolhos. O *Megahabitat de domínio Inconsolidados* (areia, cascalho e lama) tem uma grande interatividade com os demais megahabitats, já que a ocorrência de sedimentos inconsolidados se distribui ao longo da plataforma. As áreas de predomínio deste megahabitat são as regiões costeiras com aporte terrígeno ou produção de bioclásticos por erosão e áreas morfológicamente associadas a depressões, como o caso da Depressão dos Abrolhos.

Mesmo com as considerações feitas pelo Ministério do Meio Ambiente e as áreas de proteção marinha representadas pelas Unidades de Conservação na região da Plataforma dos Abrolhos, as informações sobre a diversidade, complexidade e habitats

contidos nesta região (e.g. Melo *et al.*, 1975; Vicalvi, 1978; Leão, 1982; Leão & Ginsburg, 1997; Castro, 1999; Bittencourt *et al.*, 2000; Kikuchi *et al.*, 2000; Leão, 2002; Dutra *et al.*, 2005; Leão *et al.*, 2003; Dias *et al.*, 2004; Leão & Kikuchi, 2005; Leão *et al.*, 2005; Marchioro *et al.*, 2005; Souza & Moura, 2005; Dutra *et al.*, 2006; Leão *et al.*, 2006; Prates, 2006; Cebola, 2007; Cooke, 2007; Klein *et al.*, 2008; Leão *et al.*, 2008; Moura *et al.*, 2009), são restritas à plataforma continental rasa (<20m), não possuindo informações suficientes que embasem um melhor conhecimento na distribuição e dinâmica dos habitats presentes. Esta lacuna é um fator importante que deveria ser considerado para a gestão efetiva e alerta para a necessidade de fomento no suporte dos centros de pesquisas que desenvolvem projetos associados à plataforma dos Abrolhos. Nessa perspectiva, faz-se extremamente necessário o incentivo a pesquisas que resultem em um maior refino nos dados espaciais, de identificação, caracterização, classificação e mapeamento dos habitats em níveis hierárquicos inferiores.

As informações apresentadas aqui oferecem uma nova abordagem metodológica em estudos de delineamento de habitats marinhos aplicados na costa brasileira, se diferenciando das informações de publicações anteriores sobre a distribuição faunológica do Banco dos Abrolhos e pelas considerações que balisaram a classificação e padronização dos Megahabitats discutidos. O mapeamento aqui realizado provou ser importante pela área espacial representada, contida em uma região de grande singularidade como o Banco dos Abrolhos onde havia uma lacuna no conhecimento sobre a distribuição e caracterização deste habitat em toda a sua extensão.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- Able K.W., Twichell D.C., Grimes C.B., Jones R.S. (1987). Sidescan sonar as a tool for detection of demersal fish habitats, *Fish. Bull. (U.S.)* 85 (1987) 725-736.
- Able, K.W., Grimes, C.B., Jones, R.S., Twichell, D.C., (1993). Temporal and spatial variation in habitat characteristics of Tilefish (*Lopholatilus chamaeleonticeps*) off the east-coast of Florida. *Bulletin of Marine Science* 53, 1013–1026.
- Amado-Filho, G. M.; Maneveldt, G.; Manso, R. C. C.; Marins-Rosa, B. V.; Pacheco, M. R.; Guimarães, S. M. P. B. (2007). Estrutura de los mantos de rodolitos de 4 a 55 metros de profundidad en la costa sur del estado de Espírito Santo, Brasil. *Ciencias Marinas* (2007), 33(4): 399–410.
- Amend, M.R., Yoklavich, M.M., Rzhhanov, Y, Grimes, C.B., and Wakefield, W.W. (2007) Mosaics of benthic habitats using laser line scan technology, in Todd, B.J., and Greene, K.G, eds., *Mapping the Seafloor for Habitat Characterization: Geological Association of Canada, Special Paper 47*, p. 61-69.
- Anderson, J. T., Holliday, D. V., Kloser, R., Reid, D. G., and Simard, Y. (2008). Acoustic seabed classification: current practice and future directions. – *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1004–1011.
- Anderson, J.T., Gregory, R.S., Collins, W.T., (2002) .Acoustic classification of marine habitats in coastal Newfoundland. *ICES Journal of Marine Science* 59, 156–167.
- Andrade, A. C. da S. (1994). Geologia da região costeira de Caravelas – BA: contribuição ao planejamento ambiental. Salvador, BA, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia - UFBA, 152 Pp.
- Andréfouët, S., Kramer, P., Torres-Pulliza, D., Joyce, K.E., Hochberg, E.J., Garza-Perez, R., Mumby, P.J., Riegl, B., Yamano, H., White, W.H., Zubia, M., Brock, J.C., Phinn, S.R., Nasser, A., Hatcher, B.G. & Muller-Karger, F.E. (2003) Multi-site evaluation of IKONOS data for classification of tropical reef environments. *Remote Sensing of Environment* 88: 128–143.
- Ayres Neto, A. & Baptista Neto, J. A. (2004) Métodos diretos e indiretos de investigação de fundo marinho. In: Batista Neto, J. A.; Ponzi, V. R. A.; Sichel, E. E. *Introdução à Geologia Marinha*. Rio de Janeiro. Interciência, 1: 127–152.

- Begon M, Harper JL, Townsend CR. (1990). Ecology: individuals, populations and communities. Blackwell Scientific Publications; 1990.
- Benaka, L. (Ed.), (1999). Fish Habitat: Essential Fish Habitat and Rehabilitation. American Fisheries Society, Bethesda, MD.
- Bittencourt, A. C. S. P.; Dominguez, J. M. L.; Martin, L.; Silva, I. R. (2000). Patterns of Sediment Dispersion Coastwise the State of Bahia – Brazil. *An. Acad. Bras. Ci.*, (2000) 72 (2).
- Bjorndal, K. A.; Bowen, B. W.; Chaloupka, M.; Crowder, L. B.; Heppell, S. S.; Jones, C. M.; Lutcavage, M. E.; Policansky, D.; Solow, A. R.; Witherington, B. E. (2011). Better Science Needed for Restoration in the Gulf of Mexico. *SCIENCE VOL 331* 4 FEBRUARY 2011.
- Bosence, D.W.J. (1983). The occurrence and ecology of recent rhodoliths – a review. In: Peryt, T.M. (Ed.), *Coated Grains*. Berlin: Springer. p. 225 - 242.
- Brown CJ, Hewer A, Meadows WJ, Limpenny DS, Cooper KM, Rees HL. (2004). Mapping seabed biotopes at Hastings Shingle Bank, Eastern English Channel. Part 1. Assessment using sidescan sonar. *J Marine Biol Assoc UK* 2004;84:481–8.
- Brown, C. J. & Blondel, P. (2008). Developments in the application of multibeam sonar backscatter for seafloor habitat mapping. *Applied Acoustics xxx* (2008) xxx–xxx.
- Brown, C.J., Cooper, K.M., Meadows, W.J., Limpenny, D.S., Rees, H.L., (2002). Small-scale mapping of sea-bed assemblages in the eastern English Channel using sidescan sonar and remote sampling techniques. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 54, 263–278.
- Brown, C.J.; Mitchell, A.; Limpenny, D.; Robertson, M.; Service, M.; Golding, N. (2005). Mapping seabed habitats in the Firth of Lorn, west coast of Scotland: evaluation and comparison of habitat maps produced using the acoustic ground discrimination system, RoxAnn, and sidescan sonar. *ICES J. Mar. Sci.* 62, 790–802.
- Bryant, D., Burke, L., McManus, J., and Spalding, M. (1998). *Reefs at Risk: A Map-based Indicator of Potential Threats to the World's Coral Reef*. World Resources Institute, Washington, DC.

- Castaños, G. X. O. (2002). Integração das imagens sonográficas e perfis batimétricos na Plataforma de Regência (Bacia de Espírito Santo). 2002. 75 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Castelo, J.P.; Yamaguti, N.; Correa, F.M. & Ledo, B.S. (1994). Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões sul-sudeste o Brasil. FUNDESPA. Petrobrás. 427 p.
- Castro, C. B. (1999). Aspectos ambientais do complexo de Abrolhos. Relatório do Projeto de Desenvolvimento de um Plano de Ação para a Conservação dos Recursos Marinhos do Complexo de Abrolhos. CI, 1999.
- Cebola, J. R. (2007). Pescadores e pescarias de camarão em áreas inter-recifais sob diferentes tipos de manejo no Banco dos Abrolhos: Diagnóstico, produção e caracterização ecológica. Relatório de Pesq. Final. Conservação Internacional do Brasil/Universidade Estadual de Maringá. Relatório interno CI-Brasil, 56p.
- Cendrero, A. (1989) Mapping and evaluation of coastal areas for planning. *Ocean and Shoreline Management* 12: 427–462.
- Christensen, O., Kostylev, V., Longva, O., Thorsnes, T., Courtney, R.C. & Gjevik, B. (2009) Correlations of geological and biological elements in marine habitat mapping in glaciated areas; field tests from the coast of Møre and Romsdal County, western Norway. *Norwegian Journal of Geology*, vol. 89. pp. 233-249, Trondheim 2009.
- Clifton, H.E., and Hunter, R.E., (1972), The sand tilefish *Malacanthus plumieri*, and the distribution of coarse debris near West Indian coral reefs, in Colette, B.B., and Earle, S.A., eds., *Results of the Tektite program: Ecology of coral reef fishes: Natural History Museum, Los Angeles County Science Bulletin*, v. 14, p. 87-92.
- Cogan, C. B., and Noji, T. T. (2007). Marine classification, mapping, and biodiversity analysis. In *Mapping the Seafloor for Habitat Characterization*, pp. 129–139. Ed. by B. J. Todd, and H. G. Greene. Geological Association of Canada, St John's, Newfoundland, Canada.
- Coggan, R.,Diesing,M.,Vanstaen,K. (2009). Mapping Annexl Reefs in the central English Channel:evidence to support the selection of candidate SACs. *ScienceSeries TechnicalReport, Cefas Lowestoft*,145,116pp.

- Coleman, N.; A.S.H. Gason; & G.C.B. Poore. (1997). High species richness in the shallow marine waters of south-east Australia." *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 154:17-26.
- Collier, J.S.; Humber, S.R. (2007). Time-lapse side-scan sonar imaging of bleached coral reefs: A case study from the Seychelles. *Remote Sensing of Environment*. n°108. pp. 339–356.
- Collins, W., Gregory, R., and Anderson, J. 1996. A digital approach to seabed classification. *Sea Technology*, 37: 83–87.
- Cooke, Caroline Vieira; Madureira, Lauro Saint Pastous; Griep, Gilberto Henrique; Pinho, Marcelo Peres de. (2007). Análise de dados de ecosondagem de fundo oriundos de cruzeiros realizados entre Fortaleza (CE) e Chuí (RS) com enfoque na morfologia e tipos de fundo. *Revista Brasileira de Geofísica* (2007) 25(4): 443-457.
- Copps, S.L., Yoklavich, M.M., Parkes, G.B., Wakefield, W.W., Bailey, A., Greene, KG, Goldfinger, C, and Burn, R.W., 2007, Applying marine habitat data to fishery management on the U.S. west coast: Initiating a policy-science feedback loop, in Todd, B.J., and Greene, KG, eds., *Mapping the Seafloor for Habitat Characterization: Geological Association of Canada, Special Paper 47*, p. 451-462.
- Cutter Jr., G.R., Rzhanov, Y., Mayer, L.A., 2003. Automated segmentation of seafloor bathymetry from multibeam echosounder data using local Fourier histogram texture features. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 285/286, 355–370.
- Darmell, P., 2000, Applying remote sensing techniques to map seafloor geology / habitat relationships: M.Sc. Thesis, San Francisco State University, San Francisco, California, USA, 113 p.
- Davis, W.R., Draxler, A.F.J., Paul, J.F., Vitaliano, J.J., 1998. Benthic biological processes and Eh as a basis for a benthic index. *Environmental Monitoring and Assessment* 51, 259–268.
- De Young, C., Charles, A., and Hjort, A. 2008. Human dimensions of the ecosystem approach to fisheries: an overview of context, concepts, tools and methods. *FAO Fisheries Technical Paper*, 489. 152 pp.

- Degraer, S., G. Moerkerke, M. Rabaut, G. Van Hoey, I. D. Vincx, J.P. Henriët and V. Van Lancker, 2008 Very-high resolution side-scan sonar mapping of biogenic reefs of the tube-worm *Lanice conchilega*. *Remote Sensing of Environment* 112, 323–3328.
- Deutsch, C.V. & Journel, A.G., 1998. *GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide*, second ed. Oxford Univ. Press, New York, 369pp.
- Di Ciommo, R. C., 2006. Contradições da conservação: algumas questões de gênero nas Reservas Extrativistas Marinhas. In: *Seminário Internacional Fazendo Gênero*. 2006, Florianópolis. Simpósio Temático ST31 - Gênero, Etnoconhecimento e Meio Ambiente. Florianópolis.
- Dias G.T.M., El Robrini M., Freire G.S.F. & Figueiredo Jr A.G. 2004. *Cartas de Sedimento de Fundo. Áreas da Oceanografia Geológica (Sul, Central, Nordeste e Norte) – Programa de Avaliação do Potencial Sustentável dos recursos vivos na Zona Econômica Exclusiva*. REVIZEE. CD-ROM de Cartas Sedimentológicas.
- Dias, G. T. M. (2000). Granulados bioclásticos – algas calcárias. *Brazilian Journal of Geophysics*, Vol. 18(3). P. 307-318.
- Dias, G. T. M.; Robrini, M.; Freire, J. S. S.; Figueiredo, Alberto. (2007). *Geologia dos sedimentos superficiais da plataforma continental brasileira*. Brasília, DF. CPRM. 1a.
- Diaz, R. J.; Solan, M. & Valente, R. M. (2004) A review of approaches for classifying benthic habitats and evaluating habitat quality. *Journal of Environmental Management*, 73: 165–181.
- Dooley, J.K., 1978, Systematics and biology of the tilefishes (Perciformes: Branchiostegidae and Malacanthidae), with descriptions of two new species: National Oceanographic and Atmospheric Administration Technical Report Circular 411, 78 p.
- Durand, S.; Legendre, P. & Juniper S. K. (2006). Sonar backscatter differentiation of dominant macrohabitat types in a hydrothermal vent field. *Ecological Applications*, 16(4), 2006, pp. 1421–1435

- Dutra L.X.C. 2003. Os efeitos do aporte de sedimento na vitalidade dos recifes de corais de Abrolhos, Bahia. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Dissertação de Mestrado, 93 p.
- Dutra, G.F.; Allen, G.R.; Werner, T.; McKenna, S.A. (Eds). A Rapid Marine Biodiversity Assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. RAP Bulletin of Biological Assessment 38, Washington: Conservation International, 2005.
- Dutra, L.X.C., Kikuchi, R.K.P. e Leão, Z.M.A.N., 2006. Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 39:633-639.
- Fagerstrom, J.A., 1987. *The Evolution of Reef Communities*. Wiley, New York.
- Figueiredo MAO, Steneck RS. 2002. Floristic and ecological studies of crustose coralline algae on Brazil's Abrolhos reefs. *Proc. 9<sup>th</sup> Int. Coral Reef Symp.* 1: 493–498.
- Figueiredo, M.A.O.; Menezes, K.S.; Costa-Paiva, E.M. & Ventura, C.R.R. 2007. Evaluación experimental de rodolitos como sustratos vivos para la infauna en el Banco de Abrolhos, *Brasil Ciencias Marinas* (2007), 33(4): 427–440.
- Foster MS, McConnico LM, Lundsten L, Wadsworth T, Kimball T, Brooks LB, Medina-López M, Riosmena-Rodríguez R, Hernández-Carmona G, Vásquez-Elizondo RM, Johnson S, Steller DL. 2007. Diversity and natural history of a *Lithothamnion muelleri*-*Sargassum horridum* community in the Gulf of California. *Cienc. Mar.* 33(4): 367–384.
- Foster, MS. (2001). Rhodoliths: Between rocks and soft places. *J. Phycol.* 37: 659–667.
- Fox, D., Amend, M., and Merems, M., 1999, *Nearshore rocky reef assessment*, Newport, Oregon: Oregon Department of Fish and Wildlife, 40 p.
- Franklin, E. C.; Ault, J. S.; Smith, S. G.; Luo, J.; Meester, G. A.; Diaz, G. A.; Chiappone, M.; Swanson, D. W.; Miller, S. L.; Bohnsack, J. A. (2003). Benthic habitat mapping in the Tortugas Region, Florida. *Marine Geodesy*, 26:19–34, 2003.
- Freitas, R., Rodrigues, A.M., Quintino, V., 2003. Benthic biotopes remote sensing using acoustics. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 285/286, 339–353.

- Frid, C. L. J., Paramor, O. A. L., and Scott, C. L. 2006. Ecosystem-based management of fisheries: is science limiting? *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1567–1572.
- Friedlander, A. M. & Parrish, J. D. (1998) Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 224: 1–30.
- Froese, R. and D. Pauly, (editors), 2003, FishBase: World Wide Web publicação eletrônica, [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), acessado em 08 OUT 2010.
- Gherardi, D. F. M. (2004). Community structure and carbonate production of a temperate rodolith bank from Arvoredo Island, southern Brazil. *Braz. J. Oceanogr.*, 52 (3/4), 207-224.
- Gherardi, D.F.M.; Bosence, D.W.J. 2005. Late Holocene reef growth and relative sea-level changes in Atol das Rocas, equatorial South Atlantic. *Coral Reefs*, n. 24/2, p. 264–272.
- Gherardi, D.F.M.; Bosence, D.W.J., 2001. Composition and community structure of the coralline-algal reefs from Atol das Rocas, South Atlantic, Brazil. *Coral Reefs*, n.19, p. 205–219.
- Goovaerts, P., 1997. *Geostatistics for Natural Resources Evaluation*. Oxford University Press, New York, 483pp.
- Gray JS. Animal–sediment relationships. *Oceanogr Marine Biol Ann Rev* 1974;12:223–61.
- Greene H.G., Yoklavich M.M., Sullivan D., Cailliet G.M., A geophysical approach to classifying marine benthic habitats: Monterey Bay as a model, in: O’Connell T., Wakefield W. (Eds.), *Applications of Side-scan Sonar and Laser-line Systems in Fisheries Research*, Alaska Fish and Game Sp. Publ. No. 9, 1995, pp. 15-30.
- Greene, H. G., Bizzarro, J. J., O’Connell, V. M., and Brylinsky, C. K. 2007. Construction of digital potential marine benthic habitat maps using a coded classification scheme and its application. In *Mapping the Seafloor for Habitat Characterization*, pp. 141–155. Ed. by B. J. Todd, and H. G. Greene. Geological Association of Canada, St John’s, Newfoundland, Canada.

- Greene, H.G., Yoklavich, M.M., Starr, R.M., O'Connell, V.M., Wakefield, W.W., Sullivan, D.E., McRea Jr., J.E., Cailliet, G.M., 1999. A classification scheme for deep seafloor habitats. *Oceanologica Acta* 22, 663–678.
- Greenstreet, S. P. R., Tuck, I. D., Grewar, G. N., Armstrong, E., Reid, D. G., and Wright, P. J. 1997. An assessment of the acoustic survey technique, RoxAnn, as a means of mapping seabed habitat. *ICES Journal of Marine Science*, 54: 939–959.
- Han, X., Suess, E., Sahling, H., Wallmann, K., 2004. Fluid venting activity on the Costa Rica Margin: new results from authigenic carbonates. *Int. J. Earth Sci.* 93, 596–611.
- Hatcher, G.A., and Maher, N., 1999, Real-time GIS for Marine Applications, in Wright, D.J., and Bartlett, D.J., eds., *Marine and Coastal Geographical Information Systems*: Taylor and Francis, London, p. 137-147.
- Hewitt, J. E.; Thrush, S. F.; Legendre, P.; Funnell, G. A.; Ellis, J.; Morrison, M. (2004). Mapping of marine soft-sediment communities: integrated sampling for ecological interpretation. *Ecological Applications*, 14(4), 2004, pp. 1203–1216.
- Hodgson, G., 1999. A global assessment of human effects on coral reefs. *Mar. Pollut. Bull.* 38, 345–355.
- Hovland, M., Judd, A.G., 1988. Seabed pockmarks and seepages. *Impact on Geology, Biology and the Marine Environment*. Graham and Trotman, Oxford. 293 pp.
- Hughes, T.P., Connell, J.H., 1999. Multiple Stressors on Coral Reefs: a Long-Term Perspective. *Limnol. Oceanogr.* 44 (3), 932–940.
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J., Warner, R.R., 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293, 629–638.
- Jones CG, Lawton JH, Shachak M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos* 69: 373–386.
- Jones, G.P., Syms, C., 1998. Disturbance, habitat structure and the ecology of fishes on coral reefs. *Austral Ecol.* 23 (3), 287–297.

- Kendall, M. S.; Jensen, O. P.; Alexander, C.; Field, D.; McFall, G.; Bohne, R. & Monaco, M. E. (2005) Benthic Mapping Using Sonar, Video Transects, and an Innovative Approach to Accuracy Assessment: A Characterization of Bottom Features in the Georgia Bight. *Journal of Coastal Research*, 21 (6): 1154–1165.
- Kenny, A. J.; Cato, I.; Desprez, M.; Fader, G.; Schüttenhelm, R. T. E. & Side, J. (2003) An overview of seabed-mapping technologies in the context of marine habitat classification. *Journal of Marine Science*, 60: 411–418.
- Kikuchi, R.K.P. (2000) Modificaç,ões na comunidade dos corais construtores dos recifes da costa norte da Bahia durante a regressão holocênica. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, Brasil. 148 pp.
- Klein, D.A., Bastos, A.C., Dutra, G., Musinsky, J., Kikuchi, R. and Moura, R., 2008, Mapping Marine Habitats in The Largest Reef Area Of Southern Atlantic: The Abrolhos Bank, Brazil. 11th Coral Reef Symposium, Abstract CD-ROM, Fort Lauderdale, FL-USA.
- Koenig CC, Coleman FC, Grimes CB, Fizhugh GR, Scanlon KM, Gledhill CT, Grace M (2000) Protection of fish spawning habitat for the conservation of warm temperate reef fish fisheries of shelf-edge reefs of Florida. *Bull Mar Sci* 66:593–616
- Kostylev, V.E., Todd, B.J., Fader, G.B.J., Courtney, R.C., Cameron, G.D.M., Pickrill, R.A., 2001. Benthic habitat mapping on the Scotian Shelf based on multibeam bathymetry, surficial geology and sea floor photographs. *Marine Ecology Progress Series* 219, 121–137.
- Laban, C. 1998. Seabed mapping. *Hydro International*, 2(1): 4. Lathrop, R.G., Cole, M., Senyk, N., Butman, B., 2006. Seafloor habitat mapping of the New York Bight in incorporating sidescan sonar data. *Estuarine Coastal Shelf Sci.* 68, 221–230.
- Leão, Z. M. A. N. (2002). Abrolhos, BA - O complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. de A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-Born, M. L. C.. SÍTIOS GEOLÓGICOS E PALEONTOLÓGICOS DO BRASIL. Brasília: DNPM, 2002. p 345-359.
- Leão, Z. M. A. N., 2002. Abrolhos, BA - O complexo recifal mais extensor do Atlântico Sul. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. de A.; Queiroz, E. T.; Winge, M.; Berbert-

- Born, M. L. C.. SÍTIOS GEOLÓGICOS E PALEONTOLÓGICOS DO BRASIL. Brasília: DNPM, 2002. p 345
- Leão, Z.M.A.N. & Ginsburg, R. (1997). Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panamá 2: 1767- 1772.
- Leão, Z.M.A.N. (1982). Morphology, geology and developmental history of the southernmost coral reefs of Western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil. Ph.D. Dissertation, Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida.
- Leão, Z.M.A.N. Abrolhos, Ba, O complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D.A; Queiroz, E.T; Winge, M.;Berbert-Born, M. Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil, p. 345-359, 1999.
- Leão, Z.M.A.N., Kikuchi, R. K. P. A relic coral fauna threatened by global changes and human activities, Eastern Brazil. Marine Pollution Bulletin, p. 13, 2005.
- Leão, Z.M.A.N.; Dutra, L.X.C. & Spanó, S. 2006. In: Dutra, G.F.; Allen, G.R.; Werner, T. & McKenna, S.A. (eds.) 2006. A rapid marine biodiversity assessment of the Abrolhos Bank, Bahia, Brazil. RAP Bulletin of Biological Assessment 38. 160 p.
- Leão, Z.M.A.N.; Kikuchi, R.K.P.; Testa, V. (2003). Corals and coral reefs of Brazil. In: J. Cortés (ed.). Latin American Coral Reefs. pp. 9-52. Elsevier Science.
- Leão, Zelinda Margarida Andrade Nery; Oliveira, Marília de Dirceu Machado; Kikuchi, Ruy Kenji Papa. (2008). Os recifes de coral da APA Ponta da Baleia, Bahia. OLAM Ciência & Tecnologia - Rio Claro / SP, Brasil, Ano VIII, Vol. 8, nº.1, p. 287-315.
- Lindberg, B., C. Berndt and J. Mienert. (2007).The Fugløy Reef at 70°N; acoustic signature, geologic, geomorphologic and oceanographic setting. Int J Earth Sci (Geol Rundsch) 96: 201–213.
- Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D.G., Schmid, B., Tilman, D., Wardle, D.A., 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. Science 294, 804–808.

- Love, M.S., D.M. Schroeder, B. Lenarz, and G.R. Cochrane. 2006. Gimme shelter: The importance of crevices to some fish species inhabiting a deeper-water rocky outcrop in Southern California. *Calif. Coop. Ocean. Fish. Investig. Rep.* 47:119-126.
- Lund, K. and A.R. Wilbur. 2007. Habitat classification feasibility study for coastal and marine environments in Massachusetts. Massachusetts Office of Coastal Zone Management. Boston, MA. 31 p
- Lurton, X., and Pouliquen, E. 1992. Automated sea-bed classification system for echosounders. *IEEE Oceans'92, Conference Proceedings*, pp. 317–321.
- Mankiewicz, C., Wirth, K., Ballou, S. Beavis, M., Diggins IV, John, Douglas, P., Feucht, D., Leven, C., Mathers, G., Poteat, V., Waldron, A., 2003, Modern tilefish mounds of Isla Cozumel, Mexico: *Geological Society of America Abstracts with Programs*, v. 35, no. 6, p. A. 597.
- Marchioro, Gabriel B.; Nunes, Marcelo Alessandro; Dutra, Guilherme F.; Moura, Rodrigo L. & Pereira, Paulo Gustavo do P. (2005). Avaliação dos impactos da exploração e produção de hidrocarbonetos no Banco dos Abrolhos e adjacências. *Revista Megadiversidade*. Volume 1 | No 2. p 225- 310.
- Martins, A.S.; Olavo, G.; Costa, P.A.S. 2005. A pesca de linha de alto mar realizada por frotas sediadas no Espírito Santo, Brasil. In: COSTA, P.A.S.; MARTINS, A.S.; OLAVO, G. (Eds.) *Pesca e potenciais de exploração de recursos vivos na região central da Zona Econômica Exclusiva brasileira*. Rio de Janeiro: Museu Nacional. p.35-55 (Série Livros n.13).
- Mayer, L., J. E. Hughes Clarke and S. Dijkstra (1999). "Multibeam sonar: potential applications for fisheries research." *Journal of Shellfish Research*, 17(5):1463-1467.
- Melo, Ubirajara; Summerhaes, Colin P.; Ellis, Jeffrey P. (1975). Parte IV: Salvador to Vitória, Southeastern Brazil. *Contr. Sedimentology*. Stuttgart. v4. p. 78 – 116.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeiras e marinhas. Fundação Bio-RIO, SECTAM, IDEMA, SNE, Brasília. P. 72. 2002.

- Moberg, Fredrik & Folke, Carl. (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economics*. 29. p: 215–233.
- Moberg, Fredrik & Rönnbäck, Patrik. (2003). Ecosystem services of the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean & Coastal Management*. 46. p: 27–46.
- Moline, M. A.; Woodruff, D. L.; Evans, N. R. (2007). Optical Delineation of Benthic Habitat Using an Autonomous Underwater Vehicle. *Journal of Field Robotics* 24(6), 461–471 (2007).
- Möller, P.; Pihl, L.; Rosenberg, R. (1985). Benthic faunal energy flow and biological interaction in some shallow marine soft bottom habitats. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 27: 109-121, 1985.
- Moser, M. L.; Ross, S. W.; Snyder S. W.; Dentzman R. C. (1995). Distribution of bottom habitats on the continental shelf of North Carolina. Final report to Marine Resources Research Institute, South Carolina Department of Natural Resources for the Southeast Area Monitoring and Assessment Program, Bottom-Mapping Workgroup.
- Moura, R. L.; Amado-Filho, G. M.; Klein, D. A.; Bastos, A. C.; Abrantes, D.; Bahia, R. G.; Sumida, P. Y. G.; Güth, A. Z.; Francini-Filho, R. B.; Ferreira, C. M.; Secchin, N. A. & Dutra, G. F.. 2009. Ferramentas inovadoras para a caracterização e conservação de habitats bentônicos da plataforma continental: um estudo sobre os bancos de rodólitos de Abrolhos (BA e ES). Simpósio 19, 60° Congresso Nacional de Botânica. Feira de Santana, Bahia, Brasil. 28/JUN – 03/JUL 2009.
- Muckelbauer, G., 1990, The shelf of Cozumel, Mexico: topography and organisms: *Facies*, v. 23, p. 185-240.
- Muehe, Dieter. (1988). O arquipélago dos Abrolhos: geomorfologia e aspectos gerais. In: Anuário do instituto de geociências, Ano: 1987-1988. UFRJ (RJ) – BRASIL, p. 90-100.
- Myers, N. (1997). Global biodiversity II: losses and threats. *Principles of Conservation Biology*, 2nd edition. Eds. Meffe, G. K.; Carroll, C. R. and contributors. p. 123-149.

- Nichols, K. 1999. Coming to terms with Integrated Coastal Management: problems of meaning and methods in a new arena of resource regulation. *Professional Geographer*, 51: 388–399.
- Nogueira, F. S. de. (2009). *Conflitos em áreas de conservação ambiental : o caso de Caravelas e do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos, Bahia*. Porto Alegre, 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Nyström M & Folke, C.. 2001. Spatial resilience of coral reefs. *Ecosystems* 4: 406–17.
- Orpin, A.R. & Kostylev, V.E. (2006). Towards a statistically valid method of textural sea floor characterization of benthic habitats. *Marine Geology* 225 (2006) 209–222.
- Pickrill, R.A., and Kostylev, V.E., 2007, Habitat mapping and national seafloor mapping strategies in Canada, in Todd, B.J., and Greene, H.G., eds., *Mapping the Seafloor for Habitat Characterization: Geological Association of Canada, Special Paper 47*, p. 483-495.
- Pilcher, R. & Argent, J. 2007. Mega-pockmarks and linear pockmark trains on the West African continental margin. *Marine Geology* 244 15–32.
- Pinn, E. H., and Robertson, M. R. 2003. Effect of track spacing and data interpolation on the interpretation of benthic community distributions derived from RoxAnn™ acoustic surveys. – *ICES Journal of Marine Science*, 60: 1288–1297.
- Pomar, L. (2001). Types of carbonate platforms: a genetic approach. *Basin Research*. [13], p 313-334.
- Prada, M. C.; Appeldoorn, R. S. & Rivera, J. A. (2007). The effects of minimum map unit in coral reefs maps generated from high resolution side scan sonar mosaics. *Coral Reefs*. DOI 10.1007/s00338-007-0328-5.
- Prates, A.P. (org.). *Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação*. 2 ed. Ampliada. Brasília: MMA, SBF. 2006.
- Rhoads, D.C., 1974. Organism–sediment relations on the muddy seafloor. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 12, 263–300.
- Roberts, C.M., Ormond, R.F.G., 1987. Habitat complexity and coral reef fish diversity and abundance on Red Sea fringing reefs. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 41, 1–8.

- Rocha, L. A. & Rosa, I. L. (2001). Baseline assessment of reef fish assemblages of Parcel Manuel Luiz Marine State Park, Maranhão, north-east Brazil. *Journal of Fish Biology* (2001) 58, 985–998
- Rocha, L. A., Rosa, I. L. & Rosa, R. S. (1998). Peixes recifais da costa da Paraíba, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 15, 553–566
- Ryan, D. A.; Brooke, B. P.; Collins, L. B.; Kendrick, G. A.; Baxter, K. J.; Bickers, A. N.; Siwabessy, P. J. W.; Pattiaratchi, C. B. (2007). The influence of geomorphology and sedimentary processes on shallowwater benthic habitat distribution: Esperance Bay, Western Australia. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 72 (2007) 379-386
- Sahling, H; Bohrmann, G.; Spiess, V.; Bialas, J.; Breitzke, M.; Kasten, S; Kasten, R.; Schneider, R. 2008. Pockmarks in the Northern Congo Fan area, SW Africa: Complex seafloor features shaped by fluid flow. *Marine Geology* 249 206–225
- Schlager, W. 1981. The Paradox of Drowned Reefs and Carbonate Platforms, *Bulletin of the Geological Society of America*, v.92, p.197-211.
- Solan, M., Germano, J.D., Rhoads, D.C., Smith, C., Michaud, E., Parry, D., Wenzhöfer, F., Kennedy, B., Henriques, C., Battle, E., Carey, D., Iocco, L., Valenete, R., Watson, J., Rosenberg, R., 2003. Towards a greater understanding of pattern, scale and process in marine benthic systems: a picture is worth a thousand worms. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 285/286, 313–338.
- Souza, L.A.P. & Moura, R.L.. 2005. Sonar de varredura Lateral aplicado ao estudo de áreas recifais: o exemplo de Abrolhos. In: Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica – CISBGf, 9. Salvador, BA. Anais. CD- ROM.
- Spalding, M.D. and A.M Greenfell, 1997. New estimates of global and regional coral reef areas. *Coral Reefs* 16(4),225–230.
- Spalding, M.D.; C. Ravilious and E.P. Green, 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. University of California Press, 424p.
- Steller DL, Riosmena-Rodríguez R, Foster MS, Roberts CA. 2003. Rhodolith bed diversity in the Gulf of California: The importance of rhodolith structure and consequences of disturbance. *Aquat. Conserv.: Mar. Freshwat. Ecosyst.* 13(S1): S5–S20.

- Steneck RS. 1986. The ecology of coralline algal crusts: Convergent patterns and adaptive strategies. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 17: 273–303.
- Steneck, R.S. (1997) Fisheries-induced biological changes to the structure and function of the Gulf of Maine ecosystem. In: *Proceedings of the Gulf of Maine Ecosystem Dynamics Scientific Symposium and Workshop*, RARGOM Report 91-1, pp. 151–165. Hanover, NH, USA: Regional Association for Research in the Gulf of Maine
- Testa, V.; Bosence, D.W.J. 1999. Physical and biological controls on the formation of carbonate and siliciclastic bedforms on the north-east Brazilian shelf. *Sedimentology*, v. 46, p. 279-301.
- Thrush SF, Hewitt JE, Cummings VJ, Dayton PK, Cryer M, Turner SJ, Funnell G, Budd R, Milburn C, Wilkinson MR (1998) Disturbance of the marine benthic habitat by commercial fishing: impacts at the scale of the fishery. *Ecol Apps* 8:866–879
- Todd, B.J., Fader, G.B.J., Courtney, R.C., Pickrill, R.A., 1999. Quaternary geology and surficial sediment processes, Browns Bank, Scotian Shelf, based on multibeam bathymetry. *Marine Geology*. 162, 165–214.
- Valentine, P. C., Todd, B. J., and Kostylev, V. E. 2005. Classification of marine sublittoral habitats, with application to the northeastern North America region. *American Fisheries Society Symposium*, 41: 183–200.
- Van Dolah, R. F.; Maier, P.P; Sedberry, G. R.; Barrans, C. A.; Idris, F. M.; Henry, V. J. (1994). Distribution of bottom habitats on the continental shelf of South Carolina and Georgia. Final report submitted to the Southeast Area Monitoring and Assessment Program, South Atlantic Committee.
- Van Walree PA, Tegowski J, Laban C, Simons DG. Acoustic seafloor discrimination with echo shape parameters: a comparison with the ground truth. *Continental Shelf Res* 2005;25:2273–93.
- Vicalvi, M.A.; M.P.A. Costa; R.O. Kowsmann, 1978, Depressão de Abrolhos: uma paleolaguna Holocênica na plataforma continental leste brasileira. *Bol. Tec. Petrobrás*, 21(4):279-286.
- Vicalvi, M.A.; Milliman, J.D. 1977. Calcium Carbonate Sedimentation on Continental Shelf off Southern Brazil with Special Reference to Benthic Foraminifera. In:

- Frost, S.H. Weiss M.P.; Saunders, J.B. *Studies in Geology* 4. Tulsa: AAPG. p. 313-328.
- Wackernagel, H., 1998. *Multivariate Geostatistics*. Springer, Berlin, 291pp.
- Waddell, J.E. (ed.), (2005). *The State of Coral Reef Ecosystems of the United States and Pacific Freely Associated States: 2005*. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 11. NOAA/NCCOS Center for Coastal Monitoring and Assessment's Biogeography Team. Silver Spring, MD. 522 pp.
- Wilder, D. & Norris H. (2002). Mapping bottom habitats along the southeastern U.S. continental margin. in: Joe Breman, ed. *Marine Geography GIS for the Oceans and Seas*. 2002. Pp. 79-86
- Wright, D. J. & Heyman, W. D. (2008) Introduction to the special issue: marine and coastal GIS for geomorphology, habitat mapping, and marine reserves. *Marine Geodesy*, 31: 223–230.
- Wright, D.J., and Goodchild, M.F., 1997, Data from the deep: implications for the GIS community: *International Journal of Geographical Information Science*, v. 11, no. 6, p. 523-528.
- Yoklavich M.M., Starr R., Steger J., Greene KG., Schwing F., Malzone C., Mapping benthic habitats and ocean currents in the vicinity of central California's Big Creek Ecological Reserve NOAA Techn. Memor. NOAA-TM-NMFS-SWFSC- 245, 1997,52 p.
- Yoklavich, M., Greene, H.G, Cailliet, G, Sullivan, D., Lea, R., and Love, M., 2000, Habitat associations of deep-water rockfishes in a submarine canyon: an example of a natural refuge: *Fishery Bulletin*, v. 98, p. 625-641.
- Yoklavich, M.M., Cailliet, GM., Lea, R.N., Greene, H.G, Starr, R., deMarignac, J., and Field, J., 2002, Deepwater habitat and fish resources associated with the Big Creek Ecological Reserve: *CalCOFI Reports*, v. 43, p. 120-140.