



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO**

**PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS NA PREDACÃO DO CORAL
CONSTRUTOR *MONTASTREA CAVERNOSA* E DE ALGAS CALCÁRIAS
INCRUSTANTES POR BUDIÕES (PISCES: LABRIDAE: SCARINAE E
SPARISOMATINAE) NO BANCO DOS ABROLHOS, BA.**

CAMILO MOITINHO FERREIRA

CAMPINA GRANDE-PB

2012

CAMILO MOITINHO FERREIRA

**PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS NA PREDACÃO DO CORAL
CONSTRUTOR *MONTASTREA CAVERNOSA* E DE ALGAS CALCÁRIAS
INCRUSTANTES POR BUDIÕES (PISCES: LABRIDAE: SCARINAE E
SPARISOMATINAE) NO BANCO DOS ABROLHOS, BA.**

ORIENTADOR: DR. RONALDO BASTOS FRANCINI-FILHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ecologia e Conservação da
Universidade Estadual da Paraíba para
obtenção do título de Mestre.

CAMPINA GRANDE-PB

2012

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na sua forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

F383p Ferreira, Camilo Moitinho.
Padrões espaciais e temporais na predação do coral construtor Montastrea Cavernosa e de algas calcárias incrustantes por budiões (Pisces: Labridae: Scarinae e Sparisomatinae) no Banco dos Abrolhos, BA [manuscrito]. / Camilo Moitinho Ferreira. – 2012.

46 f. : il. color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2012.

“Orientação: Prof. Dr. Ronaldo Bastos Francini Filho, Departamento de Biologia”.

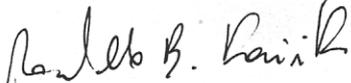
1. Grupos funcionais. 2. Pressão seletiva. 3. Herbivoria, 4. Coralivoria. I. Título.

21. ed. CDD 639

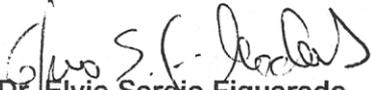
CAMILO MOITINHO FERREIRA

**PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS NA PREDACÃO DO
CORAL CONSTRUTOR *MONTASTREA CAVERNOSA* E DE
ALGAS CALCÁRIAS INCRUSTANTES POR BUDIÕES (PISCES:
LABRIDAE: SCARINAE E SPARISOMATINAE) NO BANCO DOS
ABROLHOS, BA.**

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2012


Dr. Ronaldo Bastos Francini-
Filho
Presidente da Banca


Dra. Adriane Wandenes
Membro da Banca


Dr. Elvio Sergio Figueredo
Medeiros
Membro da Banca


Camilo Moitinho Ferreira
Examinado

*“Dentro do mambo, e da consciência
Está o segredo do universo”*

Raul Seixas

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado.

Ao Projeto “*Marine Management Areas for Science*” realizado no âmbito do Programa Marinho da Conservação Internacional pelo apoio financeiro e logístico. E a toda sua equipe de Caravelas, pela confiança, suporte, oportunidade e acolhimento: Rodrigo Leão de Moura, Guilherme Dutra e Danilo Araújo.

Ao meu orientador Ronaldo Bastos Francini-Filho, pela grande oportunidade concedida desde os primórdios, sempre incentivando e cativando na busca constante por novos conhecimentos, ajudando na superação de barreiras e na constante evolução como ser humano, mais uma vez obrigado.

À melhor de todas as equipes de mergulho e coleta de dados, Eduardo Chavez, Ericka Coni Grazyela Fiuza, Leopoldo Francini, Pedro Meireles, Rodrigo Reis, Rodrigo Moura, Ronaldo Francini-Filho, pela maravilhosa companhia nas expedições e mergulhos, além da troca de experiências e conhecimentos.

À tripulação dos barcos INA e MAKAIRA pelo suporte: obrigado Lorico e Rodrigues, Cosme e Felipe.

Aos meus pais, Emília Moitinho e Osmar Ferreira, por sempre compreender e me amparar nos momentos mais críticos. Além dos valiosos ensinamentos de vida e por todo esforço, carinho e dedicação para que hoje pudesse estar aqui realizando mais uma grande conquista.

À minha companheira, Ericka Coni, a qual eu tenho o prazer de compartilhar todos os meus momentos, sentimentos e ideias, pelo amor, amizade, carinho, sabedoria, e acima de tudo paciência.

A José de Anchieta Nunes e ao prof. Dr. Cláudio Sampaio, por terem me ajudado a enveredar neste universo colorido que é o sistema recifal, e pela amizade, força, incentivo e carinho.

Aos meus eternos amigos do Movimento Couro de Rato: Jujú, Neto Marley, Annie, Vitão, Lua, Aline, Raíz, Camila, Bruno, Abdon, Lúcio, Sérgio Murilo, Beto Sol, Marcão Ameba, por serem pessoas surpreendentes e amigos queridos que proporcionaram momentos inesquecíveis e ajudaram muitas vezes sem perceber.

À Aniela, Zá, Danilo Araújo, Cal, Mana, Elis, Rafa, Renato Santoro, Maurício Tapurú, Marina e Rodrigo pela amizade, incentivo e carinho durante e após a morada em Caravelas.

Aos amigos de João Pessoa, Grazina, Magrão, Vilmará, Elaine, Adriane, Aline, Diego, Márcio, Sandra e Ícaro pelos momentos prazerosos durante a estadia nessa cidade incrível.

SUMÁRIO

Resumo.....	1
Introdução.....	2
Materiais e Métodos.....	5
Área de Estudo.....	5
Procedimentos de campo.....	9
Caracterização quantitativa da abundância de Scarinae e Sparisomatinae.....	9
Caracterização da cobertura do substrato.....	11
Predação em <i>M. cavernosa</i> e algas calcárias incrustantes.....	12
Análises estatísticas.....	14
Resultados.....	16
Abundância de Scarinae e Sparisomatinae.....	16
Cobertura relativa do substrato.....	21
Padrões de predação de <i>M. cavernosa</i> e algas calcárias incrustantes.....	23
Discussão.....	26
Referências.....	32

Lista de Figuras

- Fig. 1 Espécies de budiões estudadas no Banco dos Abrolhos (a) *Scarus trispinosus*, (b) *Sc. zelindae* fase inicial, (c) *Sc. zelindae* fase terminal, (d) *Sparisoma amplum*, (e) *Sp. axillare*, e (f) *Sp. frondosum* (Fotos: Ronaldo B. Francini-Filho)7
- Fig. 2 Mapa do Banco dos Abrolhos mostrando os sítios estudados em cada recife e as áreas marinhas protegidas: (a) Timbebas (1) TIMII e (2) TIMIII; (b) Parcel dos Abrolhos (3) PABIV e (4) PABV; (c) Parcel das Paredes (5) AREN, (6) PLES e Sebastião Gomes (7) SGOM.....8
- Fig. 3 Principais características abióticas. (a) Distância da costa em quilômetros (km), e profundidades em metros (m) (b) no topo e (c) na parede recifal dos sítios estudados nos recifes de: Timbebas (TIMII e TIMIII); Parcel dos Abrolhos (PABIV e PABV); Parcel das Paredes (AREN e PLES) e Sebastião Gomes (SGOM).....9
- Fig. 4 Ilustração da metodologia de censo visual estacionário (cf. Minte-Vera et al. 2008). No raio de dois metros são contabilizados indivíduos < 10 cm, e no raio de quatro metros são contabilizados apenas indivíduos > 10 cm.....10
- Fig. 5 Cicatrizes de mordidas características de budiões (a) raspadores e (b) escavadores.....11
- Fig. 6 Foto demonstrando (a) coleta de dados em campo utilizando foto-quadrado e (b) estimativa da cobertura bentônica utilizando o programa *Coral Point Count with Excel Extensions* (Foto: Rodrigo Maia-Nogueira).....12
- Fig. 7 Sequência de imagens mostrando a variação temporal (a) 2006, (b) 2007 e (c) 2008 de áreas predadas por budiões.....13
- Fig. 8 Imagens demonstrando (a) a seleção de lesões para mensuração de áreas predadas no programa eCognition, e as cicatrizes deixadas pelos budiões em (b) *Montastrea cavernosa*, (c) algas calcárias incrustantes recobertas por algas epilíticas, e (d) algas calcárias incrustantes sem camada superficial de algas epilíticas14
- Fig. 9 Variação na (a) densidade (ind.m⁻²) e (b) biomassa (g.m⁻²) (média ± EP) de *Scarus trispinosus* (*Sca tri*), *Sc. zelindae* (*Sca zel*), *Sparisoma amplum* (*Spa amp*), *Sp. axillare* (*Spa axi*) e *Sp. frondosum* (*Spa fro*) e dos grupos funcionais escavadores (Esc) e raspadores (Ras) em diferentes classes de comprimento (cm), no topo (TP) e na parede (PA) recifal. Grupos homogêneos (definidos com base no teste *a posteriori* de Newman-Keuls, SNK) estão unidos por letras iguais.....18
- Fig. 10 Variação na densidade (ind.m⁻²) e biomassa (g.m⁻²) (média ± EP) dos grupos funcionais, escavadores e raspadores, entre os sítios e anos estudados, no topo (TP) e na parede (PA) recifal. Parcel dos Abrolhos (PABIV e PABV), Parcel das Paredes (PLES e AREN), Timbebas (TIMII e TIMIII) e Sebastião Gomes (SGOM). Grupos homogêneos (definidos com base no teste *a posteriori* de Newman-Keuls, SNK) estão unidos por letras iguais.....21
- Fig. 11 Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) resumindo a similaridade na cobertura relativa do substrato, entre (a) sítios e (b) habitats. Parcel dos Abrolhos (PABIV e PABV), Parcel das Paredes (PLES e AREN), Timbebas (TIMII e TIMIII) e Sebastião Gomes (SGOM). Habitats: TP – topo e PA – parede.....22

Fig. 12 Variação na (a) cobertura relativa do substrato e na (b) proporção de área predada (média \pm EP) dos organismos, *Montastrea cavernosa* (*Mon cav*), algas calcárias incrustantes recobertas por algas epilíticas (ACICs) e algas calcárias incrustantes sem camada superficial de algas epilíticas (ACISs) entre os sítios, Parcel dos Abrolhos (PABIV e PABV), Parcel das Paredes (PLES e AREN), Timbebas (TIMII e TIMIII) e Sebastião Gomes (SGOM), anos e habitats (topo - TP e parede - PA). Grupos homogêneos (definidos com base no teste *a posteriori* de Newman-Keuls, SNK) estão unidos por letras iguais.....24

Fig. 13 Regressão linear múltipla demonstrando a relação entre a biomassa de *Scarus trispinosus* e a cobertura relativa de algas calcárias incrustantes sem camada superficial de algas epilíticas (ACISs) e *Montastrea cavernosa* (*Mon cav*), sem a influência acumulada da distância da costa, latitude e profundidade. Ns - não significativo, * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$25

Lista de Tabelas

Tabela 1 Resultado das Análises de Variância (ANOVAs) de três fatores testando o efeito de sítios, habitats e anos na biomassa e densidade de *Scarus trispinosus* (*Sca tri*), *Sc. zelindae* (*Sca zel*), *Sparisoma amplum* (*Spa amp*), *Sp. axillare* (*Spa axi*) e *Sp. frondosum* (*Spa fro*) e dos grupos funcionais escavadores e raspadores. Ns - não significativo; * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$20

Tabela 2 Resultado da Análise de Covariância (ANCOVA) testando o efeito de três fatores (sítios, habitats e anos) na proporção de área predada. A cobertura relativa de *Montastrea cavernosa* (*Mon cav*), algas calcárias incrustantes recobertas por algas epilíticas (ACICs) e algas calcárias incrustantes sem camada superficial de algas epilíticas (ACISs) foi utilizada como co-variável. Ns - não significativo, * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$25

Resumo

Os benefícios proporcionados pela herbivoria dos budiões em sistemas recifais têm sido relativamente bem estudados. Entretanto, nos últimos anos, alguns estudos colocaram tais benefícios em cheque. Apesar de se alimentarem preferencialmente de algas os budiões podem também consumir corais e algas calcárias incrustantes (ACIs), comprometendo assim o crescimento e reprodução dos corais e facilitando a colonização dos espaços abertos por organismos não construtores. O estudo apresentado aqui visa descrever a dinâmica espacial e temporal na densidade e biomassa de budiões no Banco dos Abrolhos e sua relação com a predação do coral *Montastrea carvenosa* e ACIs. Os budiões e os dois grupos funcionais (raspadores e escavadores) apresentaram padrões espaciais distintos. Não houve variação temporal na densidade e biomassa de budiões. Esse mesmo padrão foi observado para cobertura relativa e área relativa predada de *M. cavernosa* e ACIs. Algas calcárias incrustantes recobertas por algas epilíticas (ACICs) foram os únicos organismos que sofreram influência da densidade de raspadores e biomassa de escavadores. Foi registrada uma forte influência positiva da biomassa de *Sc. trispinosus* na cobertura de algas calcárias incrustantes sem cobertura de algas epilíticas (ACISs) e de *M. cavernosa*. A ausência de variação temporal na área relativa predada de *M. cavernosa* pode ter ocorrido por (1) baixa intensidade de predação para detecção de padrões temporais nítidos; (2) baixa densidade e biomassa do principal predador desse coral, *Sp. amplum*; e (3) baixa preferência dos budiões por este coral. Além disso, a predação em ACICs provavelmente é benéfica para o sistema recifal, pois este substrato representa áreas de competição entre ACIs e algas epilíticas. Os resultados aqui obtidos indicam que os budiões desempenham efeito benéfico sobre os corais, salientando a necessidade de conservação deste grupo ameaçado de sobrepesca.

Palavras-chave: Grupos funcionais, pressão seletiva, herbivoria, coralivoria, dinâmica, cicatrizes de mordidas

Introdução

Os sistemas recifais vêm sendo estudados em detalhes há pelo menos seis décadas (Hixon 2011). Durante este período metade dos recifes desapareceram e 70% do restante encontram-se em estado crítico de ameaça, devido principalmente a mudanças climáticas e distúrbios antrópicos (Hughes 1994; Pandolfi et al. 2003; Bellwood et al. 2004; Wilkinson 2004). O panorama global não é animador frente à tendência de intensificação nos níveis de degradação dos recifes (Sebens 1994; Hughes et al. 2003; Pandolfi et al. 2003; Bruno & Selig 2007). A acidificação e o aumento da temperatura superficial da água do mar, assim como o concomitante aumento na intensidade e frequência de eventos de branqueamento em massa e epidemias de doenças em corais e algas calcárias incrustantes (ACIs), vêm levando a reduções drásticas na cobertura e complexidade dos ambientes recifais (Litter & Litter 1994, 1997; Harvell et al. 1999; Nugues 2002; Hughes et al. 2003; Weil et al. 2006; Bruno & Selig 2007; Aeby et al. 2007; Hoegh-Guldberg et al. 2007; Sandin et al. 2008).

O estado crítico de conservação e o alto nível de ameaça tornaram crucial o reconhecimento de espécies chave para a conservação dos sistemas recifais. Essas espécies formam grupos funcionais críticos (GFCs; i.e. grupos de organismos que desempenham papéis ecológicos similares, independentemente de suas afinidades taxonômicas ou biogeográficas) que atuam auxiliando na recuperação de sistemas recifais (i.e. resiliência) e/ou na manutenção das suas funções ecológicas (i.e. resistência) (Bellwood & Choat 1990; Steneck & Dethier 1994; Bellwood et al. 2004). Na ausência destes grupos, a sucessão ecológica em recifes perturbados pode levar a uma trajetória para estados alternativos menos produtivos e/ou de menor diversidade,

fenômeno conhecido como mudança de fase (Bellwood & Choat 1990; Done 1992; Hughes 1994; Steneck & Dethier 1994; Jompa & McCook 2003; Littler et al. 2006; Burkepile & Hay 2010).

Peixes herbívoros de grande porte, pertencentes aos gêneros *Scarus* (Labridae: Scarinae) e *Sparisoma* (Labridae: Sparisomatinae), conhecidos popularmente como budiões, compõem um dos mais importantes GFCs em sistemas recifais (Steneck & Dethier 1994; Hughes et al. 2003; Bellwood et al. 2004; Littler et al. 2006; Francini-Filho et al. 2008a, 2010). A herbivoria age como uma importante pressão seletiva que regula a diversidade local através da mediação de coexistência entre espécies sésseis (Paine 1966; Caswell 1978; Ishii & Crawley 2011). A intensa atividade alimentar dos budiões ajuda no controle do crescimento de algas que competem por espaço com corais e algas calcárias incrustantes (ACIs; Bellwood & Choat 1990; Hughes 1994; Bellwood et al. 2004; Hoegh-Guldberg 2006; Vergés et al. 2011).

Os benefícios proporcionados pela herbivoria dos budiões em sistemas recifais têm sido intensamente estudados (Bellwood & Choat 1990; Hughes 1994; Bellwood et al. 2004; Hoegh-Guldberg 2006; Mumby et al. 2006, 2007; Vergés et al. 2011). Entretanto, nos últimos anos, alguns estudos colocaram tais benefícios em cheque, pois apesar de se alimentarem preferencialmente de algas os budiões podem também consumir corais e ACIs (Rotjan & Lewis 2006, 2008, 2009; Francini-Filho et al. 2008a, 2010; Mumby 2009; Bonaldo & Bellwood 2010b; Bonaldo et al. 2011). Esta predação poderia comprometer o crescimento e reprodução das espécies-alvo, principalmente após eventos de distúrbios em larga escala (e.g. episódios de branqueamento em massa), além de facilitar a colonização de espaços abertos por algas e outros organismos não construtores (Rotjan et al. 2006; Rotjan & Lewis 2008, 2009). A pressão seletiva exercida pelos budiões em suas presas ainda é incerta devido à falta de dados em escalas

espaciais amplas e/ou séries temporais longas. A maioria dos estudos realizados até hoje é pontual e com foco em observações sobre a sucessão em espaços abertos (cicatrizes) e sobre os efeitos da predação na abundância de presas (Rotjan & Lewis 2006, 2008, 2009; Bonaldo & Bellwood 2009, 2010, 2011; Bonaldo et al. 2011a).

Existem no mundo aproximadamente 90 espécies de budiões (Parenti & Randall 2000). Dessas, 21 são reconhecidas como coralívoros facultativas (i.e. consomem diversos organismos incluindo corais vivos), alimentando-se de corais pertencentes a doze gêneros (e.g. *Acropora*, *Agaricia*, *Colpophyllia*, *Diploria*, *Favia*, *Madracis*, *Montastrea*, *Montipora*, *Mussismilia*, *Pocillopora*, *Porites*, e *Siderastrea*). Espécies dos gêneros *Acropora*, *Pocillopora*, *Montipora*, e *Porites*, são as mais comumente consumidas no Caribe e no Indo-Pacífico (Rotjan & Lewis 2008). Das 14 espécies de budiões que ocorrem nos recifes brasileiros, apenas três (*Scarus trispinosus*, *Sc. zelindae* e *Sparisoma amplum*) são reconhecidas como predadoras de corais. *Scarus trispinosus* e *Sp. amplum* forrageiam preferencialmente em *Favia*, *Montastrea*, *Mussismilia* e *Siderastrea* (Francini-Filho et al. 2008a), ao passo que *Sc. zelindae* alimenta-se principalmente de corais-de-fogo do gênero *Millepora* spp. (Francini-Filho et al. 2010). Duas dessas espécies (*Sc. trispinosus* e *Sp. amplum*) foram observadas predando corais com intensidade semelhante, e até mesmo maior, que a maioria dos budiões coralívoros conhecidos para outras regiões do mundo (Francini-Filho et al. 2008a; Rotjan & Lewis 2008).

O estudo apresentado aqui visa descrever a dinâmica espacial e temporal na densidade e biomassa de budiões no Banco dos Abrolhos- BA, assim como seus efeitos na predação do coral *Montastrea carvenosa* e de algas calcárias incrustantes (ACIs). Foram abordadas especificamente as perguntas seguintes: (1) existem variações espaciais e temporais na abundância (densidade e biomassa) de budiões entre anos,

habitat e recifes? e (2) existe relação entre variações espaciais e temporais na abundância de budiões e a proporção de área predada do coral *M. cavernosa* e de ACIs?

Materiais e Métodos

Área de estudo

O Banco dos Abrolhos (16° 40', 19° 40'S – 39° 10', 37° 20'W) compreende uma área de cerca de 46.000 km², sobre uma plataforma continental que avança 200 km mar adentro (Leão et al. 2003; Francini-Filho & Moura 2008a). Os recifes na região possuem a mais alta biodiversidade do Atlântico Sul e apresentam grande variedade de ambientes como: bancos de gramas marinhas e algas, mangues, recifes de corais além de recifes de formação basáltica ao redor das ilhas do Arquipélago dos Abrolhos. Os recifes de corais da região possuem formações únicas em todo o mundo, apresentando-se na forma de pináculos com topos expandidos lateralmente (chapeirões), os quais chegam a apresentar 300 m de extensão (Leão et al. 2003; Francini-Filho & Moura 2008a). Devido a estas características, e por apresentarem altas taxas de endemismo e ameaça para peixes e corais, o Banco dos Abrolhos é reconhecido como um *hotspot* de biodiversidade marinha (Moura 2000).

A fauna de corais do Banco dos Abrolhos é caracterizada por apresentar espécies de corais tolerantes à alta turbidez, a qual está sob influencia direta de regimes de chuva no verão e incidência de frentes frias no inverno (Segal et al. 2008). O Banco dos Abrolhos contém cerca de 40 espécies de Anthozoa, pertencentes a 21 famílias. Destas, cerca de vinte espécies são de corais escleractíneos, oito delas encontradas somente no Brasil e uma, *Mussismilia braziliensis*, endêmica da costa leste brasileira (Castro & Pires 2001). Os principais construtores dos recifes da região são os corais dos gêneros *Mussismilia*, *Siderastrea* e *Montastrea*, além dos corais-de-fogo do gênero *Millepora*

(Leão et al. 2002, 2003). As algas calcárias incrustantes dos gêneros *Lithothamnion*, *Lithophyllum*, *Sporolithon* e *Porolithon* também são importantes formadoras da estrutura rígida dos recifes (Figueiredo 1997). A fauna de peixes da região de Abrolhos é composta por cerca de 260 espécies, sendo 20% destas, endêmicas do Brasil (Moura & Francini-Filho 2006). No Banco dos Abrolhos, os gêneros *Scarus* e *Sparisoma* possuem duas e quatro espécies, respectivamente: *Sc. trispinosus* Valenciennes 1840 e *Sc. zelindae* Moura, Figueiredo & Sazima 2001, *Sp. axillare* Steindachner 1878, *Sp. amplum* Ranzani 1841, *Sp. frondosum* Agassiz 1831, e *Sp. radians* Valenciennes 1840 (Fig. 1), todas endêmicas da costa brasileira (Moura et al. 2001; Robertson et al. 2006; Froese & Pauly 2011). Apesar disso, a maioria destas espécies apresenta deficiência de dados. Recentemente, o budião-azul, *Sc. trispinosus*, foi reconhecida como em risco de extinção devido a sobrepesca (Ferreira et al. 2010).



Fig. 1 Espécies de budiões estudadas no Banco dos Abrolhos (a) *Scarus trispinosus*, (b) *Sc. zelindae* fase inicial, (c) *Sc. zelindae* fase terminal, (d) *Sparisoma amplum*, (e) *Sp. axillare*, e (f) *Sp. frondosum* (Fotos: Ronaldo B. Francini-Filho)

Atualmente, existem na região do Banco dos Abrolhos quatro Unidades de Conservação (UCs): (1) as Reservas Extrativistas Marinhas (RESEX) de Corumbau e (2) Cassurubá, o (3) Parque Nacional Marinho (PARNAM) dos Abrolhos e a (4) Área de Proteção Ambiental (APA) Ponta da Baleia/Abrolhos. Esta última compreende recifes desprotegidos contra a pesca como o Parcel das Paredes e Sebastião Gomes. Apenas duas dessas UCs foram implantadas até o momento, a RESEX de Corumbau e o PARNAM dos Abrolhos. Este último, criado em 1983, é formado por duas áreas

descontínuas que somam 882 km², sendo uma mais próxima da costa (Timbebas) e outra mais afastada (Arquipélago de Abrolhos e Parcel dos Abrolhos). A RESEX de Corumbau, implantada em 2000, possui uma área de 895 km² onde o uso direto de recursos pesqueiros é permitido apenas para as comunidades locais, existindo também áreas de exclusão da pesca até mesmo para nativos (Moura et al. 2007; Francini-Filho & Moura 2008b).

O presente estudo foi realizado em sete sítios inseridos em quatro recifes: (1) Parcel dos Abrolhos (dois sítios, PABIV e PABV, dentro da porção do PARNAM mais afastada da costa), (2) Recifes de Timbebas (dois sítios, TIMII e TIMIII, dentro da porção do PARNAM mais próxima a costa), (3) Parcel das Paredes (dois sítios desprotegidos perto da costa, Pedra de Leste - PLES e Arenguera - AREN), e (4) Sebastião Gomes (um único sítio desprotegido, SGOM) (Fig. 2). Todos estes sítios apresentam características abióticas distintas (Francini-Filho & Moura 2008a; Fig. 3).

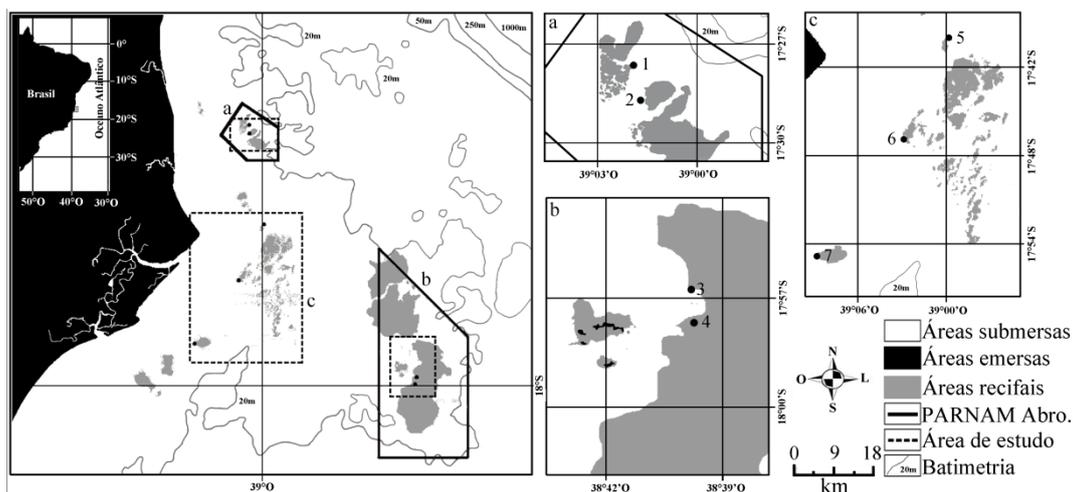


Fig. 2 Mapa do Banco dos Abrolhos mostrando os sítios estudados em cada recife e as áreas marinhas protegidas: (a) Timbebas (1) TIMII e (2) TIMIII; (b) Parcel dos Abrolhos (3) PABIV e (4) PABV; (c) Parcel das Paredes (5) AREN e (6) PLES e Sebastião Gomes (7) SGOM

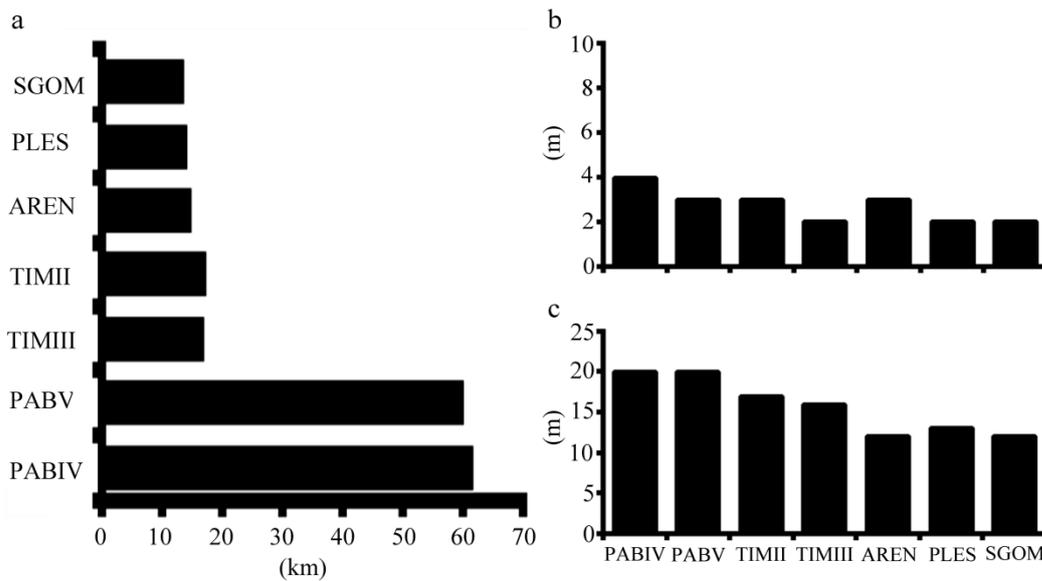


Fig. 3 Principais características abióticas. (a) Distância da costa em quilômetro (km), e profundidades em metros (m) (b) no topo e (c) na parede recifal dos sítios estudados nos recifes de: Timbebas (TIMII e TIMIII); Parcel dos Abrolhos (PABIV e PABV); Parcel das Paredes (AREN e PLES) e Sebastião Gomes (SGOM)

Procedimentos de campo

Caracterização quantitativa da abundância de Scarinae e Sparisomatinae

As amostragens foram realizadas sempre no verão (janeiro-março) de 2006 a 2008 com mergulho autônomo (SCUBA) e metodologias não destrutivas. As contagens de peixes foram realizadas utilizando-se a metodologia de censos visuais estacionários (CVE) (cf. Minte-Vera et al. 2008). Cada amostra começa pela colocação de uma trena com quatro metros de comprimento sobre o substrato, delimitando o raio da área a ser recenseada. A colocação da trena é seguida por um período de cinco minutos, no qual a identificação das espécies observadas é listada em uma prancheta. Passados os cinco minutos, o número de indivíduos de cada espécie é anotado do início para o final da lista, durante um giro de 360° (Fig. 4). Indivíduos < 10 cm de comprimento total (CT) são contados dentro de um raio de dois metros (delimitado por uma marca na trena) e incluídos em duas categorias de tamanho: ≤ 2 e entre 2-10 cm. Indivíduos > 10 cm CT

são contados dentro de um raio de quatro metros e incluídos em quatro categorias de tamanho: entre 10-20, 20-30, 30-40 e ≥ 40 cm (Fig. 4) (Francini-Filho & Moura 2008a). Foram obtidas 15 réplicas em cada habitat (topo e parede), somando 30 réplicas por ponto amostral por ano, totalizando assim 630 amostras de CVE. Estes dados permitiram acessar a densidade e biomassa dos budiões. A biomassa foi calculada utilizando relações de peso-comprimento já disponíveis na literatura (Froese & Pauly 2011). Para aquelas espécies sem dados disponíveis, foram utilizadas informações da literatura para espécies congêneras de tamanho corporal similar. Para todas as relações calculadas, foram considerados os valores médios em cada uma das categorias de tamanho (cf. McClanahan & Mangi 2000; Francini-Filho & Moura 2008a).

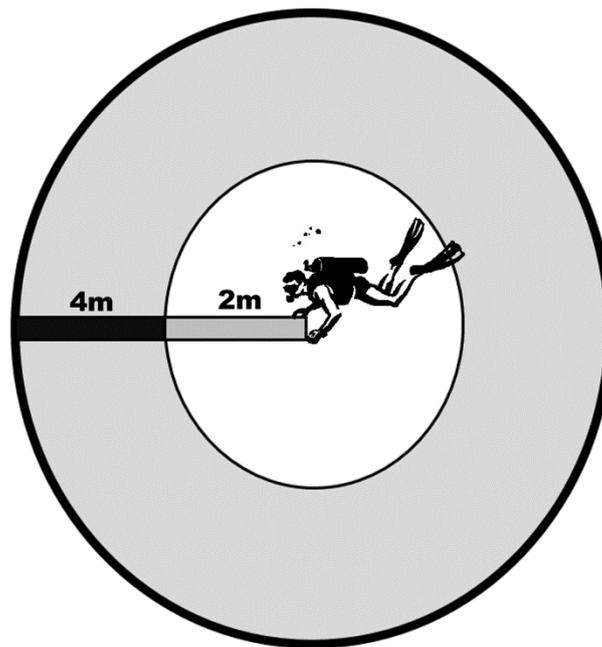


Fig. 4 Ilustração da metodologia de censo visual estacionário (cf. Minte-Vera et al. 2008). No raio de dois metros são contabilizados todos os indivíduos < 10 cm, e no raio de quatro metros são contabilizados apenas indivíduos > 10 cm

As análises quantitativas foram realizadas abordando as cinco principais espécies de budião do Banco dos Abrolhos e os dois grupos funcionais aos quais estas espécies

fazem parte. Com base na forma predominante de alimentação os dois grupos são: (1) raspadores: removem o alimento com mordidas rasas no substrato, deixando pequenas cicatrizes (e.g. *Sc. zelindae*, *Sp. axillare* e *Sp. frondosum*) (Fig. 5a) e (2) escavadores: removem grande quantidade do substrato, deixando cicatrizes profundas (e.g. *Sc. trispinosus*, *Sc. zelindae* e *Sp. amplum*) (Fig. 5b) (Bellwood & Choat 1990; Francini-Filho et al. 2008a). É importante ressaltar que esta classificação é dependente do tamanho corporal para a espécie *Sc. zelindae*, para a qual indivíduos < 20 cm de comprimento total (CT) são reconhecidos como raspadores e indivíduos > 20 cm são reconhecidos como escavadores (q.v. Francini-Filho et al. 2008a).

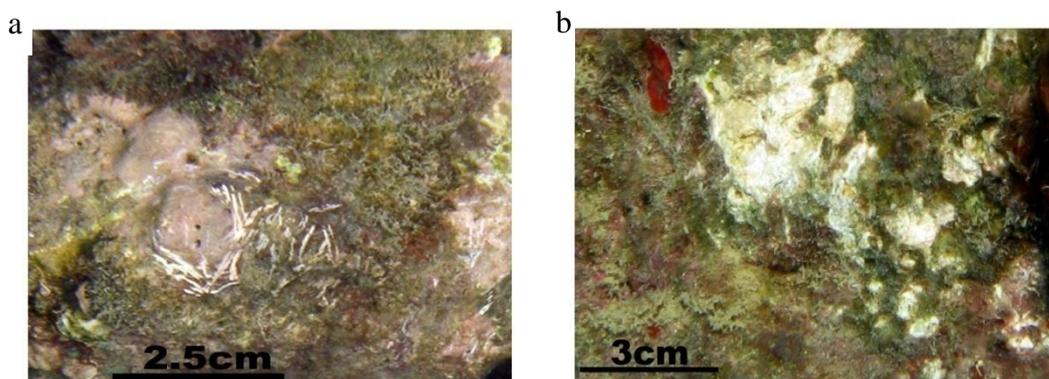


Fig. 5 Cicatrizes características de budiões (a) raspadores e (b) escavadores

Caracterização da cobertura do substrato

Para estimar a cobertura do substrato foi utilizada a metodologia de foto-quadrados (cf. Francini-Filho et al. 2008a, 2008b). Cada amostra é composta por um mosaico de 15 fotos de alta resolução que juntas somam uma área de 75 x 66 cm (4950 cm²). Foram obtidos 10 quadrados fixos (delimitados permanentemente por pinos metálicos fixados ao substrato) por habitat (topo e parede), os quais foram distribuídos aleatoriamente antes da fixação (Fig. 6a).

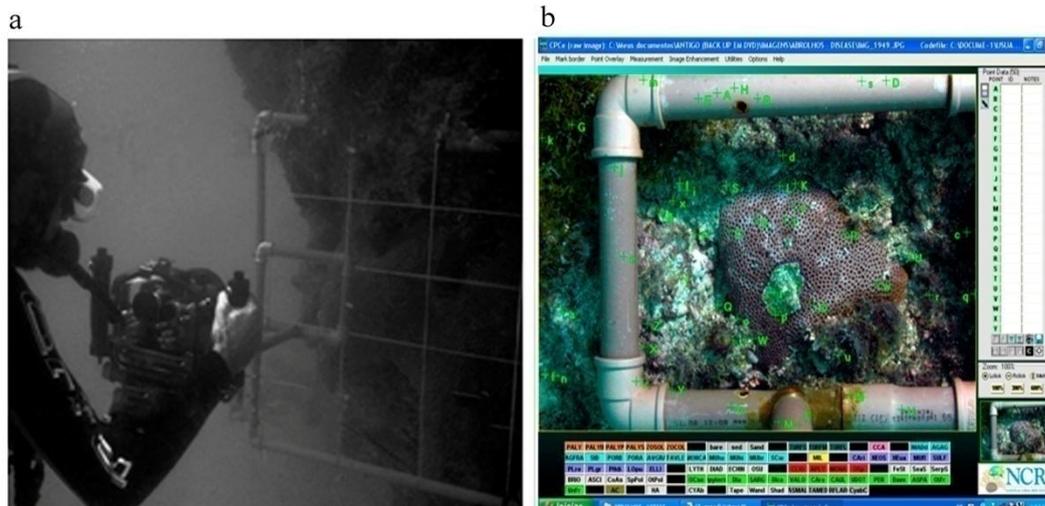


Fig. 6 Foto demonstrando (a) coleta de dados em campo utilizando foto-quadrados e (b) estimativa da cobertura bentônica utilizando o programa *Coral Point Count with Excel Extensions* (Foto: Rodrigo Maia-Nogueira)

Foi analisado um total de 6300 imagens digitais de alta resolução distribuídas em 420 quadrados (210 no topo e 210 na parede). A cobertura relativa foi estimada alocando-se aleatoriamente 300 pontos por quadrado (i.e. 20 pontos por foto) utilizando-se o software *Coral Point Count Excel Extension v.3.6* (Kohler & Gill 2006) (Fig. 6b). Os organismos abaixo de cada ponto foram identificados e classificados em quatro categorias: algas calcárias incrustantes (ACIs) separadas em dois grupos, (1) Algas calcárias incrustantes recobertas por algas epilíticas (ACICs) e (2) Algas calcárias incrustantes sem cobertura de algas epilíticas (ACISs); (3) o coral pétreo *Montastrea cavernosa*; (4) e outros tipos de substratos.

Predação em M. cavernosa e algas calcárias incrustantes (ACIs)

Para caracterizar os padrões espaciais e temporais na predação do coral *M. cavernosa* e algas calcárias incrustantes foi utilizado metade do banco de dados de imagens de alta resolução empregados na caracterização da cobertura do substrato, totalizando assim 3150 imagens. As imagens em alta resolução permitiram visualizar

claramente as cicatrizes de mordidas, possibilitando identificar e classificar a extensão da lesão provocada ao longo do tempo (Fig. 7). Um estudo prévio, no qual foram registradas imagens de mordidas imediatamente após a investida no substrato pelos budiões, permitiu um reconhecimento visual mais acurado das cicatrizes (Francini-Filho et al. 2008a) A mensuração das áreas lesionadas foi realizada utilizando-se o software eCognition Developer 8.0 (Definins 2009), o qual permite uma segmentação multiresolução dos pixels e, posteriormente, uma classificação de acordo com a similaridade de cores (Fig. 8a). Todas as mordidas foram classificadas e divididas de acordo com o organismo predado: (1) *M. cavernosa* (Fig. 8b), (2) ACISs (Fig. 8c) e (3) ACICs (Fig. 8d).

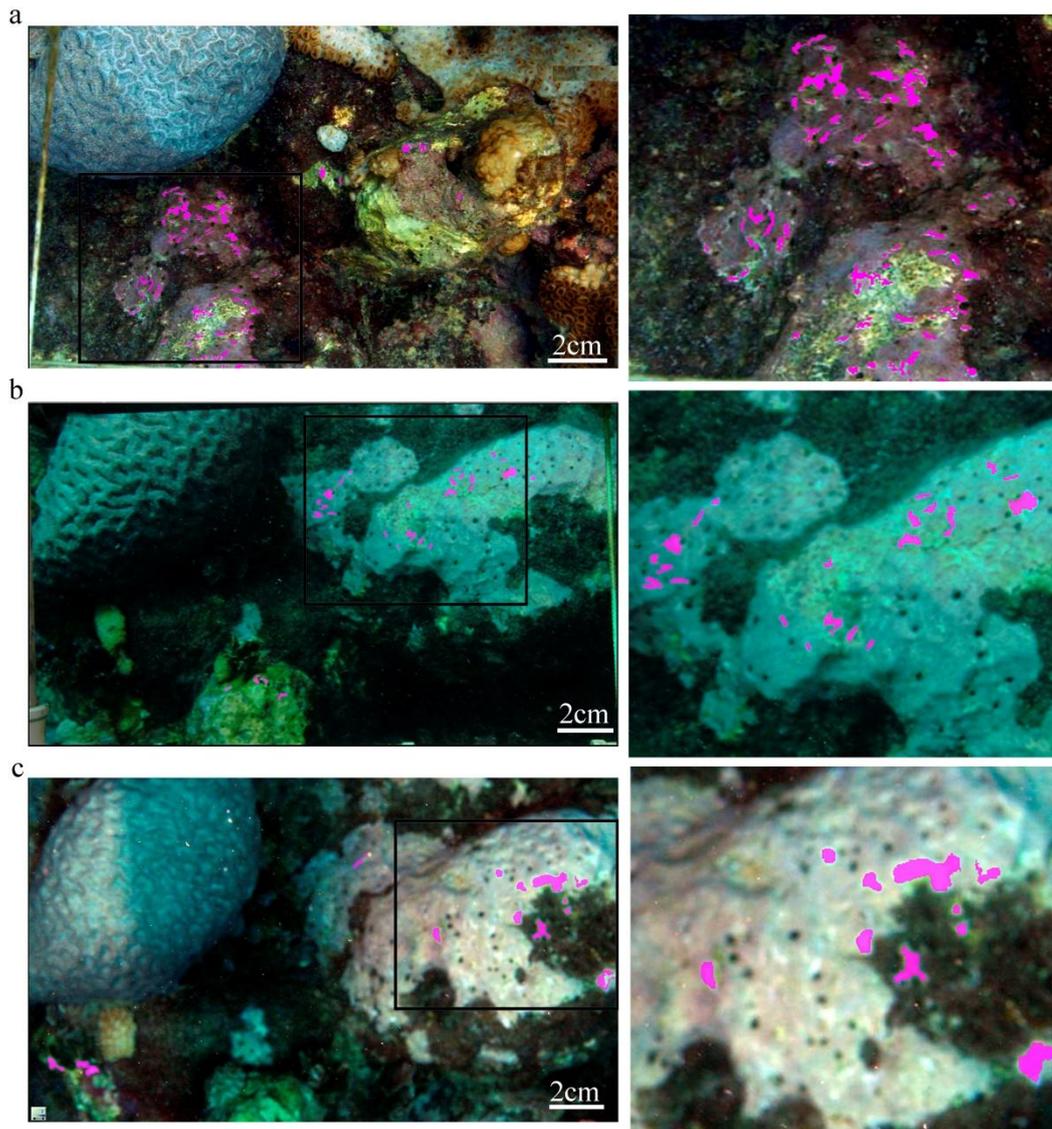


Fig. 7 Sequência de imagens mostrando a variação temporal (a) 2006, (b) 2007 e (c) 2008 de áreas predadas por budiões

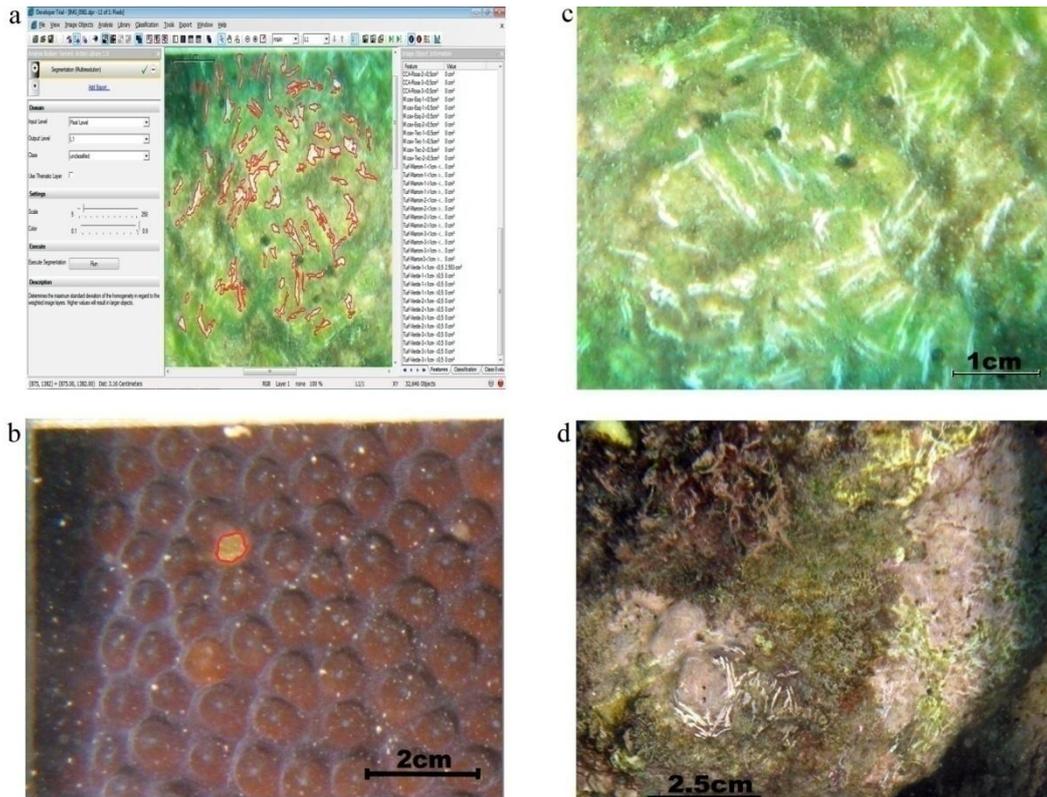


Fig. 8 Imagens demonstrando (a) a seleção de lesões para mensuração de áreas predadas no programa eCognition, e as cicatrizes deixadas pelos budiões em (b) *Montastrea cavernosa*, (c) algas calcárias incrustantes recobertas por algas epilíticas, e (d) algas calcárias incrustantes sem camada superficial de algas epilíticas

Análises estatísticas

Foram criadas três matrizes de dados, uma para densidade e biomassa de budiões, classificando-os de acordo com sua forma de alimentação em (1) escavadores, e (2) raspadores, outra para a cobertura relativa do substrato e a terceira para os dados sobre áreas predadas de ACISs, ACICs e *M. cavernosa*. Os dados referentes a área predada (cm²) foram transformados para área predada relativa do quadrado (%).

Todos os dados tiveram sua normalidade checada através do teste de Kolmogorov-Smirnov e a homoscedasticidade pelo teste de Levene (Zar 1999). Quando os dados não apresentaram normalidade estes foram transformados de acordo com as curvas de distribuição normal e características dos dados (e.g. contínuos e/ou discretos)

(Barnes 1952; Underwood 1997). Os dados sobre densidade/biomassa foram transformados para $\text{Log}_{10}(X + 1)$ e os dados sobre cobertura bentônica relativa e proporção da área predada foram transformados para $\text{arcsen}\sqrt{x}$.

Padrões espaciais e temporais na densidade e biomassa das diferentes espécies de budiões e na cobertura relativa dos organismos bentônicos estudados foram resumidos através de escalonamentos multidimensionais não-métricos (NMDS). Diferenças entre agrupamentos foram avaliadas utilizando-se a Análise de Similaridade (ANOSIM) (Clarke & Warwick 1994). Para avaliar diferenças na densidade e biomassa das cinco espécies de budiões e dos dois grupos funcionais (escavadores e raspadores, considerando-se as diferentes classes de comprimento e os dois habitats (topo e parede recifal) foram utilizadas as Análises de Variância (ANOVAs) de dois fatores (Zar 1999). Para avaliar diferenças na densidade e biomassa de budiões, bem como diferenças na cobertura relativa de ACIs e *M. cavernosa*, entre sítios, habitats e anos foram utilizadas ANOVAs de três fatores. Para as comparações de médias, foi utilizado o teste *a posteriori* de Student-Newman-Keuls (SNK) (Zar 1999).

Análises de Covariância (ANCOVA) (Zar 1999) de três fatores foram utilizadas para avaliar diferenças na proporção de área predada de ACIs e *M. cavernosa* entre sítios, habitats e anos. A cobertura relativa de ACIs e *M. cavernosa* foi utilizada como co-variável com a finalidade de neutralizar o efeito da disponibilidade de recurso ao avaliar a variabilidade espacial e temporal na proporção de área predada. O teste *a posteriori* de SNK foi utilizado para comparações de médias (Zar 1999).

Para avaliar as relações entre variações espaciais e temporais na abundância de budiões e a proporção de área predada de *M. cavernosa* e ACIs foram realizadas regressões lineares múltiplas. Primeiramente foram realizadas regressões lineares

simples utilizando-se áreas predadas relativas de ACISs, ACICs e *M. cavernosa* como variáveis dependentes e a cobertura relativa de cada um destes itens como variável independente. Esse procedimento foi realizado para diminuir a variabilidade das áreas relativas predadas causadas por outros fatores além da densidade e biomassa de budiões (cf. Schmitt & Holbrook 1999, Coni et al. No prelo). Assim, os resíduos dessas últimas análises foram empregados em uma nova regressão linear múltipla contra os valores de densidades e biomassa de budiões. Regressões lineares múltiplas também foram utilizadas para avaliar a influência dos budiões na cobertura relativa de ACISs, ACICs e *M. cavernosa*. Neste caso as coberturas relativas de ACISs, ACICs e *M. cavernosa* foram primeiramente regredidas contra distância da costa, profundidade e latitude. Posteriormente os resíduos destas análises foram regredidos contra a densidade e biomassa dos budiões.

Resultados

Abundância de Scarinae e Sparisomatinae

As espécies de budiões e os dois grupos funcionais (raspadores e escavadores) apresentaram padrões distintos de densidade e biomassa entre classes de tamanho e entre habitats. De forma geral, todas as classes de tamanho apresentaram maiores densidades no topo do que na parede dos recifes, sendo que os menores indivíduos (10-20 cm) mostraram os maiores valores de densidade e biomassa ($F = 15,75$; $p < 0,01$). *Sparisoma amplum* foi a única espécie que não apresentou padrões distintos entre classes de tamanho. *Scarus trispinosus* apresentou diferenças significativas entre habitats somente para os indivíduos entre 10-20 cm ($F = 10,28$; $p < 0,001$); *Scarus zelindae* não mostrou diferenças de abundância entre habitats apenas para indivíduos > 40 cm ($F = 2,84$; $p > 0,05$). Os grupos funcionais também apresentaram padrão similar, com maiores valores de densidade e biomassa no topo, com exceção para raspadores

>40 cm ($F = 1,01$; $p > 0,05$). Os raspadores apresentaram maior abundância na categoria entre 10-20 cm, enquanto que escavadores apresentaram maiores abundâncias nas categorias entre 20-30 cm e 30-40 cm (Fig. 9a). Os escavadores apresentaram maior biomassa do que os raspadores. A espécie que mais contribui para a biomassa de escavadores foi *Sc. trispinosus* (Fig. 9b). De forma geral, maiores valores de densidade e menores valores de biomassa foram registrados para raspadores com relação aos escavadores.

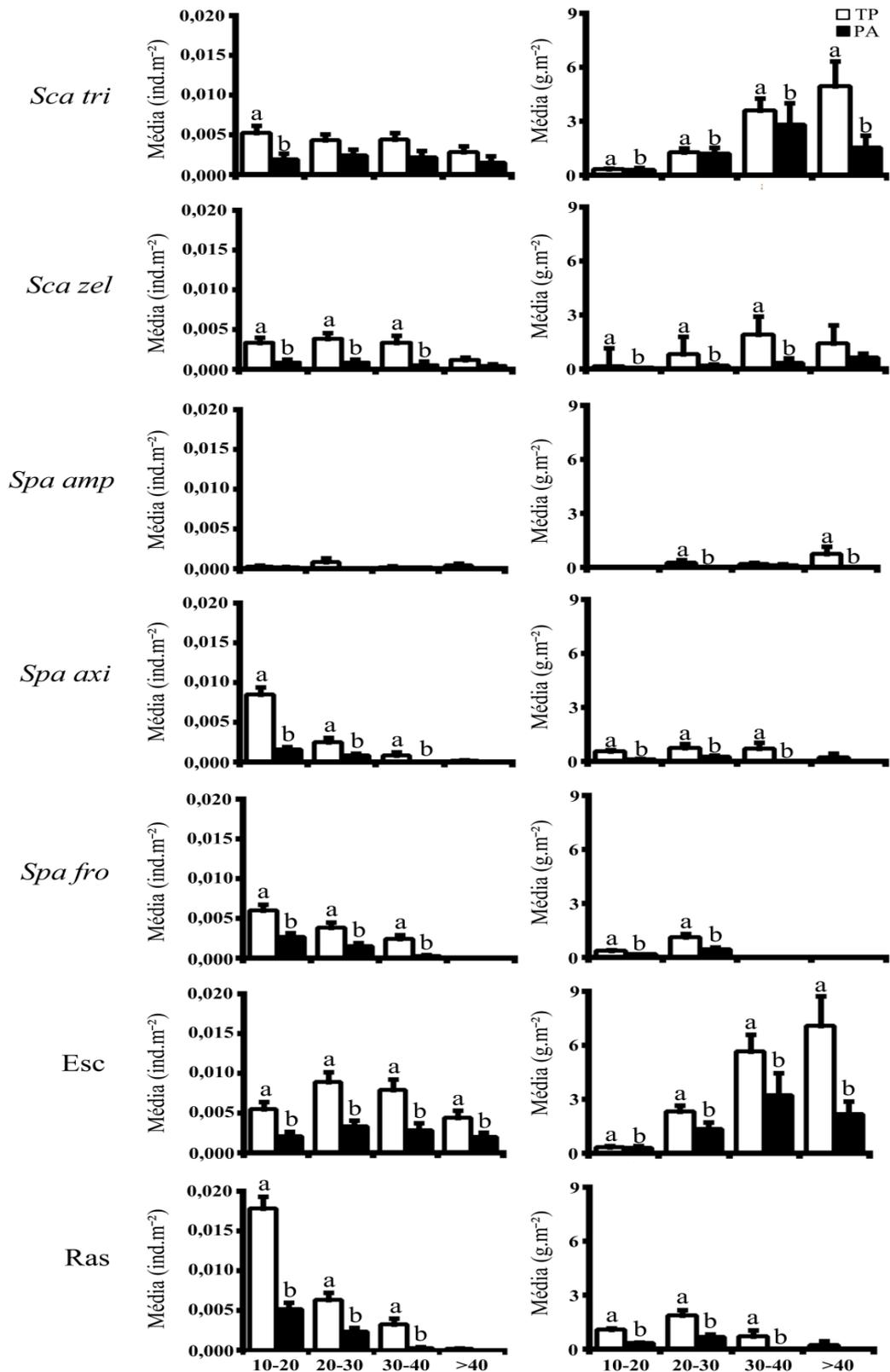


Fig. 9 Variação na (a) densidade (ind.m⁻²) e (b) biomassa (g.m⁻²) (média ± EP) de *Scarus trispinosus* (*Sca tri*), *Sc. zelindae* (*Sca zel*), *Sparisoma amplum* (*Spa amp*), *Sp. axillare* (*Spa axi*) e *Sp. frondosum* (*Spa fro*) e dos grupos funcionais escavadores (Esc) e raspadores (Ras) em diferentes classes de comprimento (cm),

no topo (TP) e na parede (PA) recifal. Grupos homogêneos (definidos com base no teste *a posteriori* de Newman-Keuls, SNK) estão unidos por letras iguais

A Análise de Similaridade (ANOSIM) detectou variações significativas na distribuição dos budiões entre sítios (ANOSIM: R global = 0,152; $p < 0,01$) e habitats (ANOSIM: R = 0,234; $p < 0,01$), mas não entre anos (ANOSIM: R = -0,012; $p > 0,05$). *Scarus trispinosus* foi a espécie que mais contribuiu na densidade e biomassa de escavadores nos sítios de TIMII (0,001 ind.m⁻²; 6,5 g.m⁻²), TIMIII (0,03 ind.m⁻²; 11,5 g.m⁻²), AREN (0,01 ind.m⁻²; 6,9 g.m⁻²), PLES (0,4 ind.m⁻²; 26,1 g.m⁻²) e PABIV (0,04 ind.m⁻²; 43,1 g.m⁻²). PABV foi o único sítio no qual tanto *Sc. trispinosus* (0,02 ind.m⁻²; 17,8 g.m⁻²) como *Sc. zelindae* (0,03 ind.m⁻²; 17,5 g.m⁻²) colaboraram de forma similar para a densidade de escavadores. *Sparisoma amplum*, por sua vez, foi a espécie que menos contribuiu com a densidade e biomassa de escavadores em todos os sítios estudados, não tendo sido observada em dois sítios (PLES e SGOM). *Sparisoma frondosum* foi a espécie que mais contribuiu com a densidade de budiões raspadores nos sítios: PABV (0,02 ind.m⁻²), TIMII (0,02 ind.m⁻²) e TIMIII (0,03 ind.m⁻²). *Sparissoma axillare* nos sítios de PLES e SGOM (0,01 ind.m⁻²; 0,02 ind.m⁻²). Nos dois outros sítios, PABIV e AREN essas duas espécies tiveram densidades similares. *Scarus zelindae* foi a espécie que menos contribuiu com a densidade de budiões raspadores em todos os sítios.

A densidade e biomassa variaram significativamente entre espécies e grupos funcionais com relação aos sítios, habitats e anos, com interação significativa entre estes fatores. A densidade de *Sp. amplum* foi a única que não apresentou variação significativa entre sítios. Entretanto, variações anuais significativas foram registradas para esta espécie. Este mesmo padrão também foi registrado para a densidade de *Sp. axillare*, *Sp. frondosum* e raspadores, e para a biomassa de *Sp. axillare* e raspadores

(Tabela 1). Na maioria dos sítios, o topo recifal apresentou maiores valores de densidade e biomassa com relação à parede, para ambos os grupos funcionais. Apenas PLES obteve a maior densidade e biomassa de escavadores na parede recifal, com aumento registrado de 2006 para 2007 e declínio em 2008. Em PABIV, a densidade de escavadores foi maior em 2006 do que em anos subsequentes (2007 e 2008), e o padrão inverso tendo sido registrado para biomassa. Em PABV e TIMIII, tanto a densidade quanto a biomassa de escavadores e raspadores aumentaram ao longo do período de estudo. TIMII e AREN não apresentaram padrões claros de variação temporal. A densidade e a biomassa de raspadores aumentaram em PABIV e TIMII ao longo do tempo. Em PLES foi observado um declínio na densidade e biomassa de ambos os grupos funcionais. Já em SGOM foram registrados os menores valores de densidade e biomassa de escavadores e raspadores nos três anos estudados (Fig. 10).

Tabela 1 Resultado das ANOVAs de três fatores testando o efeito de sítios, habitats e anos na biomassa e densidade de *Scarus trispinosus* (*Sca tri*), *Sc. zelindae* (*Sca zel*), *Sparisoma amplum* (*Spa amp*), *Sp. axillare* (*Spa axi*) e *Sp. frondosum* (*Spa fro*) e dos grupos funcionais escavadores e raspadores. Ns - não significativo, * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

	gl.	Sítio		Habitat		Ano		Sítio x Habitat		Sítio x Ano		Habitat x Ano		Sítio x Habitat x Ano	
		6	p	1	p	2	p	6	p	12	p	2	p	12	p
Densidade	<i>Sca tri</i>	6,9	***	13,4	***	1,3	ns	4,5	***	1,8	*	4,3	**	2,7	**
	<i>Sca zel</i>	21,8	***	29,7	***	0,3	ns	10,1	***	1,2	ns	0,8	ns	0,9	ns
	<i>Spa amp</i>	1,9	ns	6,2	*	3,1	*	1,7	ns	1,6	ns	1,0	ns	1,8	*
	<i>Spa axi</i>	8,4	***	63,5	***	19,3	***	6,4	***	6,4	***	11,0	***	6,3	***
	<i>Spa fro</i>	8,3	***	32,8	***	3,1	*	2,1	ns	1,5	ns	1,9	ns	1,2	ns
	Escavadores	11,5	***	28,2	***	0,6	ns	8,3	***	1,8	*	3,3	*	1,6	ns
	Raspadores	14,4	***	92,3	***	11,8	***	6,3	***	5,4	***	6,1	**	3,4	***
Biomassa	<i>Sca tri</i>	8,4	***	26,8	***	1,1	ns	5,4	***	1,5	ns	1,9	ns	2,1	**
	<i>Sca zel</i>	27,7	***	30,9	***	0,3	ns	10,6	***	1,7	ns	0,3	ns	0,9	ns
	<i>Spa amp</i>	3,8	***	7,99	**	1,7	ns	2,0	ns	2,4	**	0,3	ns	1,9	*
	<i>Spa axi</i>	8,0	***	52,0	***	17,2	***	5,0	***	5,3	***	9,8	***	5,1	***
	<i>Spa fro</i>	7,0	***	22,9	***	0,7	ns	2,1	*	1,3	ns	0,1	ns	1,1	ns
	Escavadores	15,7	***	37,3	***	1,3	ns	7,6	***	2,2	*	2,2	ns	1,4	ns
	Raspadores	10,6	***	73,5	***	8,6	***	3,1	**	3,9	***	3,7	**	2,6	**

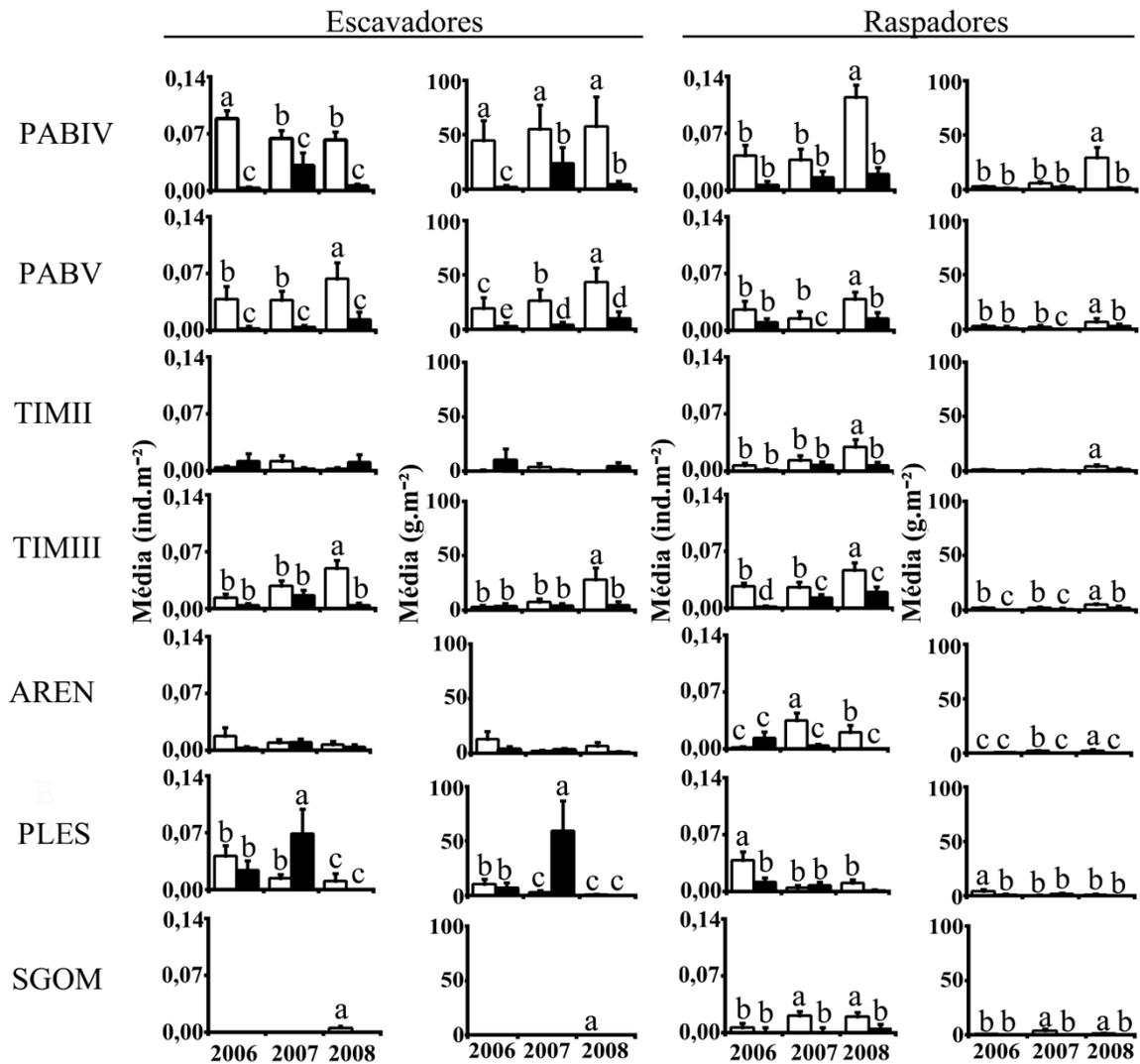


Fig. 10 Variação na densidade (ind.m^{-2}) e biomassa (g.m^{-2}) (média \pm EP) dos grupos funcionais, escavadores e raspadores, entre os sítios e anos estudados, no topo (TP) e na parede (PA) recifal. Parcel dos Abrolhos (PABIV e PABV), Parcel das Paredes (PLES e AREN), Timbebas (TIMII e TIMIII) e Sebastião Gomes (SGOM). Grupos homogêneos (definidos com base no teste *a posteriori* de Newman-Keuls, SNK) estão unidos por letras iguais

Cobertura relativa do substrato

Foram registradas variações espaciais na estrutura das assembléias bentônicas entre sítios (ANOSIM: $R = 0,164$; $p > 0,01$) e entre habitats (ANOSIM: $R = 0,447$; $p <$