

BÁRBARA SEGAL RAMOS

*Corais e comunidades recifais e sua relação com a sedimentação
no Banco dos Abrolhos, Brasil*

Tese apresentada à Coordenação de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Ciências Biológicas - Zoologia

Rio de Janeiro

Abril/2003

BÁRBARA SEGAL RAMOS

*Corais e comunidades recifais e sua relação com a sedimentação
no Banco dos Abrolhos, Brasil*

Banca Examinadora:

Prof. Clóvis Barreira e Castro

(Presidente da Banca)

Prof. Gustavo Wilson Lunan

Prof. Puy Kenji Papa de Hikuchi

Prof. Diana de Oliveira Feres

Prof. Joel Christopher Creed

Rio de Janeiro

Abril/2003

O presente trabalho foi desenvolvido no Departamento de Invertebrados, Setor de Celenterologia do Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro, sob a orientação do Dr. Clovis Barreira e Castro (Departamento de Invertebrados/Museu Nacional) e sob co-orientação do Dr. Heitor Evangelista da Silva (Laboratório de Radioecologia e Mudanças Globais – LARAMG/UERJ).

FICHA CATALOGRÁFICA**SEGAL-RAMOS, Bárbara****Corais e comunidades recifais e sua relação com a sedimentação no Banco dos Abrolhos,
Brasil****Rio de Janeiro. UFRJ, Museu Nacional, 2003.****ix, 133 p.****Tese: Doutor em Ciências Biológicas (Zoologia)****1. Recifes de coral 2. Abrolhos 3. Sedimentação 4. Comunidade 5. Coral****I. Universidade Federal do Rio de Janeiro - Museu Nacional****II. Teses**

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Clovis Castro, por toda a dedicação, paciência, apoio e por ser um exemplo de conduta profissional e pessoal.

Ao meu co-orientador, Dr. Heitor Evangelista da Silva, que sempre se desdobrou para resolver os problemas com a maior boa vontade, e pela sua amizade e sábios conselhos em momentos críticos.

À Dra Debora Pires, que também esteve sempre presente com idéias ótimas, ajudas nas coletas de dados, bate-papos construtivos a respeito deste trabalho e também pelas várias acolhidas no sítio.

Às pessoas que ajudaram nas várias etapas das coletas de dados e viagens de campo: Monica Lins de Barros, Emiliano Calderon, Marcelo Medeiros, Marcos Barbeitos, Débora Pires, Cláudio Ratto, Paolo Botticelli, Fábio Negrão, Cecília de Faria, Ernesto Viveiros de Castro, Paulo Paiva, Alexandre Borges, Moacir Apolinário, Cristovam Thiago, Eduardo Berman e Marta de Abranches.

Ao Marcelo Medeiros, por inúmeras ajudas em várias etapas, mas principalmente pelos socorros com os programas de edição de imagens e por me ajudar e ceder o “Kinder Ovo” nas várias mudanças pelo Rio de Janeiro.

Ao Dr. Joel Creed e ao Dr. Gustavo Nunan, pela revisão dos textos em inglês. Ao Dr. Adriano Kury e ao Dr. Renner Baptista, por permitirem o uso de computadores da Aracnologia nos fins de semana. Ao Dr. Guilherme Muricy, pelo auxílio com a impressão de algumas figuras.

Ao Serginho, Zig, mestre Dito, Jean Pierre e ao pessoal do Iate Clube de Caravelas pelas ajudas com embarcações e mergulhos.

A todos os amigos do Laboratório de Celenterologia que sempre fizeram de lá um agradável, divertido e produtivo local de trabalho.

A todos do LARAMG/UERJ, em especial à Eliane Vidaurre, Alexandre Alencar, Letícia Melo, Danyelee Godiva e Aldrey Gonçalves pela ajuda com as análises da

espectrometria gama, e ao Dr. Antônio Carlos de Freitas, pelas sugestões e empréstimos de bibliografias.

Ao Guilherme Dutra, da Conservation International do Brasil, pelo apoio logístico em Caravelas. Aos amigos de Caravelas que sempre me acolheram calorosamente em dias de vento Sul: Renata dos Anjos, Enrico Marone, Sérgio Fantini e Luciara Figueira. Ao Fábio Negrão, por viabilizar várias partes deste estudo.

Ao CNPq, pela bolsa concedida durante o período de doutorado e auxílios ao Setor de Celenterologia. À Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, pelo auxílio concedido para a realização de grande parte deste estudo.

Aos funcionários da Biblioteca do Museu Nacional, em especial à Vera de Figueiredo Barbosa e ao Antônio Carlos Gomes Lima, por atenderem aos pedidos sempre com a maior eficiência e simpatia.

A todos aqueles que contribuíram com o “Programa Fome Zero”, em especial Liliani, Dâmala, Marcelo, Abel e Débora. À Shanga do Templo Zen de Copacabana, Célio, Danusa, Veruska e Cíntia, por me fazerem sentir em casa e pelos ensinamentos do Zen. Às famílias Rosa e Assunção, que sempre me acolheram de braços abertos sempre que eu precisei e à família Medeiros, por cuidar da minha saúde e pelas ajudas com as mudanças.

À minha família, Pai, Mãe, Juju e Adélia, por incentivar sempre o meu trabalho e por estarem sempre presentes, apesar da distância, e prontos pra ajudar. Aos meus tios, Deza, Fred, Palala, Dudas e Renato, que além de estarem na torcida, patrocinaram os exemplares da tese. Às minhas avós, Dora e Doninha, que mesmo de longe sempre me mandaram muita energia positiva através de suas rezas.

Ao Paulo Paiva, pelas várias discussões estatísticas e pela paciência, carinho e valiosos conselhos durante os momentos de crise profissional.

Às amigas, irmãs do coração, Cíntia Assunção e Cristiana Serejo, por tantas conversas e tantos conselhos, de quem já passou por esses momentos de aperto com a tese e com a vida. E também por me acolherem na hora do desespero!

Ao Amazonas Chagas Jr., pelo auxílio com a edição de algumas imagens e pelo constante apoio e carinho nos momentos difíceis.

ÍNDICE

Resumo	viii
Abstract.....	ix
Introdução geral.....	1
Objetivos gerais.....	5
Objetivos específicos de cada capítulo	6
Artigo I: Coral communities structure and sedimentation at different distances from the coast in the Abrolhos Bank, Brazil.....	8
Artigo II: Radiometric and mineralogical signature of sediments and of the scleractinian coral, <i>Mussismilia braziliensis</i> , from Abrolhos, Brazil.....	37
Artigo III: Estruturação de Comunidades Coralíneas e Sedimentação em Recifes Internos do Banco dos Abrolhos, Brasil.....	72
Conclusões finais.....	127
Sugestões de estudos futuros	129
Referências bibliográficas.....	130

RESUMO

Uma questão cada vez mais importante em recifes de coral de todo o mundo é o efeito dos sedimentos terrígenos sobre a biota recifal. O estudo teve por objetivo avaliar comunidades coralíneas sujeitas a diferentes condições de sedimentação no Banco dos Abrolhos. Os recifes internos do Banco apresentaram, quase sempre, taxas de sedimentação maiores que as dos recifes externos. As taxas de deposição na maioria dos recifes foram maiores no inverno-primavera e, na maioria das vezes, associadas à frequência de ventos de mais de 15 nós, provenientes de NE-E ou S. Isto e a observação de que a composição de radioisótopos no sedimento não variou entre as estações sugerem uma influência importante da ressuspensão no regime de sedimentação. As comunidades coralíneas não apresentaram relação direta com a taxa de deposição de sedimentos. No entanto, observou-se que, na maioria dos casos, recifes com alta cobertura de *Palythoa caribaeorum* também apresentaram alta deposição de sedimentos. Houve uma relação inversa entre cobertura de *P. caribaeorum* e cobertura coralínea. Apesar disso, recifes com comunidades e deposições de sedimento diversas apresentaram altas taxas de recrutamento de corais, e mesma incorporação de radioisótopos do sedimento pelo coral *Mussismilia braziliensis*. O recrutamento de hidrocorais apresentou correlação positiva com a abundância de adultos destes organismos, enquanto não foi observada esta relação entre recrutas e adultos de escleractíneos. Fatores relacionados à sedimentação, como a abundância de *P. caribaeorum* ou luz, podem estar influenciando indiretamente na estruturação das comunidades de corais. A ocorrência de comunidades diferentes em situações aparentemente semelhantes sugere que a estrutura das comunidades deve responder a uma complexa interação de fatores bióticos e abióticos, incluindo a ocorrência de eventos estocásticos.

ABSTRACT

*Corals and reef communities and their relation with sedimentation
at the Abrolhos Bank, Brazil*

The effects of terrigenous sediments upon coral reefs are major concern all over the world. The aim of this study is to evaluate coral communities at different sediment settings at the Abrolhos Bank. Most reefs closer to shore presented higher sediment deposition rates than reefs farther from mainland. Deposition rates were, in most cases, higher at winter-spring and, usually, associated with the frequency of NE-E or S winds with speeds higher than 15 knots. This and the absence of differences in radioisotope composition of sediments in different seasons suggest an important influence of resuspension on the sedimentation regime. Coral communities showed no direct relation with sediment deposition. However, in most cases, reefs with high *Palythoa caribaeorum* cover also presented high sediment deposition rates. There was an inverse relation between *P. caribaeorum* abundance and coral cover. Nevertheless, reefs with different communities and sediment deposition rates presented high coral recruitment, and similar radioisotope assimilation by the coral *Mussismilia braziliensis*. Recruitment of hydrocorals presented a positive correlation with adult hydrocoral abundance, while scleractinian corals recruitment did not present the same pattern. Factors related to sedimentation, such as *P. caribaeorum* abundance or light, may be indirectly influencing the structure of coral communities. The occurrence of different communities in apparently similar situations suggests these communities may respond to complex interactions of biotic and abiotic features, including the occurrence of stochastic events.

Key words: sedimentation, coral community, radioisotopes, *Mussismilia braziliensis*, Abrolhos, Brasil

INTRODUÇÃO GERAL

Os corais são organismos cuja parte viva se limita a uma fina camada de tecido, cuja espessura é medida em milímetros (Birkeland, 1997). No entanto, este filme fino de tecido vivo é capaz de moldar o substrato, produzindo um ecossistema que abriga organismos de várias taxa diferentes, interagindo de forma complexa (Smith & Buddemeier, 1992). Essas interações são determinadas por fatores físicos, químicos e biológicos, e resultam em um ecossistema extremamente complexo e diverso, os recifes de coral. Como os corais expõem uma grande e fina superfície de tecido vivo ao ambiente, variações no meio, como luminosidade e fluxo de partículas alimentares, bem como outros parâmetros físico-químicos, têm influência direta na fisiologia destes organismos (Anthony & Larcombe, 2002). Desta forma, o ambiente físico nos recifes limita a distribuição e diversidade de espécies de coral, controla a maioria das variações morfológicas e é mais importante do que mecanismos biológicos nos processos evolutivos (Veron, 1995). Os corais hermatípicos necessitam de algumas condições especiais para o crescimento, como águas claras, rasas e quentes, com temperaturas entre 18 e 36° C (Hubbard, 1997). Hubbard (1997) considera ainda que, em uma micro escala, luminosidade, nutrientes, sedimentação e topografia sejam os principais fatores controladores do desenvolvimento de um recife.

Segundo Brown (1997), a visão de que os recifes de corais teriam evoluído sob condições estáveis, com limitadas flutuações das variáveis físicas e químicas foi desafiada nos anos 70, quando as comunidades coralíneas começaram a ser descritas como um mosaico em diferentes estágios de recuperação, resultado de vários tipos de distúrbios. Ainda segundo Brown (1997), estes distúrbios poderiam ser divididos em naturais e antrópicos. Dentre os distúrbios naturais estão as tempestades, furacões e ciclones, o branqueamento, os “outbreaks” de predadores, como *Acanthaster planci* no Pacífico, e mortalidade em massa de herbívoros, como *Diadema antillarum* no Caribe. Dentre os distúrbios antrópicos tem-se, por exemplo, a eutrofização, o aumento na sedimentação, a poluição por óleo e a exploração de corais para construção. A classificação destes

distúrbios em naturais ou antrópicos muitas vezes é difícil, mas um distúrbio que vem sendo citado como um dos mais importantes agindo sobre comunidades coralíneas de todo o mundo é a sedimentação (Rogers, 1990; Richmond, 1993).

Regimes sedimentares, ou seja, a associação entre tipos de substrato, sedimentação, turbidez e disponibilidade de luz influenciam a distribuição de espécies de coral (Veron, 1995). Esta influência se dá por soterramento, abrasão, sombreamento e/ou inibição do recrutamento (Hubbard, 1997). Embora em alguns casos não haja correlação entre taxas de sedimentação e aumento de partículas em suspensão na água (Cortés & Risk, 1985), em geral o aumento na carga de sedimentos sobre o recife resulta em aumento de turbidez. Desta forma, além dos efeitos diretos da sedimentação, acima mencionados, o aumento de turbidez faz com que haja menos luz para a fotossíntese das algas zooxantelas associadas. Com a diminuição das taxas fotossintéticas o crescimento e a reprodução são afetados (Porter & Tougas, 2001).

Sabe-se que atividades como desmatamentos e dragagens podem aumentar a quantidade de sedimentos em suspensão (ver Dodge & Vaisnys, 1977; Cortés & Risk, 1985; Leão, 1995). No entanto, a interferência da sedimentação para a ecologia de corais, particularmente com relação às atividades humanas, é variável em diferentes ambientes recifais (Brown, 1997). O desmatamento e a urbanização de áreas costeiras têm sido relacionados a alterações por aumento da sedimentação e/ou turbidez em recifes de corais próximos à costa (Dodge & Vaisnys, 1977; van Katwijk et al., 1993; Miller & Cruise, 1995; McClanahan & Obura, 1997; McCulloch et al., 2003, etc.). Este tipo de ameaça já vem sendo estudado desde a década de 70 em vários recifes do mundo. Alguns estudos têm relacionado a sedimentação com alterações no recrutamento (Babcock & Davies, 1991; Sammarco, 1991), na morfologia do esqueleto (Foster, 1980; Stafford-Smith & Ormond, 1992), no crescimento (Dodge et al., 1974, Dodge & Vaisnys, 1977) e na estrutura da comunidade (Cortés & Risk, 1985, Tomascik & Sander, 1987).

Segundo Rogers (1990), recifes de corais não sujeitos a estresses por atividades antrópicas teriam taxas de sedimentação baixas, de no máximo $10 \text{ mg cm}^2 \text{ dia}^{-1}$. No entanto, mais recentemente, têm surgido estudos em áreas recifais naturalmente turvas,

como a plataforma interna da Grande Barreira de Corais, que mencionam uma comunidade diversa e de grande cobertura, que vem se desenvolvendo em águas turvas há milênios (Larcombe & Woolfe, 1999; Larcombe et al., 2001; Anthony & Larcombe, 2002). Estes estudos sugerem que a premissa de que águas claras são essenciais para o bom desenvolvimento de um recife de coral, como mencionado acima, não necessariamente é verdadeira. Além disso, Potts & Jacobs (2002) sugerem que as espécies de corais recifais atuais poderiam ter se originado em águas turvas e rasas de plataformas continentais.

No Brasil, desde a década de sessenta, vem sendo sugerida uma relação entre as altas taxas de sedimentação presentes nos recifes brasileiros com o alto grau de endemismo e baixa diversidade de corais hermatípicos (Laborel, 1970; Leão 1982). Leão et al. (1997) elaboraram a hipótese de altas taxas de sedimentação nos últimos 5000 anos serem responsáveis por um declínio catastrófico na cobertura de corais e uma alteração dos padrões das comunidades no norte da Bahia. Echeverría et al. (1997) sugeriram a influência deste fator, entre outros, na distribuição de espécies de corais no Atol das Rocas.

Perturbações ambientais, como alterações de temperatura, luminosidade e regimes sedimentares, muitas vezes levam à ocorrência de fenômenos de branqueamento em grande escala. Este fenômeno já foi observado em Abrolhos e outras comunidades de corais do Brasil e foi relacionado a alterações de temperatura e/ou luminosidade (Migotto, 1997; Castro & Pires, 1999). O branqueamento pode resultar em rápida alteração da diversidade e da estrutura da comunidade através de extensa mortalidade e inibição de reprodução e recrutamento. Assim, mudanças na dominância da comunidade ou estrutura da população são indicadores importantes de alterações nos ambientes de recifes de corais (Smith & Buddemeier, 1992; Leão et al., 1997). No entanto, apesar dos indícios e hipóteses apresentados acima, até o presente momento não foram estabelecidos de forma conclusiva os efeitos diretos da sedimentação sobre as comunidades coralíneas no Brasil. Além disso são poucos os dados disponíveis sobre características físicas do ambiente, mesmo em áreas costeiras.

Este estudo apresenta a primeira análise em profundidade de taxas de deposição de sedimentos sobre os recifes do Banco dos Abrolhos (ver Garzón-Ferreira et al. 2002).

Além disso, estes sedimentos foram caracterizados através de análises mineralógicas, de composição de radioisótopos e de percentagem de carbonato de cálcio. As comunidades coralíneas foram investigadas através de avaliações de cobertura, tamanho de colônias, recrutamento e incorporação de partículas do sedimento pelos corais.

Estes assuntos foram abordados em três diferentes artigos distribuídos em capítulos (Artigo I, II e III). Cada artigo apresenta, então, um tipo de abordagem sobre sedimentação e sua relação com as comunidades coralíneas nos recifes do Banco dos Abrolhos, BA.

OBJETIVOS GERAIS

Avaliar taxas de sedimentação e composição do sedimento depositado em diversos recifes do Banco dos Abrolhos, BA, Brasil.

Avaliar a estruturação das comunidades coralíneas nestes mesmos recifes, através de diversos parâmetros, como cobertura coralínea, tamanho de colônias, recrutamento e incorporação de partículas presentes no sedimento pelos corais.

Discutir as relações entre o regime sedimentar no Banco dos Abrolhos e as características observadas para a comunidade bentônica recifal.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DE CADA ARTIGO

Artigo 1

Estimar taxas de sedimentação a que espécies de corais estão sujeitas em diferentes recifes do Banco dos Abrolhos, em um gradiente de distância da costa, no inverno e no verão.

Avaliar a composição dos sedimentos depositados sobre os recifes, em termos de quantidade de carbonato de cálcio, no inverno e no verão.

Avaliar a comunidade bentônica nestes ambientes através dos seguintes parâmetros:

- Cobertura de cnidários e algas;
- Tamanho de colônias das espécies *Favia gravida*, *Mussismilia braziliensis* e *Siderastrea stellata*.

Artigo 2

Avaliar a composição dos sedimentos depositados sobre recifes no Banco dos Abrolhos, em termos de mineralogia e atividade de vários radioisótopos naturais, em períodos de verão e inverno.

Avaliar as taxas de transferência de radioisótopos do ambiente (sedimento depositado sobre o recife) para colônias do coral *Mussismilia braziliensis*.

Artigo 3

Estimar taxas de sedimentação a que espécies de corais estão sujeitas em diferentes recifes do Arco Costeiro do Banco dos Abrolhos.

Avaliar a composição dos sedimentos depositados sobre os recifes, em termos de quantidade de carbonato de cálcio em diferentes períodos do ano.

Avaliar a comunidade coralínea nestes mesmos recifes através dos seguintes parâmetros:

- Cobertura de cnidários bentônicos;
- Taxas de recrutamento de corais e hidrocorais.

**Coral communities structure and sedimentation at
different distances from the coast in the Abrolhos Bank, Brazil**

Bárbara Segal and Clovis B. Castro

*Museu Nacional – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Departamento de
Invertebrados, Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão, 20940-040 - Rio de Janeiro, RJ,
Brazil: hsegal@pobox.com; cbcastro@pobox.com
Tel/fax: +55-21-2568-8262 ext. 261*

Abstract: Sedimentation has previously been considered an important source of impact in coral reefs. We compared 3 sites at the Abrolhos Bank, Brazil, regarding sedimentation rates, carbonate sediment composition, coral cover, and colony size for the commonest local coral species (*Mussismilia braziliensis*, *Siderastrea stellata*, and *Favia gravida*). Sites are located at different distances from mainland: Pedra de Leste (14 km), Pontas Sul (26 km), and Parcel dos Abrolhos (58 km). Sedimentation was higher in winter ($p < 0.05$), but no difference among sites was noted. Sites differed in sediment type ($P < 0.05$), with Parcel dos Abrolhos showing near 90% of carbonate in sediment composition, Pontas Sul near 65%, and Pedra de Leste only near 50%. Coral cover was higher farther from mainland ($p < 0.01$), where zoanthid cover was smaller. Differences in colony sizes were found only for *M. braziliensis*, with smaller colonies occurring at Pedra de Leste ($p < 0.05$). A discussion is presented on the relationship of abiotic features, such as sedimentation, turbidity, and depth in regard to coral community structure. It is suggested that terrigenous sediment distribution, associated with turbidity, may be the main factors controlling reef development at the Abrolhos Reefs.

Key words: sedimentation, coral community, Abrolhos, Brazil

INTRODUCTION

Several kinds of disturbances to coral reefs have been described, including several anthropogenic impacts, such as destructive fishing practices, oil spills, sewage discharge, eutrophication, and sedimentation (Richmond 1993; Hughes 1994, Brown 1997; Nyström et al. 2000). A common and well documented source of impact is sedimentation (Loya 1976; Dodge and Vaisnys 1977; Cortés and Risk 1985; van Katwijk et al. 1993; Brown et al. 2002). High sedimentation rates on coral reefs can lead to smothering, abrasion, shading, and/or coral settlement inhibition (Hubbard 1997). Furthermore, studies have related sedimentation to coral recruitment (Gilmour 1999), skeleton morphology (Foster 1980), growth (Dodge et al. 1974, Dodge and Vaisnys 1977), and community structure (Loya 1976; Cortés and Risk 1985, Tomascik and Sander 1987).

The Abrolhos region has the most diverse and rich reefs of the South Atlantic, which are spread in an area of approximately 6,000 Km². Fifteen scleractinian coral species are found in these reefs, two of which are endemic to Bahia state (*Favia leptophylla* and *Mussismilia braziliensis*) and another three are Brazilian endemics (Laborel 1969). Besides, some of its reef structures grow as isolated columns with the shape of mushrooms (“chapeirões”), which are found exclusively in this region (Leão and Kikuchi 2001). Due mainly to these unique features, the Abrolhos National Marine Park was created in 1983 (Gonchorosky et al. 1989; Castro 1994). Besides the Park, other marine protected areas (such as a State Protected Area and a Porto Seguro County Marine Park) have also been created. All together, they comprise nearly all of the whole Abrolhos Bank in depths lesser than 25 m (Castro and Pires 2001).

Leão (1995) mentioned that activities such as deforestation in coastal areas in southern Bahia may be responsible for an increase in sediment deposition at reef sites. However, there is almost no quantitative data on sedimentation rates to which Brazilian coral communities are subject (but see Kikuchi 2000; Garzón-Ferreira et al. 2002). The relationship between sedimentation and Recent coral communities in Brazil remains poorly known (but see Kikuchi 2000). Hence, this study aims to quantify sediment deposition

rates, sediment type, coral cover, and size of coral colonies among different sites, in order to investigate the relationships between these parameters. Furthermore, since coral communities in the Abrolhos Bank have been suggested to vary at different distances from the mainland (Laborel 1970), such hypothesis is reviewed in the light of new quantitative data.

An assessment was designed to quantify several parameters and compare sites at different distances from the mainland. All sites were considered to have similar physical settings (such as wave exposure, reef size, etc.), except for differences in sedimentation regimes, which were expected since extremely turbid waters are commoner at the inner reefs (personal observation), leading to an inverse turbidity gradation with increasing distance from mainland.

MATERIAL AND METHODS

The three sampled sites were Pedra de Leste, at Parcel das Paredes ($17^{\circ}47.261'S$; $039^{\circ}02.795'W$); Pontas Sul, at Parcel das Paredes ($17^{\circ}53.025'S$; $038^{\circ}59.265'W$); and Parcel dos Abrolhos ($17^{\circ}58.203'S$; $038^{\circ}40.230'W$) (Fig. 1). Although we tried to sample the same depths at each location, depth differed slightly among reefs due to the lack of shallower areas at the outer reefs. As a result, Pedra de Leste (PL) site was approximately 3.4 to 3.7 m deep, Pontas Sul (PS) 3 to 6.5 m deep, and Parcel dos Abrolhos (PA) from 5.2 to 7.7 m deep. Indicated depths were corrected to the lowest levels of spring tides. Tide amplitude in the area is approximately 1.7 m.

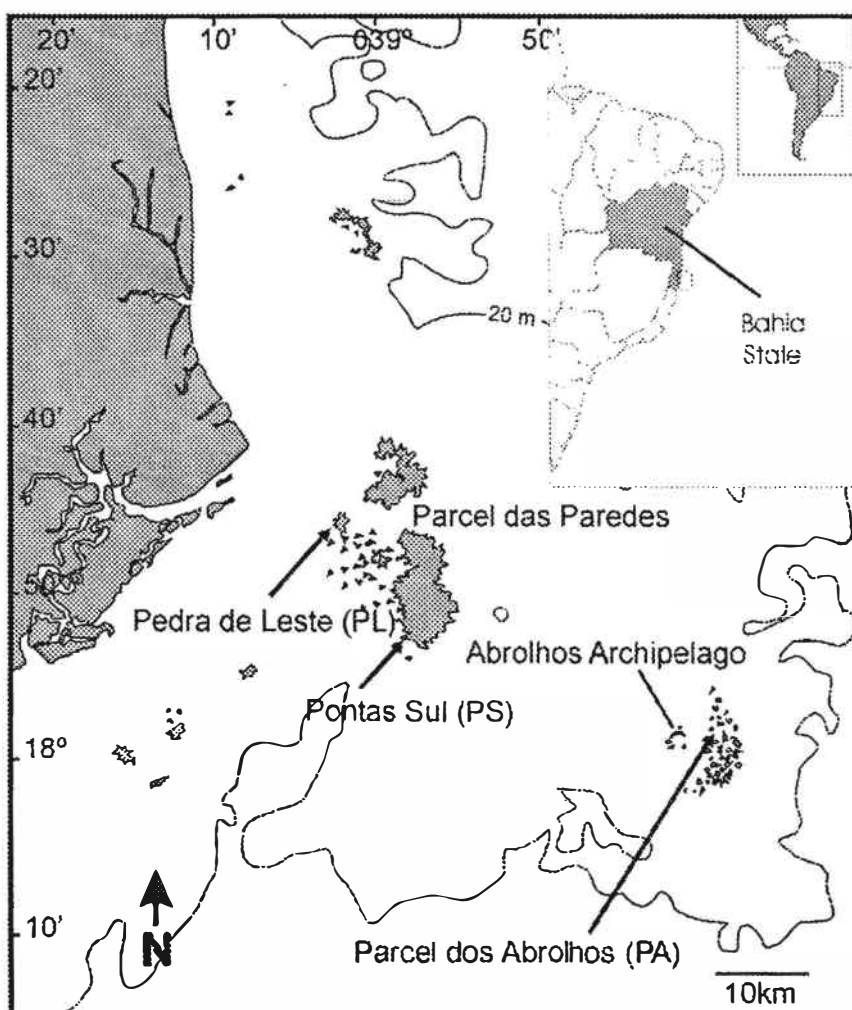


Figure 1. Location of the study sites at Abrolhos Bank, Brazil.

Sediment deposition was measured using sediment traps with height/diameter ratio >3 (Blomqvist and Kofoed 1981). Traps were built with PVC tubes closed at the bottom and tied to metal pins fixed at the reef. Ten traps were placed and kept for approximately 2 months in each sample site in the summer of 2000 (November/1999-January/2000) and the winter of 2000 (May/July) and 2001 (July/August). Sediments collected by the traps were taken to the laboratory for analysis. The sediment was composed mainly by very fine particles, making impossible the use of filtering processes for sediment quantification (Rogers 1983). Samples were diluted and washed (to decrease the influence of salt in the dry weight), dried at approximately 50° C and weighted. Data were log-transformed for statistical analysis of sedimentation rates, owing to non-normality of raw data. Comparisons of sedimentation rates between localities and seasons were performed using two-way analysis of variance (ANOVA), with SYSTAT 7.0.1 for Windows (SPSS Inc. 1997).

For sediment type analysis, 6 pre-weighted subsamples from 3 samples of each site in each season were treated with a solution of formic acid (10%) and formalin (5%) to dissolve the carbonate fraction. Each subsample was dried and reweighted, and carbonate percentage was calculated by weight loss.

Coral coverage data were collected in November, 1999 at each site. We sampled 5 point intercept transects in each of the 3 stations at each site, in a total of 15 transects per site, following a method described in Segal and Castro (2001). Ten-meters-long transect lines were previously tagged with 250 random points. Each organism (corals and other invertebrates) positioned below each point was recorded. We used one-way ANOVA to compare *Palythoa caribaeorum* and total coral coverage among sites, with arcsin transformed data, using SYSTAT 7.0.1 (SPSS Inc. 1997). Species composition and abundance were compared between sites and within stations with multi-dimensional scaling (MDS) and a cluster analysis, using Bray-Curtis similarity coefficient. After these procedures, SIMPER analysis was performed to identify the species/categories which explained best similarities within groups and differences among groups. All these analysis were performed with the aid of PRIMER 4.0 (Clarke and Warwick 1994; Carr 1997).

When assessing colony size structuring, large and irregular colonies are difficult to measure, mainly due to parallax. Therefore, the use of linear tissue length, instead of colony diameter was tested. Initially, measures of diameter and linear tissue length in 36 colonies of *Mussismilia braziliensis* were taken. The correlation between the two measures was assessed through Pearson coefficient, using Statistica 4.3 for Windows (Statsoft, Inc. 1993), resulting in a $r = 0.97$ ($p < 0.05$) for higher diameter x higher linear tissue length and $r = 0.96$ ($p < 0.05$) for smaller diameter x smaller linear tissue length. Subsequently, linear tissue length measures were taken from up to 40 colonies of *M. braziliensis*, *Favia gravida*, and *Siderastrea stellata* at each site. A 50 m tape measure marked at 4 m intervals (points) was placed at the bottom. The size of the colony nearest to the points on both sides of the tape was recorded. To compare colony sizes among sites ANOVA, with SYSTAT 7.0.1 (SPSS Inc. 1997) was used.

RESULTS

The highest sediment deposition was observed during the winter 2000 at Parcel dos Abrolhos ($10.7 \pm 2.0 \text{ mg cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$), and the lowest during the summer at Pontas Sul ($3.3 \pm 1.9 \text{ mg cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$) (Table I). Sedimentation rates did not differ significantly among sites, but rather between seasons ($n = 56$, $df 16$, $f = 31.85$, $p < 0.01$), with higher rates occurring at winter.

Table I. Mean sedimentation rates, with standard deviation, at the Abrolhos Bank, Brazil. Number of samples are shown between parenthesis.

Site	Sedimentation rates ($\text{mg cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$)		
	Summer/2000	Winter/2000	Winter/2001
Parcel dos Abrolhos	5.2 ± 1.6 (10)	10.7 ± 2.0 (10)	9.5 ± 2.6 (10)
Pontas Sul	3.3 ± 1.9 (6)	10.2 ± 4.5 (8)	9.8 ± 4.1 (10)
Pedra de Leste	5.6 ± 2.3 (10)	-	10.1 ± 6.5 (10)

Sediment composition was different between sites (Fig. 2), with Parcel dos Abrolhos presenting $91.7\% \pm 0.4$ (at winter) and $92.1\% \pm 2.4$ (at summer) of calcium carbonate on sediment composition, Pontas Sul presenting $65.9\% \pm 0.3$ (at winter) and $66.4\% \pm 1.3$ (at summer), and Pedra de Leste, with the smallest contribution of carbonate to sediment composition, presenting $54.6\% \pm 4.4$ (at winter) and $51.0\% \pm 1.7$ (at summer). There was no difference on carbonate contribution between seasons.

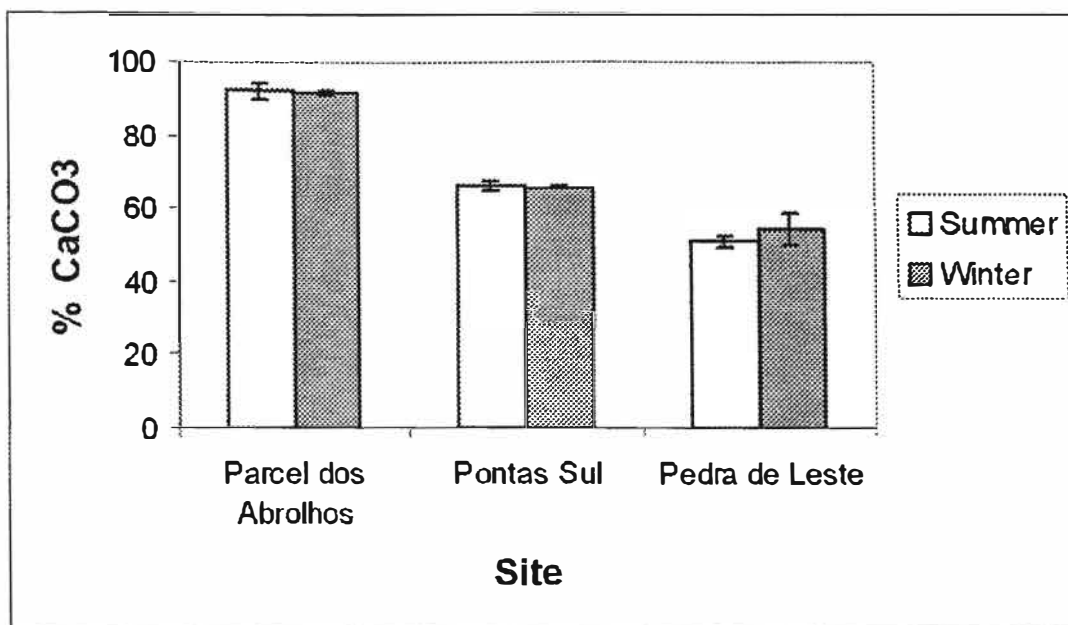


Figure 2. Carbonate contribution (in percentage of sediment composition) during summer and winter in sediment samples from three sites at the Abrolhos Bank, Brazil.

Total coral cover showed significant differences among localities ($n = 45$, $df. 42$, $f = 50.28$, $p < 0.01$). The highest coral cover was found at Parcel dos Abrolhos, and the lowest at Pedra de Leste, which is closer to mainland (Table II). *P. caribaeorum* cover also showed significant differences among localities ($n = 30$, $df. 28$, $f = 112.4$, $p < 0.05$), but with a strong increase towards reefs closer to shore (Table II). The abundance of *Mussismilia braziliensis*, *Siderastrea stellata*, and *Agaricia humilis* was also higher at the outer reefs of Parcel dos Abrolhos (Table II and fig. 3). A marked difference in composition is observed in relation to scleractinian corals versus milleporids, with the outer reefs of Parcel dos Abrolhos showing higher contribution of scleractinians and the inner reefs, mainly Pedra de Leste, showing higher contribution of milleporids (Tab. II and fig. 3).

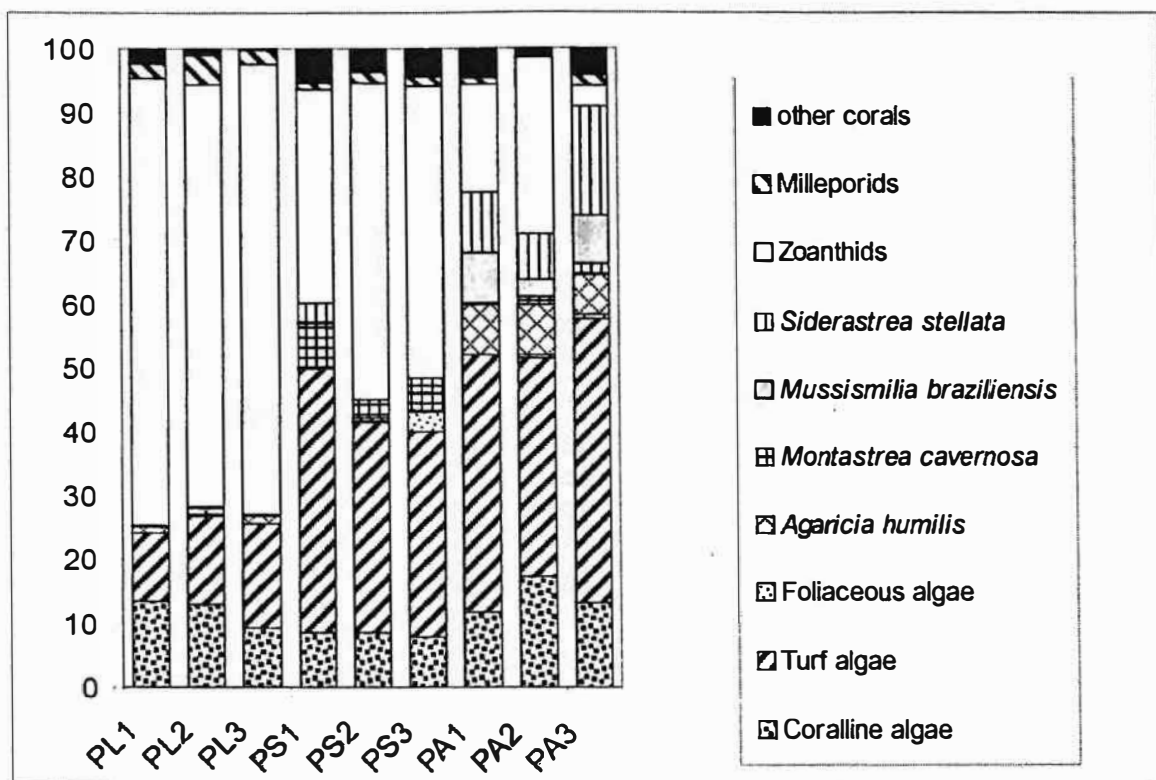


Figure 3. Mean percent cover of corals and algae at each station sampled at the Abrolhos Bank, Brazil. Zoanthids include *Palythoa caribaeorum* and *Zoanthus* spp. Milleporids include *Millepora alcicornis*, *M. nitida*, and *M. braziliensis*. Other scleractinians include *Favia gravida*, *F. leptophylla*, *Mussismilia harttii*, *M. hispida*, *Porites astreoides*, and *P. branneri*. PL = Pedra de Leste; PS = Pontas Sul; PA = Parcel dos Abrolhos.

Table II. Mean percent cover and standard deviation of benthic organisms at the 3 sampled sites at the Abrolhos Bank, Brazil. PL = Pedra de Leste; PS = Pontas Sul; PA = Parcel dos Abrolhos.

Benthic organisms	PL1	PL2	PL3	PS1	PS2	PS3	PA1	PA2	PA3
<i>Agaricia humilis</i>	0.79 ± 0.78	0.89 ± 0.86	0.99 ± 0.82	0.39 ± 0.56	0.49 ± 0.73	0.34 ± 0.54	7.64 ± 1.59	7.83 ± 3.36	5.86 ± 2.70
Alga calcária	13.39 ± 6.67	12.77 ± 3.27	9.16 ± 1.82	8.34 ± 2.49	8.39 ± 2.32	7.41 ± 1.77	11.22 ± 5.77	17.18 ± 4.96	12.94 ± 5.02
Alga filamentosa	10.62 ± 4.01	13.95 ± 4.79	16.05 ± 5.43	39.97 ± 7.22	32.38 ± 3.63	30.52 ± 5.97	38.99 ± 7.92	33.99 ± 7.83	44.47 ± 4.20
Alga foliácea	0.00	0.16 ± 0.36	0.08 ± 0.18	0.00	0.26 ± 0.57	2.86 ± 1.92	0.00	0.49 ± 0.88	0.86 ± 1.92
<i>Favia gravida</i>	0.16 ± 0.36	0.49 ± 0.51	0.00	0.40 ± 0.40	0.67 ± 0.49	0.96 ± 0.81	0.99 ± 0.63	0.73 ± 0.33	0.87 ± 0.76
<i>Favia leptophylla</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50 ± 1.12	0.00	0.00
<i>Millepora alcicornis</i>	2.03 ± 1.86	3.49 ± 1.42	2.31 ± 2.29	0.95 ± 1.33	1.58 ± 1.86	1.04 ± 1.29	0.90 ± 1.33	0.16 ± 0.36	1.10 ± 2.04
<i>Millepora braziliensis</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48 ± 0.72
<i>Millepora nitida</i>	0.08 ± 0.17	0.91 ± 0.69	0.00	0.00	0.00	0.32 ± 0.72	0.00	0.00	0.00
<i>Montastrea cavernosa</i>	0.00	0.00	0.16 ± 0.35	6.48 ± 4.39	2.94 ± 3.09	3.58 ± 2.65	0.16 ± 0.36	1.30 ± 1.97	1.76 ± 2.20
<i>Mussismilia braziliensis</i>	0.00	0.00	0.16 ± 0.35	0.40 ± 0.89	0.00	0.17 ± 0.37	7.41 ± 4.47	2.67 ± 3.13	7.67 ± 4.20
<i>Mussismilia harttii</i>	1.80 ± 3.00	0.41 ± 0.69	0.08 ± 0.18	2.64 ± 3.50	2.26 ± 1.80	0.68 ± 1.07	0.41 ± 0.91	0.00	0.72 ± 0.87
<i>Mussismilia hispida</i>	0.24 ± 0.54	0.16 ± 0.22	0.00	1.64 ± 1.03	0.42 ± 0.42	2.44 ± 1.14	0.08 ± 0.19	0.40 ± 0.49	0.73 ± 1.01
<i>Palythoa caribaeorum</i>	67.33 ± 6.45	65.08 ± 8.00	67.61 ± 4.95	30.13 ± 10.62	46.12 ± 9.19	42.61 ± 4.47	13.05 ± 5.74	26.51 ± 9.05	1.20 ± 0.94
<i>Porites astreoides</i>	0.24 ± 0.54	0.00	0.00	0.08 ± 0.19	0.25 ± 0.37	0.00	2.36 ± 4.82	0.16 ± 0.37	0.00
<i>Porites branneri</i>	0.08 ± 0.17	0.00	0.08 ± 0.18	0.40 ± 0.30	0.09 ± 0.19	0.17 ± 0.23	0.00	0.00	1.80 ± 4.02
<i>Siderastrea stellata</i>	0.32 ± 0.72	0.24 ± 0.54	0.08 ± 0.18	2.72 ± 2.59	0.00	1.14 ± 1.46	9.04 ± 2.82	7.05 ± 4.79	16.73 ± 1.19
<i>Zoanthus spp.</i>	1.74 ± 1.07	0.78 ± 0.72	1.72 ± 0.58	2.35 ± 0.74	2.67 ± 1.14	0.48 ± 0.51	3.14 ± 1.69	0.81 ± 0.64	2.19 ± 1.79
Milleporidae	2.10 ± 1.83	4.40 ± 1.78	2.31 ± 2.29	0.95 ± 1.33	1.58 ± 1.86	1.37 ± 1.72	0.90 ± 1.33	0.16 ± 0.36	1.58 ± 2.28
Zoanthsids	69.07 ± 6.68	65.86 ± 7.45	69.34 ± 5.20	32.48 ± 10.83	48.78 ± 8.93	43.09 ± 4.34	16.19 ± 6.76	27.32 ± 9.12	3.39 ± 2.18
Scleractinians	3.62 ± 2.08	2.20 ± 1.28	1.55 ± 0.52	15.14 ± 6.80	7.11 ± 4.94	9.46 ± 3.51	28.59 ± 7.95	20.14 ± 6.96	36.14 ± 4.79

The cluster analysis for the complete data set (all species/categories) revealed 2 groups at 60% of similarity, the first comprising all PA stations, and the other linking PS and PL, which are further distinguished at the 70% level of similarity (Fig. 4). These groups are easily identified at the MDS plot (stress value = 0.10) (Fig. 4). Sites are separated mainly in the x-axis. There is also some differentiation in benthic communities among stations of PA in this same axis (see rectangles in fig. 4B). The MDS plot showed a continuous distribution of sites according to their distance from the mainland at the x-axis. A first group comprised all Parcel dos Abrolhos stations (SIMPER average similarity = 75.90%), and was characterized mainly by turf algae cover (SIMPER explaining 30.65% of similarity), calcareous algae (SIMPER = 15.79% of similarity), and *Siderastrea stellata* (SIMPER = 13.33%). These three categories explained 59.76% of the overall similarity within this group. A second group included Pedra de Leste and Pontas Sul stations (SIMPER average similarity = 73.68%) and was characterized mainly by *P. caribaeorum* dominance (SIMPER = 42.41%), and secondly by turf algae (SIMPER = 23.68%) and calcareous algae (SIMPER = 16.47%). These three categories explained 82.57% of the groups overall similarity. These two groups were fairly distinct (SIMPER average dissimilarity = 42.66%), with differences explained mainly by the higher *P. caribaeorum* cover in the second group (SIMPER dissimilarity = 22.93%), and secondly by the higher cover of several corals in the first group (*S. stellata* SIMPER = 13.10%; *Mussismilia braziliensis* SIMPER = 9.95; *Agaricia humilis* SIMPER = 9.68). These four categories explained 55.66% of the overall dissimilarity. The second group could be further clustered in two subgroups at the 70% of similarity, which distinguished transects of Pedra de Leste (SIMPER average similarity = 83.32%) from Pontas Sul (SIMPER average similarity = 77.61%). Although less than the above cited, these subgroups differed (SIMPER average dissimilarity = 32.33%) mainly by the extremely high cover of *P. caribaeorum* at Pedra de Leste (SIMPER dissimilarity = 18.25%), opposed to a higher cover of turf algae (SIMPER = 16.55%), *M. cavernosa* (SIMPER = 11.38%) and other scleractinian corals at Pontas Sul.

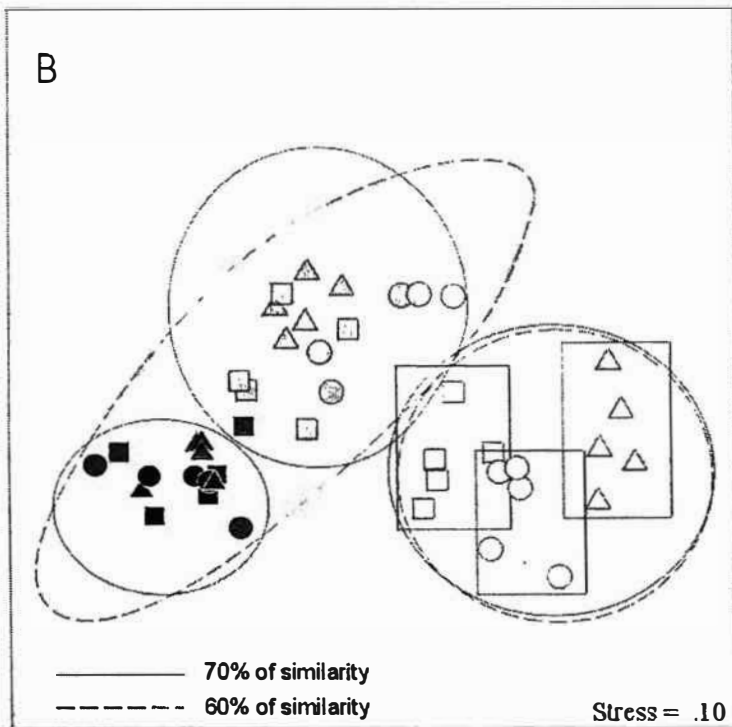
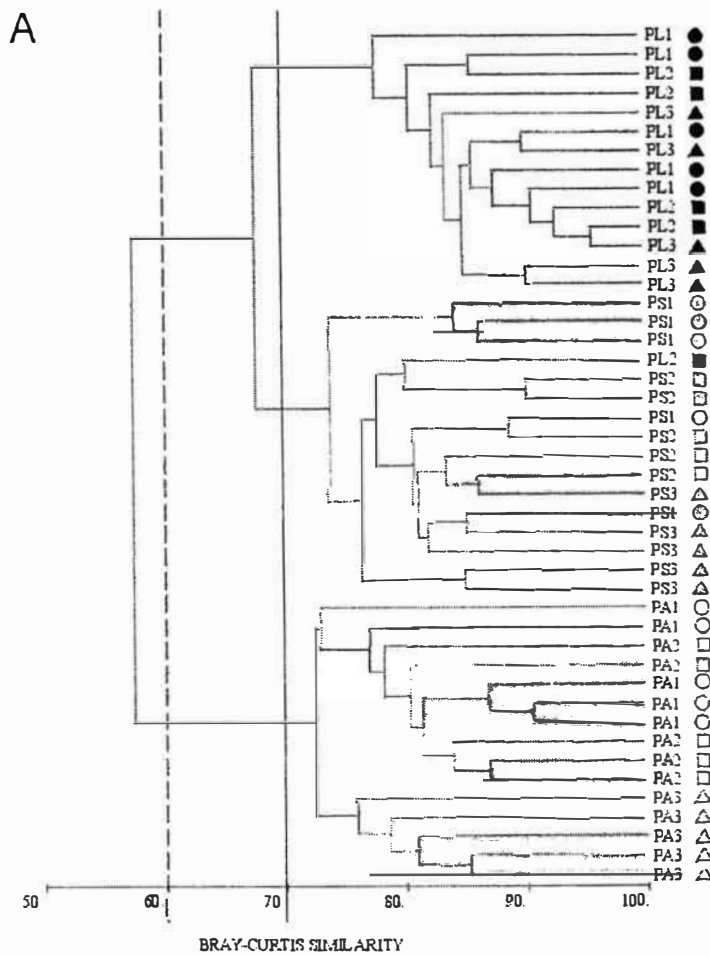


Figure 4. Benthic community coverage at three sample sites at the Abrolhos Bank, Brazil. A) cluster analysis and B) MDS plot. Black symbols represent Pedra de Leste (PL) site, gray represent Pontas Sul (PS), and white corresponds to Parcel dos Abrolhos (PA). Different symbols (circles, triangles, and squares) represent distinct sampled stations.

P. caribaeorum and/or turf algae showed an overwhelming dominance in most samples (Table II). Therefore, in order to better evaluate the distribution of corals, calcareous and foliose algae, we performed another set of analysis removing zoanthids and turf algae from the matrix. The cluster showed three main groups near 60% similarity (Fig. 5). Transects from Parcel dos Abrolhos (PA) clustered again in a distinct group (SIMPER average similarity = 71.44%), characterized by a higher cover of calcareous algae (SIMPER explaining 29.18% of the similarity), and scleractinian corals (*Siderastrea stellata* SIMPER = 24.42%; *Agaricia humilis* SIMPER = 21.42%; *Mussismilia braziliensis* SIMPER = 14.01%). A second group included exclusively transects from Pontas Sul (PS) (SIMPER average similarity = 64.47%), being characterized by a lower (but mostly uniform) cover of calcareous algae (SIMPER explaining 34.28% of the similarity) and a higher cover of other coral species (*Montastrea cavernosa* SIMPER = 18.55%; *Mussismilia hispida* SIMPER = 13.12; *M. harttii* SIMPER = 9.28). A third group comprised almost all transects from Pedra de Leste and a few transects from Pontas Sul (PL-PS) (SIMPER average similarity = 64.03%). This group is characterized by calcareous algae (SIMPER = 64.25%), *Millepora alcicornis* (SIMPER = 17.85%), and *A. humilis* (SIMPER = 10.73%). PA differed from PS (SIMPER average dissimilarity = 54.63%) mostly by a higher abundance of several corals in PA (*A. humilis* SIMPER = 15.90%; *S. stellata* SIMPER = 15.40%; *Mussismilia braziliensis* SIMPER = 13.71%) and higher abundance of *Montastrea cavernosa* (SIMPER = 10.87%) and *Mussismilia harttii* (SIMPER = 7.37%) in PS. PA differed from PL-PS (SIMPER average dissimilarity = 57.24%) by a higher abundance of the same scleractinian corals in PA (*S. stellata* SIMPER = 24.29%; *Mussismilia braziliensis* SIMPER = 16.60%; *A. humilis* SIMPER = 14.42%) and a higher abundance of *Millepora alcicornis* in PL-PS (SIMPER = 8.73%). The species of higher abundances in PS or PL-PS, when compared with PA, also explained the differences between these groups (SIMPER average dissimilarity = 50.84%, *M. cavernosa* SIMPER = 18.57%, *Mussismilia harttii* SIMPER = 10.93%, *Millepora alcicornis* SIMPER = 10.04%).

Mussismilia hispida (SIMPER = 11.25%) was also important to explain the differences between PS and PL-PS.

Regarding colony sizes, only *M. braziliensis* showed significant differences among the three sites ($n = 102$, $df. 99$, $f = 6.81$, $p < 0.01$), with Pedra de Leste presenting smaller colonies than Pontas Sul (Tukey test, $p < 0.01$). *S. stellata* and *F. gravida* showed no significant differences in colony size among sites. Size-frequency distribution of *M. braziliensis* at Pedra de Leste, showed that the population was skewed towards small sized colonies, which are up to 20 cm of living tissue extension, while PS and PA colonies were more evenly distributed among size classes, reaching larger sizes (Fig. 6). All three species presented smaller coverage at the reefs nearest to the coast.

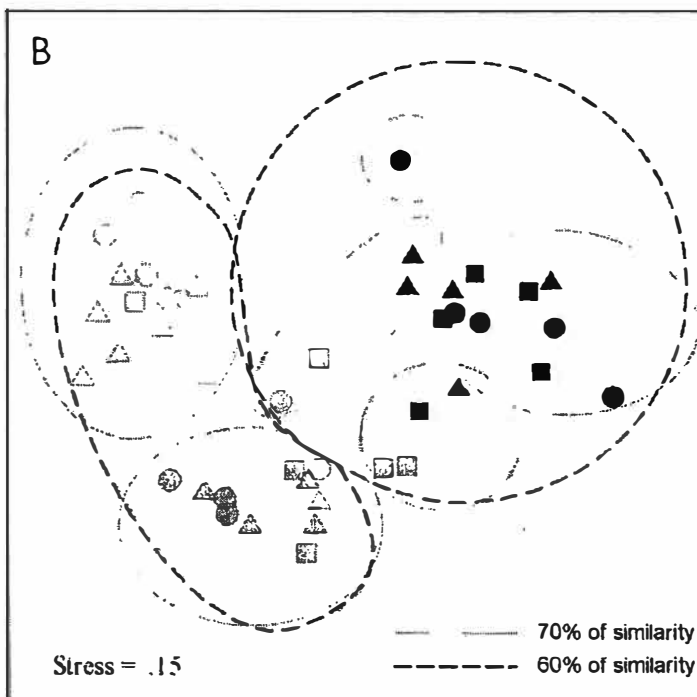
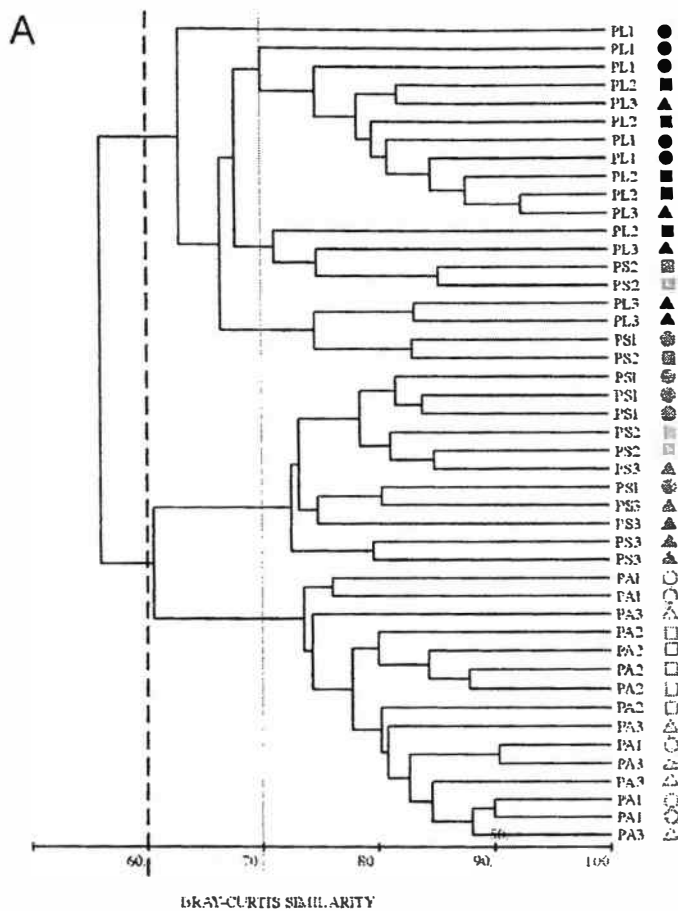


Figure 5. Benthic community coverage free from the influence of zoanths at the three sampled sites at the Abrolhos Bank, Brazil. A) cluster analysis and B) MDS plot. Black symbols represent Pedra de Leste (PL) site, gray represent Pontas Sul (PS), and white corresponds to Parcel dos Abrolhos (PA). Different symbols (circles, triangles, and squares) represent distinct sampled stations.

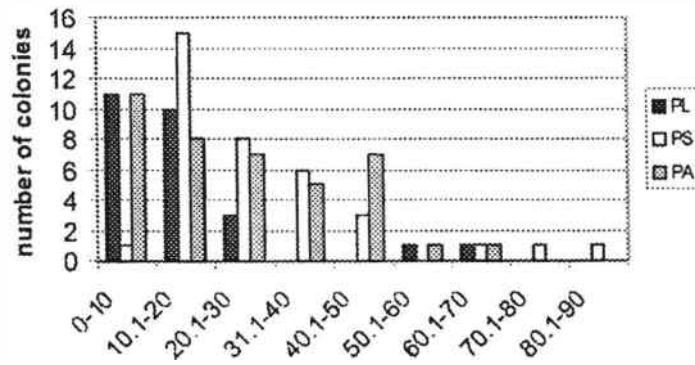
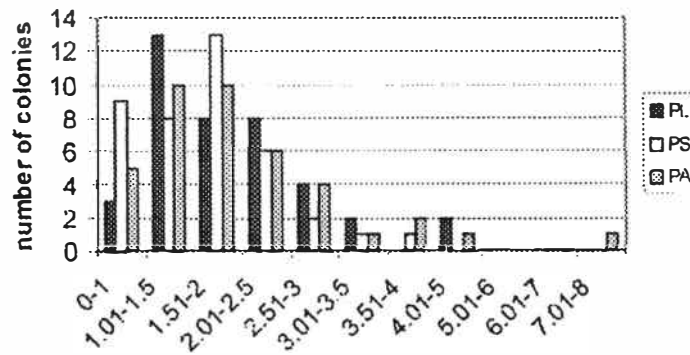
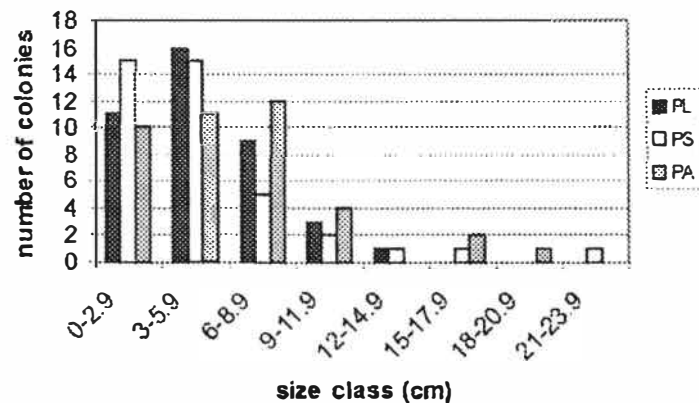
Mussismilia braziliensis*Favia gravida**Siderastrea stellata*

Figure 6. Size class distribution of the three most common reef building coral species at the three sampled sites at the Abrolhos Bank, Brazil. PL = Pedra de Leste; PS = Pontas Sul; PA = Parcel dos Abrolhos.

DISCUSSION

According to Rogers (1983), normal sedimentation rates on healthy coral reefs would be around $10 \text{ mg cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ at maximum. Values above such rate would cause some degree of reef degradation, and above $50 \text{ mg cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ would lead to catastrophic situations (Brown 1997). Indeed, Nemeth and Nowlis (2001) found a strong positive correlation between sedimentation and bleaching. However, some studies have shown that significant coral coverage (average around 40% or even higher) may occur at reef areas with sedimentation rates higher than $50 \text{ mg cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$ (Cortés and Risk 1985; Nzali et al. 1998). Nevertheless, Cortés and Risk (1985) identified a significant decrease in diversity and number of species in areas with high sedimentation rates.

Although sedimentation rates at all studied sites at the Abrolhos Bank are within limits of expected rates for healthy reefs, we have come to different situations expressed by our data. Our sites presented variable coral cover (1.5 to 36 %) under similar sediment deposition rates. Moreover, extremely high deposition rates have been observed in other areas of the Abrolhos Bank, with coral covers comparable to Pedra de Leste and Pontas Sul (5.1 to 14.3 %) (C.B. Castro et al., unpublished data - Article III). This scenario is further complicated by data from northern Bahia. Reefs less than 3 Km offshore were considered depauperated due to historical excessive terrigenous sedimentation (Leão et al. 1997), with depths equivalent to our stations and presenting covers between 2.6 and 8.0%. These covers are equivalent to data from our sampled site closer to shore (Pedra de Leste: 1.5-3.6%). This might imply that whatever is constraining coral cover in northern Bahia may be acting also on reefs closer to shore in the Abrolhos area.

Sedimentation rates at the three sites were higher during the winter than at summer. There are 2 periods of higher rainfall at Southern Bahia State, which are April-May and October-January (Leão and Ginsburg 1997). However, March, April, and May concentrate about 35% of the mean annual rainfall of 1,750 mm (Nimer 1989 *apud* Leão and Kikuchi 2001). Heavy storms from the South reach this area during the winter (Leão 1983; Segal

and Castro 2002). A higher sedimentation rate in the winter could be explained either by a higher run-off of terrigenous sediments due to an increase in rainfall just before winter, or by resuspension of local sediments due to wind storms from the South during this season. The latter explanation is preferred by two main reasons. The reef of Parcel dos Abrolhos also shows an increase in sedimentation during the winter. This reef is located some 60 Km offshore, and is unlikely that it would be influenced by coastal run-off in a short term, as evidenced by the distribution of soluble radioisotopes found in sediment samples (B. Segal et al., unpublished data - Article I). Furthermore, the carbonate fraction in the deposited sediment did not vary between seasons at all sites. Therefore, it was concluded that the main cause of increase in sediment deposition must be the resuspension of bottom sediments. A similar trend was observed by Torres et al. (2001), who found a high sedimentation rate ($>37 \text{ mg cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$) after the passage of Hurricane Hortense in 1996 at the Dominican Republic. In addition, Larcombe et al. (1995) observed an increase in suspended sediment concentration related to local winds at the inner-shelf shallow reefs of Australia, where fine sediments are also available.

Muddy sediments predominate within the vicinity of all three sites sampled in this study (see Leão et al. in press). Moreover, fine sediments can be easier to resuspend (Riegl et al. 1996) and last longer at the water column (Wright 1995 in Anthony and Larcombe 2002). According to Larcombe and Woolfe (1999), turbidity is partly controlled by the location of muddy sediments. Those that predominate over our whole studied area are probably more easily resuspended in shallower reefs (Larcombe et al. 1995). At the inner reefs of the Abrolhos Bank, most depths surrounding the reefs do not exceed 17-18 m (usually they are much shallower) and reef top depths usually do not exceed 4 m, while at the outer reefs bottom depth reaches more than 25 m and reef tops may reach 8 m in depth. Therefore, the predominance of fine sediments may be causing severe turbidity during stronger winds, especially at the shallower sites. It should be noted that deposition of sediment is similar at all sites. If this deposited sediment was once suspended in the water above the trap, the water column in the shallower sites would hold more particles per

volume, causing higher turbidities at these sites. It is possible that such a higher turbidity could overcome the loss of light due to a deeper water column.

Hubbard (1997) considered that, in a micro scale, one of the main controlling factors for reef development is light. Rogers (1979) compared experimentally the effects of both shading and sediment deposition in *Acropora cerviconis* colonies and found that, although growth rates were not reduced by heavy sedimentation, they were significantly reduced with prolonged exclusion of light. Although this study used a branching coral, functionally different from all Brazilian species, it may be an important clue to indirect effects of sedimentation upon coral communities. Indeed, Kikuchi (2000) found a tendency of decrease in coral, turf and foliose algae cover with an increase in depth, which he proposed would be due to a decrease in light incidence. He points to turbidity, instead of sediment deposition, as the main controlling factor to the coral communities of the coastal reefs of northern Bahia. As we found an inverse tendency at Abrolhos, with an increase in coral and turf algae cover towards the outer deeper reefs, it is possible that the shallower reefs actually have less light available than the deeper reefs due to different turbidities, as discussed above.

At the inner reefs we found less carbonate sediments, which agrees with Leão and Ginsburg (1997) analysis of bottom sediments surrounding such reefs. These authors found 40 to 70% of siliciclastic particles on inner areas, 30 to 40% on intermediate areas and less than 10% on outer areas. According to them, the lowering sea level that occurred after 5,000 years B.P. moved the coastline closer to the reefs, and terrigenous sediments were transported towards these reefs. Also, reefs act as trapping mechanisms to terrigenous and fine particles that are transported along the coast. Woolfe and Larcombe (1999) stated that the most prolific reef growth occurs with minimal influence of non-framework material. Coral community data from the Abrolhos Bank are in accordance with this assumption, since sediment composition shows a clear distinction between inner and outer reefs. For instance, outer reefs have its fine fractions composed mainly by bioclastics, while inner reefs sediments have an important contribution of siliciclastics (Leão et al. in press).

Community analysis (cluster and MDS), including the contribution of zoanthids, points to more diverse communities at the Parcel dos Abrolhos reefs, while inner reefs bear more homogeneous communities (see fig. 4). According to Richmond (1993), “healthy” reefs present a high degree of habitat heterogeneity, which leads to a diversity of habitats for fish and invertebrates. The homogeneity of habitats seen at both sites in Parcel das Paredes seems to be related to the overwhelming dominance of *Palythoa caribaeorum* at these reefs, especially at Pedra de Leste. *P. caribaeorum* is known to overgrow other sessile marine invertebrates, such as scleractinians and soft corals (Suchanek and Green 1981), being a highly successful colonizer of shallow hard substrates. This species seems to have its maximum cover at a depth of 2 m (with approximately 90% cover) at the Florida Keys (Haywick and Mueller 1997). Other authors also point to a “*Palythoa* zone” at the first 2 meters of depth (Bastidas and Bone 1996; Segal and Castro 2002). Although there is a difference in depth between the three sampled sites (see Material and Methods), we do not believe that depth alone could explain the marked difference among sites in the cover of *P. caribaeorum*. The minimum depth at Pedra de Leste is approximately 3.4 meters, but *P. caribaeorum* at this site covers some 2/3 of the substrate. However, shallow coral communities (from 1.9 to 4.0 m deep) around Abrolhos Islands (near the Parcel dos Abrolhos) showed a total coral cover of up to 31%, much higher than at Pedra de Leste, and low cover (less than 10%) of *Palythoa* spp. (Segal and Castro, 2002). Despite its importance in terms of bottom coverage in the western Atlantic, little is known about *P. caribaeorum* ecology and interactions with other benthic organisms (but see Suchanek and Green 1981 and Moreno-Acosta 1999). Therefore, it is necessary to evaluate other physical settings (such as hydrodinamism or turbidity) at the Abrolhos reefs in order to explain the dominance of *P. caribaeorum* in some areas. Such variables could be important sources of disturbance influencing the coral-zoanthid relationship at these reefs.

Community analysis excluding zoanthids and turf algae showed somewhat diverse trends. Parcel dos Abrolhos transects also clustered together and completely separated from other sites. However, ordination of stations seen in the previous analysis (Fig. 4B) did not

appear (Fig. 5B). Besides showing intermingled stations, as in the previous analysis, Pontas Sul and Pedra de Leste had a transition zone with transects of both sites. We believe that these trends occur because *P. caribaeorum* and turf algae (hidden in this analysis) occupied most hard substrate that would be necessary to the development of the other benthic community. The scarce space actually available would be occupied sparsely and somewhat randomly by different sets of other benthic organisms, resulting in the spreading and mixing of the transects.

Smaller colonies of *M. braziliensis* were found at Pedra de Leste, the reef closest to shore, in comparison to Pontas Sul (Fig. 6). However, we found no statistical significant differences between colony size from the Parcel dos Abrolhos and the other two sites. We believe this was due to a flaw in the method. Although colonies at Parcel dos Abrolhos were clearly larger than at the other reefs, they frequently grow as very high, mushroom shaped columns. The tape measure laid on the bottom slipped off these columnar structures. There were many smaller colonies near the columns bases. Therefore, the colonies closer to the sampling points were for most times these lower, smaller colonies. This probably lead to the underestimation of average colony size at this reef.

Mussismilia braziliensis was predominant at coastal reefs at northern Bahia state, approximately 3,000 years B.P. Leão et al. (1997) suggested that the intense solar radiation and higher influx of terrigenous sediments associated with major events of sea level changes were responsible for a decline of *M. braziliensis* populations. This decline was accompanied by a marked decrease in colonies size, which averaged from a diameter of 59 cm at the old tops to 30 or 22 cm at recent shallow bank reefs. We could not compare their data with our linear tissue length measure. However, we measured initially the diameter of randomly selected colonies of *M. braziliensis* from Parcel dos Abrolhos, which presented an average diameter of 29 cm (B. Segal, unpublished data). Unexpectedly, this result is closer to Leão et al. (1997) modern shallow bank reefs than to the old reef tops. It is not clear however, that these data can be compared (see discussion on methods above).

The shallower condition of Pedra de Leste reef might explain the smaller mean colony size of *M. braziliensis* at this reef, compared to the other two areas. However, even the fringing reefs of Abrolhos Islands presented *M. braziliensis* colonies as large as 43 cm (mean) of living tissue on shallow areas (less than 4 m) (Segal and Castro 2002). This size is comparable to the larger colonies found at Pontas Sul and Parcel dos Abrolhos. In the same settings, *Favia gravida* and *Siderastrea stellata* populations did not show size differences. According to Laborel (1969), *S. stellata* is highly resistant to temperature increases and smothering, and *F. gravida* shows some morphologic adaptation to turbid or polluted waters. These species are abundant even in tide pools and on coastal reefs in Brazil (Leão et al. 1982) where terrigenous sediments are found in relatively great quantities. On the other hand, *M. braziliensis* has more constraints in its habitats (Castro et al. in press). Therefore, we suggest that differences in colony size of *M. braziliensis* were associated with distinctions among these reefs other than depth. In this same direction, Kikuchi (2000) observed a markedly decrease in *M. braziliensis* cover in reefs with less light incidence at coastal reefs at Northern Bahia.

The environment in the Abrolhos area is similar to that described by Potts and Jacobs (2002) for the Plio-Pleistocene period when “sediment and nutrient inputs from land and from streams incising the exposed inner shelf were probably high, and shallow sediments would have been very susceptible to resuspension locally by tidal currents and waves”. According to these authors, reef building scleractinians evolved through adaptations to this high turbidity environment. Brazilian reef corals are mostly endemic forms that can be traced back to the Tertiary (Leão 1982). Although we are unaware of environmental reconstructions or of any records of these species in Brazil prior to the Holocene, these species are probably living in turbid environments for at least several thousand years (Leão et al. 1997).

“Turbid-zone” reefs, such as most Brazilian reefs, are likely to present coral species adapted to cope with low light levels (Woolfe and Larcombe 1999). Although some studies point to a decrease in diversity and colony growth rates related to turbidity (Dodge and

Vaisnys 1977; Pinzón et al. 1998; Fabricius and De'ath 2001; Torres 2001 and others), others point to mechanisms of adaptation of modern scleractinian coral species to sediment and turbidity stresses (Bak and Elgershuizen 1976; Riegl 1995; Riegl et al. 1996; Pinzón et al. 1998; Gleason 1998; Anthony and Larcombe 2002; Potts and Jacobs 2002). Our data suggest that Brazilian reef corals may be included among species adapted to low light, high sedimentation habitats (see also Laborel 1969 and Leão and Kikuchi 2001).

However, the differences in coral and *Palithoa caribaeorum* abundances and *Mussismilia braziliensis* colony sizes among sites suggest some kind of constraint to coral development in reefs closer to shore at the Abrolhos Bank. Although our results do not permit a clear conclusion about the abiotic parameters that could be responsible for this constraint, we do not believe that sediment deposition alone could explain the patterns observed in the reef community. Therefore, we suggest that differences in turbidity related to different kinds of sediment particles surrounding the reefs may be important structuring features, which deserve more attention in future studies in the area.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Debora Pires, Cláudio Ratto, Fábio Negrão, Monica Lins de Barros, Moacir Apolinário, Alexandre Borges, Emiliano Calderon, Cecília de Faria, Ernesto Viveiros de Castro, Paolo Botticelli, and Paulo Paiva for field assistance, and Gustavo Nunan for criticism and help with the English version of the manuscript. This research was supported by Fundação O Boticário de Proteção à Natureza, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, and Conselho Nacional de Pesquisa grants to Bárbara Segal or Clovis Castro.

REFERENCES

- Anthony KRN, Larcombe P (2002) Coral reefs in turbid waters: sediment-induced stresses in corals and likely mechanisms of adaptation. Proc 9th Int Coral Reef Symp 1: 239-244
- Bak RPM, Elgershuizen JHBW (1976) Patterns of oil-sediment rejection in corals. Mar Biol 37: 105-113
- Bastidas C, Bone D (1996) Competitive strategies between *Palythoa caribaeorum* and *Zoanthus sociatus* (Cnidaria: Anthozoa) at a reef flat environment in Venezuela. Bull Mar Sci 59(3): 543-555
- Blomqvist S, Kofoed C (1981) Sediment trapping – A subaquatic in situ experiment. Limnol Oceanogr 26(3): 585-590
- Brown BE (1997) Disturbances to reefs in recent times. In: Birkeland C (ed) Life and death of coral reefs. Chapman and Hall, New York, pp 354-379
- Brown BE, Clarke KR, Warwick RM (2002) Serial patterns of biodiversity change in corals across shallow reef flats in Ko Phuket, Thailand, due to the effects of local (sedimentation) and regional (climatic) perturbations. Mar Biol 141: 21-29
- Carr MR (1997) PRIMER User Manual (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research). Plymouth: Plymouth Marine Laboratory
- Castro CB (1994) Corals of Southern Bahia. In: Hetzel B, Castro CB (eds) Corals of Southern Bahia, Nova Fronteira, Rio de Janeiro, pp 160-176
- Castro CB, Pires DO (2001) Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. Bull Mar Sci 69(2): 357-371
- Castro CB, Segal B, Pires DO, Medeiros MS (in press) In: Allen, G., Dutra, G.F., Werner, T.B., and Moura, R.L. A Biological Assessment of Abrolhos Bank, Brazil. RAP Bulletin of Biological Assessment
- Clarke KR, Warwick RM (1994) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 144 pp

- Cortés J, Risk MJ (1985) A reef under siltation stress Cahuita, Costa Rica. *Bull Mar Sci*, 36(2): 339-356
- Dodge RE, Vaisnys JR (1977) Coral populations and growth patterns: responses to sedimentation and turbidity associated with dredging. *J Mar Res* 35: 715-730
- Dodge RE, Aller RC, Thompson J (1974) Coral growth related to resuspension of bottom sediments. *Nature* 247: 574-576
- Fabricius K, De'ath G (2001) *in*: Wolanski E. (ed) *Oceanographic processes of coral reefs: physical and biological links in the Great Barrier Reef*. CRC Press, London, pp 127-144
- Foster AB (1980) Environmental variation in skeletal morphology within the Caribbean reef corals *Montastrea annularis* and *Siderastrea siderea*. *Bull Mar Sci* 30(3): 678-709
- Garzón-Ferreira J, Cortés J, Croquer A, Guzmán H, Leão Z, Rodríguez-Ramírez A (2002) Status of coral reefs in Southern Tropical America in 2000-2002: Brasil, Colombia, Panama, and Vezezuela. In Wilkinson C (ed) *Status of coral reefs of the world 2002*. Australian Institute of Marine Science, Queensland, pp 343-360
- Gilmour J (1999) Experimental investigation into the effects of suspended sediment on fertilisation, larval survival and settlement in a scleractinian coral. *Mar Biol* 135: 451-462
- Gleason DF (1998) Sedimentation and distributions of green and brown morphs of the Caribbean coral *Porites astreoides* Lamarck. *J Exp Mar Biol Ecol* 230: 73-89
- Gonchorosky J, Sales G, Belém MJC, Castro CB (1989) Importance, establishment and management plan of the "Parque Nacional Marinho dos Abrolhos" In: Neves C (ed.) *Coastlines of Brazil*. Part of a series of volumes on *Coastlines of the World*, edited by Orville T. Magoon. American Society of Civil Engineers, New York, pp 185-194
- Haywick DW, Mueller EM (1997) Sediment retention in encrusting *Palythoa* spp. – a biological twist to a geological process. *Coral Reefs* 16: 39-46
- Hubbard DK (1997) Reefs as dynamic systems. In: Birkeland C (ed) *Life and death of coral reefs*. Chapman and Hall, New York, pp 43-67

- Hughes TP (1994) Catastrophes, phase shifts, and large-scale degradation of a Caribbean coral reef. *Science* 265: 1547-1551
- Kikuchi RKP (2000) Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental Norte da Bahia durante o Holoceno. PhD Dissertation, Univ. Federal da Bahia, Salvador
- Laborel JL (1969) Madréporaires et hydrocoralliaires récifaux des cotes brésiliennes: systématique, écologie, répartition verticale et géographique. *Ann Inst océan* 47: 171-229
- Laborel JL (1970) Les peuplements de Madréporaires des cotes tropicales du Brésil. *Annales de L'Université D'Abidjan, série E II fascicule 3*, p 262
- Larcombe P, Woolfe KJ (1999) Increased sediment supply to the Great Barrier Reef will not increase sediment accumulation at most coral reefs. *Coral Reefs* 18(2): 163-169
- Larcombe P, Ridd PV, Prytz A, Wilson B (1995) Factors controlling suspended sediment on inner-shelf coral reefs, Townsville, Australia. *Coral Reefs* 14: 163-171
- Leão ZMAN (1982) Morphology, geology and developmental history of the southernmost coral reefs of Western Atlantic, Abrolhos, Brazil. PhD Thesis, University of Miami, Miami
- Leão ZMAN (1983) Abrolhos – O refúgio pleistocênico de uma fauna terciária de corais. *Ciências da Terra* 8: 22-24
- Leão ZMAN (1995) Present status of the coral reefs of Bahia and the major environmental impacts. In: Scientific Meeting, Loicz (Land/Ocean Interaction in the Coastal Zone) abstracts: 40-42
- Leão ZMAN, Ginsburg, RN (1997) Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos Coastal reefs, Bahia, Brazil. *Proc 8th Int Coral Reef Symp* 2: 1767-1772
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP (2001) The Abrolhos reefs of Brazil. In Seeliger U, Kjerfve B (eds) *Coastal Marine Ecosystems of Latin America, Ecological Studies*, Vol 144, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 83-96

- Leão ZMAN, Araujo TMF, Nolasco MC (1982) Recifes de corais no estado da Bahia. Atas do IV Simposio do Quaternario no Brasil: 225-258
- Leão ZMAN, Dutra LXC, Spano S (in press). The characteristics of bottom sediments. In: Allen, G., Dutra, G.F., Werner, T.B., and Moura, R.L. A Biological Assessment of Abrolhos Bank, Brazil. RAP Bulletin of Biological Assessment
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Maia MP, Lago RAL (1997) A catastrophic coral cover decline since 3,000 years B. P., northern Bahia, Brazil. Proc 8th Int Coral Reef Symp 1: 583-588
- Loya Y (1976) Effects of water turbidity and sedimentation on the community structure of Puerto Rican Corals. Bull Mar Sci 26(4): 450-466
- Moreno-Acosta LA (1999) Ecologia da reprodução assexuada de *Palythoa caribaeorum* (Zoanthidea: Cnidaria). PhD Dissertation, Univ. Estadual de Campinas, Campinas
- Nemeth RS, Nowlis JS (2001) Monitoring the effects of land development on the nearshore reef environment of St. Thomas, USVI. Bull Mar Sci 69(2): 759-775
- Nyström M, Folke C, Moberg F (2000) Coral reef disturbance and resilience in a human-dominated environment. TREE 15(10): 413-417
- Nzali LM, Johnstone RW, Mgaya YD (1998) Factors affecting scleractinian coral recruitment on a nearshore reef in Tanzania. Ambio 27(8): 717-722
- Pinzón JH, Perdomo AM, Díaz JM (1998) Isla arena, una formacion coralina saludable en el area de influencia de la pluma del rio Magdalena, plataforma continental del Caribe colombiano. Bol Invest Mar Cost 27: 21-37
- Potts DC, Jacobs JR (2002) Evolution of reef-building scleractinian corals in turbid environments: a paleo-ecological hypothesis. Proc 9th Int Coral Reef Symp 1: 249-254
- Richmond RH (1993) Coral reefs: present problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. Am Zool 33: 524-536
- Riegl B (1995) Effects of sand deposition on scleractinian and alcyonacean corals. Mar Biol 121: 517-526

- Riegl B, Heine C, Branch GM (1996) Function of funnel-shaped coral growth in a high-sedimentation environment. *Mar Ecol Prog Ser* 145: 87-93
- Rogers CS (1979) The effect of shading on coral reef structure and function. *J Exp Mar Biol Ecol* 41: 269-288
- Rogers CS (1983) Sublethal and lethal effects of sediments applied to common Caribbean reef corals in the field. *Mar Pollut Bull* 4 (3): 378-382
- Segal B, Castro CB (2001) A proposed method for coral cover assessment: a case study in Abrolhos, Brazil. *Bull Mar Sci* 69(2): 487-496
- Segal B Castro CB (2002) Community structure at the Abrolhos Archipelago, Brazil. *Proc 9th Int Coral Reef Symp* 1: 583-588
- Suchanek TH, Green DJ (1981) Inter-specific competition between *Palythoa caribaeorum* and other sessile invertebrates on St. Croix Reefs, U.S. Virgin Islands. *Proc 4th Int Coral Reef Symp* 2: 679-684
- Tomascik T, Sander F (1987) Effects of eutrophication on reef-building corals. *Mar Biol* 94: 53-75
- Torres JL (2001) Impacts of sedimentation on the growth rates of *Montastrea annularis* in Southwest Puerto Rico. *Bull Mar Sci* 69(2): 631-637
- Torres JL, Chiappone M, Geraldine F, Rodriguez Y, Vega M (2001) Sedimentation as an important environmental influence on Dominican Republic reefs. *Bull Mar Sci* 69(2): 805-818
- van Katwijk MM., Meier NF, van Loon R, van Hove EM, Giesen WBJT, van der Velde G, den Hartog C (1993) Sabaki River sediment load and coral stress: correlation between sediments and condition of the Malindi-Watamu reefs in Kenya (Indian Ocean). *Mar Biol* 117: 675-683
- Woolfe KJ, Larcombe P (1999) Terrigenous sedimentation and coral reef growth: a conceptual framework. *Mar Geol* 155: 331-345

ARTIGO II

Radiometric and mineralogical signature of sediments and of the scleractinian coral, *Mussismilia braziliensis*, from Abrolhos Bank, Brazil

Bárbara Segal^{1*}, Heitor Evangelista², Aldrey Costa Gonçalves², Milton Kampel³

¹*Setor de Celenterologia, Departamento de Invertebrados, Museu Nacional/Universidade Federal do Rio de Janeiro, Quinta da Boa Vista s/n, São Cristóvão, Rio de Janeiro, Brasil, 20940-040. bsegal@pobox*

**Corresponding author*

²*Laboratório de de Radioecologia/LCR/DBB Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Pavilhão Haroldo Lisboa da Cunha. Térreo. Rua São Francisco Xavier, 524, Maracanã. Rio de Janeiro, Brasil, 20550-013. heitor@uerj.br*

³*Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Divisão de Sensoriamento Remoto Av. dos Astronautas, 1758. São José dos Campos, São Paulo, Brasil, 12227-010. milton@ltd.inpe.br*

ABSTRACT

Several reefs of the world have experienced changes in community composition due to sediment or nutrient loads from coastal development. Although there has been some suggestion that Abrolhos reefs are subjected to coastal influence, there is still little information regarding this question. We sampled deposited sediments and coral colonies on 3 reefs in a transect perpendicular to the coastline. We performed gamma ray spectrometry to analyze sediment radioisotope composition and its transference to coral skeleton. Although there was no difference in radioisotope composition between summer and winter, analysis of soluble radioisotopes (^{40}K , ^{226}Ra , and ^{228}Ra) pointed to different signatures between sites. At greater distances from shore we found lower concentrations of these soluble radioisotopes, thus we concluded that coastal influence is more pronounced in the 30 km range. Regarding the incorporation rates, we found that although some radioisotopes varied between sites, its incorporation rate was the same. Therefore, corals seem to regulate the intake of the analysed radioisotopes, or there are some other processes acting in the water column that may influence this pattern.

Key words: coral reefs, sedimentation, natural radioactivity, Abrolhos, *Mussismilia braziliensis*

INTRODUCTION

Increased terrestrial runoff and sediment deposition has been a concern in several reef areas of the world (Acevedo, Morelock & Olivieri, 1989; Hands, French & O' Neill, 1993; Nzali, Johnstone & Mgaya, 1998; Anthony & Larcombe, 2002, etc.). Sedimentation has been reported as one of the main sources of anthropogenic stress to coral reefs (Rogers, 1983; Rogers, 1990). It may affect corals in three ways: photosynthetically, physically, and chemically (Richmond, 1993). High sedimentation rates in reef environments can cause smothering, abrasion, shading, and/or prevent coral recruitment (Hubbard, 1997). However, the effects of sedimentation on coral ecology, particularly related to human activities, vary in different reefal environments (Brown, 1997).

Some coral studies have related sedimentation to recruitment variation (Maida, Coll & Sammarco, 1994), skeleton morphology (Foster, 1980), growth, (Dodge, Aller & Thomson, 1974; Dodge & Vaisnys, 1977) and community structuring (Cortés & Risk, 1985; Tomascik & Sander, 1987; B. Segal & C. B. Castro, unpublished data – Article I; C. B. Castro et al., unpublished data – Article III). Other studies have evaluated metal or isotope presence in coral skeletons, suggesting a terrigenous contamination (Loría, Banichevich & Cortés, 1998; Bastidas & Garcia, 1999; Medina-Elizalde, Gold-Bouchot & Ceja-Moreno, 2002). However, very few studies have evaluated the transference rates of metals or isotopes found in sea water or suspended sediments into coral skeletons (but see Flor & Moore, 1977). Furthermore, natural radioisotopes can be good tracers of geological history in the marine environment (Meijer, James, Jennings & Koeyers, 2001).

The scleractinian corals have very slow growth rates and growth greatly influenced by the surrounding environment (Anthony & Larcombe 2002), hence they could be good tracers for natural and anthropogenic isotopes (see Loría et al., 1998). For this reason, the use of scleractinian corals as proxy tools to record environmental changes has increased recently (Bastidas & Garcia, 1999). Furthermore, some coral species can rely largely on sediment particles feeding for acquiring energy (Foster, 1980; Anthony, 1999). Therefore, evaluations of particle incorporation mechanisms in corals can be an important tool to assess environmental changes and their effects on coral reefs.

According to Leão (1995), coastal reefs from southern Bahia which have received suspended sediments from urban development have recently experienced an increase in sediments due to erosion of inland deforested areas. However, the extent to which Abrolhos' inner reefs are subjected to terrigenous influence remains poorly known. Terrigenous sediments that may reach the reefs can bear several kinds of particles, such as organic compounds, metals, and associated natural radioisotopes that could be produced by surface leaching and anthropogenic activities.

In Brazilian coral reefs, studies about sedimentation and its effects upon the Modern coral fauna are still scarce (but see Kikuchi, 2000; B. Segal & C. B. Castro, unpublished data - Article I; C. B. Castro et al., unpublished data - Article III). Sediment deposition at some reefs of the Abrolhos Bank is relatively high when compared to other reef areas of the world and has shown large variability in space and time (C. B. Castro et al., unpublished data – Article III). It is important to mention that Brazilian reefs flourish in this particular physical environment which is distinct from other reefs of the world, mainly with respect to surrounding sediments (Leão & Kikuchi, 2001). Besides that, our coral fauna is characterized by a great proportion of endemic species (Laborel, 1969). Therefore, studies dealing with physical and biological processes in these reefs are extremely important and urgent.

The present study aims to compare radioisotopes in sediment composition both spatially and seasonally at the Abrolhos Bank. This was investigated by analyzing radioisotopes in deposited sediments at 3 different localities in the Abrolhos Reefs at summer and winter. Furthermore, we analyzed the transference rates of natural or anthropogenic isotopes found in deposited sediments into skeletons of the endemic reef building coral *Mussismilia braziliensis* at three different localities on the Abrolhos Reefs. This species was chosen mainly because it is one of the main reef building species on reefs in southern Bahia, showing higher coverage and colony size towards the outer reefs (B. Segal & C. B. Castro, unpublished data – Article I). We carried out sediment and coral sampling at 3 sites of Abrolhos coral reefs located at increasing distances from the coast. We investigated radiometric signature of the sediments in order to infer if they derived from the same origin, irrespective of season. The mineralogical analysis was applied to complement sediment composition analyses for the 3 sites.

SITE DESCRIPTION

The Abrolhos region bears the most diverse and rich reefs of the South Atlantic, spread over an area of approximately 6,000 km². The coral reef community is characterized by a relatively low coral cover and a high endemism. Fifteen scleractinian coral species are found in these reefs, of which two are endemic for Bahia state (*Favia leptophylla* and *Mussismilia braziliensis*) and another three are Brazilian endemics (Laborel, 1969). The geomorphology of these reefs is characterized by some unique reef structures that grow as isolated columns with the shape of mushrooms called chapeirões, found exclusively in this region (Leão & Kikuchi, 2001). Due mainly to this unique feature, and the large number of endemic species, the Abrolhos National Marine Park was created in 1983 (Gonchorosky, Sales, Belém & Castro, 1989; Castro, 1994).

Another particularity of these reefs is the presence of siliciclastic sediments, that predominate at the inner reef structures, closer to shore (Leão & Ginsburg, 1997). In the coastal areas at southern Bahia, deforestation and the paper industry are responsible for sediment discharge to the coastal reefs (Leão, 1995). The sediment plume of large rivers to the North of the reef areas (Pojuca, Paraguassu, Pardo, and Jequitinhonha rivers) is transferred to the South, eventually reaching the reefs (Leão, Araujo & Nolasco, 1988). Sedimentation rates at these close-to-shore reefs can reach up to 225 mg cm⁻² day⁻¹ (S.D. = 55) in winter (C. B. Castro et al., unpublished data – Article III), and carbonate composition increases significantly from reefs closer to mainland to outer reefs (B. Segal & C. B. Castro, unpublished data - Article I).

The whole area is covered by Tropical Surface Waters of the Brazil Current. There is an along shore current that runs southward and parallel to the coast in the Sueste Channel (between the coast and Parcel das Paredes reefs) and in the Abrolhos Channel (between Parcel das Paredes and Parcel dos Abrolhos reefs). However, the Sueste Channel has stronger along shore current than the Abrolhos Channel. Also, the Sueste Channel is more severely dominated by this along-shore flow than the Abrolhos Channel, which is affected by stronger tidal oscillations (Knoppers, Meyerhofer, Marone, Dutz, Lopez, Leipe & Camargo, 1999). The littoral drift current runs southwards from Corumbau Point to Baleia Point and northwards from Catoeiro Point to Baleia point, producing a divergence zone at the area of Baleia Point (Bittencourt, Dominguez, Martin & Silva, 2000), close to the Abrolhos Bank.

In this study, three stations with similar physical settings (such as depth, wave exposure, bottom rugosity, etc.) but different distances from mainland, were chosen. The three sampled sites were Pedra de Leste, at Parcel das Paredes ($17^{\circ}47.261'S$; $039^{\circ}02.795'W$); Pontas Sul, at Parcel das Paredes ($17^{\circ}53.025'S$; $038^{\circ}59.265'W$); and Parcel dos Abrolhos ($17^{\circ}58.203'S$; $038^{\circ}40.230'W$) (Fig. 1).

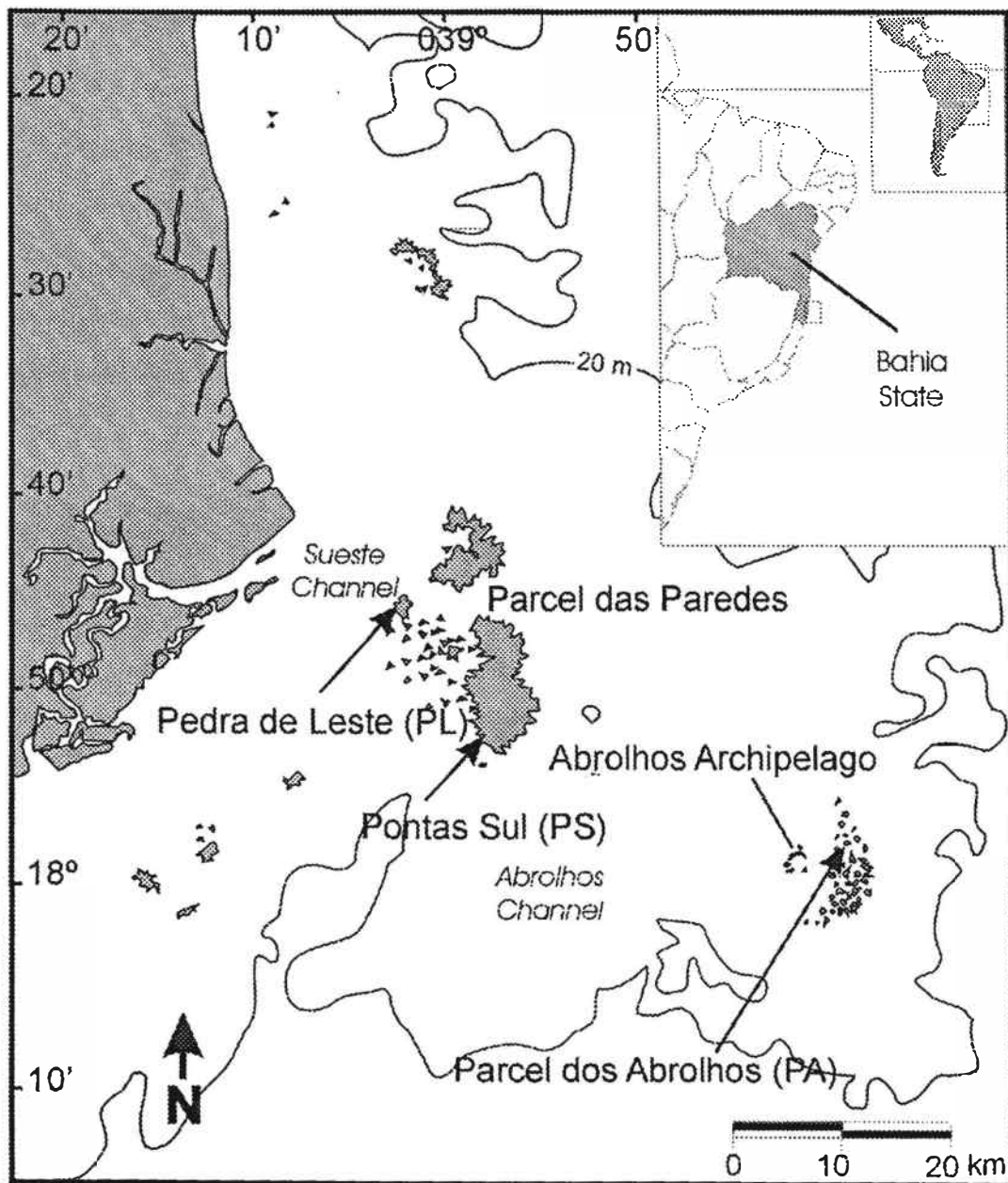


Figure 1 – Location of the study sites at the Abrolhos Bank, Brazil.

METHODS

Sampling and preparation of sediments and corals

Suspended sediments were collected by cylindrical traps built of commercial PVC material with 25 cm of length and 7 cm of diameter, closed at the bottom. These traps were tied to metal pins fixed on the reef. During summer, 10 traps were placed in November 1999 and removed in January 2000 at each site. During winter the traps were placed in May 2000 and removed in July 2000 (B. Segal & C. B. Castro, unpublished data – Article I).

After being removed from the reefs, sediment collected by the traps was brought to the laboratory, diluted, washed (to decrease the influence of salt in the dry weight), and dried at approximately 50°C. The sediment was then homogenized and the replicates of each place were gathered together to form a composite sample at each site. Each composite sample was then used for gamma spectrometry.

At each site, 3 living colonies of the coral *Mussismilia braziliensis* of approximately the same size (10 to 15 cm in height) were collected at the reef top. These colonies were treated with sodium hypochlorite solution, dried, powdered, and transferred to marionettes, then the samples were used for gamma spectrometry. All tools used in the powdering process were well cleaned and washed with distilled water prior to the procedure.

Radiometric analysis

Dried and powdered coral and sediment samples were analyzed by low level gamma ray spectrometry making use of a HpGe co-axial energy extended range detector (20% relative efficiency and 1.8 keV resolution at 1.33 MeV and 0.850 keV at 122 keV). This technique provides the detection of gamma naturally occurring radionuclides from ^{238}U , ^{235}U and ^{232}Th series, as well as ^{40}K . Samples were displayed in cylindrical receivers, with diameter comparable to detector cross section active surface. Calibration standard was a liquid cocktail (AEA Technology) composed of the radionuclides ^{133}Ba , ^{57}Co , ^{139}Ce , ^{85}Sr , ^{137}Cs , ^{54}Mn , ^{88}Y and ^{65}Zn , incorporated to a 0.5 M HCl solution with total

activity of 132 kBq. This set of radionuclides provided the efficiency parameters that allowed the determination of activity concentration of gamma radioisotopes of interest of the present work. Table 1 presents complete data regarding the gamma measurements as well as main radioisotopes properties. The secular equilibrium was considered for the activity concentration calculation of 3 radioisotopes from uranium and thorium series.

Table 1 – Main properties of radionuclides employed in coral and sediments samples.

Radionuclides	Type of detection	Energy (keV)	Prob. of gamma emission	Radioactive Series	Halflife
^{210}Pb	Direct	46.5	0.041	^{238}U	22.3 y
^{238}U	Indirect (from ^{234}Th)*	63.3	0.038	^{238}U	$4.51 \cdot 10^9$ y
^{235}U	Direct	143.8	0.105	^{235}U	$70 \cdot 10^7$ y
^{226}Ra	Direct	186.1	0.033	^{238}U	1620 y
^{228}Th	Indirect (from ^{212}Pb)*	238.6	0.436	^{232}Th	1.91 y
^{214}Pb	Direct	352	0.371	^{238}U	26.8 min
^{208}Tl	Direct	583	30.9	^{232}Th	3.1 min
^{228}Ra	Indirect (from ^{228}Ac)*	911.2	0.29	^{232}Th	6.7 y
^{40}K	Direct	1460.8	0.107	-	$1.3 \cdot 10^9$ y

* secular equilibrium is considered

Mineralogical analysis

A mineralogical analysis was performed in order to confirm radiometric results. The mineralogical analysis referred to the clay fraction of one sub-sample of sediment of each site sampled at the Abrolhos Bank by applying the X-Ray diffractometry (SEIFERT-FPM, Model XRD 7). The instrumentation set up made use of unfiltered $K\alpha$ Cu radiation of $\lambda=0.154$ nm (40 kV and 30 mA) with slits of 0.92, 3.05, and 4 mm. The angular sample X-ray scanning ranged from 2-45° (2θ) in intervals of 0.050° within detection integration of 0.5 s. Parcel dos Abrolhos' sediments mineralogical analyses were developed under natural conditions following dryness at 350 - 550°C and solvation with glycol ethylene. Samples from Pedra de Leste and Pontas Sul were also analyzed under natural conditions but with Potassium saturation and dryness for two hours at 110°, 350° and 550°C; as well as Magnesium saturation and solvation with glycol ethylene. This method is described in detail elsewhere (EMBRAPA/CNPS, 1997). Laminates were prepared based on a friction method and diffractograms were interpreted according to tables presented by Thorez (1976), Brindley & Brown (1980) and Moore & Reynolds (1989).

Statistical analysis

For each sampled site, a set of activity concentration of the radionuclides obtained during summer was compared to their corresponding activity concentrations obtained during winter. For this analysis we have employed a paired statistical test, the non-parametric Wilcoxon rank signed test. We also carried out a paired comparison between sites, using the same statistical method. More details on the application of the method can be obtained in Remington & Scork (1985).

We also performed a cluster analysis to compare radionuclides activities among sites. The analysis was performed with data transformed to 4th root, and using Bray-Curtis similarity, with the aid of PRIMER 4.0 (Clarke & Warwick 1994; Carr 1997).

Satellite images processing

Satellite images were obtained through daily means composed for each month, from October 1999 to September 2000. Two different channels were used, one for chlorophyll, and another one for light extinction coefficient, at 490 μm . All images were obtained from a SeaWiFS/NASA antenna localized at IMPE, São José dos Campos, São Paulo, Brazil.

RESULTS AND DISCUSSIONS

Pedra de Leste

Radionuclides analyzed by gamma spectrometry of Pedra de Leste sediments are described in Table 1. The results showed significant detectability to main gamma emitters from uranium and thorium series (Fig. 2). Potassium presented the largest difference between summer and winter seasons, approximately 2.7 times higher during winter. The other radionuclides presented comparable activity concentrations with the exception of U, which ^{238}U isotope showed detectability only for the winter season and the ^{235}U isotope did not present detectable levels in either season. In contrast, ^{40}K , ^{226}Ra and ^{210}Pb were the most abundant radioisotopes. Based on the activity concentration of the radionuclides from the uranium series it is possible to state that the secular equilibrium is not established along the decay chain. This is common in the ocean and occurs mainly because of the removal of the daughter, resulted by some chemical and/or physical process (Kim & Shin, 1997). The similar activity concentrations of ^{228}Th , ^{228}Ra , and ^{208}Tl indicates that the assumption of secular equilibrium for the thorium series is acceptable. These radioisotopes activities did not differ during summer and winter. Taking into account the 2 sets of activity concentrations of the radioisotopes for winter and summer as paired data and applying the non-parametric Willcoxon signal rank test we found that no statistical difference was observed between the two seasons ($p > 0.05$). Therefore, although the intensity of sedimentation flux may change along the seasons (B. Segal & C. B. Castro – Article I) they are probably derived from the same source.

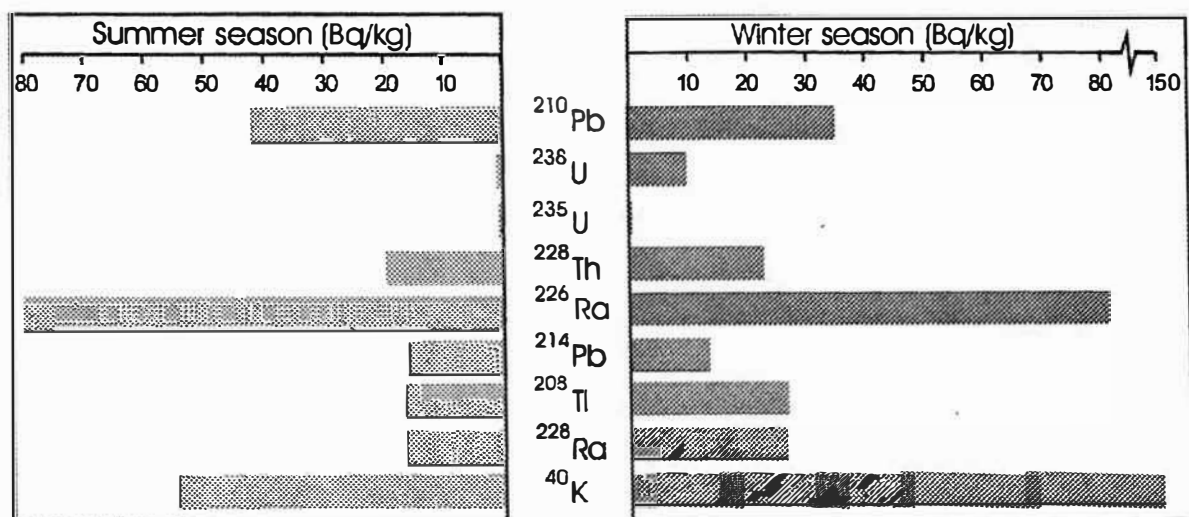


Figure 2 – Summer-Winter activity concentrations of natural radioisotopes in sediments from Pedra de Leste, Abrolhos Bank, Brazil.

Pedra de Leste sediments exhibited a predominance of calcite and aragonite minerals. Figure 3 shows the corresponding X-ray diffractogram which indicates the occurrence of calcite, Cc, aragonite, Ar, as well as mica, Mi, smectite, E, and kaolinite, Ka. Calcite seems to predominate, since it was evident during a sequence of reflections. Such reflections exhibit little changes due to temperature treatment in which the sample is submitted. Aragonite occurrence became evident from well formed small reflections, that disappeared after rising the temperature.

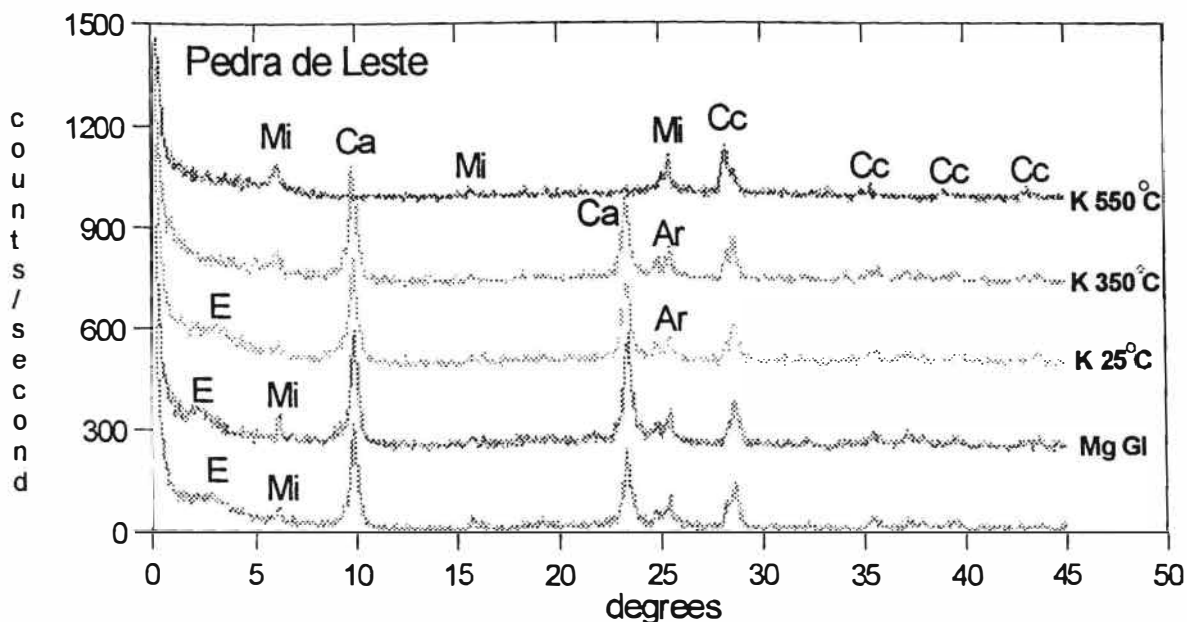


Figure 3 – X-ray diffratogram of sediments collected at Pedra de Leste, Abrolhos Bank, Brazil. Curve at the bottom is related to the natural sample; ‘Mg GI’ indicates sample saturated with Magnesium and subsequent solvation with etilene glicol; ‘K’ indicates sample saturated with Potassium following difratometry at room temperature (25°C) and a two-step heating procedure. Mi = mica; E = smectite; Ca = calcium; Cc = Calcite; Ar = aragonite.

Pontas Sul

Radionuclides analysed by gamma spectrometry of Pontas Sul sediments are described at Table 1. The results showed large abundance for ^{40}K , ^{226}Ra and ^{210}Pb ; ^{238}U and ^{235}U and low activity concentration for ^{228}Th , ^{228}Ra , ^{208}Tl , and ^{214}Pb , comparable to the detection limit of the method (Fig. 4). The assumptions for secular equilibrium for uranium and thorium decay chains may be accepted in the same way as in the Pedra de Leste results. Applying the non-parametric Willcoxon signal rank test to Pontas Sul data, the differences in activity concentration for the two seasons were not statistically significant ($p > 0.05$).

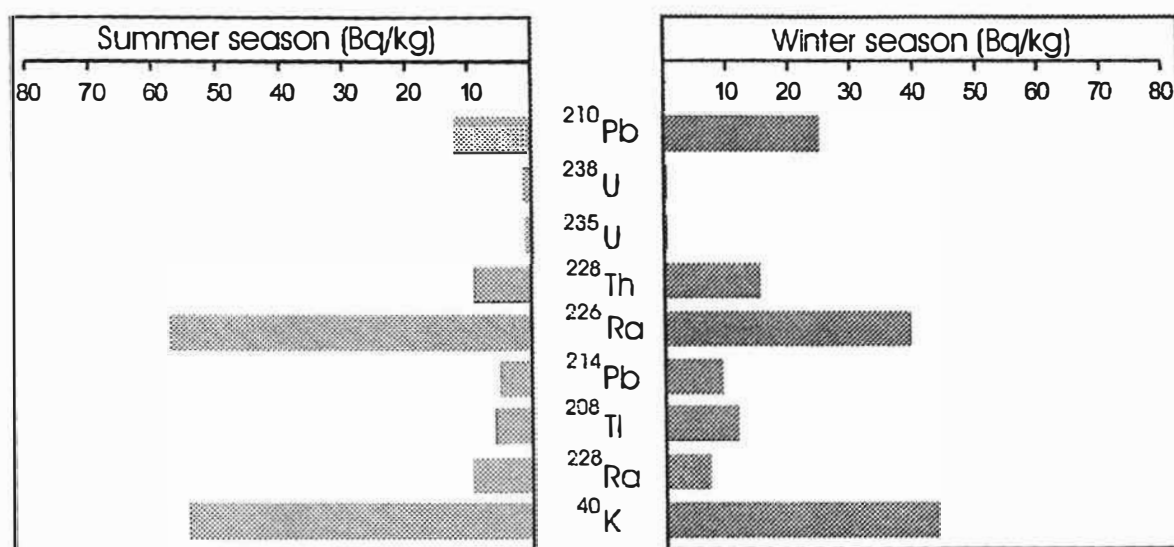


Figure 4 – Summer-Winter activity concentrations of natural radioisotopes in sediments from Pontas Sul, Abrolhos Bank, Brazil.

Pontas Sul sediments exhibited predominance of kaolinite, calcite, smectite, mica and aragonite as trace minerals (Fig. 5). Kaolinite is apparently predominant, since it was shown in well formed reflections of significant intensity when compared to other minerals, whose signals vanished after heating. Such reflections exhibit little changes due to heating of the samples. Aragonite occurrence became evident from well formed small reflections, that disappeared after increase in temperature. The calcite was detected by its principal reflection and the esmectite by wild reflection, in band pattern sensitive to etilene glicol etching and heating. Mica was shown by well formed reflections of low intensity, stable under etilene glicol etching and successive heating. A better reflection response from the Mg saturated sample compared to the K saturation allows us to infer that the mica mineral is more associated to mica magnesian group than potassic micas, such as the muscovite mineral.

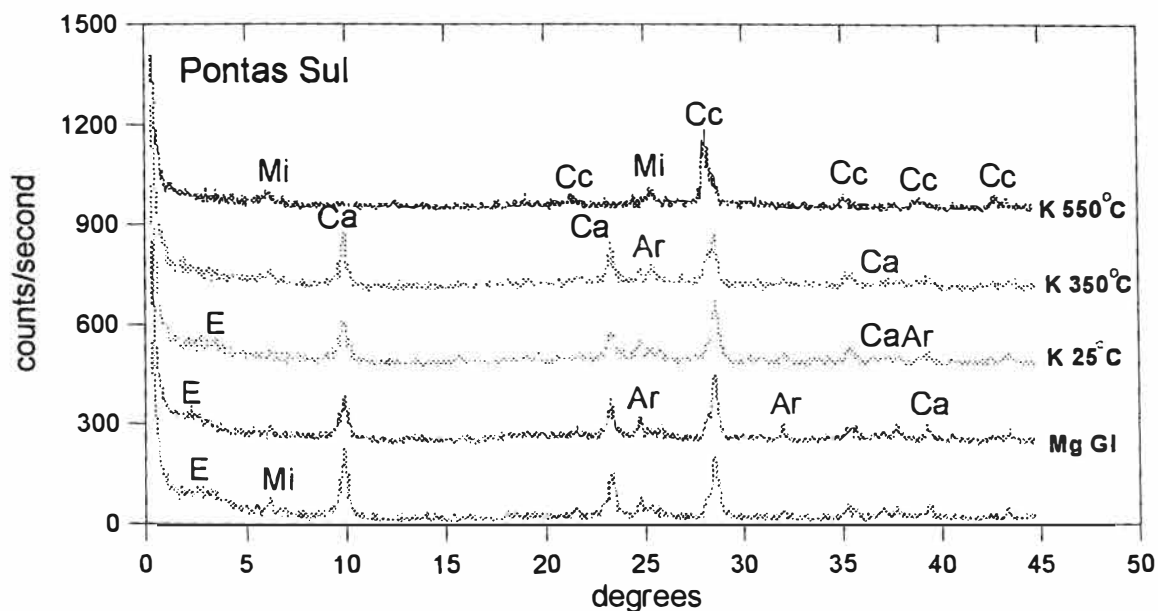


Figure 5 – X-ray diffractogram of sediments collected at Pontas Sul, Abrolhos Bank, Brazil. Curve at the bottom is related to the natural sample; ‘Mg Gl’ indicates sample saturated with Magnesium and subsequent solvation with etilene glicol; ‘K’ indicates sample saturated with Potassium following difratometry at room temperature (25°C) and a two-step heating procedure. Mi = mica; E = smectite; Ca = calcium; Cc = Calcite; Ar = aragonite.

Parcel dos Abrolhos

By comparing the spectrometry results of Parcel dos Abrolhos (Fig. 6) to those of Pedra de Leste and Pontas Sul (Figs. 2 and 4) it is obvious that ^{40}K , ^{226}Ra , and ^{210}Pb are, by far, the most abundant gamma emitters of radionuclides. In this case the secular equilibrium can not be inferred for both natural series. The radionuclides ^{228}Th , ^{228}Ra , ^{208}Tl , ^{235}U , and ^{214}Pb presented activity concentrations as low as the detection limit. In this case we can establish that Parcel dos Abrolhos presented a different radiometric signature (Fig. 6). Nevertheless, the non-parametric Willcoxon signal rank test did not show statistical difference between the two seasons ($p > 0.05$).

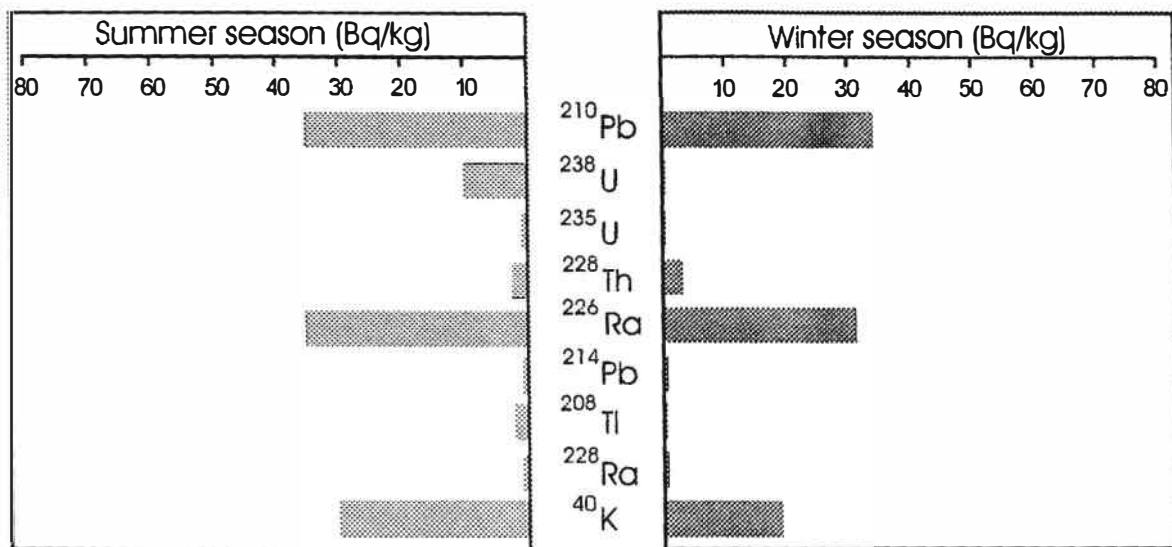


Figure 6 – Summer-Winter activity concentrations of natural radioisotopes in sediments from Parcel dos Abrolhos, Abrolhos Bank, Brazil.

Parcel dos Abrolhos sediments exhibited a mineralogical composition dominated by calcite and aragonite minerals. Figure 7 shows the corresponding X-ray diffractogram which indicates the occurrence of calcite by a sequence of reflections. Such reflections exhibit little changes in pattern due to heating to which the sample was submitted. Aragonite occurrence became evident from well formed small reflections, that disappeared after heating.

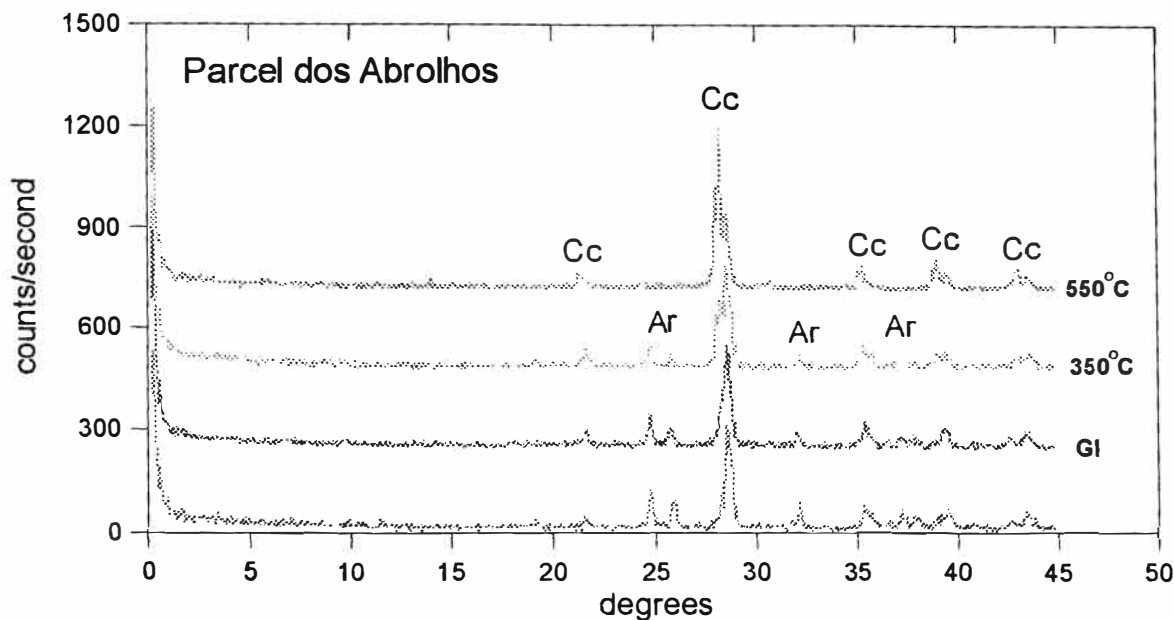


Figure 7 – X-ray diffractogram of sediments collected at Parcel dos Abrolhos, Abrolhos Bank, Brazil. Curve at the bottom is related to the natural sample; ‘GI’ indicates solvation with ethylene glycol; samples were also subjected to two-step heating procedure (at 350°C and 550°C). Cc = Calcite; Ar = aragonite.

Comparisons of sediment composition among sites

The radionuclide ^{210}Pb did not show a marked difference in activity concentration between summer and winter seasons for Pedra de Leste and Parcel dos Abrolhos. Pontas Sul was an exception, with higher value during winter. The ^{210}Pb is a long-lived radionuclide progeny of ^{222}Rn . Depending on where disintegration of ^{222}Rn takes place inside the mineral grain, it may diffuse to mineral micropores and be released to the atmosphere, otherwise be trapped inside its crystal structure (Wilkening, 1980). Therefore, an escape-to-production ratio can be defined for ^{222}Rn , which is usually called the emanation power, and varies from mineral matrix to mineral matrix. The ^{222}Rn fraction remaining in the mineral grain volume produces, after a small set of disintegration steps, the ^{210}Pb , also named “supported ^{210}Pb ”, which is kept inside the mineral grain. The fraction of ^{222}Rn that escapes to the free atmosphere decay to highly chemically reactive short-lived progenies that coagulate and attach to aerosols and become ^{210}Pb (“unsupported ^{210}Pb ”) that returns to the land or ocean surface by dry and wet deposition. Washout is the predominant mechanism in most global regions (Wilkening, 1980). The radioactive

aerosol (containing attached ^{210}Pb) when deposited over the ocean will sediment directly or aggregate to suspended matter (containing supported ^{210}Pb). Therefore a positive correlation would be expected between ^{210}Pb activity concentration in bottom sediments and rainfall intensity, which is responsible for washout and has a seasonal nature. The samples from Abrolhos reefs did not reflect such a time variation and, probably, the total ^{210}Pb activity concentration is ruled out by the supported contribution.

The mineralogical analysis clearly showed that the mineral composition of Pedra de Leste and Pontas Sul sediments can be considered similar, both with enrichment of kaolinite, calcite, smectite, mica and aragonite. According to Knoppers et al. (1999), the Caravelas Ria is characterized by land derived smectite clay minerals, and is also enriched with kaolinite clay derived from resuspended material from older sediments. However, according to those authors, exchange of materials between the coast and the reefs is prevented by a high velocity currents in the Sueste channel (between the coast and the Parcel das Paredes reefs) at least during summer. Therefore, although our analyses do not permit any conclusions about the place of sediment origin, the presence of such clay minerals indicates a coastal influence. Parcel dos Abrolhos samples exhibited a poorer mineral diversity with enrichment of calcite and aragonite, in this case corresponding to the erosion of the skeletons of main reef builders, such as corals and coralline algae. Parcel dos Abrolhos reefs, therefore, receive little influence from the continental run off. This is in accordance with B. Segal & C. B. Castro's (unpublished data - Article I) results about carbonate contribution to reef sediments. They found that 90% of sediment from the Parcel dos Abrolhos reef is composed of carbonates.

The cluster analysis grouped Parcel dos Abrolhos summer and winter samples separately from Pedra de Leste and Pontas Sul summer and winter samples, at a level near 70% similarity (Fig. 8).

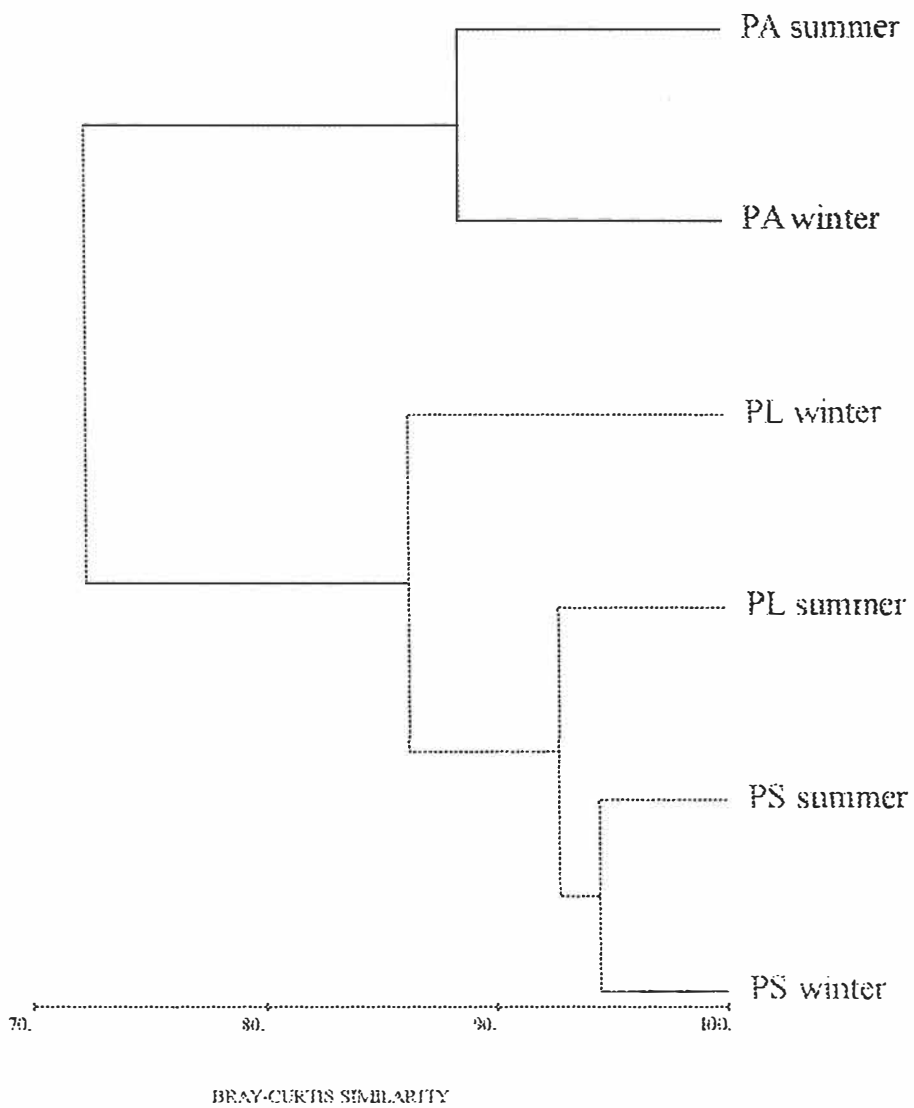


Figure 8 – Cluster analysis of radioisotope composition on sediments deposited above coral reefs at the Abrolhos Bank, Brazil, during summer and winter of 2000. PA = Parcel dos Abrolhos; PL = Pedra de Leste; PS = Pontas Sul.

Although there was no difference between seasons, we observed a significant difference in radioisotope composition between Pedra de Leste and the other two sites ($p < 0.05$). Despite the fact that the Willcoxon test showed differences only between Pedra de Leste and the others, cluster and mineralogical analysis put together Pedra de Leste and Pontas Sul, both being different from Parcel dos Abrolhos. This difference suggests a different signature of Pedra de Leste and Pontas Sul sediment, which can be related to terrestrial influence, since these sites are closer to the mainland, and located on inner face of the coastal arc reefs. The presence of smectite and kaolinite minerals at both sites also reflects this influence.

The spatial evaluation of more soluble radionuclides from the coast towards the open sea provided a better understanding of coastal sediment run off (Fig. 9). Two of more common tracers of this process are the uranium and radium, due to their respective solubility and abundance in the marine environment. The measurements of sediment samples from Pontas Sul, Pedra de Leste and Parcel dos Abrolhos revealed greater abundance for ^{226}Ra , independently of the season for the 3 sites and a very irregular distribution for ^{238}U (^{235}U behaved as trace radioisotope) (Figs. 2, 4, and 6). ^{228}Ra , as a representative of the thorium series and ^{40}K , a typical crustal tracer, were also employed in this analysis. Figure 9 shows the correlation between average activity concentration and distance from the coast (d) for these soluble isotopes from sediments collected at the 3 sites. The correlation between radionuclide activity with respect to distance from mainland was better fitted by a logarithmic function, showing a significant decrease from the coast to the ocean. It indicates the way that dilution of the sediment plum occurs at that latitude of the Brazilian coast. Since Pedra de Leste has presented different radiometric signature to those of Pontas Sul and Parcel dos Abrolhos, we may conclude that the effectiveness of sedimentation process derived from the continental erosion run off is more pronounced between the coast and the reefs at 15 km offshore. The different signature for reefs closer to the coast, associated with a higher activity of soluble radioisotopes, suggests the influence of a long term deposition of terrigenous sediments in the reefs close to mainland, as previously discussed by Leão & Ginsburg, 1997.

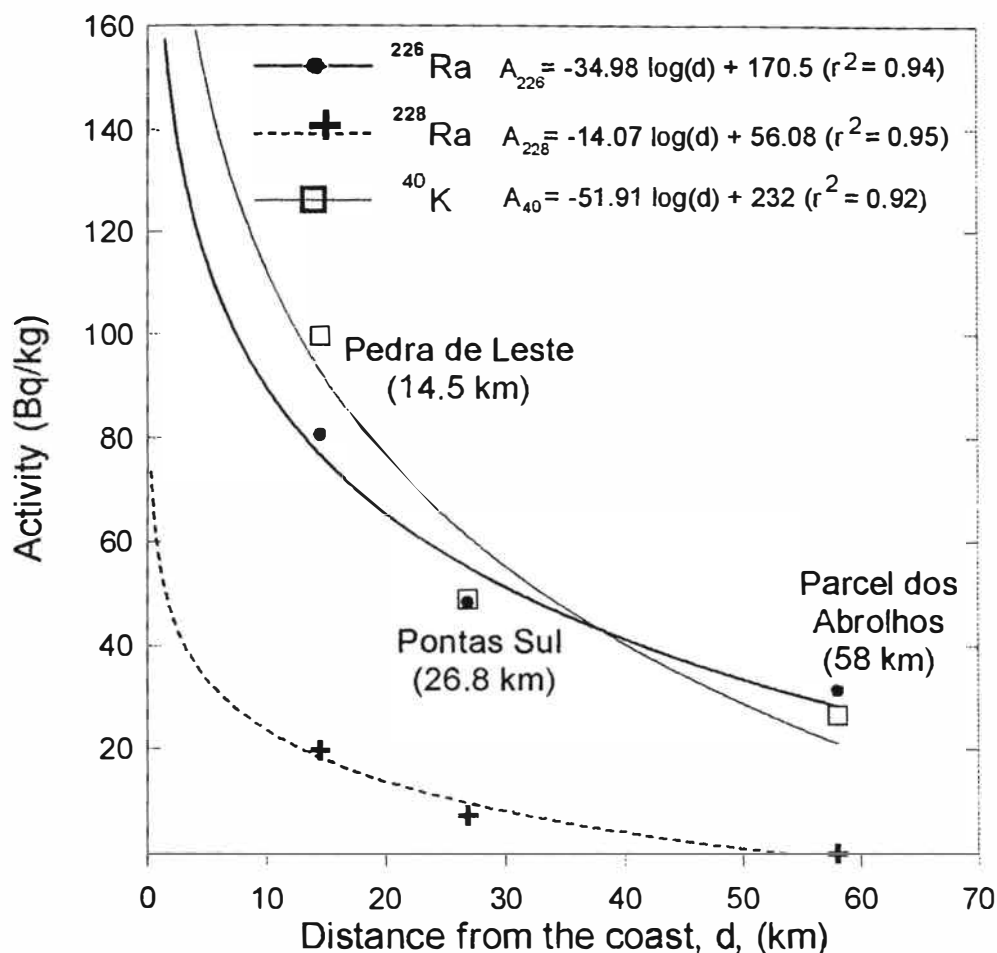


Figure 9 – Variation of activity concentration of natural radionuclides at different distances from the coast at the Abrolhos Bank, Brazil.

The environmental conditioning that controls sediment arrival at the Abrolhos coral reefs could be associated with two principal natural mechanisms. (1) the annual rainfall oscillation that presents higher intensity during the winter (wet season) and lower during the summer (dry season); (2) the resuspension of bottom sediments already deposited in the coral reef region during winter time, which can be attributed to frontal weather systems.

According to Leão & Kikuchi (2001) “Despite the humid tropical climate, elevated runoff of fresh water and terrigenous sediments only occurs during winter storms”. During the wet season precipitation in coastal areas causes margin erosion and resuspension of bottom sediments of the main rivers that constitute the hydrological basins of the region, mainly the Jequitinhonha river to the North of the area (Leão et al, 1988) and the Doce river to the South (Summerheyes, Melo & Barreto, 1976).

The increase of fine sediments in these river waters during the winter can be responsible for the production of plumes of sediments that travel from the coast to the ocean. The satellite images presented here clearly show the influence of these plumes upon the Abrolhos reefs (Figure 10). According to Summerhayes, Melo & Barreto (1976), the Jequitinhonha river produces a plume that reaches 20 km offshore, and the Doce river plume reaches up to 40 km. Due to a divergence zone close to Caravelas (Bittencourt et al., 2000), these plumes reach the Abrolhos reefs. Our satellite images (Fig. 10) show a wide extension of this influence to the south, probably related to the Doce river plume. This contribution is supposed to be seasonal and increasing during the last decades due to antropogenic activities (Leão & Kikuchi, 2001). This seasonality is also seen in satellite images, showing a high turbidity at the reefs, mainly during winter months (Fig. 11).

The resuspension of bottom sediments already deposited at the coral reef region was evident through analysis of sediment deposition rates at the same sites (B. Segal & C. B. Castro, unpublished data – Article I; C. B. Castro et al., unpublished data – Article III). According to analysis by B. Segal & C.B. Castro (unpublished data – Article I), sedimentation rates were higher in winter at the three sites studied here. The Abrolhos coral reef region comes under the influence of polar advection of air masses, which trajectories develop along with the Brazilian coast, inducing a wind regime from the S, SE and SW (Turcq, Flexor, Suguio, Pierre & Tasayaco-Ortega, 1999). The exception to this pattern are El Niño years, when frontal systems are driven to the Eastern Atlantic ocean before they reach the Tropic of Capricorn (Turcq et al., 1999). During the winter the frequency and intensity of frontal systems become more prominent and result in a surface ocean perturbation, causing increased sediment deposition and turbidity at the reefs.

The satellite images show that the whole studied area is under the influence of coastal runoff, bringing to the reefs high sediment concentrations and turbidity (measured through light attenuation) (Figs. 10 and 11). However, this influence seems to be more pronounced at the reefs closer to shore, as shown by the lowering of concentration activities of the more soluble radioisotopes towards offshore reefs (Fig. 9). Furthermore, the absence of differences in sediment radioisotope composition between summer and winter suggests that local resuspension of deposited sediments may be an important contributor to the suspended matter and higher sedimentation rates at the reefs closer to shore observed by C.B. Castro et al. (unpublished data – Article III).

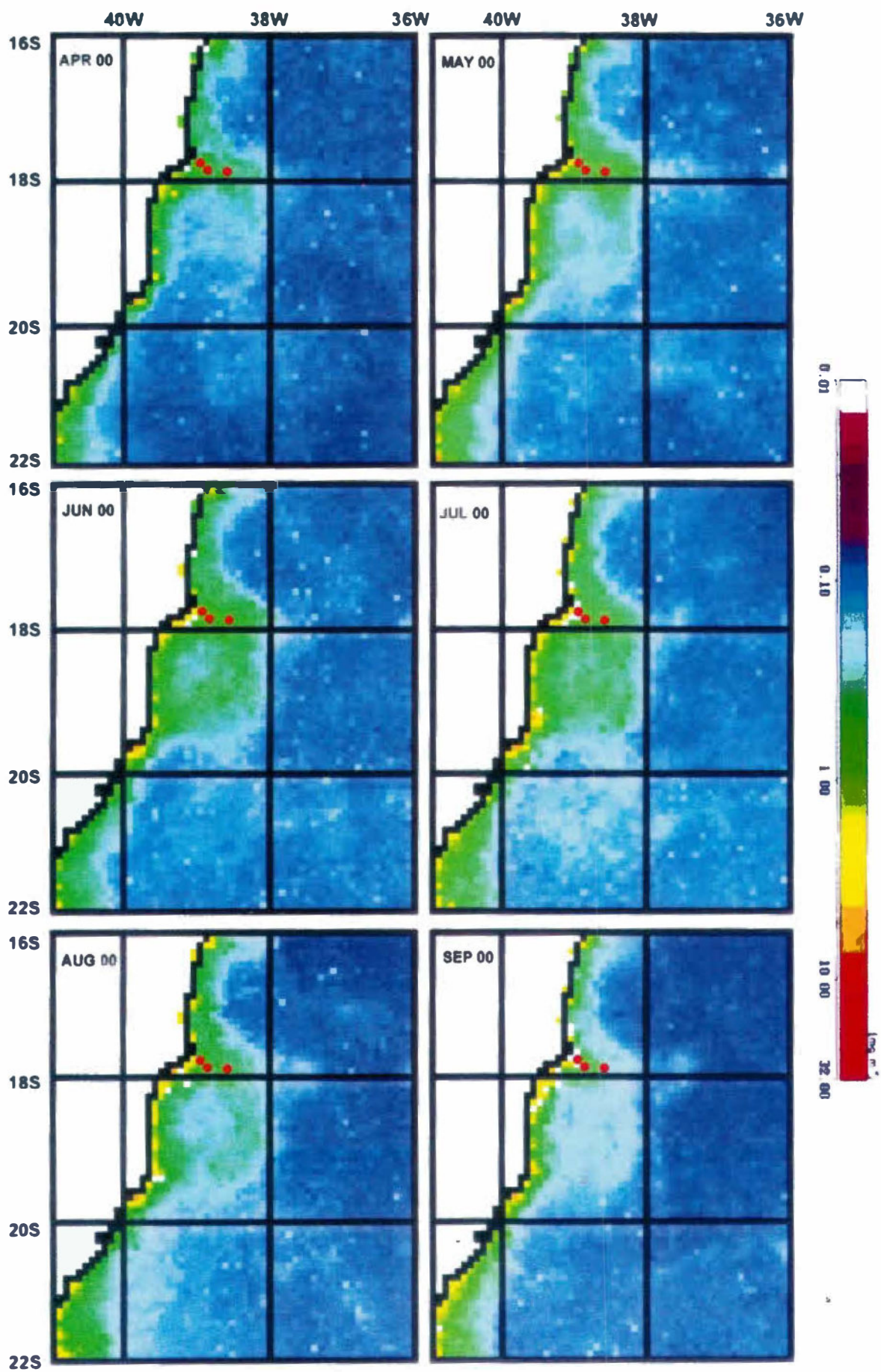
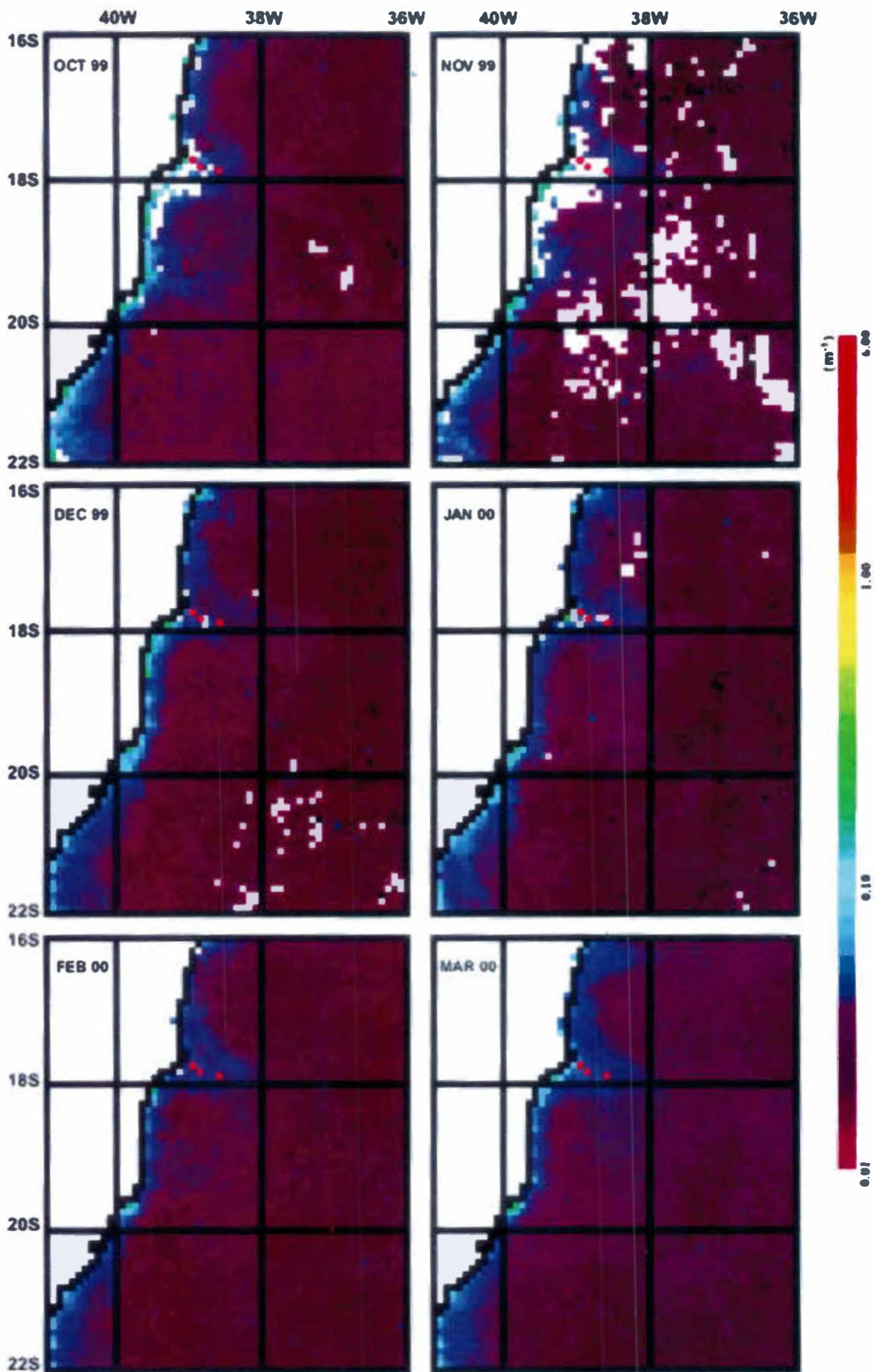


Figura 10 – Satellite images of sediment plumes (data from chlorophyll reflection bands) between October, 1999 and September, 2000 at eastern Brazilian coast. Sampling locations are marked in red. Data from SeaWiFS, NASA.



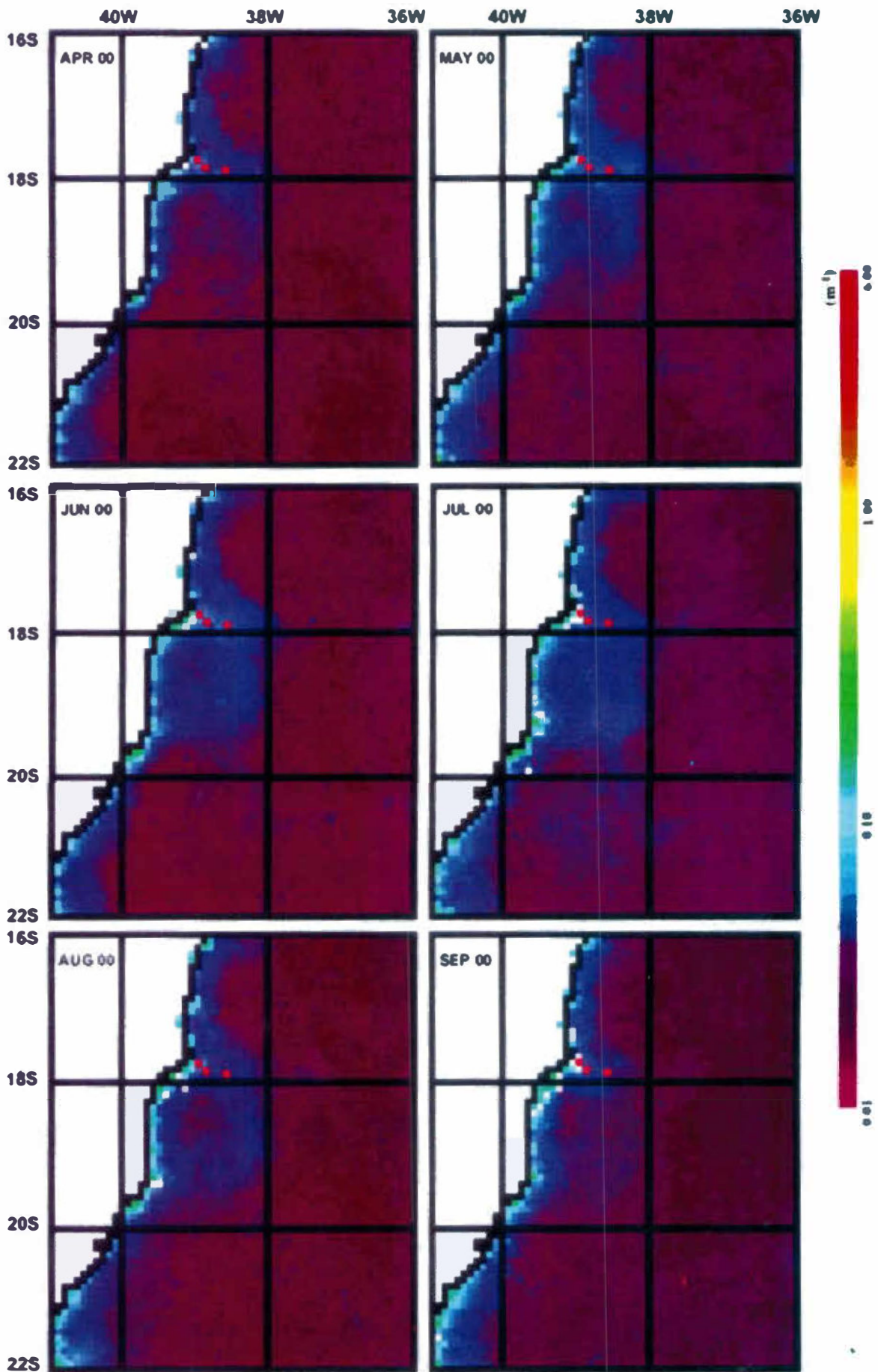


Figura 11 – Satellite images of light attenuation between October, 1999 and September, 2000 at eastern Brazilian coast. Sampling locations are marked in red. Data from SeaWiFS, NASA.

Sediment-to-coral transference rates

The evaluation of sediment composition and the sampling of coral colonies from the same site allowed the determination of the *i*-th radionuclide sediment-to-coral transfer factor (Tf). This is a dimensionless parameter defined as the ratio of the activity concentration of the *i*-th radionuclide in the sediment sample (dry weight) and the *i*-th radionuclide activity concentration in the coral sample (dry weight). Transfer factor indicates how corals incorporate insoluble matter from the water column. The evaluation of this transference parameter for several metals may provide a better understanding of historical impactation, mainly due to anthropogenic activities along the coast line that result in erosion processes (see McCulloch, Fallon, Wyndham, Hendy, Lough & Barnes, 2003). However, Guzman & Jarvis (1996) have pointed out to the fact that the pathways of metal into coral skeletons still involves great uncertainties regarding its incorporation into the aragonite or inclusion of particulate materials. Table 2 shows average Tfs for natural radionuclides for the region of interest enclosing Pontas Sul, Pedra de Leste e Parcel dos Abrolhos. The results showed that Tf for ^{226}Ra (which is chemically similar to Ca) varied from 0.32 to 0.74. These values seem to depend much more on the metabolic process of incorporation of the radionuclide than on the available concentration of ^{226}Ra in the suspended sediment. In this case, activity concentration in sediments varied over a factor of 3 and the corresponding activity concentration in coral samples did not present significant change, with an approximate constant value of 25 Bq/kg. The average activity concentration of the above radionuclide found for *Mussismilia braziliensis* at Abrolhos coral reef is comparable to those reported by Loria et al. (1998) for the Pacific coast and Caribbean sea at Costa Rica where 13 different species were analyzed. An analogous behavior was found for ^{40}K , which presented an activity concentration varying from 26.6 to 99.9 Bq/kg in sediment samples and an average constant incorporation of 5.5 Bq/kg observed in coral skeletons. ^{214}Pb activity concentrations were also very similar to the results of Loria et al., 1998. ^{238}U , which appeared as a rare radioisotope in sediment samples was one of the two most abundant radioisotopes in coral samples, together with ^{226}Ra .

Table 2 – Activity (Bq/Kg) of the radioisotopes found in sediment and coral samples and transference rates (TF) from sediment to coral skeletons at the Abrolhos Bank, Brazil. bdl = below detection limit.

Radion.	Parcel dos Abrolhos			Pedra de Leste			Pontas Sul			Average
	Sediment	Coral	TF	Sediment	Coral	TF	Sediment	Coral	TF	TF
²¹⁰ Pb	34.4	bdl	-	38.3	bdl	-	18.2	4.1	0.23	0.23
²³⁸ U	bdl	19.7	-	bdl	20.6	-	Bdl	18.8	-	-
²³⁵ U	bdl	bdl	-	bdl	bdl	-	Bdl	2.0	-	-
²²⁸ Th	2.8	1.8	0.64	20.2	1.8	0.09	11.6	1.1	0.09	0.27
²²⁶ Ra	31.5	23.3	0.74	80.8	25.5	0.32	48.6	26.2	0.54	0.53
²¹⁴ Pb	bdl	4.1	-	14.4	3.0	0.21	6.1	2.3	0.38	0.30
²⁰⁸ Tl	2.3	2.0	0.87	20.6	2.3	0.11	8.2	1.4	0.17	0.38
²²⁸ Ra	bdl	bdl	-	19.8	bdl	-	7.4	bdl	-	-
⁴⁰ K	26.6	5.1	0.19	99.6	5.6	0.06	49.1	5.8	0.12	0.12

Transfer factors presented in Table 2 indicated a higher incorporation for ²²⁶Ra. In the case of ²³⁸U, the Tf could not be defined quantitatively since it was detected in the coral sample but not in the sediments. The origin of ²³⁸U can be attributed to fine particles suspended in the water column which do not necessarily derive from the coastline. Although ²²⁸Ra is chemically identical to ²²⁶Ra in the mechanism of bioaccumulation in any organism, Tf value for these isotopes presented different patterns. ²²⁸Ra detectable in sediments of Pedra de Leste and Pontas Sul during winter and summer season was not seen in coral samples. We attributed this difference in bioaccumulation of ²²⁶Ra to the original mineral matrix in which both radioisotopes were formerly associated. ²²⁸Ra derives from ²³²Th series, where secular equilibrium is much closer, and, in addition, the thorium is normally associated to very insoluble mineral structures. The opposite is observed for ²²⁶Ra. Despite the lower abundance of ²¹⁰Pb in Pontas Sul sediment samples, it was incorporated in coral skeleton only at this site. We believe there must be some process occurring in the water column, not evaluated here, contributing to this pattern. Future studies should consider the evaluation of a more complete set of potential sources of radionuclides for coral skeletons, such as the water column.

Although the radioisotopes we found in the sediment presented a good trace of particle origin in the Abrolhos Bank, their presence in coral skeletons did not differ with different sediment signatures. It seems that coral metabolism regulates the incorporation of this kind of material. The small differences found by Loria et al. (1998) between Caribbean and Pacific corals could be due to the analysis of different species, instead of different particle sources. However, for a better understanding of the incorporation of radioisotopes into coral skeletons, analysis of other parameters should be taken into account, such as water radioisotope composition, water temperature, and other features of water quality, as well as specific variations in coral intake. The gamma spectrometry technique proved to be very useful for this purpose, since it can be applied to several different matrices, such as sediment, coral skeleton, and water samples. Furthermore, this method can be used to trace signatures of coastal influences through the analysis of potential sources in rivers and in the coast region, and their comparison with the composition of sediments found in the marine environment.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Dr. Paulo Paiva and Dr. Clovis Castro for helping with sediment and coral sampling; Dr. Sebastião Barreiros Calderano and his staff from the Laboratório de Solos/EMBRAPA/CNPS for their kindly collaboration on mineralogical analysis; Eliane Vidaurre, Danyele Godiva, and Leticia Rodrigues Melo for helping with sample preparation; and Alexandre Alencar for helping with computer processing of radiometric data. We also thank Dr. Joel Creed for criticism on the English version of the manuscript. Field trips were supported by a grant from Fundação O Boticário de Proteção à Natureza to Bárbara Segal and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico to Clovis Castro.

REFERENCES

- Acevedo, R., Morelock, J., & Olivieri, R. A. (1989). Modification of coral reef zonation by terrigenous sediment stress. *Palaios*, 4, 92-100.
- Anthony, K.R.N. (1999). A tank system for studying benthic aquatic organisms at predictable levels of turbidity and sedimentation: Case study examining coral growth. *Limnol Oceanogr*, 44(6), 1415-1422.
- Anthony, K.R.N. & Larcombe, P.(2002). Coral reefs in turbid waters: sediment-induced stresses in corals and likely mechanisms of adaptation. *Proceedings of the 9th International Coral Reef Symp*, 1, 239-244.
- Bastidas, C. & García, E. (1999). Metal content on the reef coral *Porites astreoides*: an evaluation of river influence and 35 years of chronology. *Marine Pollution Bulletin*, 38(10), 899-907.
- Bittencourt ACSP, Dominguez JML, Martin L, Silva IR (2000) Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia – Brazil. *An Acad Bras Cienc*, 72(2), 271-287.
- Brindley, G. W & Brown, G. (1980). *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification* -. Mineralogical Society, vol. 1, London.
- Brown, BE (1997). Disturbances to reefs in recent times. In: C. Birkeland, *Life and death of coral reefs* (pp. 354-379). New York: Chapman and Hall.
- Carr, M.R. (1997). *PRIMER User Manual (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research)*. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.
- Castro, C.B. (1994). Corals of Southern Bahia. In: B. Hetzel B & C.B.Castro, *Corals of Southern Bahia* (pp. 160-176). Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Clarke, K.R., Warwick, R.M. (1994). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory.
- Cortés, J. & Risk, M.J. (1985). A reef under siltation stress Cahuita, Costa Rica. *Bulletin of Marine Science*, 36(2), 339-356.
- Dodge, R.E. & Vaisnys, J.R. (1977). Coral populations and growth patterns: responses to sedimentation and turbidity associated with dredging. *Journal of Marine Research*, 35(4), 715-730.

- Dodge, R.E., Aller, R.C. & Thomson, J. (1974). Coral growth related to resuspension of bottom sediments. *Nature*, 247 (5442), 574-577.
- EMBRAPA/CNPS (1997). Manual de métodos de análise de solo, 2nd ed, vol. 1. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos.
- Flor, T.H. & Moore, W.S. (1977). Radium/Calcium and Uranium/Calcium determinations for western atlantic reef corals. *Proceeding of the 3rd International Coral Reef Symposium*, 555-561.
- Foster, A.B. (1980). Environmental variation in skeletal morphology within the Caribbean reef corals *Montastrea annularis* and *Siderastrea siderea*. *Bulletin of Marine Science*, 30(3), 678-709.
- Gonchorosky, J., Sales, G., Belém, M.J.C., Castro, C.B. (1989). Importance, establishment and management plan of the “Parque Nacional Marinho dos Abrolhos” In: C. Neves, *Coastlines of Brazil. Part of a series of volumes on Coastlines of the World* (pp. 185-194), edited by Orville T. Magoon. New York: American Society of Civil Engineers.
- Guzman, H.M.; Jarvis, K.E. (1996). Vanadium century record from Caribbean reef corals: a tracer of oil pollution in Panama. *Ambio*, 25(8), 523-526.
- Hands, M.R., French, J.R. & O’Neill, A. (1993). Reef stress at Cahuita Point, Costa Rica: anthropogenically enhanced sediment influx or natural geomorphic change? *Journal of Coastal Research*, 9(1), 11-25.
- Hubbard, D.K. (1997) Reefs as dynamic systems. In: C. Birkeland, *Life and death of coral reefs* (pp. 354-379). New York: Chapman and Hall.
- Kikuchi, R.K.P. (2000). *Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental Norte da Bahia durante o Holoceno*. PhD Dissertation, Univ. Federal da Bahia, Salvador.
- Kim, K.H., Shin, H.B. (1997) Scavenging of ²¹⁰Pb and ²¹⁰Po in the coastal waters of the southern East Sea. *Radioprotection – Colloques*, 32(2), 23-28.
- Knoppers, B., Meyerhofer, M., Marone, E., Dutz, J., Lopez, R., Leipe, T., Camargo, R. (1999). Compartments of the pelagic system and material exchange at the Abrolhos Bank coral reef, Brazil. *Archives of Fisheries and Marine Research*, 47(2/3), 285-306.
- Laborel, J.L. (1969). *Madréporaires et hydrocoralliaires récifaux des cotes brésiliennes: systématique, écologie, répartition verticale et géographique*. *Ann Inst océan*, 47, 171-229.

- Leão, Z.M.A.N. (1995). Present status of the coral reefs of Bahia and the major environmental impacts. In: Scientific Meeting, Loicz (Land/Ocean Interaction in the Coastal Zone) (pp. 40-42), abstracts.
- Leão, Z.M.A.N., Ginsburg, R.N. (1997). Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos Coastal reefs, Bahia, Brazil. Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, 2, 1767-1772.
- Leão Z.M.A.N., Kikuchi, R.K.P. (2001). The Abrolhos reefs of Brazil. In U. Seeliger, B. Kjerfve, Coastal Marine Ecosystems of Latin America, Ecological Studies, vol 144 (pp. 83-96). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Leão, Z.M.A.N., Araujo, T.M.F., Nolasco, M.C. (1988). The coral reefs off the coast of eastern Brazil. Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, 3, 339-347.
- Loría, L.G., Banichevich, A. & Cortés, J. (1998). Radionucleidos en corales de Costa Rica. Revista de Biología Tropical, 46 (5), 81-90.
- Maida, M., Coll, J.C. & Sammarco, P.W. (1994). Shedding new light on scleractinian coral recruitment. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 180, 189-202.
- McCulloch, M., Fallon, S., Wyndham, T., Hendy, E., Lough, J. & Barnes, D. (2003). Coral record of increased sediment flux to the inner Great Barrier Reef since European settlement. Nature, 421, 727-730.
- Medina-Elizalde, M., Gold-Bouchot, G., Ceja-Moreno, V. (2002). Lead contamination in the Mexican Caribbean recorded by the coral *Montastrea annularis* (Ellis and Solander). Marine Pollution Bulletin, 44(5), 421-423.
- Meijer, R.J., James, I.R., Jennings, P.J. & Koeyers, J.E. (2001). Cluster analysis of radionuclide concentrations in beach sand. Applied Radiation and Isotopes, 54, 535-542.
- Moore, D. M. & Reynolds Jr., R. C. (1989). X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals, vol. 1. New York: Oxford University Press.
- Nzali, L.M., Johnstone, R.W., Mgaya, Y.D. (1998). Factors affecting scleractinian coral recruitment on a nearshore reef in Tanzania. Ambio, 27(8), 717-722.
- Remington, R.D. & Scork, M.A. (1985). Statistics with application to the biological and health sciences. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

- Richmond, R.H. (1993). Coral reefs: present problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. *American Zoologist*, 33, 524-536.
- Rogers, C. S. (1983). Sublethal and lethal effects of sediments applied to common Caribbean reef corals in the field. *Marine Pollution Bulletin*, 4 (3), 378-382.
- Rogers, C. S. (1990). Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*, 62, 185-202.
- Summerhayes, C.P., Melo, U., Barretto, H.T. (1976) The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off Southeastern Brazil. *Journal of Sedimentology and Petrology* 46(4), 819-828.
- Thorez, J. (1976). Practical identification of clay minerals, vol. 1. Liège State University, Mineralogical Institute.
- Tomascik, T. & Sander, F. (1987). Effects of eutrophication on reef-building corals. *Marine Biology*, 94, 53-75.
- Turcq, B., Flexor, J.M., Suguio, K., Pierre, C., Tasayaco-Ortega, L. (1999). Origin and evolution of the Quaternary Coastal Plain between Guaratiba and Cabo Frio, State of Rio de Janeiro, Brazil. In: Knoppers, B., Bidone, E.D., Abrão, J.J. (eds), *Environmental geochemistry of coastal lagoon systems, Rio de Janeiro, Brazil. Série Geoquímica Ambiental*, 6, 25-46.
- Wilkening, M. (1980). Radon transport processes below the earth's surface. In: *Proc. Int Symp on the Natural Radiation Environment 3rd*, vol 1 (pp. 90-104). Springfield, Virginia: National Technical Information Service/US Department of Commerce.

ARTIGO III

Estruturação de Comunidades Coralíneas e Sedimentação em Recifes Internos do Banco dos Abrolhos, Brasil

Clovis B. Castro¹, Bárbara Segal¹, Emiliano N. Calderon¹ & Fábio Negrão²

¹ *Universidade Federal do Rio de Janeiro, Museu Nacional, Departamento de Invertebrados, Quinta da Boa Vista, s/n, Rio de Janeiro, RJ, 20940-040, Brasil. e-mails chcastro@pobox.com, bsegal@pobox.com, calderon@pobox.com*

² *Aratur Mergulho Ecoturismo, rua Sete de Setembro, 88, Caravelas, BA, 45900-000, e-mail araturabrolhos@uol.com.br*

Cabeçalho: Comunidades Coralíneas em Abrolhos, Brasil

RESUMO

A compreensão da relação das comunidades coralíneas com sedimentação ainda é fragmentária. Avaliamos esta relação no Banco dos Abrolhos, com quantificações de cobertura coralínea e de zoantídeos, recrutamento de corais, deposição mensal de sedimentos, sua composição carbonática e relação com ventos, em recifes no arco interno do Banco dos Abrolhos. Taxas de deposição de sedimentos e sua composição variaram entre recifes, com forte sazonalidade, relacionada aos ventos. O principal estruturador das comunidades de cnidários é *Palythoa caribaeorum*, o qual geralmente é dominante em áreas de maior deposição de sedimento. Houve uma variação de um local para outro nas espécies de corais dominantes, sugerindo que esta comunidade pode estar sendo estruturada por fatores de ação local ou por eventos estocásticos, os quais podem ser diferentes para cada recife e para áreas de um mesmo recife. Comunidades respondendo a estas influências tenderiam a apresentar distribuições em mosaico, sem padrões geográficos ou de zonação bem definidos, tal como observado em nossos resultados. A distribuição e a abundância de escleractíneos aparentemente também não podem ser explicadas por recrutamentos diferenciados, nem estão associadas a uma deficiência no aporte de larvas. Houve um maior assentamento de milleporídeos onde havia populações de *Millepora nitida* preestabelecidas. É possível que o recrutamento de Milleporidae observado seja de origem local. Apesar da cobertura não estar correlacionada a médias ou picos de sedimentação, as correlações entre cobertura coralínea e conteúdo carbonático (positiva) e cobertura coralínea e *Palythoa caribaeorum* (negativa) indicam que sedimentação (quantidade e qualidade) tem papel preponderante, embora indireto, nas comunidades coralíneas de Abrolhos. Estas comunidades estão em condições de alta sedimentação e turbidez. O desenvolvimento destes recifes nestas condições poderia estar ocorrendo há milênios. Apesar disso, não há clareza dos efeitos de um possível aumento da sedimentação sobre estas comunidades.

Palavras chave: comunidades coralíneas, sedimentação, recrutamento, fatores abióticos, Abrolhos, Brasil.

1. INTRODUÇÃO

Recifes de coral em todo o mundo têm sido considerados ambientes ameaçados por diversos motivos, em geral associados à presença do homem. Em várias regiões do mundo, diversos indícios de alterações nos recifes de coral têm sido relacionados a atividades humanas, tanto no Caribe (Hughes 1994), quanto no Índico (McClanahan & Obura 1997) e no Indo-Pacífico (McCulloch et al 2003). Em termos globais, estas alterações foram muitas vezes associadas com o fenômeno do aquecimento global (efeito estufa), provocando aumento da temperatura superficial da água do mar e a destruição da camada de ozônio, provocando aumento na incidência de raios UV (Brown 1997). Embora aparentemente os recifes de coral brasileiros não tenham sido muito afetados por este fenômeno global, alguns casos de branqueamento associados a estes fatores já foram registrados (Migotto 1997, Castro & Pires 1999).

Em escalas regionais ou locais, a degradação dos ambientes recifais tem sido associada a diversos fatores, como poluição ou outras fontes de alterações das características físico-químicas da água do mar (Birkeland 1997). Entretanto, um dos principais parâmetros indicados como estressantes para as comunidades coralíneas é a sedimentação, seja em suspensão ou depositada nos recifes (Rogers 1990).

Estudos no Caribe e no Indo-Pacífico indicam que altas taxas de sedimentação em ambientes recifais podem ser responsáveis pelo soterramento, abrasão, sombreamento e/ou inibição do recrutamento de espécies de corais (Hubbard 1997). Alguns estudos têm relacionado altas taxas de sedimentação em áreas recifais com alterações no recrutamento (Maida et al. 1994), na morfologia do esqueleto (Foster 1980), no crescimento (Dodge et al. 1974, Dodge & Vaisnys 1977) e na estrutura da comunidade (Cortés & Risk 1985, Tomascik & Sander 1987), podendo ter efeitos letais ou subletais (Rogers 1983). Em relação à relevância destes estudos para os corais recifais brasileiros, é importante mencionar que todos foram realizados em recifes localizados em regiões de águas mais claras do Caribe e Indo-Pacífico. Ressalte-se ainda que a interferência da sedimentação para a ecologia de corais, particularmente com relação às atividades humanas, é variável

em diferentes ambientes recifais (Brown 1997) e que outros fatores, como luminosidade, nutrientes e topografia, também foram listados como alguns dos principais fatores controladores do desenvolvimento de um recife (Hubbard 1997).

Desde o século passado, vem sendo sugerida uma relação entre alta sedimentação presente nos recifes brasileiros com o alto grau de endemismo e baixa diversidade de corais hermatípicos do Brasil (ver Laborel 1970, Leão 1982). Leão (1982), baseada em associações de evidências indiretas, sugeriu que a alta turbidez na área de Abrolhos pode estar presente desde o final do Terciário (cerca de 2 milhões de anos). Apesar disso, Leão et al. (1997) elaboraram a hipótese de altas taxas de sedimentação nos últimos 3000 anos serem responsáveis por um declínio maciço na cobertura de corais e alteração nas espécies dominantes no norte da Bahia. Echeverría et al. (1997) sugeriram a influência deste fator, entre outros, na distribuição de espécies de corais no Atol das Rocas. Apesar destes indícios e hipóteses, até o presente momento não foram estabelecidos de forma conclusiva os efeitos diretos da sedimentação sobre comunidades coralíneas no Brasil. Além disso, são poucos os dados disponíveis sobre características físicas do ambiente, mesmo em áreas costeiras, não se tendo ainda acompanhamentos temporais de taxas de sedimentação a que os corais recifais estão sujeitos (ver Garzón-Ferreira et al. 2002, B Segal & C.B. Castro, dados não publicados - Artigo I).

Taxas de deposição de sedimentos “normais” para recifes de corais (em outras regiões do mundo) estariam em torno de $10 \text{ mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$; aqueles sob a influência de sedimentação moderada a severa teriam taxas entre 10 e $50 \text{ mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$; e aqueles sob condições severas a catastróficas atingiriam taxas superiores a $50 \text{ mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (Rogers 1990, Pastorak & Bilyard 1985 apud Brown 1997). Por outro lado, trabalhos recentes indicam comunidades coralíneas desenvolvendo-se em ambientes de altas taxas de sedimento em suspensão (Larcombe et al. 2001) ou de deposição de sedimento (Anthony & Larcombe 2002) em diferentes regiões do mundo. Corais recifais podem até mesmo ter se desenvolvido em ambientes de alta sedimentação (Potts & Jacobs 2002). Sendo assim, considera-se que a compreensão da relação das comunidades coralíneas recifais com sedimentação ainda é fragmentário em todo o mundo.

O presente trabalho visa avaliar as condições de sedimentação e a comunidade coralínea presente nos recifes do Banco dos Abrolhos, através do estudo de recifes do arco interno do Banco. São apresentadas quantificações de cobertura coralínea e de zoantídeos total e por grupo taxonômico, recrutamento de escleractíneos e mileporídeos, deposição mensal de sedimentos e sua composição carbonática. As amostragens foram conduzidas em recifes, aproximadamente a uma mesma distância da costa, no arco interno de recifes do Banco dos Abrolhos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2. 1. seleção de locais

Existem poucos trabalhos específicos sobre os recifes do sul do Banco dos Abrolhos, que pudessem nortear a seleção dos locais de amostragem. As informações disponíveis são esparsas e fragmentárias. Entretanto, para a utilização de qualquer método quantitativo seria necessário que os locais amostrados possuissem cobertura coralínea facilmente mensurável, ou seja, não próxima de zero. Tendo em vista uma alta variabilidade na cobertura em diferentes áreas de um mesmo recife, optou-se por tentar amostrar áreas com melhor desenvolvimento da comunidade coralínea de cada local escolhido.

No Banco de Abrolhos como um todo, coberturas coralíneas de até 39% do fundo foram observadas em alguns recifes localizados mais ao largo que os recifes em discussão (Villaça & Pitombo 1997). Uma média da área (Banco dos Abrolhos) seria de cerca de 15% (Villaça & Pitombo 1997, dados restritos a estações onde ocorreram corais). Villaça & Pitombo (1997) informam que a maior parte da cobertura de corais estaria localizada no topo dos recifes, em águas geralmente mais rasas que 10 m. Esta informação mostra que, apesar da grande área dos recifes do arco interno, o fato da maior parte de seus topos emergirem durante a maré baixa limita a área disponível para crescimento dos corais. Estas áreas expostas apresentam geralmente apenas pequenos corais nas poças de maré, principalmente das espécies *Siderastrea stellata* e *Favia gravida*.

Tendo em vista estas informações, estipulou-se que idealmente as áreas amostradas seriam localizadas nas margens dos recifes. Nestas condições, buscou-se selecionar áreas com a maior cobertura possível, estimada visualmente. O método selecionado requeria ainda que a superfície amostrada do recife não apresentasse grandes reentrâncias ou elevações de tal monta que impedisse a colocação das linhas de amostragem. Uma vez que as comunidades coralíneas das áreas voltadas para o continente são extremamente pobres em termos de cobertura coralínea (ver por exemplo Amado-Filho et al. 1997), foram realizadas vistorias nos recifes para encontrar locais que pudessem

atender às características mencionadas acima, em especial no que toca à cobertura coralínea.

2.2. cobertura coralínea

Para o estudo da cobertura coralínea, foram implantadas duas ou três estações em cada área, onde foram coletados dados de porcentagem de cobertura de corais. Em cada estação, foram amostrados 8 transectos de interseção pontual de linha. Esta amostragem foi realizada seguindo a metodologia previamente adaptada por Segal & Castro (2001). Os transectos utilizados tinham 10 m de comprimento e 250 pontos marcados em cada um, dispostos a distâncias aleatórias uns dos outros, totalizando cerca de 2000 pontos amostrais por estação. A distância entre transectos paralelos foi de cerca de 0,4 m. Durante a amostragem, a ocupação do substrato por corais e zoantídeos, sempre que possível, foi identificada em nível específico. As demais categorias bióticas foram agrupadas em “outros”. Pontos sobre “buracos” ou “sedimentos” foram desconsiderados para efeito da cobertura ocupada por cada categoria, por impossibilidade de amostragem e/ou por não serem adequados para a ocorrência de corais recifais. Estas categorias foram eliminadas das análises posteriores.

2.3. recrutamento de corais e hidrocorais

Para avaliação de taxas de recrutamento em cada área foram utilizadas placas de poliestireno (30 x 14 cm), com estrelas em relevo em sua superfície. As placas foram fixas no substrato por meio de presilhas de nylon e suspensas com bóias de poliuretano. Foram instaladas 50 placas por recife, dispostas entre e nas imediações das estações de cobertura coralínea. Todas as placas foram fixas no topo dos recifes, aproximadamente entre 3 e 6 m de profundidade. As placas foram instaladas entre 18 e 22 de novembro de 2001 e retiradas entre 03 e 06 de julho de 2002, ficando submersas por cerca de sete meses e meio. Foram recuperadas de 16 a 36 placas por área. As placas foram colocadas em solução de hipoclorito de sódio e lavadas em água corrente. Foram triadas em lupa estereoscópica e

anotados o número de recrutas de corais escleractíneos e hidrocorais presentes em cada uma.

2.4. taxas de deposição de sedimento

Em cada área foram colocadas 10 armadilhas de sedimento, fixas ao recife por meio de vergalhões de ferro fincados no mesmo (Fig. 1). As armadilhas de sedimento eram compostas por tubos de PVC de 7 cm de diâmetro por 25 cm de altura, posicionados nas proximidades e entre as estações de cobertura coralínea (ver Blomqvist & kofoed 1981). As armadilhas ficaram submersas por períodos consecutivos de cerca de 4 semanas. Após este período, foram tampadas embaixo d'água e retiradas. Em terra, as armadilhas foram destampadas, deixadas descansar para que o sedimento se depositasse no fundo e o líquido sobrenadante escorrido, sem perda de sedimento. Foi adicionado álcool ao conteúdo das armadilhas, estas foram tampadas novamente e enviadas para o laboratório no Rio de Janeiro.

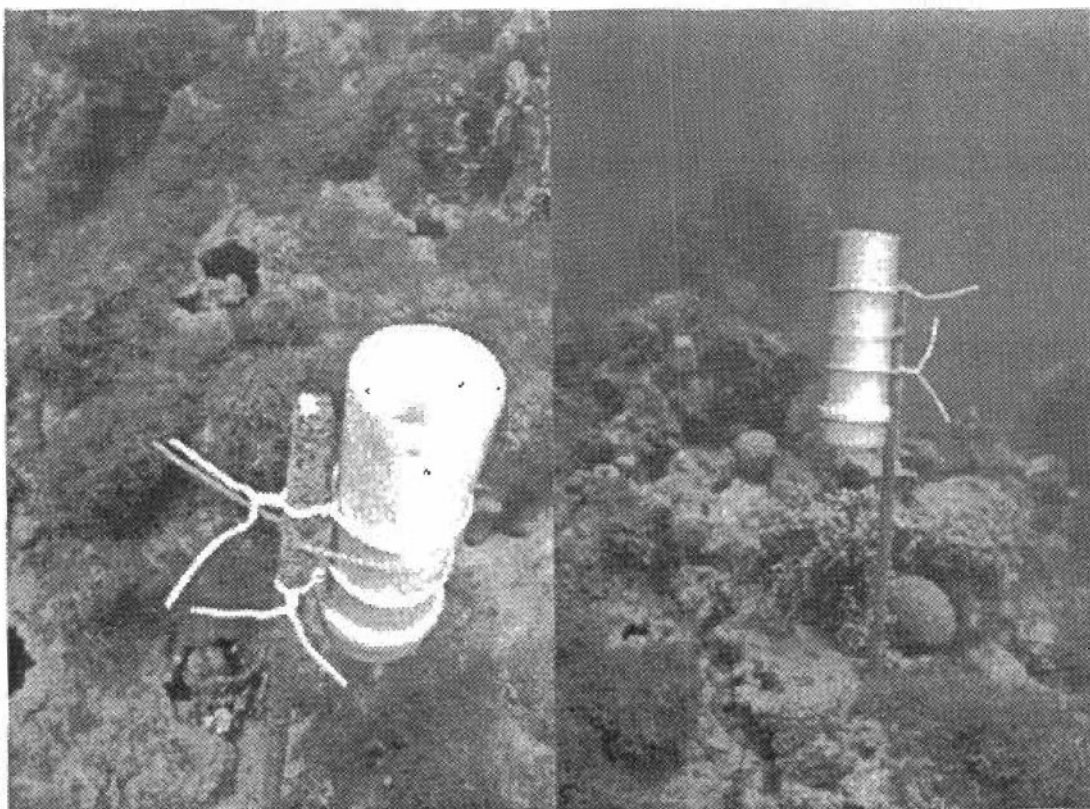


Figura 1 – Vistas gerais de armadilhas de sedimento fixadas em Pedra de Leste, Parcel das Paredes, Banco dos Abrolhos, Brasil.

Ao chegarem ao laboratório, as armadilhas foram destampadas e seu conteúdo transferido para potes de 2 litros previamente pesados. Após esta transferência, o sal contido nas amostras foi eliminado através de sucessivas diluições em água doce. Entre diluições sucessivas, os potes foram deixados em repouso para que o sedimento suspenso pousasse novamente no seu fundo. As diluições prosseguiram até que a interferência do sal na medição final fosse teoricamente menor que $1 \text{ mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

Após a diluição, os sedimentos foram colocados em estufa para secagem. Após estarem aparentemente secas, as amostras foram então pesadas em dias sucessivos, voltando para a estufa nos intervalos, até que a diferença entre pesagens sucessivas fosse considerada estabilizada (diferença entre pesagens $<0,15 \text{ g}$, que equivaleria a um “erro” menor que $1 \text{ mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ na medida final). Dos pesos obtidos foi então retirado o peso dos potes correspondentes. Foi utilizada balança Marte AS5500C, com sensibilidade de $0,01 \text{ g}$ até 500 g .

Amostras cujo peso colocou-se nos limites mínimo ou máximo das réplicas e representaram menos da metade da segunda amostra mais leve ou o dobro da segunda amostra mais pesada foram consideradas amostras “marginais” (outliers) e desconsideradas da análise.

2.5. conteúdo carbonático dos sedimentos

Para análises do conteúdo carbonático foram utilizadas as mesmas amostras das armadilhas de sedimento acima mencionadas. Após a pesagem para determinação das taxas de sedimentação foram guardadas amostras dos períodos de novembro de 2001 e março de 2002. Foram utilizadas de 4 a 10 amostras de sedimento já seco de cada local. Cerca de $0,5 \text{ g}$ de sedimento foi retirado de cada amostra e transferido para tubos falcon, onde foi tratado com uma solução de ácido fórmico a 10% e formalina a 5% para dissolução da fração carbonática. Após sucessivas lavagens para remoção do formol residual, estas amostras foram então secas em estufa e repesadas. A porcentagem de carbonatos do sedimento foi calculada através da relação entre o peso perdido e o peso inicial de cada amostra.

2.6. ventos

Dados sobre ventos, no período de 19 de julho de 2001 a 10 de novembro de 2002, em intervalos de 30 minutos, foram obtidos através de estação automática Campbell localizada a cerca de 12 Km da costa e a 42 m de altura, nas proximidades de Aparajú, município de Caravelas. A tabulação de ventos de quadrante NE-E foi realizada classificando neste quadrante ventos oriundos de direções entre 0 (zero = N) e 135 graus. Similarmente, ventos de quadrante S foram considerados como aqueles oriundos de direções entre 135 e 225 graus. Para os gráficos, foi tirada a média, a máxima e frequências de ventos nos períodos de imersão das armadilhas de sedimento.

2.7. análises

A composição e abundância de espécies foi comparada entre locais e entre estações de um mesmo local, através de análise de agrupamentos e MDS (“multi-dimensional scaling”). A similaridade média dos agrupamentos e a diferenciação média entre os grupos foi determinada através de análise SIMPER (“Similarity Percentages”). Todas essas análises foram feitas através de matrizes de similaridade utilizando o coeficiente de Bray-Curtis, com o auxílio do programa PRIMER 4.0 (Plymouth Marine Laboratory) (Clarke & Warwick 1994). Os dados de cobertura foram transformados antes da análise usando a fórmula $x' = \log(x + 1)$ (ver Underwood 1997).

Foram realizadas ANOVAs, com testes post-hoc de Tukey para réplicas desiguais (“Spjotvoll-Stoline Test”), para verificar que casos diferiam significativamente, e testes de correlação de Pearson entre variáveis, sendo considerados significativos resultados em que a probabilidade da variação dos pares de dados ocorrerem ao acaso foi menor ou igual a 0,05. Preliminarmente, foi realizado teste de normalidade de Shapiro-Wilks (teste W) (Zar 1999). De modo a normalizar os dados, as variáveis foram transformadas por meio de uma das seguintes fórmulas: raiz quadrada, $x' = \text{raiz}(x)$; log, $x' = \log(x+1)$; ou arco-seno, $x' = \text{arco-seno}(\text{raiz}(x))$.

3. RESULTADOS

3.1. descrição das áreas de amostragem

Foram selecionadas as áreas indicadas na tabela 1, localizadas entre cerca de 5 e cerca de 16 Km do continente. Todas as áreas estão localizadas no arco interno de recifes do Banco dos Abrolhos (Fig. 2).

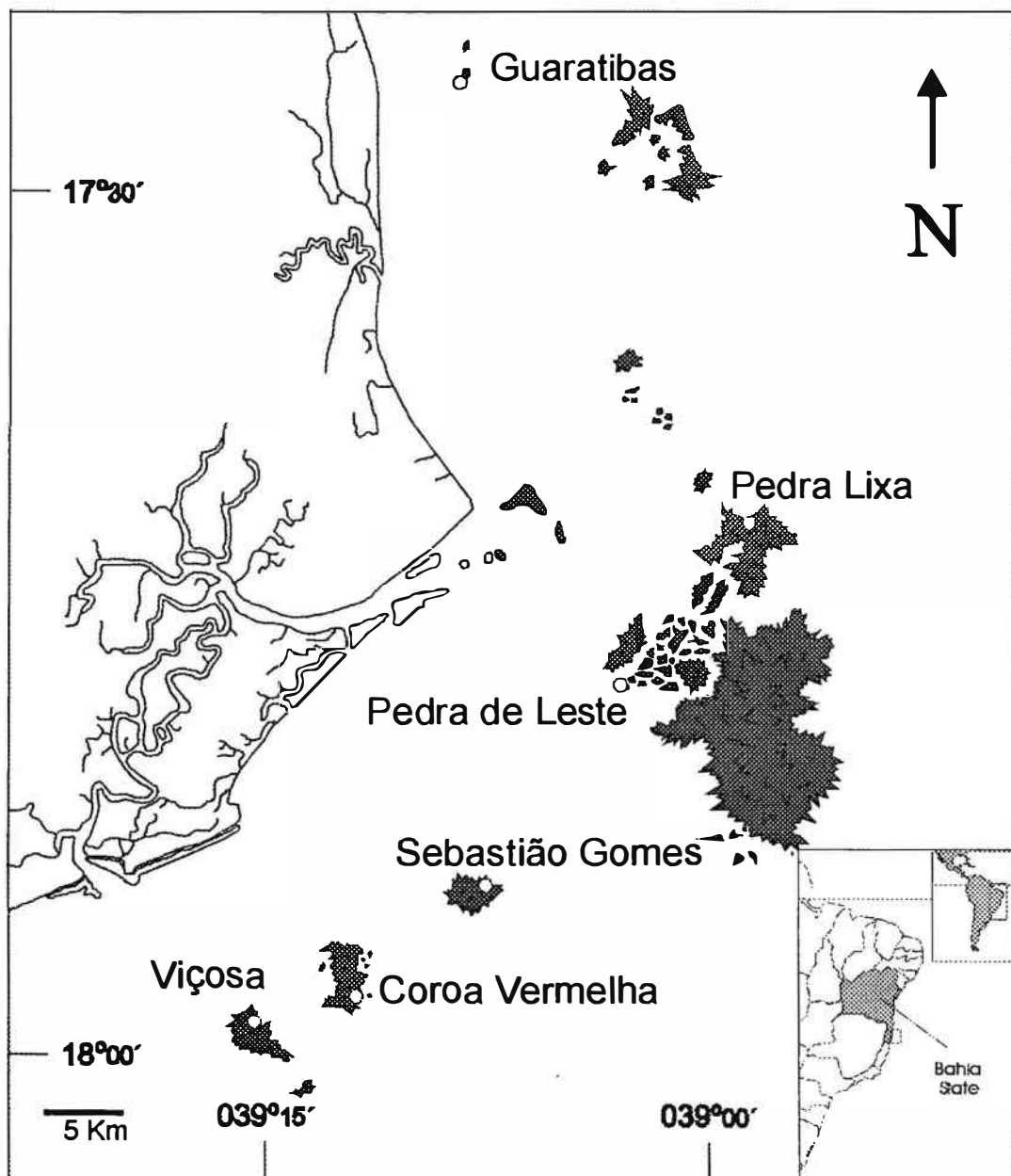


Figura 2 – Localização das áreas de estudo no Banco dos Abrolhos, Brasil.

Tabela 1 – Localização das áreas amostradas nos recifes do Banco dos Abrolho, Brasil

	latitude	longitude
Guaratibas	17°26,204' S	039°08,038' W
Pedra Lixa	17°41,535' S	038°58,608' W
Pedra de Leste	17°47,169' S	039°02,979' W
Sebastião Gomes	17°54,158' S	039°07,568' W
Coroa Vermelha	17°58,004' S	039°11,889' W
Viçosa	17°58,873' S	039°15,338' W

3.1.1. Guaratibas

Os recifes Guaratibas são dois bancos alongados, aproximadamente paralelos à costa, localizados ao largo da cidade de Alcobaça. O Recife amostrado foi o Guaratibas Sul, doravante denominado apenas Guaratibas. Seu topo aflora durante a maré baixa. Durante a seleção de locais constatou-se que praticamente todo o lado Oeste do recife é inteiramente recoberto por algas frondosas, com corais presentes apenas de modo muito esparsos. A única área passível de implantação de estações foi no extremo Sul do recife. Após grande esforço de busca de locais para amostragem, foram realizadas apenas duas estações. Isto ocorreu devido à baixa cobertura coralínea no local. Baseado na experiência de inúmeros mergulhos nos recifes (ver tab. 5), observou-se que a área destas estações não apresenta proteção ao vento sul; nesta condição ondas grandes batem diretamente sobre a área. A área é abrigada em condições de vento nordeste, à exceção de horários de maré alta. A visibilidade média comparada com as demais áreas estudadas é baixa. A profundidade na base do recife é de cerca de 4,7 m. Ambas as estações (GUA1 e GUA2) apresentaram médias de cobertura coralínea total sensivelmente menores que 10% (Tab. 2). Outras áreas no recife apresentavam cobertura estimada muito menor e, portanto, foram descartadas.

Estas estações apresentaram cobertura de escleractíneos e hidrocorais similares (Tab. 2). As espécies coralíneas de maior cobertura na estação GUA1 foram *Millepora alcicornis* ($4,08 \pm 3,31\%$) e, em nível bem menor, *Siderastrea stellata* ($0,68 \pm 1,11\%$), com *Palythoa caribaeorum* dominando todo o fundo (mais de 50% de cobertura do fundo). A

estação GUA2 teve a dominância entre os corais das mesmas espécies e com as mesmas características – cobertura de *M. alcicornis* bastante superior ao de *S. stellata* ($4,29 \pm 4,32\%$ e $0,96 \pm 1,40\%$, respectivamente). *P. caribaeorum* também apresentou grande cobertura ($40,13 \pm 6,54\%$). Algas frondosas estiveram presentes com baixa cobertura nas duas estações (dados não tabulados). Os dados deste recife mostram pequena variação nas comunidades de corais. Ressalte-se que a área onde estas comunidades puderam ser amostradas foi limitada.

3.1.2. Pedra Lixa

A Pedra Lixa, parte norte do Parcel das Paredes, foi selecionada para implantação de estações porque toda a região leste do Parcel das Paredes possui em geral cobertura coralínea baixa (C. B. Castro, obs. pess.). Foram vistoriadas diversas áreas mais voltadas para o continente, porém só foram encontradas comunidades coralíneas adequadas na face norte da Pedra. As estações ficavam abrigadas do vento sul, à exceção dos horários de maré alta, ficando expostas ao vento nordeste. Nesta última condição ondas grandes podem bater sobre o recife. A visibilidade média comparada com as demais áreas estudadas é alta. A profundidade na base do recife é de cerca de 6,3 m.

Foram implantadas três estações. As estações da Pedra Lixa apresentaram coberturas coralíneas relativamente altas dentre todas as estações, as quais variaram de $13,9 \pm 2,4\%$ a $18,8 \pm 3,7\%$ (Tab. 2). Três espécies de corais dominaram as comunidades coralíneas nestas estações: *Mussismilia braziliensis* ($3,1 \pm 1,7$ a $12,0 \pm 4,7\%$), *Siderastrea stellata* ($2,7 \pm 1,5$ a $6,2 \pm 1,7\%$) e *Montastrea cavernosa* (0 a $5,5 \pm 3,2\%$). A espécie de coral predominante foi *M. braziliensis*, que chegou a representar mais de 50% da cobertura coralínea em duas estações (LI1 e LI2). Na estação LI3, *M. braziliensis* ($3,1 \pm 1,7\%$ da cobertura geral ou 16,5% dos corais) foi suplantada por *S. stellata* ($6,2 \pm 1,7\%$ ou 33,0% dos corais) e *M. cavernosa* ($5,5 \pm 3,2\%$ ou 29,3% dos corais). Um coral com colônias pequenas (*Favia gravida*) também se destacou em todas as estações, atingindo mais de 1% em duas das três estações. *Palythoa caribaeorum* participou com coberturas relativamente pequenas em todas as estações.

3.1.3. Pedra de Leste

Pedra de Leste, no Parcel das Paredes, localiza-se em área deste parcel dentre as mais próximas do continente. As áreas mais a leste apresentam baixas coberturas coralíneas (C. B. Castro, obs. pess.). Foram implantadas estações mais ao sul, próximas à margem de um dos recifes que compõem a área de Pedra de Leste. Esta margem está exposta diretamente às ondas em condições de vento sul, com ondas grandes quebrando sobre a mesma. É abrigada em condições de vento nordeste. A visibilidade média é alta, comparada com as demais áreas estudadas. As três estações implantadas estavam separadas umas das outras por fendas na estrutura do recife. A profundidade na base do recife foi a maior dentre todas as áreas, chegando a 11 m.

Duas das três estações apresentaram médias de cobertura coralínea (Tab. 2) próximas da média para o Banco dos Abrolhos – 15%, estimada por Villaça & Pitombo (1997). A terceira estação não atingiu os 10% de cobertura coralínea, embora estivesse próxima deste percentual. Os hidrocorais (*Millepora alcicornis* e *Millepora nitida*) foram responsáveis pela maior parte desta cobertura nas três estações. Dentre os corais verdadeiros (Scleractinia), destacou-se em conjunto nas três estações a *Mussismilia braziliensis* e a *Mussismilia harttii*. Além disso, outras espécies que apareceram com coberturas superiores a 1% nos outros recifes também possuem cobertura neste nível em algumas das estações de Pedra de Leste, tais como *Agaricia agaricites*, *Montastrea cavernosa* e *Siderastrea stellata*. Cabe notar ainda a ocorrência de *Favia leptophylla* em duas das três estações. Esta espécie só foi detectada nas estações realizadas em Sebastião Gomes e em Pedra de Leste. Algas frondosas presentes com coberturas baixas nas três estações, enquanto *Palythoa caribaeorum* apareceu com maior destaque na estação LE3 – a que apresentou menor cobertura coralínea.

3.1.4. Sebastião Gomes

O Recife Sebastião Gomes está situado a cerca de 15 Km ao sul do Parcel das Paredes, e cerca de 5 Km da extremidade norte do Recife da Coroa Vermelha. Ele tem uma forma mais ou menos elíptica com um contorno bastante regular. O topo recifal é semelhante aos outros recifes (Leão 1982).

Foram amostradas três estações na face norte do Recife de Sebastião Gomes. Esta área está parcialmente abrigada no vento sul, porém as ondas são bem grandes no local quando esta condição ocorre em maré de sizígia. A área é totalmente exposta ao vento nordeste, com ondas quebrando na área estudada. A visibilidade média comparada com as demais áreas estudadas é intermediária. A profundidade na base do recife é de 1,5 a 2,5 m em frente aos locais onde foram realizados os experimentos.

Estas três estações apresentaram cobertura de corais (escleractíneos e hidrocorais) próximas (Tab. 2), com $11,7 \pm 2,6\%$ (estação SG2), $11,8 \pm 3,9\%$ (SG1) e $13,4 \pm 3,6\%$ (SG3). A cobertura de algas frondosas foi reduzida nas três estações, atingindo no máximo cerca de 5% de cobertura do substrato (dados não tabulados).

A espécie coralínea de maior cobertura nas três estações foi *Millepora nitida* (SG1 = $4,2 \pm 2,6\%$; SG2 = $4,6 \pm 1,9\%$; SG3 = $5,2 \pm 2,4\%$). *Mussismilia braziliensis* apresentou coberturas superiores a 1% nas três estações, com $1,9 \pm 1,9\%$ na SG1, $1,6 \pm 1,2\%$ na SG2 e $3,7 \pm 3,1\%$ na SG3. Além destas duas, outras espécies apresentaram-se com destaque em diferentes estações. Na estação SG1, *Montastrea cavernosa* ($1,9 \pm 2,6\%$) e *Siderastrea stellata* ($1,0 \pm 1,0\%$) complementaram as espécies de maior cobertura. *Millepora alcicornis* apareceu com destaque nas estações SG2 e SG3, com $1,8 \pm 2,1\%$ e $1,2 \pm 1,3\%$, respectivamente. Além disso, *Mussismilia hartii* ($1,2 \pm 1,1\%$) e *Favia gravida* ($1,2 \pm 0,5\%$) contribuíram com mais de 1% de cobertura nas estações SG2 e SG3, respectivamente. É interessante observar que as coberturas totais de corais foram equivalentes nas três estações, as quais apresentaram grande diferença de cobertura de *Palythoa caribaeorum*: $46,4 \pm 8,7\%$ na estação SG1; $30,9 \pm 18,7$ na SG3; e $17,3 \pm 12,6$ na SG2.

3.1.5. Coroa Vermelha

O Recife da Coroa Vermelha dista cerca de 5 Km da extremidade sul do Recife Sebastião Gomes. Apresenta um contorno bastante irregular e está circundado por chapeirões isolados. Uma pequena ilha arenosa, com cerca de 300 m de extensão, 100 m de largura e 1,5 m acima do nível médio do mar, é vista na parte sul do recife, tendo sido formada pelo acúmulo de material detrítico derivado da erosão da estrutura do recife (Leão 1996).

A seleção de área adequada para o estudo foi extremamente trabalhosa devido à falta de cobertura adequada de corais nos locais mais voltados para o continente. A área final foi localizada no lado sudeste do recife. As estações estão localizadas na face norte de um canal que penetra no recife. A situação de ventos e ondas é semelhante às da área no recife Sebastião Gomes. Este local é o mais afetado pelo vento leste. A visibilidade média comparada com as demais áreas estudadas é de intermediária para baixa. A profundidade na base do recife é de 3,7 a 4,2 m

A face sul deste mesmo canal praticamente não possui corais. Tendo em vista a baixa cobertura coralínea e relevo muito acidentado, só foram implantadas duas estações. Além disso, uma das estações apresentou cobertura inferior a 10%.

Estas estações apresentaram cobertura de corais e hidrocorais de $5,1 \pm 3,2\%$ (estação CV1) e $14,3 \pm 6,6\%$ (CV2) (Tab. 2). A única espécie de coral que apresentou cobertura acima de 1% na estação CV1 foi *Mussismilia braziliensis* ($2,8 \pm 2,8\%$), com *Palythoa caribaeorum* ($34,1 \pm 29,4\%$) dominando o substrato. A estação CV2 teve a dominância entre os corais de *Mussismilia harttii* ($4,2 \pm 3,4\%$) e *Millepora alcicornis* ($3,9 \pm 2,7\%$), com *Agaricia agaricites* ($2,5 \pm 1,1\%$) e *Millepora nitida* ($2,3 \pm 1,9\%$) também apresentando coberturas médias acima de 1%. *Palythoa caribaeorum* recobriu mais da metade do substrato nesta estação ($54,2 \pm 12,0\%$). Os dados deste local, em especial os altos desvios, mostram que a variação nas comunidades é muito grande.

3.1.6. Viçosa

Os Recifes de Viçosa são os recifes mais meridionais que afloram na costa da Bahia. Estão localizados a cerca de 2,5 Km ao sul do Recife da Coroa Vermelha. O Recife de Viçosa propriamente dito tem cerca de 6 Km de comprimento por 3 de largura e, como a maioria dos demais recifes relativamente próximos à costa, o seu topo fica exposto durante as marés baixas (Leão 1982). O lado oeste do topo deste recife apresenta um grande acúmulo de sedimento sobre o mesmo (C. B. Castro, obs. pess.).

Foram amostradas três estações na face norte do Recife de Viçosa, no canal entre este recife e o recife da Coroa Vermelha e próximo à entrada deste canal no lado mais próximo do continente. Esta área está mais exposta a ondas em condições de vento nordeste, quando as ondas quebram sobre a área estudada. Com vento sul a área é abrigada, exceto nos horários de maré alta. A visibilidade média é baixa comparada com as demais áreas estudadas. A profundidade da base dos recifes na área de amostragem variou de 1,8 a 3,8 m.

Estas estações apresentaram cobertura de escleractíneos e hidrocorais variada (Tab. 2). As espécies coralíneas de maior cobertura na estação VII foram *Mussismilia braziliensis* ($3,3 \pm 2,8\%$) e *Millepora nitida* ($3,0 \pm 3,6\%$), com *Palythoa caribaeorum* dominando o substrato (cerca de 20% de cobertura do fundo). Na estação VI2 a dominância entre os corais foi de *M. braziliensis* ($6,3 \pm 6,3\%$), com *Favia gravida* ($2,1 \pm 1,0\%$), *Mussismilia harttii* ($1,9 \pm 1,6\%$) e *Siderastrea stellata* ($1,3 \pm 0,9\%$) também apresentando coberturas médias acima de 1%. *Palythoa caribaeorum* aumentou sua participação na cobertura para $28,7 \pm 16,6\%$. A estação VI3 teve a dominância entre os corais dividida entre *M. braziliensis* ($3,4 \pm 3,2\%$) e *Mussismilia harttii* ($3,7 \pm 2,6\%$), novamente com *F. gravida* ($1,2 \pm 0,8\%$) e *S. stellata* ($1,2 \pm 1,8\%$) apresentando coberturas médias acima de 1%. Algas frondosas estiveram praticamente ausentes desta estação, enquanto *P. caribaeorum* ocupou quase a metade do substrato ($49,8 \pm 17,1\%$). Os dados deste local mostram que a variação nas comunidades é muito grande, mesmo entre estações relativamente próximas umas das outras.

3.2. cobertura coralínea

As coberturas de escleractíneos, hidrocorais e zoantídeos, por estação, estão indicadas na tabela 2.

Apesar das estações possuírem razoável similaridade, consideraram-se três agrupamentos nas análises (incluindo os zoantídeos), com corte no índice de 70% de similaridade (Fig. 3)

O primeiro agrupamento (agrupamento 1) incluiu apenas as três estações da Pedra Lixa. Estas estações apresentaram média de similaridade de 53,24% (SIMPER), explicada principalmente por grandes coberturas de *Mussismilia braziliensis* (SIMPER explicando 44,33% da similaridade média total) e *Siderastrea stellata* (SIMPER = 27,41%) e por coberturas similares (baixas) de *Palythoa caribaeorum* (SIMPER = 14,65%). Estas estações apresentaram as maiores coberturas de Scleractinia e praticamente ausência de Milleporidae (Tab. 2). O segundo agrupamento (agrupamento 2) incluiu apenas duas estações, ambas de Pedra de Leste (SIMPER similaridade média = 76,64%). Estas estações apresentaram coberturas similares de *M. braziliensis* (cerca de 1,4%), *M. harttii* (1,2-1,6%), *Millepora alcicornis* (4,4-5,4%) e *M. nitida* (2,6-3,2%). Além disso tiveram coberturas relativamente baixas de *P. caribaeorum* (0,05-2,8%). As demais estações formaram um único agrupamento (agrupamento 3), incluindo Guaratibas, Sebastião Gomes, Coroa Vermelha, Viçosa e uma das estações da Pedra de Leste. As estações deste agrupamento tiveram média de similaridade alta (SIMPER = 68,77%), com alta cobertura de *P. caribaeorum* caracterizando as estações (SIMPER = 81,62%) (Tab. 2).

O agrupamento 2 diferiu do 1 (todas as estações de Pedra Lixa) principalmente pela presença de milleporídeos e menor cobertura coralínea (SIMPER dissimilaridade média entre 1 e 2 = 67,54%). Esta diferença é explicada principalmente pelas coberturas de *Mussismilia braziliensis* (SIMPER = 24,49%), *Millepora alcicornis* (SIMPER = 18,19%), *Palythoa caribaeorum* (SIMPER = 12,14%), *Siderastrea stellata* (SIMPER = 11,82%) e *Millepora nitida* (SIMPER = 11,08%) (Tab. 2). Ressalte-se que os milleporídeos em conjunto explicam 29,27% das diferenças observadas entre os grupos. *P. caribaeorum* é a principal responsável pela diferença média entre o agrupamento 3 e os dois primeiros

agrupamentos (dissimilaridade média entre agrupamentos: SIMPER entre 1 e 3 = 73,71%, com *P. caribaeorum* explicando 60,64% das diferenças e *M. braziliensis* 11,77%; e SIMPER entre 2 e 3 = 71,16%, com *P. caribaeorum* explicando 70,53% das diferenças).

Tendo em vista esta excepcional cobertura de *Palythoa caribaeorum* e sua grande participação na definição dos agrupamentos, foram realizadas novas análises sem os zoantídeos (Fig. 4). Nestas novas análises, foram formados dois grupos principais, além de um terceiro, formado por uma estação isolada (Coroa Vermelha C2).

O primeiro agrupamento sem zoantídeos (agrupamento A) incluiu as estações da Pedra Lixa, de Viçosa e a outra estação da Coroa Vermelha (C1). Este agrupamento (SIMPER média de similaridade = 53,74%) apresentou estações sem *Millepora nitida* (exceto V1 = 3,23%) e, em geral, coberturas relativamente altas de *Mussismilia braziliensis* (SIMPER = 53,78% da similaridade do grupo) e *Siderastrea stellata* (SIMPER = 16,03%). A cobertura destas duas espécies de corais, acrescida da de *F. gravida* (SIMPER = 13,74%), é a principal responsável pela similaridade dentro deste agrupamento.

O outro agrupamento sem zoantídeos (agrupamento B), com estações de Pedra de Leste, Sebastião Gomes e Guaratibas (SIMPER média de similaridade = 57,29%), teve sua similaridade explicada principalmente por muitas estações com cobertura relativamente alta de hidrocorais (SIMPER: *Millepora alcicornis* = 28,99%; *Millepora nitida* = 20,74%) e uma baixa cobertura de *Mussismilia braziliensis* (SIMPER = 14,06%). Este agrupamento possui uma ramificação próxima ao nível de 70%, separando as estações de Guaratibas (ver fig. 4) das estações de Pedra de Leste e Sebastião Gomes (SIMPER dissimilaridade média = 56,56%). As três espécies que explicaram a semelhança interna do agrupamento B também explicaram as diferenças entre os subgrupos (SIMPER: *M. nitida* = 33,05%; *M. alcicornis* = 21,95%; *M. braziliensis* = 13,70%). Em especial, as estações de Guaratibas foram as únicas do agrupamento sem a presença de *Millepora nitida*, espécie que mais contribui na diferença média destes subgrupos. À exceção de Guaratibas, as estações do agrupamento B apresentaram o maior número de espécies de corais com cobertura igual ou

maior que 0,1% (Scleractinia e Milleporidae – 10 a 12 espécies). As estações de Guaratibas apresentaram menor número de espécies (8).

O agrupamento A (Pedra Lixa, Viçosa e parte da Coroa Vermelha) se diferencia do agrupamento B (Guaratibas, Pedra de Leste e Sebastião Gomes) (SIMPER dissimilaridade média entre A e B = 63,21%) principalmente pela maior contribuição de escleractíneos para a cobertura do agrupamento A, especialmente *Mussismilia braziliensis* (SIMPER = 27,52% das diferenças explicadas por esta espécie) e *Siderastrea stellata* (SIMPER = 10,77%), e da maior participação de milleporídeos na cobertura do agrupamento B (SIMPER: *Millepora alcicornis* = 18,42%; *Millepora nitida* = 16,53%).

A estação isolada (Coroa Vermelha C2) apresentou as maiores coberturas de *Agaricia humilis* (cobertura C2 = 2,52%; demais estações = 0,10 - 1,15%) e *Mussismilia harttii* (cobertura C2 = 4,35%; demais estações = 0,11 - 3,71% [um único valor acima de 1,85%]). Ressalte-se ainda que esta estação é singular dentre todas as amostradas, por se localizar na margem do recife, limitrofe com canal que adentra o recife da Coroa Vermelha (a C1 fica mais em cima do platô do recife). C2 apresentou grande dissimilaridade com o agrupamento A (SIMPER dissimilaridade média = 75,47%). Grande parte desta diferença é explicada pela maior cobertura de *Mussismilia braziliensis* no agrupamento A (SIMPER = 26,73%) e de *M. harttii* em C2 (SIMPER = 15,99%). Além disso, C2 apresentou cobertura de milleporídeos superior à do agrupamento A (SIMPER: *Millepora alcicornis* = 18,51%; *Millepora nitida* = 10,40%). Dois outros corais tiveram grande contribuição nesta diferenciação: *S. stellata*, com maior cobertura no agrupamento A (SIMPER = 10,27%), e *A. humilis*, com maior cobertura em C2 (SIMPER = 9,93%).

A dissimilaridade média entre C2 e o agrupamento B foi menor (SIMPER dissimilaridade média = 50,97%), com as diferenças também praticamente explicadas pelo mesmo conjunto de corais e hidrocorais: *Mussismilia harttii* (SIMPER = 28,00%), *Agaricia humilis* (SIMPER = 16,25%) e *Millepora alcicornis* (SIMPER = 12,77%), com maior cobertura em C2, e *Millepora nitida* (SIMPER = 13,27%) e *Mussismilia braziliensis* (SIMPER = 11,21%), com maior participação no agrupamento B.

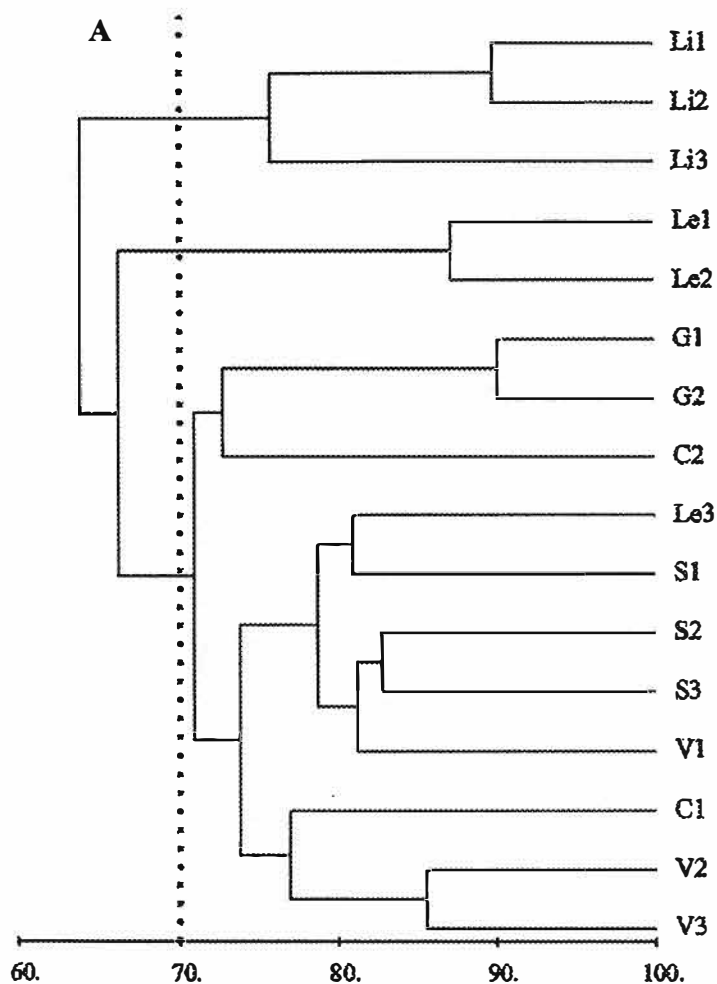
As estações de cada recife, à exceção de Coroa Vermelha, aparecem nos diagramas MDS ocupando espaços próximos e praticamente sem interseção com outros recifes (linhas pontilhadas nas figuras 3B e 4B), sugerindo uma identidade própria para cada local.

Tabela 2 - Cobertura das várias categorias de organismos bentônicos em cada estação de cada recife amostrado no Banco dos Abrolhos, Brasil.

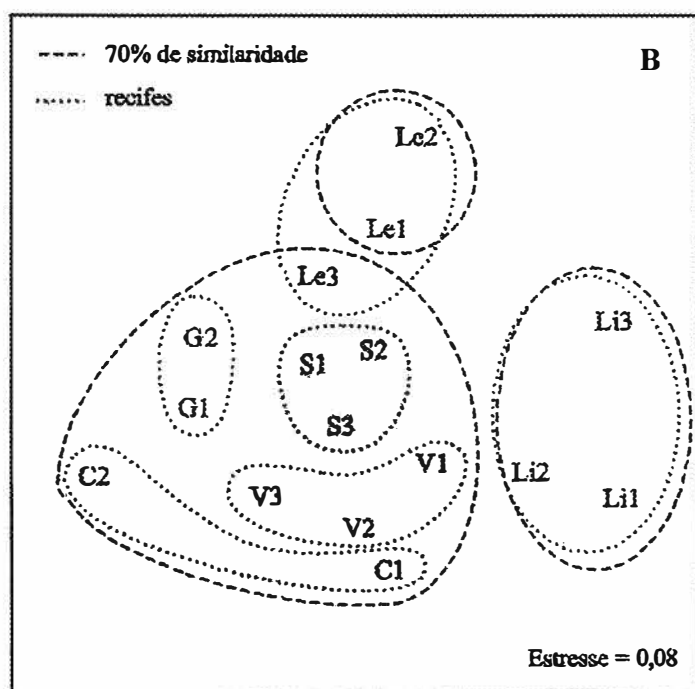
	Guaratibas			Pedra Lixa			Pedra Lixa			Pedra de Leste		
	1	2		1	2		1	2		1	2	3
Corais	6,51 ± 3,04	6,87 ± 3,45	16,26 ± 5,09	13,86 ± 2,44	18,79 ± 3,74	16,00 ± 5,61	16,22 ± 4,21	7,50 ± 3,28				
Scleractinia	2,43 ± 1,70	2,58 ± 2,15	16,26 ± 5,09	13,86 ± 2,44	18,41 ± 3,69	7,40 ± 2,85	9,17 ± 1,73	4,36 ± 2,83				
Milleporidae	4,08 ± 3,31	4,29 ± 4,32	0	0	0,38 ± 0,81	8,59 ± 5,65	7,05 ± 3,71	3,14 ± 1,84				
Zoantídeos	6,51 ± 11,75	41,43 ± 6,85	2,67 ± 4,99	8,72 ± 2,43	1,12 ± 2,16	3,72 ± 3,00	0,62 ± 0,49	19,22 ± 2,44				
<i>Agaricia humilis</i>	0,10 ± 0,29	0,10 ± 0,29	0,30 ± 0,47	0,43 ± 0,31	0,58 ± 0,51	1,15 ± 0,97	0,57 ± 0,58	0,50 ± 0,55				
<i>Favia gravida</i>	0,41 ± 0,53	0,21 ± 0,22	1,07 ± 0,90	0,99 ± 0,50	0,80 ± 0,77	0,79 ± 0,48	0,47 ± 0,27	0,55 ± 0,42				
<i>Madracis decactis</i>	0	0	0	0	0	0,17 ± 0,47	0,52 ± 1,48	0				
<i>Meandrina braziliensis</i>	0	0	0	0	0,10 ± 0,19	0	0	0				
<i>Montastrea cavernosa</i>	0	0,48 ± 1,37	0	0	5,51 ± 3,21	0,95 ± 0,86	1,92 ± 0,96	0,56 ± 0,85				
<i>Mussismilia braziliensis</i>	0,53 ± 0,80	0,25 ± 0,57	11,99 ± 4,72	8,30 ± 2,06	3,13 ± 1,73	1,46 ± 2,60	1,44 ± 1,40	1,28 ± 1,45				
<i>Mussismilia harttii</i>	0,20 ± 0,58	0	0	0,17 ± 0,48	1,10 ± 0,99	1,23 ± 1,55	1,65 ± 1,33	0,70 ± 0,87				
<i>Mussismilia hispida</i>	0,30 ± 0,85	0,35 ± 0,59	0	0,11 ± 0,32	0,74 ± 0,58	0,62 ± 1,04	0,93 ± 0,67	0,56 ± 0,76				
<i>Porites astreoides</i>	0	0	0,10 ± 0,19	0,34 ± 0,39	0,11 ± 0,21	0,10 ± 0,29	0,16 ± 0,46	0				
<i>Porites branneri</i>	0,20 ± 0,31	0,22 ± 0,35	0,05 ± 0,14	0,06 ± 0,16	0,05 ± 0,14	0,21 ± 0,31	0,10 ± 0,19	0,10 ± 0,19				
<i>Scobymia wellsii</i>	0	0	0	0	0,05 ± 0,15	0	0	0				
<i>Siderastrea stellata</i>	0,68 ± 1,11	0,96 ± 1,40	2,75 ± 1,45	3,47 ± 1,96	6,23 ± 1,70	0,73 ± 0,53	1,41 ± 1,26	0,10 ± 0,19				
<i>Millepora alcicornis</i>	4,08 ± 3,31	4,29 ± 4,32	0	0	0,38 ± 0,81	5,37 ± 5,03	4,44 ± 3,82	1,27 ± 2,03				
<i>Millepora nitida</i>	0	0	0	0	0	3,23 ± 2,18	2,62 ± 2,61	1,87 ± 0,95				
<i>Palythoa caribaeorum</i>	55,90 ± 11,36	40,13 ± 6,54	2,57 ± 4,89	8,36 ± 2,34	1,12 ± 2,16	2,82 ± 3,16	0,05 ± 0,14	18,61 ± 2,71				
<i>Zoanthus</i> spp.	2,68 ± 1,84	1,30 ± 0,67	0,10 ± 0,19	0,37 ± 0,60	0	0,90 ± 0,74	0,57 ± 0,44	0,61 ± 0,48				

Tabela 2 – (continuação).

	Sebastião Gomes			Coroa Vermelha			Coroa Vermelha			Viçosa		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Corais	11,85 ± 3,96	11,74 ± 2,62	13,50 ± 3,66	5,09 ± 3,22	14,67 ± 6,89	9,90 ± 4,84	13,80 ± 8,76	11,78 ± 3,60				
Scleractinia	7,17 ± 2,79	5,32 ± 1,64	7,05 ± 2,99	5,09 ± 3,22	8,26 ± 3,59	6,55 ± 3,83	13,64 ± 8,47	10,86 ± 3,65				
Milleporidae	4,67 ± 3,17	6,42 ± 2,74	6,45 ± 1,93	0	6,41 ± 4,05	3,35 ± 3,75	0,17 ± 0,47	0,92 ± 1,31				
Zoantídeos	47,64 ± 9,04	17,44 ± 12,65	33,72 ± 19,37	40,10 ± 27,48	59,61 ± 10,39	24,06 ± 20,47	34,98 ± 18,24	51,73 ± 15,33				
<i>Agaricia humilis</i>	0,40 ± 0,68	0,11 ± 0,21	0,44 ± 0,47	0,25 ± 0,37	2,52 ± 1,12	0,27 ± 0,34	0,83 ± 0,70	0,84 ± 0,59				
<i>Favia gravida</i>	0,56 ± 0,50	0,73 ± 0,92	1,19 ± 0,49	0,85 ± 0,58	0,87 ± 0,98	0,89 ± 0,69	2,07 ± 1,02	1,23 ± 0,81				
<i>Madracis decactis</i>	0	0	0,05 ± 0,15	0	0	0	0	0				
<i>Meandrina braziliensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Montastrea cavernosa</i>	1,95 ± 2,56	0,05 ± 0,15	0	0,09 ± 0,27	0,20 ± 0,56	0,28 ± 0,54	0,36 ± 0,85	0				
<i>Mussismilia braziliensis</i>	1,89 ± 1,90	1,65 ± 1,25	3,68 ± 3,14	2,77 ± 2,81	0	3,26 ± 2,76	6,27 ± 6,29	3,42 ± 3,15				
<i>Mussismilia harttii</i>	0,75 ± 0,87	1,19 ± 1,10	0,11 ± 0,30	0,47 ± 1,19	4,35 ± 3,53	0,23 ± 0,49	1,85 ± 1,62	3,71 ± 2,66				
<i>Mussismilia hispida</i>	0,20 ± 0,34	0,31 ± 0,29	0,43 ± 0,47	0,10 ± 0,29	0	0	0,25 ± 0,71	0,21 ± 0,32				
<i>Porites astreoides</i>	0,14 ± 0,21	0,27 ± 0,38	0,58 ± 0,96	0,28 ± 0,66	0,05 ± 0,14	0,28 ± 0,34	0,68 ± 0,84	0,30 ± 0,70				
<i>Porites branneri</i>	0,28 ± 0,34	0,26 ± 0,30	0,17 ± 0,23	0	0,21 ± 0,22	0,11 ± 0,21	0	0				
<i>Scolymia wellsii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0				
<i>Siderastrea stellata</i>	1,02 ± 1,02	0,75 ± 0,52	0,41 ± 0,50	0,25 ± 0,48	0,05 ± 0,15	1,23 ± 1,65	1,33 ± 0,86	1,15 ± 1,82				
<i>Millepora alcicornis</i>	0,49 ± 0,77	1,76 ± 2,12	1,25 ± 1,35	0	4,03 ± 2,75	0,29 ± 0,65	0,17 ± 0,47	0,92 ± 1,31				
<i>Millepora nitida</i>	4,18 ± 2,61	4,66 ± 1,94	5,20 ± 2,41	0	2,39 ± 1,89	3,06 ± 3,67	0	0				
<i>Palythoa caribaeorum</i>	46,54 ± 8,77	17,38 ± 12,55	31,15 ± 18,84	34,06 ± 29,36	55,27 ± 12,02	24,01 ± 20,54	28,72 ± 16,64	49,85 ± 17,05				
<i>Zoanthus</i> spp.	1,10 ± 0,88	0,05 ± 0,15	2,57 ± 1,29	6,04 ± 4,48	4,34 ± 2,47	0,05 ± 0,15	6,27 ± 4,07	1,88 ± 2,09				



ÍNDICE DE SIMILARIDADE DE BRAY-CURTIS



análise com zoantídeos

Figura 3 – Análise de agrupamentos (A) e MDS (B) dos dados de cobertura de corais e zoantídeos por estação amostrada em cada recife do Banco dos Abrolhos, Brasil. C = Cora Vermelha; G = Guraratibas; Le = Pedra de Leste; Li = Pedra da Lixa; S = Sebastião Gomes; V = Viçosa.

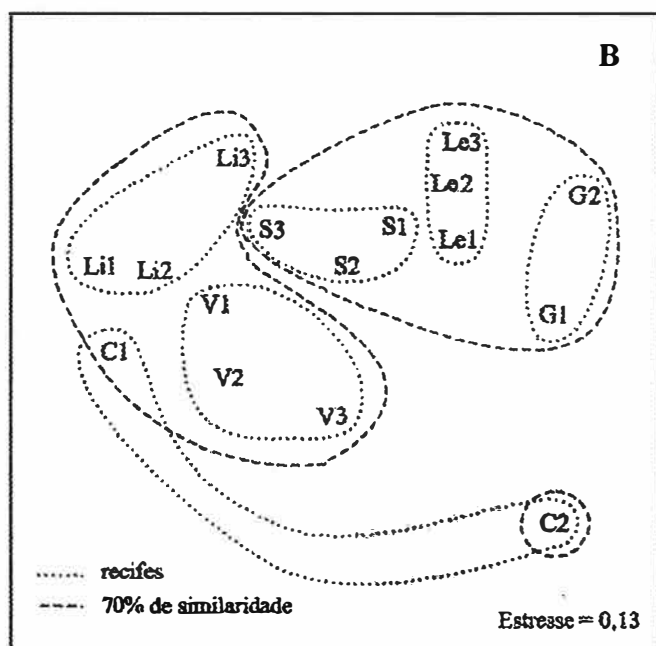
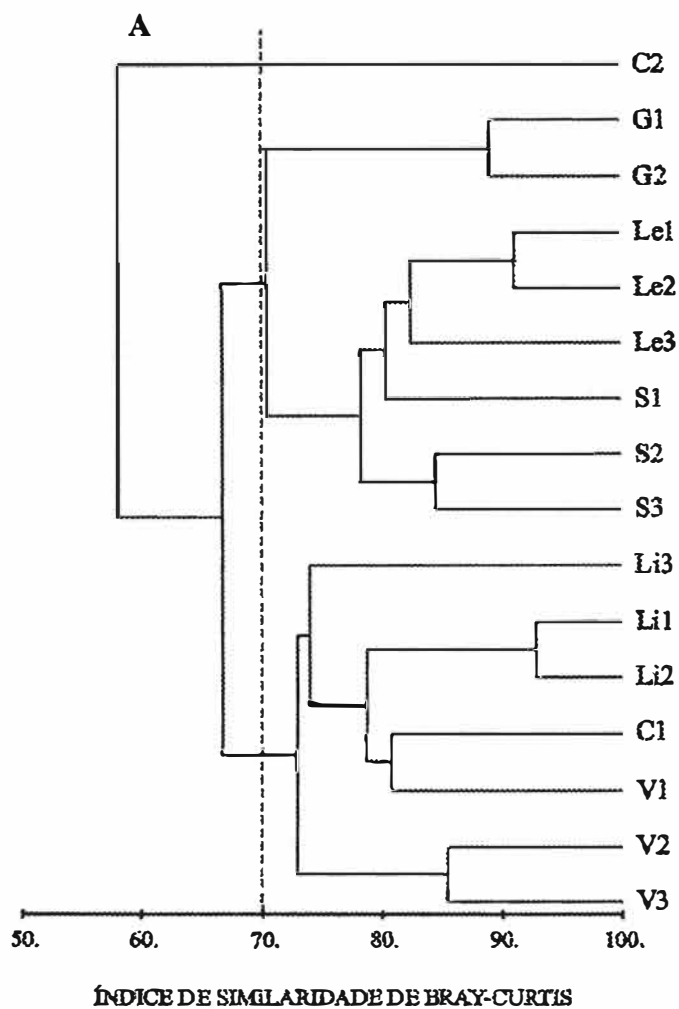


Figura 4 – Análise de agrupamentos (A) e MDS (B) dos dados de cobertura de corais por estação amostrada em cada recife do Banco dos Abrolhos, Brasil. C = Cora Vermelha; G = Guraratibas; Le = Pedra de Leste; Li = Pedra da Lixa; S = Sebastião Gomes; V = Viçosa.

análise sem zoantídeos

3.3. recrutamento de corais

O número de recrutas de corais está indicado na tabela 3. Cabe ressaltar que o número de placas recuperadas também variou de recife (Tab. 3) para recife, possivelmente representando diferentes batimentos de ondas e/ou correntes. Entretanto, qualquer que seja a causa, não afetou o recrutamento, uma vez que não houve correlação significativa entre o número de recrutas por placa e o número de placas recuperadas (n placas x escleractíneos: $n = 6$, $r = 0,1614$, $p = 0,760$; n placas x milleporídeos: $n = 6$, $r = 0,0555$, $p = 0,917$).

Tabela 3 – Número de recrutas de Scleractinia e Milleporidae por metro quadrado de placas de recrutamento (média \pm desvio padrão), colocadas em recifes do arco interno do Banco dos Abrolhos. n = número de placas de recrutamento analisadas.

Recife	Scleractinia	Milleporidae	n
Guaratibas	226,2 \pm 72,2	69,7 \pm 65,0	14
Pedra Lixa	301,6 \pm 124,6	29,1 \pm 41,9	36
Pedra de Leste	500,9 \pm 220,3	226,2 \pm 119,6	26
Sebastião Gomes	249,0 \pm 110,8	221,2 \pm 93,3	24
Coroa Vermelha	376,0 \pm 138,8	32,7 \pm 43,7	24
Viçosa	383,9 \pm 96,8	38,7 \pm 37,8	16

Houve diferença significativa nas taxas de recrutamento de Scleractinia entre a maioria dos recifes (ANOVA, g.l. = 52, $F = 12.25$, $p = 7,21E-08$). Dentre um máximo de 15 combinações, oito apresentaram diferenças significativas, especialmente entre Pedra de Leste e os demais recifes. No extremo oposto, o recrutamento de Pedra Lixa diferenciou-se apenas do de Pedra de Leste. Os únicos outros dois testes a rejeitarem a hipótese nula (as taxas serem iguais) foram Guaratibas diferenciando-se de Sebastião Gomes e Coroa Vermelha diferenciando-se de Viçosa. As diferenças significativas estão indicadas a seguir:

- Pedra de leste x Coroa Vermelha (Tukey, $p = 0,027$);

- Pedra de Leste x Pedra Lixa (Tukey, $p = 2,53E-05$);
- Pedra de leste x Sebastião Gomes (Tukey, $p = 2,02E-05$);
- Pedra de Leste x Guaratibas (Tukey, $p = 2,38E-05$);
- Viçosa x Sebastião Gomes (Tukey, $p = 0,076$);
- Viçosa x Guaratibas (Tukey, $p = 0,038$);
- Coroa Vermelha x Sebastião Gomes (Tukey, $p = 0,023$);
- Coroa Vermelha x Guaratibas (Tukey, $p = 0,058$).

As taxas de recrutamento de Milleporidae também apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre recifes (ANOVA, g.l. = 134, $F = 40,84$, $p = 2,35E-25$), na mesma proporção (oito em 15 possíveis) que os Scleractinia. Apenas Pedra de Leste e Sebastião Gomes apresentaram taxas de recrutamento de Milleporidae significativamente diferentes dos demais locais. Estas duas estações apenas não apresentaram diferenças significativas uma com a outra. As diferenças significativas estão indicadas a seguir:

- Pedra de leste x Viçosa (Tukey, $p = 2,01E-05$);
- Pedra de leste x Coroa vermelha (Tukey, $p = 2,01E-05$);
- Pedra de Leste x Pedra Lixa (Tukey, $p = 2,01E-05$);
- Pedra de Leste x Guaratibas (Tukey, $p = 2,04E-05$);
- Sebastião Gomes x Viçosa (Tukey, $p = 2,01E-05$);
- Sebastião Gomes x Coroa Vermelha (Tukey, $p = 2,01E-05$);
- Sebastião Gomes x Pedra Lixa (Tukey, $p = 2,01E-05$);
- Sebastião Gomes x Guaratibas (Tukey, $p = 2,09E-05$).

3.4. deposição de sedimentos

O topo das armadilhas de sedimento esteve entre 0,2 e 2,9 m de profundidade na maré baixa de sizígia (Tab. 4). As armadilhas de sedimento ficaram submersas por períodos de 21 a 36 dias (ver tab. 5).

Tabela 4 – Profundidades máxima e mínima (em metros) do topo das armadilhas de sedimento colocadas em recifes do Banco dos Abrolhos. Profundidades corrigidas para maré baixa de sizígia.

Recife	Mínimo	Máximo
Guaratibas	0,2	1,7
Pedra Lixa	1,3	2,8
Pedra de Leste	1,9	2,9
Sebastião Gomes	1,0	2,0
Coroa Vermelha	1,2	2,7
Viçosa	0,8	2,8

Os picos de deposição de sedimentos geralmente ocorreram entre agosto e dezembro, atingindo de 14 a 231 mg cm⁻² dia⁻¹ (Fig. 5, Tab. 6). A sedimentação média ponderada variou de 9 a 104 mg cm⁻² dia⁻¹ (Tab. 6). Devido ao grande número de valores marginais nas amostras de Coroa Vermelha em relação aos demais recifes e devido à posição diferenciada deste local (margeando canal), foi realizada uma avaliação para verificar a influência da profundidade e da distância até o canal na deposição de sedimentos neste local. Não houve correlação entre a deposição de sedimentos e a profundidade (n = 10, r = 0,1246, p = 0,732) ou a distância da armadilha até o canal (n = 10, r = -2656, p = 0,458) na Coroa Vermelha no período outubro-novembro/2002.

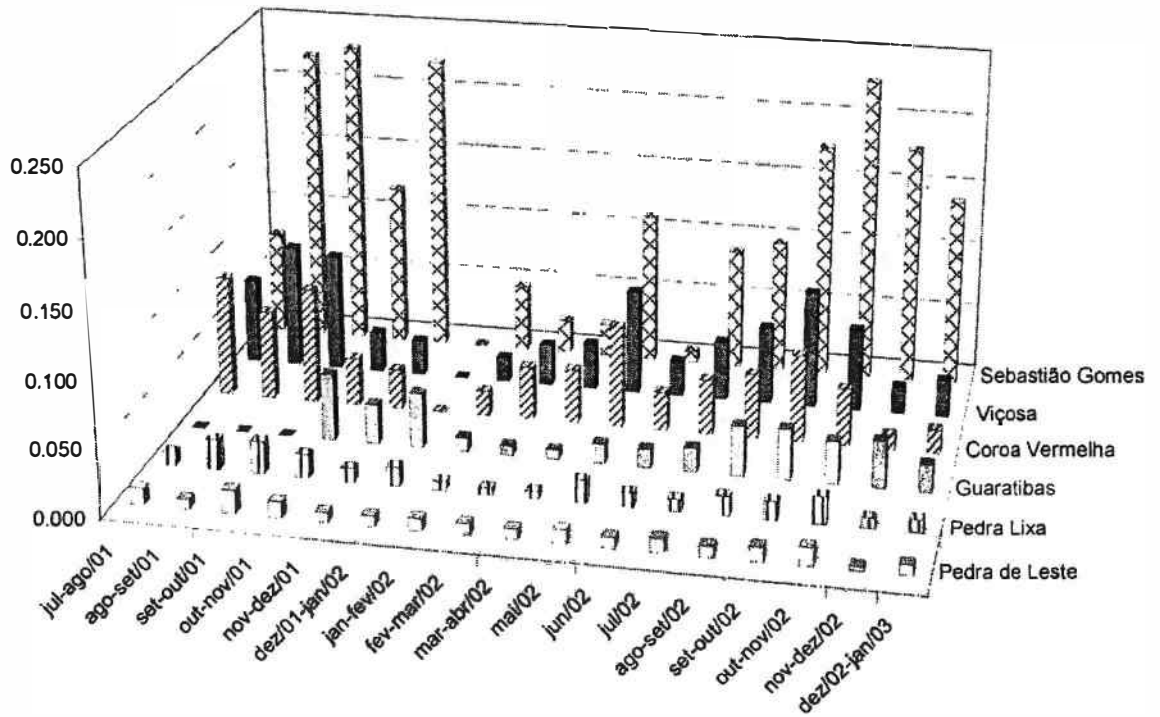


Figura 5 – Taxas média de deposição de sedimentos em recifes do arco costeiro do Banco dos Abrolhos, no período de julho de 2001 a janeiro de 2003.

Tabela 5 – Datas de instalação (etapa 1, exceto para Guaratibas = etapa 4), substituição e retirada final (etapa 18) de armadilhas de sedimentos nos recifes do Banco dos Abrolhos. N/d = dado não disponível.

Etapas	Guaratibas	Pedra Lixa	Pedra de Leste	Sebastião Gomes	Coroa Vermelha	Viçosa
1	n/d	22-jul-01	21-jul-01	19-jul-01	17-jul-01	18-jul-01
2	n/d	17-ago-01	20-ago-01	19-ago-01	18-ago-01	18-ago-01
3	n/d	22-set-01	22-set-01	20-set-01	21-set-01	21-set-01
4	01-nov-01	23-out-01	23-out-01	22-out-01	22-out-01	22-out-01
5	22-nov-01	20-nov-01	20-nov-01	18-nov-01	19-nov-01	19-nov-01
6	21-dez-01	20-dez-01	20-dez-01	20-dez-01	19-dez-01	19-dez-01
7	23-jan-02	22-jan-02	22-jan-02	21-jan-02	21-jan-02	21-jan-02
8	28-fev-02	27-fev-02	27-fev-02	26-fev-02	26-fev-02	26-fev-02
9	31-mar-02	30-mar-02	30-mar-02	29-mar-02	29-mar-02	29-mar-02
10	30-abr-02	29-abr-02	29-abr-02	28-abr-02	28-abr-02	28-abr-02
11	03-jun-02	02-jun-02	02-jun-02	02-jun-02	01-jun-02	01-jun-02
12	06-jul-02	05-jul-02	05-jul-02	03-jul-02	03-jul-02	03-jul-02
13	06-ago-02	04-ago-02	04-ago-02	05-ago-02	05-ago-02	05-ago-02
14	10-set-02	10-set-02	08-set-02	08-set-02	07-set-02	07-set-02
15	09-out-02	08-out-02	08-out-02	08-out-02	07-out-02	07-out-02
16	13-nov-02	11-nov-02	11-nov-02	12-nov-02	12-nov-02	12-nov-02
17	11-dez-02	11-dez-02	11-dez-02	12-dez-02	12-dez-02	12-dez-02
18	10-jan-03	10-jan-03	10-jan-03	13-jan-03	13-jan-03	13-jan-03

Tabela 6 – Taxas de deposição de sedimento em $\text{mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ (média \pm desvio padrão) nos recifes do arco interno do Banco dos Abrolhos. Os dados de média anual foram ponderados no período jan-fev/2002 (21-23-jan-02) a dez/2002-jan/2003 (10-13-jan-03). Número de amostras indicados entre parênteses. N/d = dado não disponível.

	Guaratibas	Pedra Lixa	Pedra de Leste	Sebastião Gomes	Coroa Vermelha	Viçosa
jul-ago/01	N/D	9 \pm 1 (5)	12 \pm 2 (10)	78 \pm 20 (10)	91 \pm 36 (9)	64 \pm 22 (7)
ago-set/01	N/D	22 \pm 1 (9)	7 \pm 4 (8)	225 \pm 55 (10)	67 \pm 9 (8)	93 \pm 29 (9)
set-out/01	N/D	23 \pm 2 (9)	17 \pm 3 (10)	233 \pm 93 (9)	87 \pm 16 (8)	88 \pm 25 (10)
out-nov/01	50 \pm 3 (9)	17 \pm 5 (10)	11 \pm 1 (10)	122 \pm 87 (10)	36 \pm 4 (7)	30 \pm 6 (10)
nov-dez/01	30 \pm 4 (9)	10 \pm 5 (10)	7 \pm 2 (9)	225 \pm 113 (7)	29 \pm 8 (8)	26 \pm 4 (9)
dez/01-jan/02	41 \pm 5 (9)	14 \pm 1 (9)	8 \pm 1 (10)	N/D	N/D	N/D
jan-fev/02	10 \pm 2 (10)	6 \pm 1 (4)	9 \pm 3 (10)	50 \pm 22 (9)	18 \pm 4 (9)	18 \pm 2 (7)
fev-mar/02	7 \pm 1 (9)	4 \pm 1 (9)	9 \pm 2 (10)	25 \pm 7 (7)	40 \pm 5 (8)	31 \pm 16 (10)
mar-abr/02	7 \pm 2 (10)	5 \pm 1 (9)	8 \pm 3 (10)	24 \pm 5 (10)	41 \pm 17 (10)	35 \pm 6 (9)
mai/02	14 \pm 6 (5)	16 \pm 3 (10)	10 \pm 4 (9)	114 \pm 38 (9)	76 \pm 24 (10)	79 \pm 18 (10)
jun/02	13 \pm 11 (9)	10 \pm 3 (9)	8 \pm 3 (8)	8 \pm 2 (9)	29 \pm 16 (10)	26 \pm 9 (10)
jul/02	17 \pm 9 (8)	9 \pm 3 (9)	10 \pm 5 (9)	91 \pm 34 (8)	42 \pm 7 (4)	45 \pm 10 (8)
ago-set/02	37 \pm 20 (9)	14 \pm 1 (7)	8 \pm 1 (8)	100 \pm 49 (9)	49 \pm 7 (4)	58 \pm 18 (9)
set-out/02	38 \pm 12 (6)	14 \pm 2 (7)	11 \pm 2 (8)	179 \pm 103 (9)	66 \pm 26 (5)	89 \pm 23 (9)
out-nov/02	31 \pm 14 (10)	20 \pm 4 (10)	13 \pm 3 (8)	231 \pm 115 (9)	43 \pm 24 (10)	62 \pm 8 (10)
nov-dez/02	35 \pm 6 (9)	8 \pm 3 (9)	3 \pm 0 (10)	181 \pm 120 (10)	11 \pm 8 (8)	21 \pm 3 (10)
dez/02-jan/03	20 \pm 3 (9)	10 \pm 1 (5)	7 \pm 2 (9)	143 \pm 109 (10)	17 \pm 8 (7)	28 \pm 6 (10)
Média anual	21	11	9	104	40	45

3.5. conteúdo carbonático

A contribuição de carbonato nos sedimentos variou de cerca de 41% (Guaratibas) até cerca de 90% (Sebastião Gomes na amostragem de novembro) (Tab. 7). Apenas duas áreas apresentaram diferenças significativas entre as duas amostragens: Pedra de Leste ($t = 2,9052$, g. l. = 10, $p = 0,016$) e Sebastião Gomes ($t = -2,7172$, g. l. = 10, $p = 0,022$). Estas estações estão localizadas em laterais opostas do Canal de Sueste (entre o Parcel das Paredes e o continente). A variação entre estações é oposta, com a quantidade de carbonatos no sedimento aumentando em março na Pedra de Leste e em novembro em Sebastião Gomes.

Tabela 7 – Percentagem (média \pm desvio padrão) de carbonato de cálcio presentes nos sedimentos depositados sobre os recifes amostrados no Banco dos Abrolhos. Número de amostras indicado entre parênteses.

	fev-mar 02	Nov 02
Guaratibas	41,64 \pm 2,69 (6)	41,37 \pm 2,36 (6)
Pedra Lixa	75,66 \pm 2,31 (4)	75,70 \pm 4,03 (6)
Pedra de Leste	60,85 \pm 3,90 (6)	55,16 \pm 5,01 (6)
Sebastião Gomes	76,42 \pm 8,00 (6)	90,12 \pm 8,41 (6)
Coroa Vermelha	45,36 \pm 2,32 (6)	48,46 \pm 2,56 (5)
Viçosa	47,29 \pm 4,23 (9)	48,59 \pm 2,61 (6)

O carbonato presente no sedimento indicou três situações significativamente diferentes em março (ANOVA, g.l. = 31, $p=0,00568 \times 10^{-13}$) e três em novembro (ANOVA, g.l. = 29, $p=0,0125 \times 10^{-10}$). Testes post-hoc indicaram que em março existem patamares a cerca de 75% de carbonato (Pedra Lixa e Sebastião Gomes), 60% (Pedra de Leste) e 40-47% (Guaratibas Sul, Coroa Vermelha e Viçosa) (tukey para todos os resultados significativos, $p < 0,003$). Em novembro, os testes indicaram

patamares a cerca de 90% (Sebastião Gomes), 75% (Pedra Lixa) e de 41 a 55% (nos demais recifes) (tukey para todos os resultados significativos, $p < 0,002$).

3.6. ventos

Os dados de velocidade e frequência de ventos NE-E e S indicaram uma predominância de ventos de quadrante NE-E durante a maior parte dos períodos amostrados (Fig. 6). As maiores frequências de ventos fortes (>8 m/s = 15 nós) deste quadrante ocorreram principalmente entre o final de outubro de 2001 e final de fevereiro de 2002 e início de outubro de 2002 ao final da amostragem, em 10 de novembro de 2002. Portanto, as maiores frequências de ventos NE-E fortes ocorreram no período de primavera-verão. Além disso, as maiores velocidades máximas de ventos no período amostrado foram registradas para os ventos de NE-E. As velocidades médias destes ventos foram mais constantes ao longo do ano (Fig. 6A).

Os ventos de quadrante Sul tiveram uma maior variação ao longo do período amostrado. Estes ventos, associados às frentes frias vindas do Sul, se caracterizam por entrar rápido na região, permanecendo normalmente por curtos períodos. Isto é evidenciado pelos picos observados no gráfico (Fig. 6 B picos S; comparar com Fig. 6 A picos NE-E). As maiores frequências de ocorrência e velocidades destes ventos foram nos meses de outono-inverno (Fig. 6, B). As velocidades médias destes ventos ao longo do período variaram mais do que as de vento NE-E (Fig. 6).

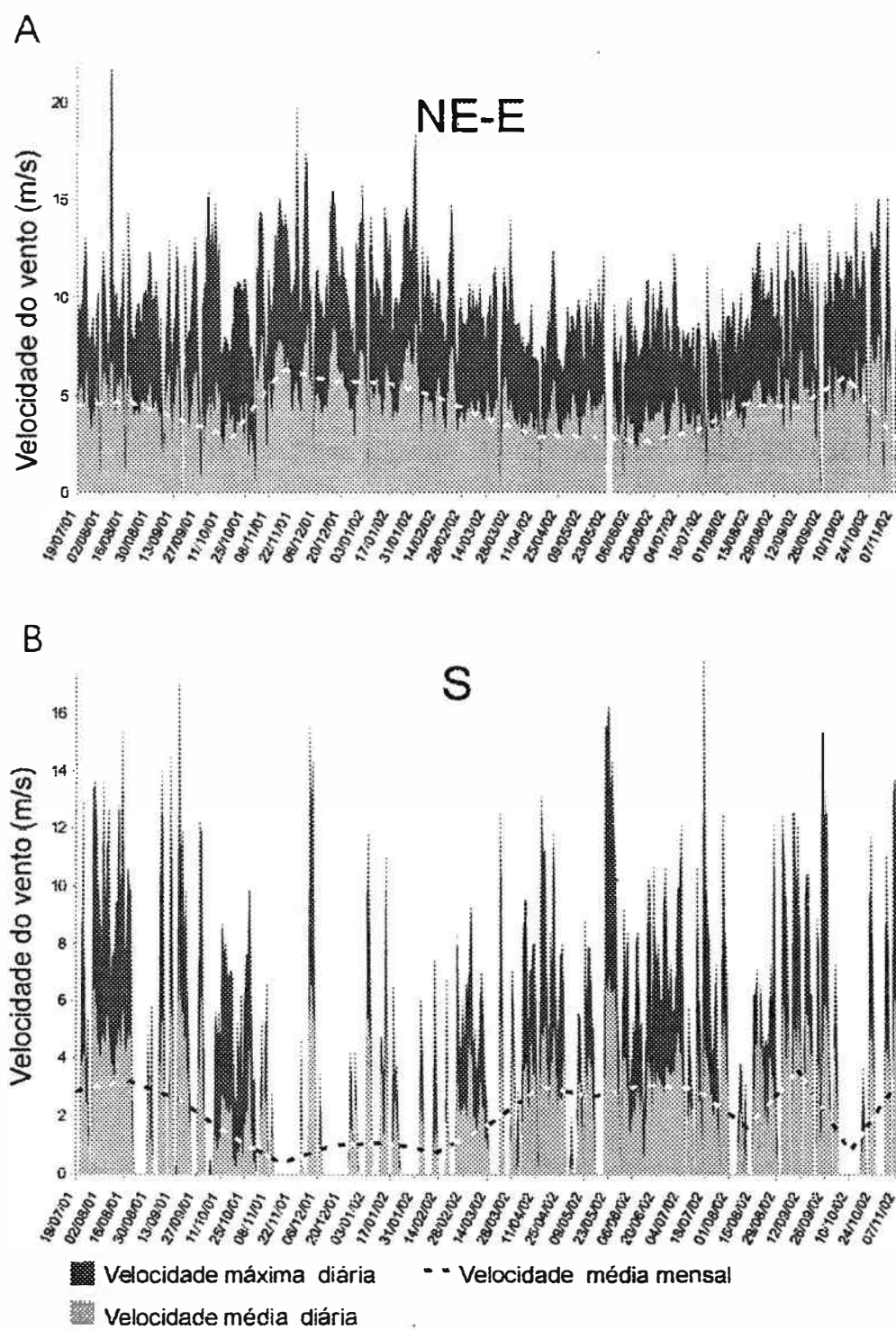


Figura 6 – Velocidades máximas e médias diárias e médias mensais para ventos de quadrantes Nordeste-Leste (A) e Sul (B) entre julho de 2001 e novembro de 2002, em Aparajú, município de Caravelas, Brasil.

3.7. correlações

A correlação de Pearson entre diversos parâmetros bióticos e/ou abióticos permitiu identificar variáveis com possível interferência sobre outras.

A cobertura coralínea total (escleractíneos e mileporídeos) foi negativamente correlacionada com a cobertura de *Palythoa caribaeorum* ($r = - 0,8978$, $p = 0,015$) e positivamente com a composição carbonática de março ($r = 0,8058$, $p = 0,053$). A cobertura de corais Scleractinia foi correlacionada negativamente com a cobertura de *Millepora alcicornis* ($r = - 0,8074$, $p = 0,052$).

A cobertura de Milleporidae apresentou correlação positiva significativa com o recrutamento deste taxon ($r = 0,8742$, $p = 0,023$). A análise entre o recrutamento de Milleporidae e a cobertura das espécies de *Millepora* apresentou correlação significativa positiva apenas com *M. nitida* ($r = 0,8495$, $p = 0,032$) e não com *M. alcicornis* ($r = 0,3541$, $p = 0,491$). Já o recrutamento de Scleractinia não apresentou correlação com qualquer variável examinada.

Observou-se que a deposição de sedimentos nos locais amostrados dos diferentes recifes está positivamente correlacionada com diferentes condições de vento (Tab. 8). Os recifes Guaratibas e Sebastião Gomes apresentaram correlação positiva significativa entre as taxas de deposição de sedimentos e ventos de quadrante Nordeste-Leste acima de 8 m s^{-1} (15 nós). Os recifes de Coroa Vermelha e Viçosa apresentaram correlação positiva significativa entre as taxas de deposição de sedimentos e ventos de quadrante Sul acima de 15 nós. Em Pedra Lixa e Pedra de Leste nenhuma correlação significativa entre deposição de sedimentos e ventos foi encontrada.

Tabela 8 – Correlação entre a deposição média de sedimentos e períodos de ventos acima de 8 m s^{-1} (15 nós), de acordo com a direção, em recifes do arco costeiro do Banco dos Abrolhos.

Recifes	Ventos NE-E		Ventos S	
	r	p	r	p
Guaratibas	0,5930	0,054	0,1206	0,724
Pedra Lixa	0,2866	0,393	0,3882	0,238
Pedra de Leste	0,2224	0,511	0,3504	0,291
Sebastião Gomes	0,6450	0,032	0,5318	0,092
Coroa Vermelha	- 0,3720	0,260	0,8131	0,002
Viçosa	- 0,1928	0,570	0,8639	0,001

4. DISCUSSÃO

As taxas de deposição de sedimento observadas evidenciam dois fatos principais, aos quais as comunidades coralíneas estão sujeitas: as taxas são muito diferentes entre recifes costeiros; as taxas mensais médias podem apresentar forte sazonalidade, com recifes apresentando taxas de deposição em períodos de pico aproximadamente quatro a 26 vezes maiores que a menor taxa mensal média observada em um mesmo recife.

Além das taxas de deposição variarem no espaço e no tempo, a composição (conteúdo carbonático) destes sedimentos também é diferente entre recifes. Dentre os fatores abióticos, o carbonato é um indicativo do bom desenvolvimento de comunidades de organismos bentônicos que utilizam carbonato, como corais. Woolfe & Larcombe (1999) afirmam que o crescimento mais prolífico de recifes está associado a uma menor influência de material exógeno. Isto foi evidenciado pela correlação positiva entre quantidade de carbonato no sedimento e cobertura de coral total. Por outro lado, a ausência de correlação entre a cobertura de Scleractinia ou de Milleporidae (que juntos compõem a categoria corais e apresentam correlação negativa entre si) e a quantidade de carbonato sugere que não importa a abundância do produtor de carbonato, mas sim a do total de organismos produtores.

Os dados por nós avaliados não permitem conclusões sobre a origem dos sedimentos depositados sobre os recifes do arco interno dos Abrolhos. Também não se sabe a quantidade de material terrígeno aportando na área (Knoppers et al. 1999). Há indícios de que a porção carbonática dos sedimentos é de produção local. Maior quantidade de carbonatos nos sedimentos de fundo é encontrada adjacente aos recifes. Segundo Leão et al. (no prelo), “na área costeira os sedimentos são constituídos por 30 a 70% de siliciclásticos, enquanto muito próximo aos recifes a contribuição terrígena pode ser de menos de 10%, devido ao material originário do recife”. Leão & Ginsburg (1997) indicam que a porção siliciclástica do sedimento possui duas origens principais: sedimento retrabalhado, proveniente de erosão de origem no Terciário (Grupo Barreiras), o qual cobre a maior parte do interior e afloramentos na costa do Estado da Bahia até meados do Espírito Santo; e transportes fluviais, carregados para a área por

correntes costeiras. O sedimento terrígeno no Banco dos Abrolhos pode ser originado de rios ao norte (Leão & Ginsburg 1997) e/ou ao sul (Summerhayes et al. 1976), devido a diferentes derivas litorâneas, que correm de norte para sul ao norte da Ponta da Baleia e de sul para norte ao sul desta Ponta (Bittencourt et al. 2000). As plumas de sedimentos dos maiores rios próximos ao Banco dos Abrolhos correm em sua direção (ver B. Segal et al., dados não publicados – Artigo II): a do Rio Doce corre para o norte e a do Rio Jequitinhonha para o sul, ao menos no outono (Summerhayes et al. 1976). A hipótese de uma origem não local dos sedimentos terrígenos é referendada por Knoppers et al. (1999), que indicam (ao menos para o verão) um papel secundário para o complexo estuarino do Rio Caravelas como fonte de sedimentos, quando comparado com materiais ressuspensos dos bancos de sedimentos próximos à costa. Além disso, sugerem que a troca de materiais da costa com os recifes do arco interno é muito dificultada pela forte corrente paralela à costa no Canal de Sueste (que separa as áreas rasas próximas à costa do Parcel das Paredes e este dos recifes mais ao sul). Os estudos de Knoppers et al. (1999) ocorreram no verão, porém as assinaturas dos sedimentos de Pedra de Leste não mostraram diferenças sazonais (B. Segal et al., dados não publicados - Artigo II). A maioria de nossas estações não apresentou diferenças de conteúdo carbonático entre períodos de diferentes deposições de sedimentos, exceto as que margeiam o Canal de Sueste. Estes dados, associados à observação de imagens de plumas de sedimento na costa (B. Segal et al., dados não publicados - Artigo II), sugerem que os recifes do Arco Interno estão sob influência quase constante de alta quantidade de sedimento não biogênico em suspensão.

A deposição diferenciada de sedimentos no arco costeiro do Banco dos Abrolhos está relacionada à direção dos ventos. As estações nos recifes mais ao Sul (Coroa Vermelha e Viçosa) estão correlacionadas com a ocorrência de ventos de quadrante Sul acima de 8 m.s^{-1} (15 nós). A deposição de sedimentos nas estações dos recifes Guaratibas e Sebastião Gomes está correlacionada a ventos de NE-E. Ressaltamos que Sebastião Gomes apresentou uma correlação positiva também com ventos S, porém com nível de significância menor ($r = 0,53$, $p = 0,09$). Esta estação apresentou as maiores taxas de deposição dentre todos os recifes amostrados. À exceção das áreas no Parcel das Paredes, as taxas de sedimentação dos recifes mais ao Norte apresentaram correlação com vento NE-E. Já as taxas dos recifes mais ao Sul correlacionaram-se com

ventos do quadrante Sul. Os dois locais que não apresentaram correlações com ventos estão localizados dentro de um imenso recife, no qual grande parte do topo descobre na maré baixa (Parcel das Paredes) e tiveram as menores taxas de deposição. Esta situação pode estar associada à estrutura do recife estar funcionando como uma barreira para a influência dos ventos.

A estreita associação entre vento e deposição de sedimentos indica que ressuspensão deve ser fator relevante na dinâmica de sedimentos da área, porém a compreensão destes processos depende de estudos de variação espacial e temporal de processos sedimentares e hidrodinâmicos, além de características geológicas (Larcombe et al. 1995). Larcombe et al. (2001) relataram uma situação em que ondas criam turbidez por ressuspensão de sedimento. Estes autores observaram uma associação inversa entre turbidez e deposição de sedimento na passagem de mar agitado para mar calmo. Em três das situações em que houve correlação deposição x vento, esta não ocorreu em situações de maior exposição a ondas. Ou seja, ondas geradas por ventos incidem de um lado do recife e causam aumento na deposição de sedimentos do lado oposto. Isto sugere que o sedimento ressuspendido pelas ondas veio a se depositar nas áreas mais abrigadas. Tal explicação estaria de acordo também com o fato de eventos de turbidez (ressuspensão) e subsequente deposição de sedimentos ocorrerem em prazo curto (“a couple of hours”), geralmente a cada ciclo de marés (Larcombe et al. 2001). Tendo em vista a exposição ao ar do topo dos recifes estudados durante as marés baixas, ocorre grande erosão no topo (Leão et al. 1985; Leão 1988), gerando partículas carbonáticas. O transporte de material erodido do recife também ocorre de barlavento para sotavento [Dodge et al 1974, (Hammer & Wolanski 1988 e Jones 1995) *apud* Knoppers et al. 1999]. Desta forma, estaria explicada a correlação da deposição com ventos que atingem o lado oposto dos recifes e as contribuições relativamente altas de carbonatos nos sedimentos depositados, quando comparados com o sedimento do entorno dos recifes (ver Leão et al. no prelo). Estas informações sugerem ainda que a deposição de sedimentos possui forte componente local. Isto é reforçado pela grande abundância de sedimento fino disponível para ressuspensão em todo o banco (Leão & Ginsburg 1997, Leão et al. no prelo), não sendo necessário a curto prazo o aporte de novos sedimentos para atingir as taxas observadas.

Um outro padrão observado foi a ocorrência de maiores taxas de deposição nos recifes mais ao Sul, associadas a ventos do quadrante Sul (e também de NE-E no caso de Sebastião Gomes). Estas taxas podem estar relacionadas ao fato das tempestades de vento sul serem mais fortes que as de quadrante NE ou E. Ressalte-se que nossos dados de vento foram coletados no interior (Teixeira de Freitas). Portanto, embora indiquem a direção e intensidade grosseiras dos ventos nos recifes, podem apresentar variações diferenciadas devido a ventos de cada quadrante passarem sobre diferentes formações geomorfológicas antes de chegarem à estação de coleta de dados. Diversas fontes atestam a maior força dos ventos de quadrante sul na região (IBAMA-FUNATURA 1991, Leão & Ginsburg 1997, Segal & Castro 2002).

A avaliação das comunidades coralíneas frente às condições de sedimentação (deposição e, conseqüentemente, turbidez) sugere uma relação indireta, através do principal estruturador biológico das comunidades – o zoantídeo *Palythoa caribaeorum*. A associação de *P. caribaeorum* com sedimento, apesar de não ser obrigatória (ausência de correlação significativa), é bem visível no resultado do MDS (Fig. 7).

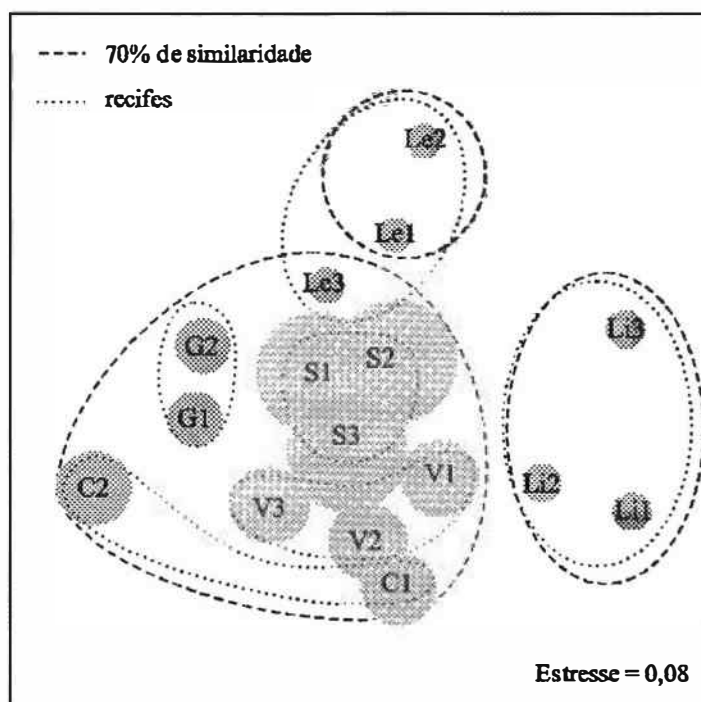


Figura 7 – MDS dos dados de cobertura de corais e zoantídeos por estação amostrada em cada recife do Banco dos Abrolhos, Brasil, com as taxas de deposição média anual de cada recife representadas por círculos cujas áreas são proporcionais às taxas de cada estação.

Na figura observa-se que as estações de maior sedimentação se agruparam. Este agrupamento teve sua similaridade interna explicada principalmente pela alta abundância de *P. caribaeorum* (explicando 81% da similaridade), a qual possivelmente interfere na cobertura total de corais. Isto pode ser inferido pela correlação negativa entre estas categorias. Como *P. caribaeorum* parece estar associado às maiores deposições de sedimento, esta espécie pode representar uma interferência indireta do sedimento sobre a estruturação da comunidade. Algumas características desta espécie sugerem uma grande adaptação a condições de alta sedimentação. Embora corais possam até se beneficiar da presença de sedimentos, alimentando-se de matéria orgânica associada (Mills & Sebens 1997; Anthony 1999), dependendo da carga e outras variáveis podem também ter que gastar energia para a remoção de sedimentos (Loya 1976, Lasker 1980, Rogers 1983, Stafford-Smith & Ormond 1992). Por outro lado, *P. caribaeorum* incorpora partículas finas de sedimento em seus tecidos, na proporção de até 45% de seu peso úmido, rejeitando apenas as partículas maiores (Haywick & Mueller 1997). Além disso, a grande produção de muco e a superfície mais lisa e contínua, com menor atrito, comparada com a superfície rugosa do restante do recife, ajudariam na remoção destas partículas maiores de cima das colônias. Isto também deve favorecer este zoantídeo em ambientes de muita sedimentação.

A distribuição de *Palythoa caribaeorum* e outros zoantídeos é, provavelmente, um resultado de fatores continuamente ativos, como predação e competição, e mortalidade periódica devida a condições extremas, ou seja, eventos históricos, como o tempo desde o último grande distúrbio (Sebens 1982). Diversas características favorecem a dominância de *P. caribaeorum* nos ambientes onde ocorre. É uma espécie pouco predada (Sebens 1982), possivelmente devido à presença de palitoxina – de grande toxicidade (ver Suchanek & Green 1981), e da inclusão de sedimentos em seus tecidos (Haywick & Mueller 1997). A espécie ocorre em áreas rasas do infralitoral ou, até mesmo, entremarés (Suchanek & Green 1981, Sebens 1982), região de grande turbulência e de pressão de fatores como temperatura e dessecação. As colônias de *P. caribaeorum* formam coberturas contínuas e podem fragmentar-se quando expostas a distúrbios físicos, porém geralmente os fragmentos sofrem regeneração (Moreno-Acosta 1999). Além disso, os maiores distúrbios físicos em recifes de coral, os furacões (Hughes 1993), não ocorrem na costa brasileira.

Palythoa caribaeorum pode ser amplamente dominante em áreas de maior deposição de sedimento, sugerindo que ele é superior competitivamente a outros cnidários neste tipo de ambiente. No Caribe, *P. caribaeorum* também é competitivamente superior a outros zoantídeos (Bastidas & Bone 1996) e a diversos corais, como *Agaricia agaricites* e *Siderastrea siderea* (ver Suchanek & Green 1981). Apesar de todas estas características, *P. caribaeorum* não domina todas as áreas dos recifes onde ocorre, inclusive em águas rasas. A dominância da espécie em áreas com baixa sedimentação e/ou pequena profundidade (estação em Pedra de Leste; Segal & Castro 2002) sugere que sedimentação e profundidade não são os únicos fatores a controlar sua distribuição e/ou dominância.

A comunidade coralínea de cada recife, à exceção da Coroa Vermelha, parece apresentar características próprias. As estações de um mesmo recife aparecem relativamente agrupadas na representação do MDS sem zoantídeos. Por outro lado, os agrupamentos se formaram com um alto nível de similaridade, sugerindo que as comunidades do arco interno do Banco dos Abrolhos não apresentam grandes diferenças de um recife para outro. Esta dualidade pode ser explicada pela variação nos grupos de espécies dominantes de um local para outro. Esta variação foi devida principalmente às abundâncias de escleractíneos em um dos grupos principais e de milleporídeos no outro. No entanto, a representação dos grupos em nível de 70% de similaridade (Fig. 4) não formou padrões geográficos ou relacionados à deposição de sedimentos. Isto sugere que os padrões de distribuição e/ou dominância de cada espécie se apresentam em mosaico, o qual pode ocorrer em pequena escala. O exemplo mais marcante em nossos dados de variação em pequena escala é o das estações da Coroa Vermelha. Porém, ocorrem também grandes variações de cobertura de espécies entre estações dos outros recifes (ver tabela 2).

A comunidade coralínea nos recifes estudados é relativamente pobre e, devido à já mencionada identidade de cada recife, pode estar sendo estruturada por fatores de ação local, em menor escala, ou por eventos estocásticos. A correlação negativa entre *Millepora alcicornis* e os Scleractinia poderia estar relacionada a preferências ambientais (em pequena escala) ou até mesmo a interações bióticas. Assim como Sebens (1982) em relação aos zoantídeos, Hughes (1989) sugeriu que a abundância de corais seria resultado de eventos históricos, competição e predação. Eventos em

pequena escala e eventos estocásticos podem ser diferentes para cada recife e para áreas de um mesmo recife. Eventos de recuperação após algum distúrbio, mais outros fatores continuamente em ação, seriam responsáveis pelas diferentes relações de abundância entre os organismos. A estruturação de comunidades respondendo a estas influências tenderia a apresentar distribuições em mosaico, sem padrões geográficos ou de zonação bem definidos, tal como observado em nossos resultados.

Existem poucas informações sobre taxas de recrutamento de escleractíneos e hidrocorais no Brasil, dentro ou fora do Banco dos Abrolhos. Maida & Ferreira (1995) observaram 52,5 e 13,1 recrutas de escleractíneos e hidrocorais por metro quadrado, respectivamente, em placas submersas durante um ano em Tamandaré, PE. Nos períodos em que obteve recrutas (períodos de imersão de dois meses), Damiano (2000), na mesma região, observou um máximo de 1,4 recrutas de escleractíneos por metro quadrado (em maio-junho/1999). Ressalve-se que, possivelmente, as taxas de Maida & Ferreira refletem desovas sucessivas de incubadores de larvas, além do período anual de desova de todos os liberadores de gametas, enquanto as taxas de Damiano refletem um único período de liberação de larvas e/ou gametas (ver Hughes et al. 2002).

C. B. Castro et al. (dados não publicados) estudaram taxas de recrutamento em recifes a diferentes distâncias da costa no Banco dos Abrolhos, com placas imersas no período novembro/1999 a maio/2000. Obtiveram taxas de recrutamento de escleractíneos bastante diversas das por nós obtidas – suas maiores taxas (245 recrutas por metro quadrado no Parcel dos Abrolhos) são equivalentes às menores aqui obtidas. Além disso, sua taxa em área de Pedra de Leste, muito próxima à área do mesmo recife por nós amostrada, foi muito inferior (128 recrutas por metro quadrado). A terceira área por eles amostrada, Pontas Sul, teve uma taxa de recrutamento de escleractíneos extremamente baixa (7 recrutas por metro quadrado). Em relação aos hidrocorais, houve maior uniformidade no recrutamento, com taxas de 17 (Parcel dos Abrolhos), 41 (Pedra de Leste) e 58 (Pontas Sul) recrutas por metro quadrado. Estas taxas são próximas à maioria das taxas de recrutamento de hidrocorais por nós observada. Novamente, a comparação de Pedra de Leste mostrou uma taxa muito menor em 1999-2000 que em 2001-2002. Uma grande variação entre taxas de recrutamento de escleractíneos em diferentes anos foi relatada por diversos autores (Fisk & Harriot 1990, Harriot & Banks 1995, Hughes et al. 2002).

E. N. Calderon et al. (dados não publicados) estudaram o recrutamento nos recifes Itacolomis, ao largo da Ponta do Corumbau, em placas submersas de janeiro a dezembro de 2001. Encontraram médias de 764 a 1545 recrutas de escleractíneos por metro quadrado. Observaram ainda média de 74 recrutas de hidrocorais por metro quadrado na única das seis estações amostradas que apresentou hidrocorais. As taxas obtidas, embora muito superiores às do presente estudo, referem-se a um maior tempo de imersão. Esta diferença de tempo implica na possibilidade de múltiplos eventos de planulação nas espécies com mais de uma liberação por ano, como por exemplo *Favia gravida* (ver Calderon et al. 2000), e no recrutamento de espécies que não desovaram durante nosso estudo, como por exemplo *Mussismilia harttii* (ver Pires et al. 1999) e, em grande parte, *Scolymia wellsi* (ver Pires et al. 2002). Problemas relacionados à comparação de taxas de recrutamento de experimentos em épocas e com períodos de imersão diferentes, como os citados acima, foram discutidos por Hughes et al. (2002).

Trabalhos anteriores indicaram que placas diretamente expostas à deposição de sedimento (lado superior de placas horizontais) apresentam recrutamento de escleractíneos muito reduzido (Hodgson 1990, Sammarco 1991, Franklin et al. 1998). Em nosso estudo, foram utilizadas placas verticais, insensíveis ou pouco sensíveis à sedimentação. Assim, nossa análise poderia ser melhor entendida como uma avaliação indireta da turbidez sobre o recrutamento. Em nosso caso, a sedimentação não teria influenciado, ao menos significativamente, os processos de recrutamento.

Os padrões de distribuição e abundância da comunidade adulta de corais escleractíneos no arco costeiro de recifes do sul da Bahia aparentemente também não podem ser explicados por recrutamentos diferenciados (ao menos em análise realizada em nível da ordem como um todo). Além disso, as taxas de recrutamento obtidas sugerem que as coberturas coralíneas relativamente baixas não estão associadas a uma deficiência no aporte de larvas. Apesar de variações metodológicas, as taxas de recrutamento observadas em outros recifes são equivalentes ou inferiores (ver Smith 1992) às taxas por nós obtidas. Este resultado de ausência de correlação entre comunidade adulta e recrutamento está de acordo com o observado em outros recifes do mundo (Bak & Engel 1979, Osman & Whitlatch 1995, Banks & Harriot 1996, Harriot 1999, Hughes et al 1999). Hughes et al. (2000) indicaram que a densidade de recrutas

está ligada à fecundidade dos adultos de uma mesma região, porém também não observaram uma relação entre população adulta local e recrutas.

Diversos autores indicaram que a mortalidade pós-assentamento pode ser um fator mais significativo para a formação das comunidades adultas que o recrutamento (Bak & Engel 1979, Birkeland et al. 1981, Fairfull & Harriot 1999 *apud* Harriot 1999, Hughes et al. 1999). Bak & Engel (1979) sugerem que sedimentação seria um parâmetro mais significativo na sobrevivência dos juvenis do que dos adultos. Este fenômeno também explicaria a ausência de correlação entre recrutamento e abundância de corais adultos. Entretanto, cabe ressaltar que, no nosso caso, este resultado pode ser devido a uma falta de resolução taxonômica, uma vez que outros estudos mostraram alguma correlação positiva com a abundância dos adultos quando os recrutas foram analisados em nível de família (Harriott 1999). A única correlação por nós testada a nível de família (*Milleporidae*) foi significativamente positiva com uma das espécies.

Aparentemente, houve um assentamento preferencial de mileporídeos nos locais em que haviam populações de *M. nitida* preestabelecidas, o que sugere que estes recrutas podem ser principalmente desta espécie. Pouco se conhece sobre a reprodução de espécies do gênero *Millepora*, no entanto placas de recrutamento com mesmo tempo de exposição ao ambiente apresentaram recrutas de tamanhos (estágios de desenvolvimento) muito variados, desde apenas um ciclostoma a colônias com centímetros quadrados. Isto sugere duas possibilidades, não excludentes: (1) pode haver crescimento inicial rápido e com taxas variadas para diferentes colônias; (2) vários eventos de recrutamento podem ter ocorrido dentro do período de imersão.

Ao contrário das demais espécies, *M. nitida* não se distribui amplamente por todo o Banco dos Abrolhos, mas é limitada aos recifes do arco costeiro (Castro et al. no prelo), onde sua distribuição ocorre em aglomerados. Isto sugere que, se os recrutas de mileporídeos observados em nossas placas forem principalmente de *M. nitida*, possivelmente este recrutamento é de origem local. Maiores investigações são necessárias para se compreender este processo. No entanto, estes indícios mostram a importância de estratégias de manejo e conservação de pequenas áreas recifais que, embora não tenham grande diversidade, são o reduto de algumas espécies não encontradas em outras áreas, tal como sugerido por Castro et al. (no prelo).

Embora alguns estudos relacionem maiores taxas de sedimentação com menor abundância e diversidade coralínea (Rogers 1990, Rice & Hunter 1992, Riegl 1995), nossos dados não permitiram o mesmo tipo de conclusão. Recifes de coral podem ter se iniciado em ambientes turvos (Larcombe & Woolfe 1999). Além disso, a hipótese da origem dos corais recifais estar associada a ambientes de alta sedimentação (Potts & Jacobs 2002), juntamente com a descrição de recifes com alta cobertura coralínea em ambientes de alta sedimentação (Larcombe et al. 2001, Anthony & Larcombe 2002), mostra que a influência da sedimentação sobre corais recifais não é sempre direta e negativa (ver também Mills & Sebens 1997, Anthony 1999).

A cobertura coralínea não foi correlacionada a médias ou picos de sedimentação neste estudo, sugerindo que estes fatores não atuam diretamente sobre a estrutura das comunidades. No entanto, as correlações entre cobertura coralínea e conteúdo carbonático (positiva) e cobertura coralínea e *Palythoa caribaeorum* (negativa) indicam que a sedimentação tem papel preponderante, embora indireto, nas comunidades coralíneas de Abrolhos. Outra tendência interessante foi a observação de que em todos os recifes amostrados, a face voltada para o continente apresentou substrato com cobertura praticamente nula de corais. Embora não tenha sido avaliada a deposição de sedimento nestes locais, nossos resultados sugerem uma relação forte entre ventos e deposição de sedimentos no lado a sotavento dos recifes. A face dos recifes voltada para o continente poderia sofrer a influência de ventos Nordeste, Leste e Sul, ao mesmo tempo, erodindo seus topos e provocando grande deposição de sedimentos nestas áreas. Além disso, as imagens de satélite apresentadas por Segal et al. (dados não publicados – capítulo II) mostram uma influência muito forte de plumas costeiras de sedimento em toda a área. Esta influência pode ser ainda maior nas faces internas dos recifes, impedindo também o desenvolvimento de comunidades coralíneas. Além disso, outros fatores, como luminosidade, nutrientes e topografia (ver Hubbard 1997), relacionados ou não com sedimentação, podem também estar influenciando nas comunidades coralíneas estudadas, porém não foram testados. Estudos de auto ecologia poderiam explicar melhor quais fatores são mais relevantes e como eles atuam na representatividade das espécies nas comunidades.

As comunidades coralíneas do sul da Bahia estão em condições de alta sedimentação e turbidez. Levando-se em conta as variações do nível do mar na historia

geológica dos recifes modernos, o desenvolvimento destes recifes nestas condições poderia estar ocorrendo há milênios. Leão (1982) sugeriu que os recifes de Abrolhos podem estar sob regime de alta sedimentação desde o Terciário (2 milhões de anos antes do Presente). Mais recentemente (Holoceno), há indicações de que recifes no norte da Bahia estariam sujeitos a uma alta sedimentação há pelo menos 3000 anos, relacionando isto principalmente a variações do nível do mar (Leão et al. 1997). O sul da Bahia esteve sujeito a variações de nível do mar (Martin et al. 1985), as quais vem aproximando os recifes da costa nos últimos 5.000 anos (Leão & Ginsburg 1997). Esta regressão foi provavelmente o principal fator de mistura de sedimentos carbonáticos com depósitos siliciclásticos em Abrolhos (Leão & Ginsburg 1997). No presente estudo, diversos recifes amostrados no Banco dos Abrolhos apresentaram taxas de deposição altas quando comparadas com as de recifes de outras áreas do mundo (ver tabela 9), sugerindo que a fauna brasileira pode apresentar apenas formas já adaptadas à alta sedimentação e turbidez (Leão 1982, Leão & Ginsburg 1997), das quais as do gênero *Mussismilia* estão relacionadas a formas do Terciário (Leão & Ginsburg 1997). Apesar disso, não há clareza dos efeitos de um aumento da sedimentação nestas comunidades. Kikuchi (2000a) sugeriu que recifes no norte da Bahia (entre latitudes 12°33'22" S e 12°44'36" S) podem estar no limiar do ponto de compensação de luz (inversamente proporcional à turbidez) que os corais necessitam para se desenvolver. Há sugestões de um aumento no aporte de sedimento pelos rios da região nas últimas décadas (Knoppers et al. 1999, Leão & Kikuchi 2001). Na Austrália, observou-se este fenômeno, com a incorporação de maior quantidade de material terrígeno no esqueleto de corais a partir da chegada de imigrantes europeus, com conseqüentes desmatamentos e mudanças no uso da terra (criação de gado e ovelhas) (McCulloch et al 2003). São necessários estudos específicos para avaliar aumentos históricos nas taxas de sedimentação na área dos recifes e estudos e monitoramentos das comunidades coralíneas para uma melhor avaliação dos efeitos deste fenômeno.

Tabela 9 – Taxas de deposição de sedimentos em diversos recifes do mundo. Asteriscos se referem a informação da mesma fonte bibliográfica.

Referência	Local	Deposição mg cm ⁻² dia ⁻¹	Prof.	Tempo de imersão	Distância do fundo	Razão	Observações
Rogers 1983	Porto Rico	2.6 ± 1.2 (E.P.)* 9.6 ± 2.4 (E.P.)**	Cerca de 4 m	15-53 dias	50 cm* 10 cm**	Cerca de 1:1	Janeiro/1975 a junho/1976
Rogers 1983	Porto Rico	5.6 ± 2.2 (D.P.)* 14.4 ± 7.9 (D.P.)**	Cerca de 4 m	15-53 dias	50 cm* 10 cm**	Cerca de 1:1	Durante tempestade tropical Eloise em 1975
Nzali et al. 1998	Recifes costeiros, Tanzania	77.1 ± 205 (D.P.)	5 m (?)	4-5 dias	Cerca de 40 cm	Cerca de 3:1	“Site 1” – taxa devida a um valor marginal (“outlier”) (± 700 mg cm ⁻² dia ⁻¹), caso contrário seria 20,4 ± 17,1 mg cm ⁻² dia ⁻¹ ; 12 meses
Nzali et al. 1998	Recifes costeiros, Tanzania	18.9 ± 25.7 (D.P.)	5 m (?)	4-5 dias	Cerca de 40 cm	Cerca de 3:1	“Site 2”; 12 meses
Cortés & Risk 1985	Cahuita, Costa Rica	19.5 – 60.9* 20.9 – 69.3**	?	2 dias	50 cm* 25 cm**	Cerca de 3:1	Mar muito calmo; junho-agosto/1980
Cortés & Risk 1985	Cahuita, Costa Rica	15.7 – 43.7	?	2 dias	50 cm	Cerca de 3:1	Mar calmo; junho-agosto/1980
Cortés & Risk 1985	Cahuita, Costa Rica	15.3 – 358.7* 20.6 – 253.1**	?	2 dias	50 cm* 25 cm**	Cerca de 3:1	Mar relativamente calmo; junho-agosto/1980
Cortés & Risk 1985	Cahuita, Costa Rica	46.9 – 278.9	?	2 dias	50 cm	Cerca de 3:1	Mar agitado; junho-agosto/1980
Cortés & Risk 1985	Cahuita, Costa Rica	35.2 – 889.4* 64.9 – 1,178.9**	?	2 dias	50 cm* 25 cm**	Cerca de 3:1	Mar muito agitado; junho-agosto/1980
Larcombe et al. 2001	Paluma Shoals, Austrália	Acima de 120	?	?	?	?	Dados de períodos curtos (horas)
Larcombe & Woolfe 1999	Norte de Cairns, Austrália, próximo a áreas perturbadas	Até 145	?	?	?	?	Dados de Hoyal (1986)
Larcombe & Woolfe 1999	Norte de Cairns, Austrália, próximo a áreas não perturbadas	26	?	?	?	?	Dados de Hoyal (1986)

Larcombe & Woolfe 1999	Ilha Magnetic, Australia	<144	?	?	?	?	Dados de Mapstone et al. (1989), Larcombe et al. (1994), Larcombe & Ridd (1994)
Larcombe & Woolfe 1999	Middle Reef, Australia	<62	?	?	?	?	Larcombe et al. (1994), Larcombe & Ridd (1994)
Kikuchi 2000a e 2000b	Banco recifal, Costa Nordeste da Bahia, Brazil	0,1-1,2	7 m	Cerca de 30 dias	20-30 cm (?)	Cerca de 1:1 a 1,7:1	Novembro/março (verão)
Barnes & Lough 1999	Papua Nova Guinea	0,6 ± 0,4 (D.P) Amplitude 0,1-1,4	7-9 m	3 meses	1 m	Cerca de 2,7:1	Área controle durante todo o período: janeiro/1988-março/1994
Barnes & Lough 1999	Papua Nova Guinea	Máximo = 23 (abril-junho/1989); Média de três anos = 5	7-9 m	3 meses	1 m	Cerca de 2,7:1	Área de menor impacto após implantação de mineração; julho/1988-junho/1991
Barnes & Lough 1999	Papua Nova Guinea	Máximo = 30 (julho-setembro/1989); Média de três anos = 14	7-9 m	3 meses	1 m	Cerca de 2,7:1	Área de transição após implantação de mineração; julho/1988-junho/1991
Barnes & Lough 1999	Papua Nova Guinea	Máximo = 680 (abril-junho/1989) Média de três anos = 186	7-9 m	3 meses	1 m	Cerca de 2,7:1	Zona de impacto severo, após implantação de mineração; julho/1988-junho/1991
Edmunds & Davies 1989	Baía Discovery, Jamaica	Amplitude = 1,4-12,3	10 m	7 dias	15 cm	>3:1	Frente recifal; Maio-julho/1985
Edmunds & Davies 1989	Baía Discovery, Jamaica	Amplitude = 2,9-6,2	10 m	7 dias	15 cm	>3:1	Zona de estresse; Maio-julho/1985

5. LITERATURA CITADA

- Amado-Filho GM, Andrade LR, Reis RP, Bastos W, Pfeiffer WC (1997) Heavy metal concentration in seaweed species from the Abrolhos Reefs region, Brazil. Proc 8th Int Coral Reef Symp 2: 1843-1846
- Anthony KRN (1999) Coral suspension feeding on fine particulate matter. J Exp Mar Biol Ecol 232: 85-106
- Anthony KRN, Larcombe P (2002) Coral reefs in turbid waters: sediment-induced stresses in corals and likely mechanisms of adaptation. Proc 9th Int Coral Reef Symp 1: 239-244
- Bak RPM, Engel MS (1979) Distribution, abundance and survival of juvenile hermatypic corals (Scleractinia) and the importance of life history strategies in the parent coral community. Mar Biol 54: 341-352
- Banks SA, Harriot VJ (1996) Patterns of coral recruitment at the Gneering Shoals, southeast Queensland, Australia. Coral Reefs 15: 225-230
- Bastidas C, Bone D (1996) Competitive strategies between *Palythoa caribaeorum* and *Zoanthus sociatus* (Cnidaria: Anthozoa) at a reef flat environment in Venezuela. Bull Mar Sci 59(3): 543-555
- Birkeland C (1997) Life and death of coral reefs. Chapman and Hall, New York
- Birkeland C, Rowley D, Randall RH (1981) Coral recruitment patterns at Guam. Proc Proc 4th Int Coral Reef Symp 2: 339-344
- Bittencourt ACSP, Dominguez JML, Martin L, Silva IR (2000) Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia – Brazil. An Acad Bras Cienc 72(2): 271-287
- Blomqvist S, Kofoed C (1981) Sediment trapping – A subaquatic in situ experiment. Limnol Oceanogr 26(3): 585-590
- Brown BE (1997) Disturbances to reefs in recent times. In: Birkeland C (ed) Life and death of coral reefs. Chapman and Hall, New York, p 354-379
- Calderon EN, Castro CB, Pires DO (2000) Natação, assentamento e metamorfose de plânulas do coral *Favia gravida* Verrill, 1868 (Cnidaria, Scleractinia). Boletim do Museu Nacional 429: 1-12
- Castro CB, Pires DO (1999) A bleaching event on a Brazilian coral reef. Rev bras oceanogr 47(1): 87-90

- Castro CB, Segal B, Pires DO, Medeiros MS (no prelo) In: Allen, G., Dutra, G.F., Werner, T.B., and Moura, R.L. A Biological Assessment of Abrolhos Bank, Brazil. RAP Bulletin of Biological Assessment
- Clarke KR, Warwick RM (1994) Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory
- Cortés J, Risk MJ (1985) A reef under siltation stress Cahuita, Costa Rica. Bull Mar Sci 36(2): 339-356
- Damiano C (2000) Padrões sazonais de assentamento de corais em substratos artificiais em Tamandaré, PE. MS dissertation, Departamento de Oceanografia, Centro de Tecnologia e Geociência, Universidade Federal de Pernambuco, Recife
- Dodge RE, Aller RC, Thomson J (1974) Coral growth related to resuspension of bottom sediments. Nature 247: 574-577
- Dodge RE, Vaisnys JR (1977) Coral populations and growth patterns: responses to sedimentation and turbidity associated with dredging. Journal of Marine Research, 35(4): 715-730.
- Echeverría CA, Pires DO, Medeiros MS, Castro CB (1997) Cnidarians of the Atol das Rocas, Brazil. Proc 8th Int Coral Reef Symp 1: 443-446
- Edmunds PJ, Davies OS (1989) An energy budget for *Porites porites* (Scleractinia), growing in a stressed environment. Coral Reefs 8: 37-43
- Fisk DA, Harriott VJ, (1990) Spatial and temporal variation in coral recruitment on the Great Barrier Reef: Implications for dispersal hypotheses. Mar Biol 107: 485-490
- Foster AB (1980) Environmental variation in skeletal morphology within the Caribbean reef corals *Montastrea annularis* and *Siderastrea siderea*. Bull Mar Sci 30(3): 678-709
- Franklin H, Muhando CA, Lindahi U (1998) Coral culturing and temporal recruitment patterns in Zanzibar, Tanzania. Ambio 27(8): 651-722
- Garzón-Ferreira J, Cortés J, Croquer A, Guzmán H, Leão Z, Rodriguez-Ramirez A (2002) Status of coral reefs in Southern Tropical America in 2000-2002: Brasil, Colombia, Panama, and Venezuela. In Wilkinson C (ed) Status of coral reefs of the world 2002. Australian Institute of Marine Science, Queensland, p 343-360
- Harriot VJ, Banks SA (1995) Recruitment of scleractinian corals in the Solitary Islands Marine Reserve, a high latitude coral-dominated community in Eastern Australia. Mar Ecol Prog Ser 123: 155-161
- Harriott VJ (1999) Coral recruitment in a high latitude Pacific site: a comparison with Atlantic reefs. Bull Mar Sci 65: 881-891
- Haywick DW, Mueller EM (1997) Sediment retention in encrusting *Palythoa* spp. - a biological twist to a geological process. Coral Reefs 16: 39-46

- Hodgson G (1990) Sediment and the settlement of larvae of the reef coral *Pocillopora damicornis*. *Coral Reefs* 9(1): 41-43
- Hubbard DK (1997) Reefs as dynamic systems. In: Birkeland C (ed) *Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall, New York, p 43-67
- Hughes TP (1989) Community structure and diversity of coral reefs: the role of history. *Ecology* 70(1): 275-279
- Hughes TP (1993) Special issue Disturbance : effects on coral reef dynamics. *Coral Reefs* 12(3/4): 115-234
- Hughes TP, Baird AH, Dinsdale EA, Moltshaniwskyj NA, Pratchett MS, Tanner EJ, Willis BL (1999) Patterns of recruitment and abundance of corals along the Great Barrier Reef. *Nature* 397: 59-63
- Hughes TP, Baird AH, Dinsdale EA, Moltshaniwskyj NA, Pratchett MS, Tanner JE, Willis BL (2000) Supply-side ecology works both ways: the link between benthic adults, fecundity, and larval recruits. *Ecology* 81(8): 2241-2249
- Hughes TP, Baird AH, Dinsdale EA, Moltshaniwskyj NA, Pratchett MS, Tanner JE, Willis BL (2002) Detecting regional variation using meta-analysis and large-scale sampling: latitudinal patterns in recruitment. *Ecology* 83(2): 436-451
- IBAMA-FUNATURA, 1991 Plano de Manejo do Parque Nacional Marinho dos Abrolhos. Versão aprovada na reunião do Conselho Nacional de Unidades de Conservação, em 10 de outubro de 1990, em Brasília, na sede do IBAMA. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais e Renováveis/Fundação Pró-Natureza
- Kikuchi RKP (2000)a Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental Norte da Bahia durante o Holoceno. PhD Dissertation, Univ. Federal da Bahia, Salvador
- Kikuchi RKP (2000)b Boundary conditions for coral reef development in turbid waters in Brazil. Abstracts of the 9th International Coral Reef Symposium, Bali, Indonesia, p. 61
- Knoppers B, Meyerhofer M, Marone E, Dutz J, Lopez R, Leipe T, Camargo R (1999) Compartments of the pelagic system and material exchange at the Abrolhos Bank coral reef, Brazil. *Arch Fish Mar Res* 47(2/3): 285-306
- Laborel J (1970) Les peuplements de Madréporaires des cotes tropicales du Brésil. *Annales de L'Université D'Abidjan, série E II fascicule 3*
- Larcombe P, Woolfe KJ (1999) Increased sediment supply to the Great Barrier Reef will not increase sediment accumulation at most coral reefs. *Coral Reefs* 18(2): 163-169

- Larcombe P, Costen A, Woolfe KJ (2001) The hydrodynamic and sedimentary setting of nearshore coral reefs, central Great Barrier Reef shelf, Australia: Paluma Shoals, a case study. *Sedimentology* 48: 811-835
- Larcombe P, Ridd PV, Prytz A, Wilson B (1995) Factors controlling suspended sediment on inner-shelf reefs coral reefs, Townsville, Australia. *Coral Reefs* 14(3): 163-171
- Lasker HR (1980) Sediment rejection by reef corals: the roles of behaviour and morphology in *Montastrea cavernosa* (Linnaeus). *J Exp Mar Biol Ecol* 47: 77-87
- Leão ZMAN (1982) Morphology, geology, and developmental history of the southernmost coral reefs of Western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil. PhD Dissertation, University of Miami, Miami.
- Leão ZMAN (1996) The coral reefs of Bahia: morphology, distribution and the major environmental impacts. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 68(3): 439-452
- Leão ZMAN, Bittencourt ACSP, Dominguez JML, Nolasco MC, Martin L (1985) The effects of Holocene sea level fluctuations on the morphology of the Brazilian coral reefs. *Revista Brasileira de Geociências* 15(2): 154-157
- Leão ZMAN, Araujo TMF, Nolasco MC (1988) The coastal reefs of the coast of eastern Brazil. *Proc 6th Int Coral Reef Symp* 3: 339-347
- Leão ZMAN, Dutra LXC, Spano S (no prelo). The characteristics of bottom sediments. In: Allen, G., Dutra, G.F., Werner, T.B., and Moura, R.L. *A Biological Assessment of Abrolhos Bank, Brazil*. RAP Bulletin of Biological Assessment
- Leão ZMAN, Ginsburg RN (1997) Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. *Proc 8th Int Coral Reef Sym* 2: 1767-1772
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Maia MP, Lago RAL (1997) A catastrophic coral cover decline since 3,000 years B. P., northern Bahia, Brazil. *Proc 8th Int Coral Reef Sym* 1: 583-588
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP (2001) The Abrolhos reefs of Brazil. In Seeliger U, Kjerfve B (eds) *Coastal Marine Ecosystems of Latin America, Ecological Studies, Vol 144*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, p 83-96
- Loya Y (1976) Settlement, mortality and recruitment of a Red Sea scleractinian coral population. *Coelenterate Ecology and Behavior* 1976: 89: 99
- Maida M, Coll JC, Sammarco PW, (1994) Shedding new light on scleractinian coral recruitment. *J Exp Mar Biol Ecol* 180: 189-202
- Maida M, Ferreira BP (1995) Estudo preliminar sobre o assentamento de corais em um recife na baía de Tamandaré - PE. *Boletim Técnico e Científico, CEPENE* 3(1): 23-36
- Martin L, Flexor JM, Blitzkow D, Suguio K (1985) Geoid change indications along the Brazilian coast during the last 7.000 years. *Proc 5th Int Coral Reef Congress*, 3: 85-90

- McClanahan, T.R. & D. Obura, 1997. Sedimentation effects on shallow coral communities in Kenya. *J Exp Mar Biol Ecol* 209: 103-122
- McCulloch M, Fallon S, Wyndham T, Hendy E, Lough J, Barnes D (2003) Coral record of increased sediment flux to the inner Great Barrier Reef since European settlement. *Nature* 421: 727-730.
- Migotto, AE, 1997. Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994. In: International Conference on Coelenterate Biology, 6. Leeuwenhorst, 1995. Proceedings. Leeuwenhorst, ICCB, p 329-335.
- Mills MM, Sebens KP (1997) Particle ingestion efficiency of the coral *Siderastrea siderea* and *Agaricia agaricites*: effects of flow speed and sediment loads. *Proc 8th Int Coral Reef Sym 2*: 1059-1064
- Moreno-Acosta LA (1999) Ecologia da reprodução assexuada de *Palythoa caribaeorum* (Zoanthidea: Cnidaria). PhD Thesis, Universidade Estadual de Campinas, Campinas
- Nzali LM, Johnstone RW, Mgaya YD (1998) Factors affecting scleractinian coral recruitment on a nearshore reef in Tanzania. *Ambio* 27(8): 717-722
- Osman RW, Whitlatch RB (1995) The influence of resident adults on recruitment: a comparison to settlement. *J Exp Mar Biol Ecol* 190(2): 169-198
- Pires DO, Castro CB, Ratto CC (2002) Reproduction of the solitary coral *Scolymia wellsi* Laborel (Cnidaria, Scleractinia) from the Abrolhos Reef Complex, Brasil. *Proc 9th Int Coral Reef Syp 1*: 381-384
- Pires DO, Castro CB, Ratto CC, (1999) Reef coral reproduction in the Abrolhos Reef Complex, Brazil: the endemic genus *Mussismilia*. *Mar Biol* 135: 463-471
- Potts DC, Jacobs JR (2002) Evolution of reef-building scleractinian corals in turbid environments: a paleo-ecological hypothesis. *Proc 9th Int Coral Reef Symp 1*: 249-254
- Rice SA, Hunter CL (1992) Effects of suspended sediment and burial on scleractinian corals from west central Florida patch reefs. *Bull Mar Sci* 51(3): 429-442
- Riegl B (1995) Effects of sand deposition on scleractinian and alcyonacean corals. *Mar Biol* 121: 517-526
- Rogers CS (1983) Sublethal and lethal effects of sediments applied to common Caribbean reef corals in the field. *Mar Poll Bull* 14(10): 378-382
- Rogers CS (1990) Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Mar Ecol Prog Ser* 62: 185-202
- Sammarco PW (1991) Geographically specific recruitment and postsettlement mortality as influences on coral communities: the cross-continental shelf transplant experiment. *Limnol Oceanogr* 36(3): 496-514
- Sebens KP (1982) Competition for space: Growth rate, reproductive output, and escape in size. *Am Nat* 120(2): 189-197

- Segal B, Castro CB (2001) A proposed method for coral cover assessment: a case study in Abrolhos, Brazil. *Bull Mar Sci* 69(2): 487-496
- Segal B Castro CB (2002) Community structure at the Abrolhos Archipelago, Brazil. *Proc 9th Int Coral Reef Symp* 1: 583-588
- Smith SR (1992) Patterns of coral recruitment and post-settlement mortality on Bermuda's reefs: comparisons to Caribbean and Pacific reefs. *Am Zool* 32: 663-673
- Stafford-Smith MG, Ormond RFG (1992) Sediment-rejection mechanisms of 42 species of Australian Scleractinian corals. *Aust J Mar Freshw Res* 43: 683-705
- Suchanek TH, Green DJ (1981) Interspecific competition between *Palythoa caribaeorum* and other sessile invertebrates on St.Croix Reefs, U.S. Virgin Islands. *Proc 4th Int Coral Reef Symp* 2: 679-684
- Summerhayes CP, Melo U, Barretto HT (1976) The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off Southeastern Brazil. *Journal of Sedimentology and Petrology* 46(4): 819-828
- Tomascik T, Sander F (1987) Effects of eutrophication on reef-building corals. *Mar Biol* 94: 53-75
- Underwood AJ (1997) *Experiments in Ecology: Their logical design and interpretation using analysis of variance*. Cambridge University Press, Cambridge
- Villaça R, Pitombo FB 1997 Benthic communities of shallow-water reefs of Abrolhos, Brazil. *Rev Bras Oceanogr* 45(1/2): 35-43
- Woolfe KJ, Larcombe P (1999) Terrigenous sedimentation and coral reef growth: a conceptual framework. *Mar Geol* 155(3-4): 331-345
- Zar JH (1999) *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Prentice Hall, New Jersey.

CONCLUSÕES GERAIS

A entrada de sedimentos costeiros no Banco dos Abrolhos está associada a dois fatores principais:

(1) O carreamento das plumas de rios grandes próximos à região, o Doce, ao Sul e o Jequitinhonha, ao Norte. Este carreamento para a região deve estar associado à existência de uma zona de divergência da deriva litorânea, que corre de Sul para Norte ao Sul de Caravelas e se inverte entre Caravelas e Belmonte. Imagens de satélite de vários meses consecutivos ilustraram a forte influência costeira sobre os recifes do Banco dos Abrolhos.

(2) Embora esta influência se manifeste ao longo do ano inteiro nos recifes mais próximos da costa, ela é mais evidente durante o inverno. Neste período, além de maior intensidade de chuvas, há uma maior entrada de frentes frias de Sul, que devem ser responsáveis pela ressuspensão de sedimentos lamosos dos deltas de rios como o Doce e o Jequitinhonha e ao redor dos recifes.

Desta forma, nossos resultados sugerem que a ressuspensão dos sedimentos finos depositados a longo prazo (principalmente desde cerca de 5,000 anos atrás, segundo Leão & Ginsburg, 1997), deve exercer grande influência sobre os recifes. A variação das taxas de deposição de sedimentos ao longo do ano, associada à ocorrência de ventos com velocidades maiores que 15 nós nos recifes internos evidencia a importância deste fator.

A maioria dos recifes do Arco Interno de Abrolhos apresentou taxas de sedimentação ao longo do ano muito acima do que Rogers (1990) considerou como saudável para áreas recifais, ou até mesmo consideradas como catastróficas. A comunidade coralínea nestes recifes apresentou recobrimento muito menor do que nos recifes externos do Banco dos Abrolhos.

Além de um nítido aumento do recobrimento de corais em direção aos recifes externos, nenhum outro padrão geográfico de abundância ou composição das comunidades foi observado. Alguns recifes do Arco Interno apresentaram taxas de deposição de sedimentos comparáveis às dos recifes externos, no entanto apresentavam baixa cobertura

coralina e tamanhos menores de colônias de *Mussismilia braziliensis* quando comparados ao recife externo, o Parcel das Paredes, sugerindo a influência de outro fator na estruturação das comunidades.

À exceção do *Palythoa caribaeorum*, as análises não evidenciaram qualquer relação entre taxas de sedimentação e composição das comunidades coralíneas. No entanto, a sedimentação parece favorecer a ocorrência deste zoantídeo nos recifes internos. Neste caso, parece haver então a influência de uma interação biótica, pela presença de *P. caribaeorum*, ou uma interação indireta de fatores abióticos, como a sedimentação, na estruturação das comunidades coralíneas dos recifes do Arco Interno.

O grande número de recrutas nas placas de recrutamento verticais em recifes costeiros de altíssima sedimentação sugere que algum fator relacionado à disponibilidade de substrato ou processos causadores de mortalidade pós assentamento estejam atuando nesses recifes. No entanto, o recrutamento não parece ser limitado por competição com macroalgas, que não ocorrem em grande abundância nesses.

Portanto, é possível que o desenvolvimento das comunidades coralíneas esteja sendo controlado ou pela presença de sedimento sobre o fundo, ou pela presença de um competidor forte por espaço, o zoantídeo *Palythoa caribaeorum*. Embora este seja um organismo extremamente comum e abundante em recifes e costões rochosos no Brasil, a ecologia de *P. caribaeorum* foi pouquíssimo estudada até o momento.

Estudos de autoecologia de alguns organismos “chave”, como corais e zoantídeos, bem como a investigação de um conjunto maior de prâmetros abióticos na área ainda são necessários para a compreensão dos processos estruturadores das comunidades coralíneas de Abrolhos.

SUGESTÕES DE ESTUDOS FUTUROS

Em várias áreas recifais do mundo, um problema atual dos mais graves é a erosão de costa e conseqüente carreamento do material erodido para os recifes (Birkeland, 1997). Este problema é resultado da ocupação humana, e vem se agravando ao longo do tempo. Alguns estudos já conseguiram, inclusive, observar marcas permanentes que atividades humanas podem deixar nos recifes de coral (ver por exemplo, McCulloch et al., 2003).

Segundo Larcombe et al. (2001), através da documentação das condições sedimentares em recifes de corais modernos, nós poderemos ajudar a avaliar os impactos de mudanças ambientais em termos do potencial de surgimento e declínio.

Nos recifes de Abrolhos, ainda é escasso o conhecimento sobre as relações entre ocupação de costa e a saúde dos recifes. Para avaliar tal relação, é necessário inicialmente um mapeamento da origem do sedimento que entra no sistema. Tal avaliação poderia ser realizada através um estudo da composição de radioisótopos, como forma de avaliar a origem dos sedimentos (ver, por exemplo Meijer et al., 2001). O estudo de radioisótopos poderia também ser útil para avaliar as taxas de sedimentação de longo prazo, através de análises de sedimento de fundo ao redor dos recifes (Somayajulu et al., 1999). Esta mesma ferramenta pode ser ainda utilizada no estudo de registros no esqueleto dos corais, como foi feito na Austrália por McCulloch et al. (2003)

Outra questão importante na compreensão dos processos que agem sobre nossos recifes é a avaliação da resistência de diferentes espécies de construtores recifais a diferentes condições abióticas. As comunidades coralíneas no Brasil são relativamente pobres, mas apresentam grande proporção de espécies endêmicas. Portanto, estudos experimentais de autoecologia podem fornecer resultados mais conclusivos sobre os principais fatores atuantes na estruturação destas comunidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anthony KRN, Larcombe P (2002) Coral reefs in turbid waters: sediment-induced stresses in corals and likely mechanisms of adaptation. Proc 9th Int Coral Reef Symp 1: 239-244
- Babcock R, Davies P (1991) Effects of sedimentation on settlement of *Acropora millepora* Coral Reefs 9 (4): 205-208
- Birkeland C (1997) Life and Death of Coral Reefs. Chapman & Hall, New York
- Brown BE (1997) Disturbances to reefs in Recent times. In: Birkeland C (ed) Life and death of coral reefs. Chapman & Hall, New York, pp 354-379
- Castro CB, Pires DO (1999) A bleaching event on a Brazilian coral reef. Rev bras oceanogr 47(1): 87-90
- Cortés J, Risk MJ (1985) A reef under siltation stress Cahuita, Costa Rica. Bull Mar Sci 36(2): 339-356
- Dodge RE, Aller RC, Thomson J (1974) Coral growth related to resuspension of bottom sediments. Nature 247 (5442): 574-577
- Dodge RE, Vaisnys JR (1977) Coral populations and growth patterns: responses to sedimentation and turbidity associated with dredging. J Mar Res 35(4): 715-730
- Echeverría CA, Pires DO, Medeiros MS, Castro CB (1997) Cnidarian of the Atol das Rocas, Brazil. Proc 8th Int Coral Reef Symp 1: 443-446
- Foster AB (1980) Environmental variation in skeletal morphology within the Caribbean reef corals *Montastrea annularis* and *Siderastrea siderea*. Bull Mar Sci 30(3): 678-709
- Garzón-Ferreira J, Cortés J, Croquer A, Guzmán H, Leão Z, Rodríguez-Ramírez A (2002) Status of coral reefs in Southern Tropical America in 2000-2002: Brasil, Colombia,

- Panama, and Vezeuela. In Wilkinson C (ed) Status of coral reefs of the world 2002. Australian Institute of Marine Science, Queensland, p 343-360
- Hubbard D K (1997) Reefs as dynamic systems. In: Birkeland C (ed) Life and death of coral reefs. Chapman & Hall, New York, pp 43-67
- Laborel JL (1970) Madréporaires et hydrocoralliaires récifaux des cotes brésiliennes: systématique, écologie, répartition verticale et géographique. Ann Inst océan 47: 171-229
- Larcombe P, Woolfe KJ (1999) Increased sediment supply to the Great Barrier Reef will not increase sediment accumulation at most coral reefs. Coral Reefs 18(2): 163-169
- Larcombe P, Costen A, Woolfe KJ (2001) The hydrodynamic and sedimentary setting of nearshore coral reefs, central Great Barrier Reef shelf, Australia: Paluma Shoals, a case study. Sedimentology 48: 811-835
- Leão ZMAN (1982) Morphology, geology, and developmental history of the southernmost coral reefs of Western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil. PhD Dissertation, University of Miami, Miami.
- Leão ZMAN (1995) Present status of the coral reefs of Bahia and the major environmental impacts. In: Scientific Meeting, Loicz (Land/Ocean Interaction in the Coastal Zone), abstracts, São Paulo, pp 40-42
- Leão ZMAN, Ginsburg DW (1997) Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. Proc 8th Int Coral Reef Symp 2: 1767-1772
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Maia MP, Lago RAL (1997) A catastrophic coral cover decline since 3,000 years B.P., northern Bahia, Brazil. Proc 8th Int Coral Reef Symp 1: 583-588
- Meijer RJ, James IR, Jennings PJ, Koeyers JE (2001) Cluster analysis of radionuclide concentrations in beach sand. Appl Radiat Isot 54: 535-542
- Migotto AE (1997) Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994. Proc 6th Int Conf Coelenterate Biol: 329-335

- Miller RL, Cruise JF (1995) Effects of suspended sediments on coral growth: evidence from remote sensing and hydrologic modeling. *Remote Sens Environ* 53: 177-187
- McClanahan TR, Obura D (1997) Sedimentation effects on shallow coral communities in Kenya. *J Exp Mar Biol Ecol* 209: 103-122
- McCulloch M, Fallon S, Wyndham T, Hendy E., Lough J, Barnes D (2003) Coral record of increased sediment flux to the inner Great Barrier Reef since European settlement. *Nature* 421: 727-730
- Porter JW, Tougas JI (2001) Reef ecosystems: threats to their biodiversity. *Encyclopedia of biodiversity* 5: 73-95
- Potts DC, Jacobs JR (2002) Evolution of reef-building scleractinian corals in turbid environments: a paleo-ecological hypothesis. *Proc 9th Int Coral Reef Symp* 1: 249-254
- Richmond RH (1993) Coral reefs: present problems and future concerns resulting from anthropogenic disturbance. *American Zoologist* 33: 524-536
- Rogers C (1990) Responses of coral reefs and reef organisms to sedimentation. *Mar Ecol Prog Ser* 62: 185-202
- Sammarco PW (1991) Geographically specific recruitment and postsettlement mortality as influences on coral communities: the cross-continental shelf transplant experiment. *Limnol Oceanogr* 36(3): 496-514
- Smith SV, Buddemeier RW (1992) Global change and coral reef ecosystems. *Annu Rev Ecol Syst* 23: 89-118
- Somayajulu BLK, Bhushan R, Ashish Sarkar, Burr GS, Jull AJT (1999) Sediment deposition rates on the continental margins of the eastern Arabian Sea using ²¹⁰Pb, ¹³⁷Cs and ¹⁴C. *The Science of the Total Environment* 237/238: 429-439
- Stafford-Smith MG, Ormond RFG (1992) Sediment-rejection mechanisms of 42 species of Australian scleractinian corals. *Aust J Mar Freshw Res* 43: 683-705

Tomascik T, Sander F (1987) Effects of eutrophication on reef-building corals. *Mar Biol* 94: 53-75

van Katwijk MM, Meier NF, van Loon R, van Hove EM, Giesen WBJT, van der Velde G, den Hartog C (1993) Sabaki River sediment load and coral stress: correlation between sediments and condition of the Malindi-Watamu reefs in Kenya (Indian Ocean). *Mar Biol* 117: 675-683

Veron JEN (1995) Corals in space and time: the biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sidney

