



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

**ABUNDÂNCIA E VITALIDADE DO CORAL SOLITÁRIO
SCOLYMIA SPP. NO BRASIL: COMPARAÇÃO ENTRE UM
SISTEMA COSTEIRO E UM OCEÂNICO**

ERICKA OLIVEIRA CAVALCANTI CONI

CAMPINA GRANDE, PB

FEVEREIRO-2012

ERICKA OLIVEIRA CAVALCANTI CONI

**ABUNDÂNCIA E VITALIDADE DO CORAL SOLITÁRIO
SCOLYMIA SPP. NO BRASIL: COMPARAÇÃO ENTRE UM
SISTEMA COSTEIRO E UM OCEÂNICO**

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Bastos Francini-Filho

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

CAMPINA GRANDE, PB

FEVEREIRO-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

C751a Coni, Ericka Oliveira Cavalcanti.
Abundância e vitalidade do coral solitário Scolymia SSP. No Brasil [manuscrito]: comparação entre um sistema costeiro e um oceânico. / Ericka Oliveira Cavalcanti Coni. – 2012.

74 f. : il. color.

Digitado.
Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, 2012.
“Orientação: Prof. Dr. Ronaldo Bastos Francini-Filho, Departamento de Ciências Biológicas”.

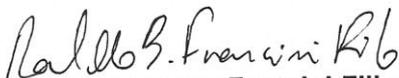
1. Fauna brasileira. 2. Recife de corais. 3. Habitat. 4. Doenças de corais. I. Título.

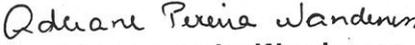
21. ed. CDD 578.78

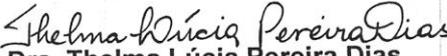
ERICKA OLIVEIRA CAVALCANTI CONI

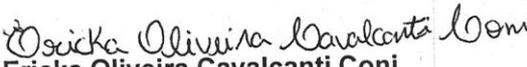
**ABUNDÂNCIA E VITALIDADE DO CORAL SOLITÁRIO
SCOLYMIA SPP. NO BRASIL: COMPARAÇÃO ENTRE UM
SISTEMA COSTEIRO E UM OCEÂNICO.**

Aprovada em: 28 de fevereiro de 2012


Dr. Ronaldo Bastos Francini-Filho
Presidente da Banca


Dra. Adriane Pereira Wandenes
Membro da Banca


Dra. Thelma Lúcia Pereira Dias
Membro da Banca


Ericka Oliveira Cavalcanti Coni
Examinado

**DEDICO ESTE TRABALHO A MEU GRANDE PAI,
RUBENS CONI. ETERNO AMOR E ORGULHO!**

AGRADECIMENTOS

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

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e aos parceiros (Profs. Fabiano Thompson, Rodolfo Paranhos, Gilberto Amado Filho, Rodrigo Leão de Moura, Paulo Sumida), pelo apoio financeiro e logístico ao projeto realizado no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, sob coordenação do Dr. Ronaldo Francini-Filho.

À equipe da Conservação Internacional do Brasil em Caravelas pelo suporte logístico.

À meu orientador e amigo Dr. Ronaldo Bastos Francini-Filho, que acreditou na minha capacidade de realizar este trabalho, pelo conhecimento compartilhado, paciência, dedicação e por me proporcionar experiências inesquecíveis.

À todos que participaram diretamente na coleta de dados, Rodrigo Leão, Pedro Meirelles, Rodrigo Reis, Eduardo Marocci, Graziela Fiuza, Igor Cruz, Camilo Moitinho, Gilberto Amado Filho, Ana Paula Moreira, Aline Alves, Diego Medeiros, Maurício Villela, à tripulação dos barcos, Trasmarr III e Macáira pelo suporte e à Melina Baugarten pela nova amizade, grande incentivo e imagens cedidas.

À minha família, Eliana Coni (mãe), Tatiana Coni (irmã), Marcelo (cunhado), Inês Cavalcanti (vó), Elda Cavalcanti (tia), Maria Leite (tia-vó), pelo apoio, amor e inspiração.

À minha segunda família, Emília Moitinho (sogra) e Osmar Ferreira (sogro), pelo amor, acolhimento, confiança, suporte em todos os momentos difíceis e por compartilhar todos os momentos de alegria e estresse.

Ao amor da minha vida, companheiro e amigo, Camilo Moitinho Ferreira, pelo cuidado, dedicação, ajuda e muita paciência.

Aos meus amigos e companheiros de Caravelas, Aniela, Zá, Danilo Araújo, Ritinha, Cal, Mana, Rafa, Renato Santoro, Maurício Tapurú, Joana, Bárbara e Vanilson, pela amizade, incentivo, carinho e ajuda.

À meu amigo e irmão José de Anchieta, pelo carinho, incentivo e pelas trocas de conhecimento e experiência. E aos meus eternos amigos Couro Ratianos, em especial Jujú, Neto Marley, Annie, Vitão, Lua, Aline, Raíz, Camila, Bruno, Abdon, Lúcio, Sérgio e Beto Sol, por toda a energia positiva que existe entre nós.

Aos amigos de João Pessoa, Grazina, Magrão, Vilmara, Márcio, Sandra e Ícaro pelos momentos de relaxamento durante o mestrado.

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| Resumo..... | 1 |
| Introdução geral..... | 2 |
| Referencial Teórico..... | 5 |
| CAPÍTULO 1. Padrões espaciais e temporais na abundância e vitalidade do coral solitário <i>Scolymia wellsi</i> no maior sistema recifal do Atlântico Sul (Banco dos Abrolhos, BA) | |
| Resumo..... | 11 |
| Introdução..... | 12 |
| Materiais e Métodos..... | 15 |
| Área de Estudo..... | 15 |
| Delineamento Amostral..... | 18 |
| Análises Estatísticas..... | 22 |
| Resultados..... | 24 |
| Variações espaciais e temporais na cobertura relativa de <i>Scolymia wellsi</i> | 24 |
| Variações espaciais na vitalidade de <i>Scolymia wellsi</i> | 26 |
| Influência de variáveis ambientais e contato com diferentes organismos bentônicos na vitalidade de <i>Scolymia wellsi</i> | 29 |
| Discussão..... | 32 |
| Referências..... | 55 |
| CAPÍTULO 2. Influência relativa dos impactos locais e globais sobre a abundância e vitalidade de <i>Scolymia</i> spp.: comparação entre um sistema costeiro e um oceânico | |
| Resumo..... | 38 |
| Introdução..... | 39 |
| Materiais e Métodos..... | 41 |
| Área de Estudo..... | 41 |
| Banco dos Abrolhos..... | 41 |
| Arquipélago de São Pedro e São Paulo..... | 42 |
| Delineamento Amostral..... | 44 |
| Análises Estatísticas..... | 45 |
| Resultados..... | 46 |
| Comparações geográficas na cobertura relativa de <i>Scolymia</i> spp..... | 46 |

| | |
|---|----|
| Comparações geográficas na vitalidade e na matriz do entorno..... | 47 |
| Discussão..... | 52 |
| Referências..... | 55 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. Padrões espaciais e temporais na abundância e vitalidade do coral solitário *Scolymia wellsi* no maior sistema recifal do Atlântico Sul (Banco dos Abrolhos, BA)

Figura 1. Imagens de *Scolymia wellsi* no Banco dos Abrolhos com diferentes tipos de coloração (a-b) e com tecido branqueado (c) e *Scolymia* cf. *wellsi* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, indivíduo solitário (d), indivíduos agrupados (e) e distribuição na parede recifal (f). Foto: MM Baungarten (a-b), RB Francini-Filho (c) e EOC Coni (d-e-f).....10

Figura 2. Mapa do Banco dos Abrolhos, mostrando as áreas de estudo e áreas marinhas protegidas. A - Recifes Itacolomis - ITA (área de uso múltiplo), B – Timbebas - TIM (área protegida), C - Parcel das Paredes - PAR (área desprotegida), D – Sebastião Gomes - SG (área desprotegida), E - Parcel dos Abrolhos - PAB (área protegida) e F - Arquipélago dos Abrolhos - ARQ (área protegida). Os pontos em vermelho foram os sítios amostrados para a caracterização da cobertura relativa (n = 27) e os quadrados foram os sítios amostrados para a caracterização da vitalidade (n = 14).....17

Figura 3. Mergulhador obtendo imagens em um foto-quadrado (a). Desenho esquemático do foto-quadrado (b). Foto: R Maia-Nogueira.....19

Figura 4. Imagem mostrando painel de análises do programa Coral Point Count with Excel Extensions. As letras verdes representam os 20 pontos distribuídos aleatoriamente abaixo dos quais os organismos foram identificados.....19

Figura 5. Variação temporal na condição de um indivíduo de *Scolymia wellsi*. Indivíduo vivo com tecido saudável (2006), morto com sobreposição total de algas filamentosas (2007 e 2008) e morto recoberto por alga calcária (2009).....21

Figura 6. Passo a passo da análise da vitalidade de *Scolymia wellsi* no programa e-Cognition. Fragmentação da imagem (a), objeto do estudo segmentado (b), junção dos fragmentos (c) e classificação hierárquica do objeto (d).....22

| | |
|--|----|
| Figura 7. Representação da ANOVA unifatorial. Cobertura relativa do coral <i>Scolymia wellsi</i> entre recifes. As letras (a e b) representam o teste de comparações múltiplas <i>a posteriori</i> de Student-Newman-Keuls..... | 24 |
| Figura 8. Cobertura relativa do coral <i>Scolymia wellsi</i> na parede (PA) e topo (TP) dos recifes. *** $p < 0,001$; Ns - não significativo..... | 25 |
| Figura 9. Cobertura relativa do coral <i>Scolymia wellsi</i> entre os três anos amostrados.... | 25 |
| Figura 10. Número de indivíduos amostrados por recifes e sítios para a caracterização da vitalidade de <i>Scolymia wellsi</i> | 27 |
| Figura 11. Variação entre recifes na vitalidade de <i>Scolymia wellsi</i> expressa através da proporção (média \pm EP) de tecido saudável, branqueado e morto. Grupos homogêneos identificados por letras iguais..... | 28 |
| Figura 12. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) mostrando a similaridade (Bray-Curtis) na vitalidade (i.e. proporção de tecido saudável, branco e morto) de <i>Scolymia wellsi</i> entre quatro recifes. ITA - Itacolomis, PAB - Parcel dos Abrolhos, RDC – Recifes Costeiros e Desprotegidos e TIM – Timbebas..... | 29 |
| Figura 13. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) mostrando a similaridade (Bray-Curtis) de indivíduos em relação a matriz do entorno (i.e. proporção do perímetro do coral em contato com algas filamentosas, calcárias, frondosas, co-específicos e cianobactérias) entre quatro recifes (ITA - Itacolomis, PAB - Parcel dos Abrolhos, RDC – Recifes Costeiros e Desprotegidos e TIM - Timbebas). Apenas os organismos com perímetro de contato $> 0,1\%$ foram ilustrados..... | 31 |
| Figura 14. Análise de Correspondência canônica mostrando: Relação entre as variáveis independentes (vetores) e os sítios amostrados (a) e a vitalidade de <i>Scolymia wellsi</i> expressa através da proporção (%) de tecido vivo (saudável ou branqueado) e morto (sobreposto por outros organismos bentônicos) (b)..... | 32 |

CAPÍTULO 2. Influência relativa dos impactos locais e globais sobre a abundância e vitalidade de *Scolymia* spp.: comparação entre um sistema costeiro e um oceânico

Figura 1. Mapa mostrando as áreas de estudo. A – Arquipélago de São Pedro e São Paulo (sistema oceânico, 1.000 km de distância da costa); 1 = enseada do arquipélago e

2 = paredão adjacente. B – Banco dos Abrolhos (sistema costeiro, sítios de estudo com 5,5 a 63,4 km de distância da costa), 1 = Recifes Itacolomis, 2 = Timbebas, 3 = Parcel das Paredes e 4 = Parcel dos Abrolhos.....44

Figura 2. Variações na cobertura relativa (médias \pm EP) de *Scolymia* spp.: entre os dois sistemas estudados (Banco dos Abrolhos e Arquipélago de São Pedro e São Paulo) (a) e entre categorias de profundidade (m) (b). Grupos homogêneos estão identificados por letras iguais. As barras cinza (entre 0-20 m) correspondem as faixas de profundidade exclusivas ao Banco dos Abrolhos e as pretas (25-55 m) as faixas de profundidade exclusivas ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo.....47

Figura 3. Proporção de tecido vivo (médias \pm EP) saudável (S) ou branqueado (B) de *Scolymia* spp. no Banco dos Abrolhos e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (a) e entre classes de profundidade (m) (b). As barras cinza (entre 0-20 m) correspondem as faixas de profundidade exclusivas ao Banco dos Abrolhos e as pretas (25-55 m) as faixas de profundidade exclusivas ao Arquipélago de São Pedro e São Paulo.....49

Figura 4. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) mostrando a similaridade (Bray-Curtis) com base na vitalidade (i.e. proporção de tecido saudável, branqueado ou morto, em cm²) de *Scolymia* spp. entre dez estratos de profundidade (m) nos dois sistemas recifais amostrados. Os círculos indicam o valor de proporção em cada amostra.....50

Figura 5. Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) mostrando a similaridade (Bray-Curtis) em relação ao substrato do entorno de *Scolymia* spp. (i.e. proporção do perímetro em contato com algas filamentosas, algas calcárias, cianobactérias, co-específicos ou esponjas) em um gradiente de profundidade no Banco dos Abrolhos e no Arquipélago de São Pedro e São Paulo. Os círculos indicam o valor de proporção em cada amostra. Apenas os organismos que representaram mais de 0,1% do substrato do entorno foram ilustrados.....51

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1. Padrões espaciais e temporais na abundância e vitalidade do coral solitário *Scolymia wellsi* no maior sistema recifal do Atlântico Sul (Banco dos Abrolhos, BA)

Tabela 1. Principais características abióticas entre os recifes estudados. Distância da costa, profundidade, latitude e nível de proteção contra a pesca.....18

Tabela 2. Análise de variância (ANOVA) fatorial testando o efeito de recifes, sítios, habitats e anos na cobertura relativa de *Scolymia wellsi* no Banco dos Abrolhos. Ns - não significativo.....26

Resumo

Os recifes de corais são um dos ecossistemas mais valiosos da Terra. No entanto, eles vêm sofrendo declínios acentuados nas últimas quatro décadas. Os principais fatores responsáveis pela mortalidade em massa de corais são o branqueamento e as doenças. No Brasil as doenças em corais proliferaram-se a partir de 2005, ameaçando de extinção algumas das principais espécies endêmicas e construtoras de recifes. Em escala global, a proliferação de doenças e branqueamento está relacionada com o aumento na temperatura da água superficial do mar, enquanto que os principais fatores em escala local são a adição de nutrientes e proliferação de macroalgas em águas costeiras. Apesar do reconhecimento da influência destes fatores na vitalidade dos corais, existem poucas informações sobre a contribuição relativa destas diferentes ameaças. Os efeitos de impactos globais podem ser mais bem compreendidos a partir de estudos comparativos entre áreas costeiras e áreas-controle isoladas e afastadas da costa (e.g. ilhas oceânicas), uma vez que estas últimas sofrem menos ou são isentas de impactos locais. Esta dissertação tem como objetivos principais: 1) Estudar a dinâmica espacial e temporal na abundância e vitalidade do coral solitário *Scolymia wellsi* no maior complexo recifal do Atlântico Sul (Banco dos Abrolhos, BA), assim como avaliar a influência de variáveis ambientais e de distúrbios antrópicos nesta região e 2) Comparar a abundância e vitalidade de *Scolymia* spp. entre um sistema costeiro (Banco dos Abrolhos) e um sistema oceânico (Arquipélago de São Pedro e São Paulo, ASPSP). Devido a seu isolamento geográfico, o ASPSP é menos susceptível a impactos antrópicos. Portanto, os resultados obtidos aqui permitem uma avaliação da influência relativa dos impactos locais e globais na abundância e vitalidade (i.e. proporção de tecido vivo e saudável *versus* tecido doente e morto) de *Scolymia* spp. no Brasil.

Palavras-chave: Recifes de corais, branqueamento, doenças em corais, Banco dos Abrolhos, Arquipélago de São Pedro e São Paulo, recifes mesofóticos

Introdução geral

A estrutura física e biológica do substrato é fundamental para manutenção da biodiversidade e funcionamento adequado dos ecossistemas. O aumento da complexidade estrutural de habitats permite a coexistência de um maior número de espécies, principalmente através da oferta de refúgios contra predação e alimentos (Luckhurst e Luckhurst 1978; Caley e St. John 1996; Almany 2004). Os corais, organismos compostos por esqueleto de carbonato de cálcio, são um dos principais organismos responsáveis pela complexidade arquitetônica do substrato em recifes de corais, desempenhando assim papel fundamental no funcionamento destes ecossistemas (Bell 1984; Bellwood et al. 2004).

Os recifes de corais estão entre os ecossistemas com maior biodiversidade e produtividade do planeta (Reaka-Kudla 1997). Apesar do amplo reconhecimento de seus valores ecológicos e econômicos, os recifes de corais ao redor do mundo estão em franco declínio, particularmente nas últimas quatro décadas (Hughes 1994; Moberg e Folke 1999; Gardner et al. 2003; Jones 2004; Bruno e Selig 2007). Na maioria dos casos, a mortalidade de corais é atribuída à combinação de múltiplos fatores que operam em escala global (aquecimento e acidificação da água superficial do mar) e local (principalmente sobrepesca, adição de nutrientes e sedimentação) (Hughes 1994; Jackson et al. 2001; Hughes et al. 2003; Wilson et al. 2006; Hoegh-Guldberg 2007; Cooper et al. 2008). Estes fatores têm ocasionado mudanças drásticas na composição dos recifes de corais, particularmente a diminuição na abundância de corais e aumento na abundância de algas (Hughes 1994). Se medidas urgentes não forem tomadas, 60% dos recifes poderão desaparecer nos próximos 50 anos (Wilkinson 1999).

A maioria dos recifes de corais ocorre em águas transparentes e tropicais e, em geral, baixos níveis de sedimento em suspensão (i.e. turbidez) são essenciais para sua existência (Loya 1976; Rogers 1979; Babcock e Smith 2000). Globalmente, a intensificação no uso do solo e utilização de fertilizantes agrícolas tem mudado a qualidade da água em áreas costeiras, aumentando a deposição de sedimentos, turbidez da água e a quantidade de nutrientes (Rogers 1990; Tilman et al. 2001; Fabricius 2005). Em escala local, estes distúrbios possuem uma forte influência na distribuição e vitalidade dos corais (Pastorok e Bilyard 1985; Telesnicki e Goldberg 1995; Riegl 1995; Gilmour 1999; Bruno et al. 2003; Golbuu et al. 2008, 2011).

O efeito de distúrbios antrópicos locais varia entre espécies de corais, com favorecimento de algumas espécies que apresentam maior capacidade de remoção de partículas da superfície ou associadas a clados de zooxantelas (i.e. algas unicelulares que vivem em simbiose com corais) que são tolerantes a baixos níveis de luminosidade (Lasker 1980; Logan 1988; Rice e Hunter 1992; Stafford-Smith 1993; Rowan et al. 1997; Ulstrup e van Oppen 2003). A capacidade de remover sedimento, em geral, está diretamente associada ao tamanho do cálice. Espécies de corais com pólipos pequenos (e.g. *Agaricia agaricites*) apresentam baixa capacidade de remover partículas de sedimento, enquanto que as espécies com pólipos maiores (e.g. *Montastrea* spp.) são capazes de remover tanto partículas pequenas quanto grandes (Hubbard e Pocock 1972).

A sedimentação pode exercer efeitos deletérios diretos aos corais (Gilmour 1999; Babcock e Smith 2000; Bak 1978) e efeitos indiretos como comprometimento da atividade fotossintética das zooxantelas por sombreamento e indução de doenças (e.g. facilitação de infecção ocasionada pela introdução de patógenos na água do mar) (Rogers 1990; Bruno et al. 2003; Haapkyla et al. 2011). O branqueamento (i.e. expulsão das zooxantelas pigmentadas fotossintetizantes e exposição do esqueleto calcário

subjacente através do tecido transparente do coral) é causado por estresse oxidativo em resposta ao aumento na atividade dos cloroplastos ocasionada pela elevação da temperatura e radiação ultravioleta solar ou por infecção bacteriana (Glynn 1991; Kushmaro et al. 1996, 1997; Lesser 1996, 1997; Hoegh-Guldberg 1999; Lesser et al. 2007). De modo geral, as doenças ocorrem quando a comunidade microbiana do coral hospedeiro é induzida a alterar sua estrutura e composição quando expostas a um estresse fisiológico (Ritchie 2006). Em escala global, este estresse é induzido principalmente pelo aumento da temperatura superficial da água do mar, enquanto que as principais causas em escala local são a poluição de águas costeiras e a introdução de patógenos do ambiente terrestre no meio marinho (Harvell et al. 1999, 2002; Selig et al. 2006). Dessa forma, fica claro que ameaças locais e globais estão atuando em sinergia para degradação dos corais (Harvell et al. 1999; Francini-Filho et al. 2008a).

Apesar do reconhecimento da influência de fatores locais e globais na vitalidade dos corais, existem poucas informações sobre a contribuição relativa destes diferentes fatores. Estudos recentes (e.g. Sandin et al. 2008; Aeby et al. 2011) utilizaram áreas isoladas e afastadas da costa (e.g. ilhas oceânicas e atóis desabitados) como áreas controle ou de referência, no intuito de avaliar separadamente a influencia de impactos locais e globais na vitalidade dos corais.

Esta dissertação foi dividida em dois capítulos. O primeiro aborda variações espaciais e temporais na abundância e vitalidade (i.e. área viva/saudável *versus* área morta/doente) de *Scolymia wellsi* e suas relações com variáveis ambientais (profundidade, distância da costa, latitude e contato com diferentes organismos bentônicos) e distúrbios antrópicos (desproteção contra a pesca) no Banco dos Abrolhos, BA. No segundo capítulo foi feita uma análise comparativa de variações espaciais na abundância e vitalidade de *Scolymia cf. wellsi* em uma área controle

afastada da costa (Arquipélago de São Pedro e São Paulo, ASPSP) e de *Scolymia wellsi* em um sistema costeiro (Banco dos Abrolhos). Esta última abordagem possibilitou avaliar a influência relativa dos impactos locais e globais na vitalidade de *Scolymia* spp. Diferenças morfológicas e ecológicas entre as espécies de *Scolymia* no ASPSP e no Banco dos Abrolhos indicam que espécies distintas podem ocorrer nas duas áreas.

Referencial teórico

Os ecossistemas recifais são compostos por uma série de organismos bentônicos construtores (principalmente corais e algas calcárias) e não construtores (e.g. algas, esponjas e zoantídeos) que interagem entre si e com o ambiente (Connell et al. 1997). Devido a sua capacidade de biomineralização (i.e. produção de CaCO_3 a partir de carbonato disponível na água do mar) para construção de esqueletos, os corais escleractíneos e as algas calcárias são os principais organismos responsáveis pela edificação da estrutura do substrato recifal (Stanley e Hardie 1999; Kleypas et al. 2001). Os recifes de corais, em sua maioria, distribuem-se nos limites geográficos entre as latitudes de 30°N e 30°S (Lesser 2004). Esta zona coincide com temperaturas superficiais da água do mar entre 18 °C e 30°C e alta intensidade de luz solar, indicando que estes fatores são determinantes para sobrevivência dos corais (Veron 1995).

Os corais escleractíneos têm persistido ao longo do tempo às mudanças ambientais, representando componentes comuns da fauna marinha desde o Triássico (Stanley 2003). Acredita-se que, o sucesso evolutivo dos corais foi proporcionado pela associação simbiótica com dinoflagelados fotossintetizantes chamados de zooxantelas, que em combinação com o coral hospedeiro aclimataram-se e adaptaram-se a sobreviver em condições de estresse (Stanley e Swart 1995; Brown e Cossins 2011; Lesser 2011). A

vantagem dessa simbiose é baseada nas trocas de carbono e nutrientes, as quais permitiram o sucesso dos corais em ambientes oligotróficos com baixas concentrações de nitrogênio e fósforo (Muscatine e Porter 1977). O estabelecimento e evolução desta associação são responsáveis pelo crescimento e formação dos recifes de corais, os quais sustentam uma extraordinária diversidade de organismos (Muscatine et al. 1981). Atualmente, os corais escleractíneos apresentam uma variedade de formas dependendo das condições ambientais (e.g. luz, corrente, sedimentação, tipo de substrato), incluindo espécies coloniais e solitárias (Stanley 2003), as quais tiveram origens múltiplas independentes a partir de espécies de corais solitários (Stanley e Swart 1995; Stolarski et al. 2011).

Apesar da grande capacidade dos corais escleractíneos em se adaptar a mudanças ambientais (Stolarski et al. 2011), mais de 80 % dos recifes de corais ao redor do mundo sofreram declínios acentuados na cobertura de corais nas últimas quatro décadas (Gardner 2003; Hughes et al. 2003; Bruno e Selig 2007; Mora 2008). Este declínio acelerado é atribuído a diminuição na capacidade de resposta dos corais frente à intensificação das ameaças antrópicas (Nystrom et al. 2000; Hughes et al. 2003). Um distúrbio antrópico comum e bem documentado para comunidades coralíneas é a sedimentação (revisões em Roger 1990; Fabricius 2005). As taxas máximas de acúmulo de sedimento, sem a interferência humana, são de cerca de $10 \text{ mg.cm}^2.\text{dia}^{-1}$ (Rogers 1990). No entanto, a descarga excessiva de sedimento nos recifes devido ao aumento da urbanização em áreas costeiras, dragagens de portos e o desmatamento para a construção de indústrias e habitações, geralmente aumenta a turbidez e a concentração de nutrientes na água do mar, causando assim danos deletérios aos corais e conseqüente diminuição em sua abundância e diversidade (Pastorok e Bilyard 1985; Bak 1978; Dubinsky e Stambler 2006; Golbuu et al. 2011).

O acúmulo de partículas em suspensão diminui a luminosidade e compromete a atividade fotossintética das zooxantelas, além de aumentar o gasto energético para a remoção de partículas que se acumulam na superfície do coral, reduzindo assim as taxas de crescimento, capacidade reprodutiva, causando abrasão, sombreamento e inibição do recrutamento (Roger 1990; McClanahan e Obura 1997; Phillip e Fabricius 2003). Diversos estudos mostram que algumas espécies de corais são favorecidas nestas condições, por apresentarem mecanismos de remoção das partículas de sedimento ou por apresentarem atributos morfológicos particulares como pólipos grandes (Lasker 1980; Logan 1988; Stafford-Smith 1992). A movimentação ciliar, expansão do tecido e produção excessiva de muco são, em geral, as principais estratégias utilizadas por estas espécies (Stafford-Smith 1992). Acredita-se que as espécies modernas de corais tenham evoluído e se modificado em ambientes outrora turvos e rasos (Potts e Jacobs 2000).

A sedimentação também exerce efeitos secundários sob a vitalidade dos corais, deixando-os mais frágeis e susceptíveis ao branqueamento e as doenças (Roger 1990; Fabricius 2005; Nemeth e Nowlis 2001; Voss e Richardson 2006a). O branqueamento é considerado, em conjunto com as doenças, um dos fatores mais importantes para o recente declínio em massa dos corais (Glynn 1993; Brown 1997; Douglas 2003). Desde 1979, eventos de branqueamento em massa têm ocasionado uma elevada mortalidade de corais e afetado sistemas recifais inteiros em várias partes do mundo (Hoegh-Guldberg 1999; Wilkinson 2004). Diversos distúrbios são responsáveis pelo branqueamento (e.g. aumento da radiação solar, redução da salinidade, excesso de sedimentação, baixas temperaturas e agentes infecciosos). Entretanto, o aumento da temperatura superficial da água do mar é apontado como principal fator responsável pelo branqueamento em larga escala (Hoegh-Guldberg e Smith 1989; Rogers 1990; Glynn 1991; Kobluk e Kysenko 1994; Lesser 1996; Kushmaro et al. 1996).

Além da sedimentação, os principais fatores responsáveis pela proliferação de doenças em corais são o enriquecimento de nutrientes (escala local) e aumento da temperatura da água superficial do mar (escala global) (Harvell et al. 1999, 2002; Bruno et al. 2003; Selig et al. 2006). O aquecimento da água superficial do mar pode causar uma diminuição na imunidade dos corais (hipótese do hospedeiro comprometido) e/ou o aumento da virulência dos patógenos (Lesser et al. 2007; Sussman et al. 2009). O aumento nas concentrações de nutrientes (principalmente nitrogênio inorgânico e fósforo) causa a proliferação de bactérias e conseqüente aumento na incidência de doenças (Bruno et al. 2003; Voss e Richardson 2006b). Além disso, pelo menos duas doenças em corais (banda-preta e praga-branca) estão associadas à contaminação de águas costeiras por fezes humanas (Frias-Lopez et al. 2002; Patterson et al. 2002). No Brasil, existem fortes evidências de que enterobactérias humanas estejam envolvidas na proliferação de doenças em corais (Castro et al. 2010).

Existe um amplo conhecimento sobre a morfologia, ecologia, e comportamento de corais coloniais modernos em comparação com a relativa falta de conhecimento sobre corais solitários. Os corais solitários azooxantelados surgiram no Ordoviciano e provavelmente deram origem aos corais escleractíneos modernos de águas rasas (Stolarski et al. 2011). Existem cerca de nove gêneros de corais solitários no mundo que são, em geral, relativamente pequenos (Veron e Stafford-Smith 2011). No Brasil, o único gênero de coral solitário zooxantelado amplamente distribuído é o gênero *Scolymia* (Mussidae), com apenas duas espécies reconhecidas: *Scolymia wellsii* Laborel, 1967, a mais comum e *S. cubensis* Milne Edwards e Haime, 1849 com ocorrência conhecida apenas para o estado de Sergipe (Neves et al. 2006; Veron e Stafford-Smith 2011). No Brasil, *S. wellsii* ocorre desde o Maranhão até o Espírito Santo, incluindo as ilhas oceânicas de Fernando de Noronha e Trindade (Neves et al. 2006; R.B. Francini

Filho, com. pess.). Uma provável terceira espécie de *Scolymia* para o Brasil ocorre no Arquipélago de São Pedro e São Paulo (ASPSP; RB Francini-Filho com. pess.). Neste trabalho, esta última espécie será tratada como *Scolymia* cf. *wellsi* (Fig. 1).

As espécies do gênero *Scolymia* preferem áreas relativamente fundas (>10 m) e sombreadas. Revisões recentes incluem *Scolymia* spp. como espécies típicas da zona mesofótica, a qual estende-se geralmente entre 30 e 150 m de profundidade no Atlântico Ocidental (Armstrong 2007; Bongaerts et al. 2010; Kahng et al. 2010).

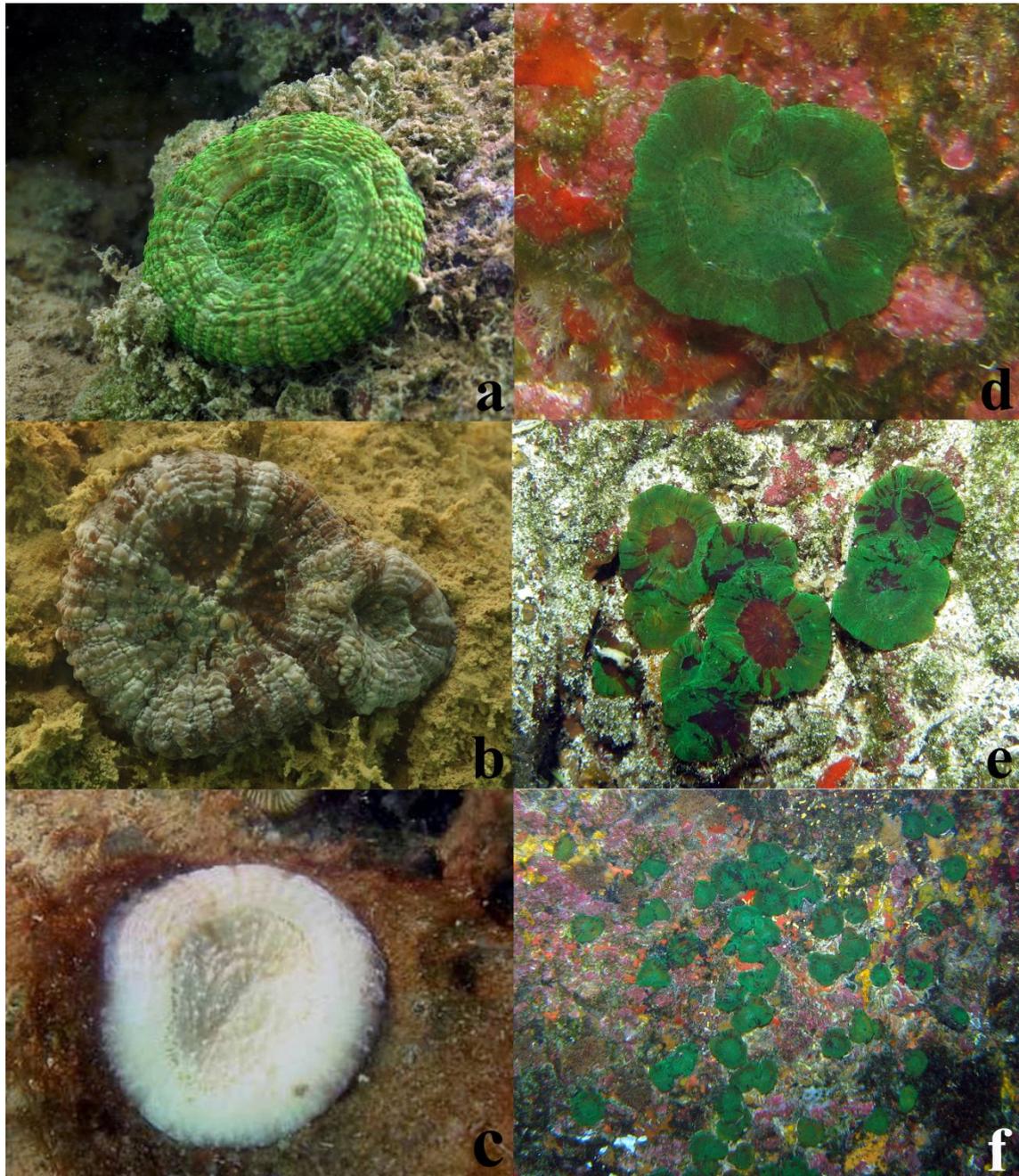


Fig. 1 Imagens de *Scolymia wellsi* no Banco dos Abrolhos com diferentes tipos de coloração (a-b) e com tecido branqueado (c) e *Scolymia* cf. *wellsii* no Arquipélago de São Pedro e São Paulo, indivíduo solitário (d), indivíduos agrupados (e) e distribuição na parede recifal (f). Foto: MM Baungarten (a-b), RB Francini-Filho (c) e EOC Coni (d-e-f)

1º CAPÍTULO

Padrões espaciais e temporais na abundância e vitalidade do coral solitário *Scolymia wellsi* no maior sistema recifal do Atlântico Sul (Banco dos Abrolhos, BA)

Resumo

Nas últimas quatro décadas o aumento na frequência e intensidade de impactos antrópicos tem interferido negativamente na abundância e vitalidade dos corais, ocasionando assim um declínio acentuado em escalas espaciais amplas. O branqueamento e as doenças, induzidos por diversos fatores, são as principais ameaças responsáveis por este declínio. No Brasil, as doenças já são reconhecidas como uma ameaça significativa aos corais. Neste trabalho, foram avaliadas variações espaciais e temporais na abundância e vitalidade do coral solitário *Scolymia wellsi* no Banco dos Abrolhos - BA, e sua relação com a latitude, profundidade, distância da costa, proteção contra a pesca e contato com organismos vizinhos (i.e. matriz do entorno). Um total de 66 indivíduos fixos foi amostrado ao longo de quatro anos. A cobertura relativa de *S. wellsi* foi maior na parede recifal e em recifes mais próximos da costa, ao passo que uma maior proporção de tecido saudável foi registrada em recifes mais distantes da costa. A proporção de tecido saudável de *S. wellsi* foi afetada positivamente pelo contato com algas calcárias e cianobactérias e apresentou uma maior associação com os sítios mais fundos e ao sul do Banco dos Abrolhos. Esses resultados indicam que *S. wellsi* prefere ambientes mesofóticos e sombreados e que esta espécie possui mecanismos que a permitem viver em ambientes turvos e sedimentados. A elevada turbidez dos recifes mais próximos da costa diminui a incidência de luz no recife, comprometendo a atividade fotossintética das zooxantelas. Além disso, essas áreas são mais afetadas pelos impactos antrópicos, o que pode explicar a menor proporção de tecido saudável.

Palavras-chave: Distância da costa, sedimentação, turbidez da água, branqueamento de corais, doenças em corais, competição

Introdução

A abundância e distribuição dos organismos marinhos apresentam variações espaciais e temporais marcantes (Levin 1992). Essas variações são frequentemente influenciadas por fatores físicos, químicos e biológicos, assim como distúrbios naturais e antrópicos (Connell 1978). A maioria dos corais escleractíneos necessita de águas transparentes, rasas e relativamente quentes para sua sobrevivência (18-30°C) (Veron 1995). Estas condições propiciam uma maior incidência de luz e eficiência fotossintética pelas zooxantelas. Em ambientes com alta luminosidade as zooxantelas podem contribuir com até 95% da produção de CaCO_3 dos corais (Falkowski et al. 1984; Stambler 2011). A turbidez da água diminui a luminosidade e compromete a atividade das zooxantelas, causando assim efeitos deletérios aos corais (Loya 1976; Rogers 1979; Babcock e Smith 2000).

Os corais escleractíneos sofreram um amplo espectro de distúrbios ao longo de sua história evolutiva (Buddemeier e Smith 1999; Stanley 2003). No entanto, nas últimas quatro décadas, o aumento na intensidade de distúrbios antrópicos tem ocasionado declínios severos na cobertura de corais em escalas espaciais amplas e sem precedentes históricos (Aronson e Precht 1997; Connell et al. 1997; Nyström et al. 2000; Mumby e Steneck 2008). Um impacto negativo importante para comunidade recifal é a sedimentação (revisões em Roger 1990; Fabricius 2005). Taxas naturais de sedimentação em ambientes recifais bem conservados (i.e. sem a interferência humana) atingem valores máximos de aproximadamente $10 \text{ mg.cm}^2.\text{dia}^{-1}$ (Rogers 1990). No entanto, algumas comunidades coralíneas dominadas por espécies particularmente resistentes a sedimentação ocorrem naturalmente em ambientes costeiros com elevada turbidez (Roy e Smith 1971; Anthony et al. 2004). Espécies resistentes a sedimentação

apresentam maior capacidade de remoção de partículas de sedimento da sua superfície, através da grande produção de muco e/ou intensa movimentação ciliar. Exemplos de espécies resistentes a sedimentação incluem os corais solitários *Fungia* do Pacífico e *Scolymia cubensis* do Caribe (Lasker 1980; Logan 1988; Rice e Hunter 1992; Stafford-Smith 1993; Anthony 2000).

A descarga excessiva de sedimento nos recifes (causada geralmente por aumento da urbanização em áreas costeiras, dragagens e desmatamento) aumenta a turbidez e a concentração de nutrientes na água do mar, causando assim danos deletérios aos corais e diminuição na cobertura e diversidade de espécies (Pastorok e Bilyard 1985; Bak 1978; Dubinsky e Stambler 2006; Golbuu et al. 2011). O acúmulo de partículas em suspensão tem dois efeitos diretos sobre os corais: 1) diminuição da luminosidade e, conseqüentemente, da atividade fotossintética das zooxantelas (Roger 1979; Phillip e Fabricius 2003) e 2) redução do crescimento e capacidade reprodutiva dos corais devido ao aumento no gasto energético para a remoção de partículas que se acumulam na superfície do coral (Bak 1978; Gilmour 1999; Babcock e Smith 2000; Torres 2001). A sedimentação exerce também efeitos secundários, uma vez que torna os corais mais frágeis e susceptíveis ao branqueamento e as doenças (Roger 1990; Fabricius 2005; Nemeth e Nowlis 2001; Voss e Richardson 2006a).

Há 5.000 anos, o rebaixamento do nível do mar expôs os recifes de Abrolhos a um nível elevado de sedimentação e somente espécies relativamente resistentes sobreviveram (Leão et al. 1997). As espécies arcaicas e principais construtoras dos recifes de Abrolhos (as espécies endêmicas do Brasil *Mussismilia braziliensis*, *M. hispida* e *M. harttii*) apresentam pólipos relativamente largos, possuindo assim habilidade relativamente alta para remover sedimento de sua superfície (Stoddart 1969; Leão et al. 2003). Apesar de não existirem registros anteriores ao Holoceno, acredita-se

que as espécies de *Mussismilia* viveram em águas turvas pelo menos nos últimos mil anos (Leão et al. 1997).

Existe um amplo conhecimento sobre morfologia, ecologia e comportamento de corais coloniais modernos em comparação com a relativa falta de conhecimento sobre corais solitários (Logan 1988). Os corais solitários azooxantelados foram os primeiros corais escleractíneos que surgiram no Ordoviciano. Foram eles que provavelmente deram origem aos corais escleractíneos modernos de águas rasas (Stolarski et al. 2011). O coral solitário *Scolymia wellsi* pertence à família Mussidae, mesma família das principais espécies construtoras e endêmicas dos recifes brasileiros pertencentes ao gênero *Mussismilia*. Apesar de não possuir papel importante na construção dos recifes (Leão et al. 2003), a abundância e vitalidade de *Scolymia* spp. podem servir como indicativos de qualidade ambiental, particularmente em impactos causados pela sedimentação, uma vez que a espécie ocorre preferencialmente em áreas mais sombreadas (q.v. resultados). Além disso, os resultados gerados aqui sobre suas propriedades funcionais podem servir como base para a interpretação de padrões observados em corais mais complexos (Hubbard e Pocck 1972).

Neste trabalho foram avaliadas as hipóteses seguintes: 1) A abundância (cobertura relativa) de *S. wellsi* apresenta variação nos padrões espaciais e temporais (2006 a 2008) no Banco dos Abrolhos, 2) A vitalidade (i.e. proporção de tecido saudável/tecido branqueado, doente ou morto) de *S. wellsi* varia entre os recifes no Banco dos Abrolhos e 3) Variáveis ambientais (e.g. profundidade, distância da costa, latitude, proteção contra a pesca) e o contato com diferentes organismos bentônicos (i.e. matriz do entorno) influenciam na vitalidade de *S. wellsi*. Os níveis de sedimentação foram correlacionados com a distância de cada recife em relação à costa, com base em informações da literatura (Garzón-Ferreira et al. 2002; Dutra et al. 2006b; Segal 2003).

Em geral, recifes mais próximos da costa apresentam maior concentração de sedimentos terrígenos do que os recifes afastados da costa (Dutra et al. 2006b).

Materiais e métodos

Área de estudo

O Banco dos Abrolhos (16° 40', 19° 40' S e 39° 10', 37° 20' W) possui as maiores e mais ricas áreas de recifes de corais do Atlântico Sul, as quais abrigam a maioria das espécies de corais registrada para o Brasil (Laborel 1970; Dutra et al. 2006a). Com uma área de aproximadamente 46.000 km² a região de Abrolhos é um alargamento da plataforma continental na costa central brasileira, chegando a 200 km de extensão (i.e. distância da costa; Leão e Dominguez 2000). Os recifes de Abrolhos são caracterizados por formas distintas. Na região costeira, mais próximo da costa (cerca de 10 a 20 km), encontram-se os bancos recifais (e.g. pináculos adjacentes com topos fundidos) e pináculos coralíneos isolados. Na porção externa, mais distante da costa (~70 km) os recifes são formados por pináculos coralíneos gigantes (até 300 m de diâmetro e 25 m de altura), que lembram cogumelos e são conhecidos como “chapeirões” (Leão et al. 2003; Francini-Filho e Moura 2008).

Apesar de possuir uma baixa riqueza de espécies de corais (cerca de 20 espécies) em comparação aos recifes do Caribe e Indo-Pacífico, o Banco dos Abrolhos apresenta um elevado grau de endemismo, incluindo suas principais espécies construtoras (i.e. *Mussismilia braziliensis*, *M. harttii* e *M. hispida*), as quais chegam a representar mais do que 70% de algumas estruturas recifais na região (Moura 2000; Moura e Sazima 2000; Leão e Kikuchi 2001).

Existem quatro unidades de conservação marinhas federais na região: 1) O Parque Nacional Marinho de Abrolhos (PARNAM), o qual compreende duas porções descontínuas, uma mais afastada da costa e integralmente protegida (Arquipélago - ARQ e Parcel dos Abrolhos - PAB) e outra mais próxima a costa e integralmente protegida, porém com pouca fiscalização (Recifes de Timbebas - TIM), 2) A Reserva Extrativista (RESEX) Marinha do Corumbau, na porção norte do Banco dos Abrolhos, a qual inclui um complexo recifal com aproximadamente 50 km² (Recifes Itacolomis - ITA) de uso múltiplo e com uma zona restrita contra a pesca, 3) A RESEX de Cassurubá e 4) A Área de Proteção Ambiental Ponta da Baleia (APA), a qual inclui os recifes do Parcel das Paredes (PAR), o maior banco recifal do Brasil (~400 km²), e Sebastião Gomes (SG), com cerca de 4 km e localizado no extremo sul do Banco dos Abrolhos (recifes mais próximos da costa). Apesar de ter como um objetivo assegurar a conservação e manejo sustentável de recursos naturais, a APA da Ponta da Baleia não possui plano de manejo e nenhum tipo de restrição contra a pesca.

No Banco dos Abrolhos *S. wellsi* é uma espécie hermafrodita com fecundação interna (Pires et al. 2000). Ela é a nona espécie mais abundante de coral escleractíneo no Banco dos Abrolhos, em um total de 14 espécies (RB Francini-Filho, dados não publicados). Em geral, poucos indivíduos ocorrem juntos, formando pequenos grupos. Esta espécie ocorre principalmente em áreas com baixa luminosidade, como a parede dos chapeirões (q.v. resultados). Os dados sobre cobertura relativa de *S. wellsi* foram obtidos em 27 pontos, ao passo que os dados sobre vitalidade foram obtidos em 14 pontos distribuídos ao longo do Banco dos Abrolhos (Fig. 2). Estes pontos são aninhados em recifes que apresentam características distintas, como distância da costa, níveis de proteção contra a pesca, profundidade e latitude (Francini-Filho e Moura 2008) (Tabela 1).

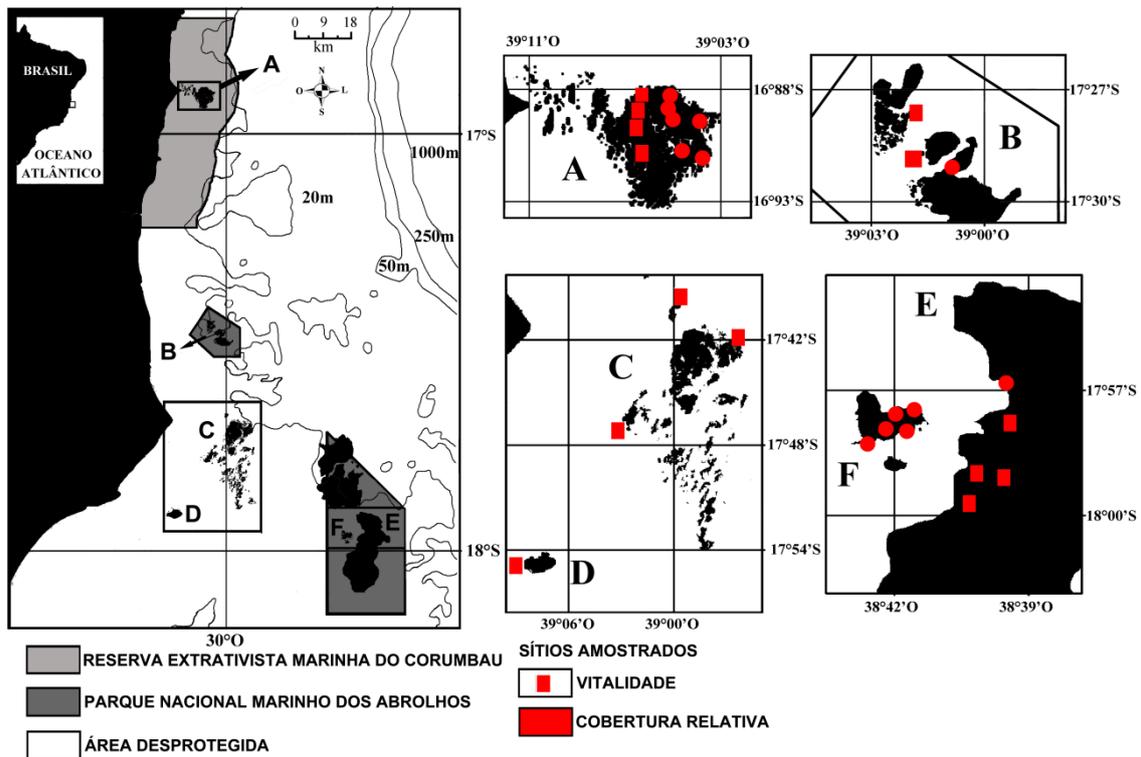


Fig. 2 Mapa do Banco dos Abrolhos, mostrando as áreas de estudo e áreas marinhas protegidas. A - Recifes Itacolomis - ITA, B – Timbebas - TIM, C - Parcel das Paredes - PAR, D – Sebastião Gomes - SG, E - Parcel dos Abrolhos - PAB e F - Arquipélago dos Abrolhos - ARQ. Os pontos em vermelho foram os sítios amostrados para a caracterização da cobertura relativa (n = 27) e os quadrados foram os sítios amostrados para a caracterização da vitalidade (n = 14)

Tabela 1 Principais características abióticas entre os recifes estudados. Distância da costa, profundidade, latitude e nível de proteção contra a pesca

| SÍTIOS | Dist. costa | Prof. | Lat. | Proteção |
|----------------------------------|--------------------|--------------|-------------|-----------------|
| Arquipélago (ARQ) | 58,1 | 4,74 | 17,96 | Protegida |
| Timbebas (TIM) | 33,92 | 8,15 | 17,67 | Protegida |
| Parcel dos Abrolhos (PAB) | 61,66 | 15,76 | 17,98 | Protegida |
| Parcel das Paredes (PAR) | 36,47 | 11,29 | 17,85 | Desprotegida |
| Sbastião Gomes (SG) | 22,16 | 9,04 | 17,82 | Desprotegida |
| Itacolomis (ITA) | 6,94 | 5,37 | 16,90 | Uso múltiplo |

Delineamento amostral

A abundância e vitalidade de *S. wellsi* foram estimadas utilizando-se a metodologia de foto-quadrados (cf. Francini-Filho et al. 2008a, 2008b). Para a caracterização da cobertura relativa foram utilizados como amostras os quadrados, enquanto que para a caracterização da vitalidade, os indivíduos foram utilizados como amostras. Os foto-quadrados (75 x 66 cm) são constituídos por um mosaico de 15 retângulos (22 x 15 cm), os quais correspondem a área de cada imagem digital de alta-resolução (Fig. 3). Quadrados permanentes foram primeiro alocados aleatoriamente e então delimitados permanentemente por duas barras de metal (vergalhões com 50 cm) fixadas aos recifes. Dez quadrados foram alocados em cada hábitat (parede e topo), totalizando assim 20 quadrados por sítio. A estimativa da cobertura relativa de *S. wellsi* foi feita utilizando-se o programa “Coral Point Count with Excel Extensions” (CPCe) (Kohler e Gill 2006). Em cada imagem foram selecionados 20 pontos aleatórios (i.e. 300 pontos por quadrado), debaixo dos quais foram identificados os organismos com a maior resolução taxonômica possível (Fig. 4).

As amostragens foram obtidas sempre no verão (janeiro-março) entre 2006 e 2009. A distância e a latitude de cada sítio recifal foram obtidas utilizando-se cartas náuticas digitais (MapSource Garmin).

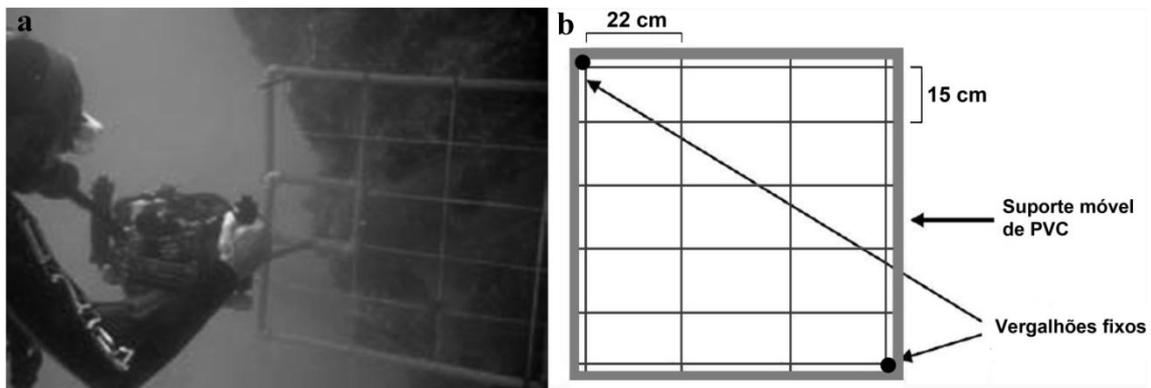


Fig. 3 Mergulhador obtendo imagens em um foto-quadrado (a). Desenho esquemático do foto-quadrado (b). Foto: R Maia-Nogueira

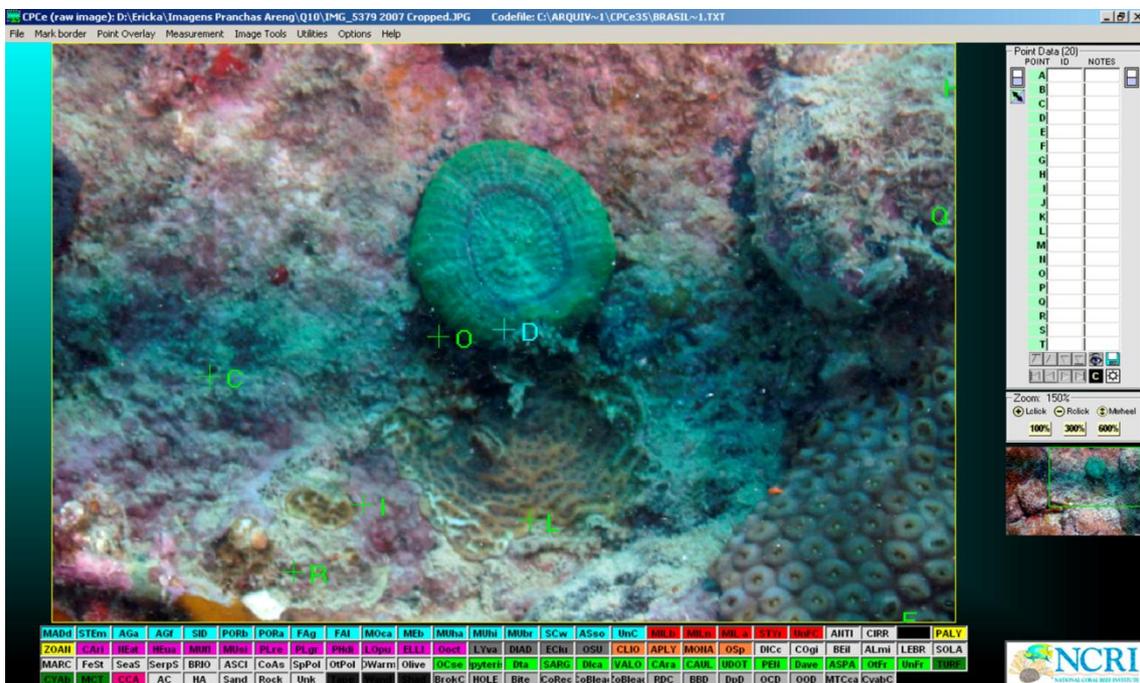


Fig. 4 Imagem mostrando painel de análises do programa Coral Point Count with Excel Extensions (Kohler e Gill 2006). As letras representam os 20 pontos aleatórios onde os organismos foram identificados

Para avaliar a dinâmica espacial e temporal na vitalidade de *S. wellsi* foram selecionados indivíduos fixos que foram amostrados repetidamente ao longo dos quatro anos de estudo (Fig. 5). Foi amostrado um total de 66 indivíduos distribuídos entre 14 sítios e cinco recifes (Fig. 6). A vitalidade foi mensurada de acordo com as variáveis seguintes: 1) área superficial total da colônia, 2) proporção de área saudável 3) proporção da área superficial afetada por doença/branqueamento/mortalidade (i.e. esqueleto exposto), 4) proporção da área recoberta por outros organismos (e.g. algas filamentosas, cianobactérias), 5) perímetro total e 6) perímetro relativo em contato com diferentes organismos bentônico (i.e. matriz do entorno) (cf. Ortiz et al. 2009). Apenas a parede recifal foi considerada nas análises, uma vez que o topo apresentou abundância insignificante de *S. wellsi*.

As imagens de indivíduos fixos foram analisadas utilizando-se o programa eCognition (Definiens images). Este programa fragmenta (interpreta) as imagens através de diferenças de textura e cor, classificando-os hierarquicamente (Fig. 7).

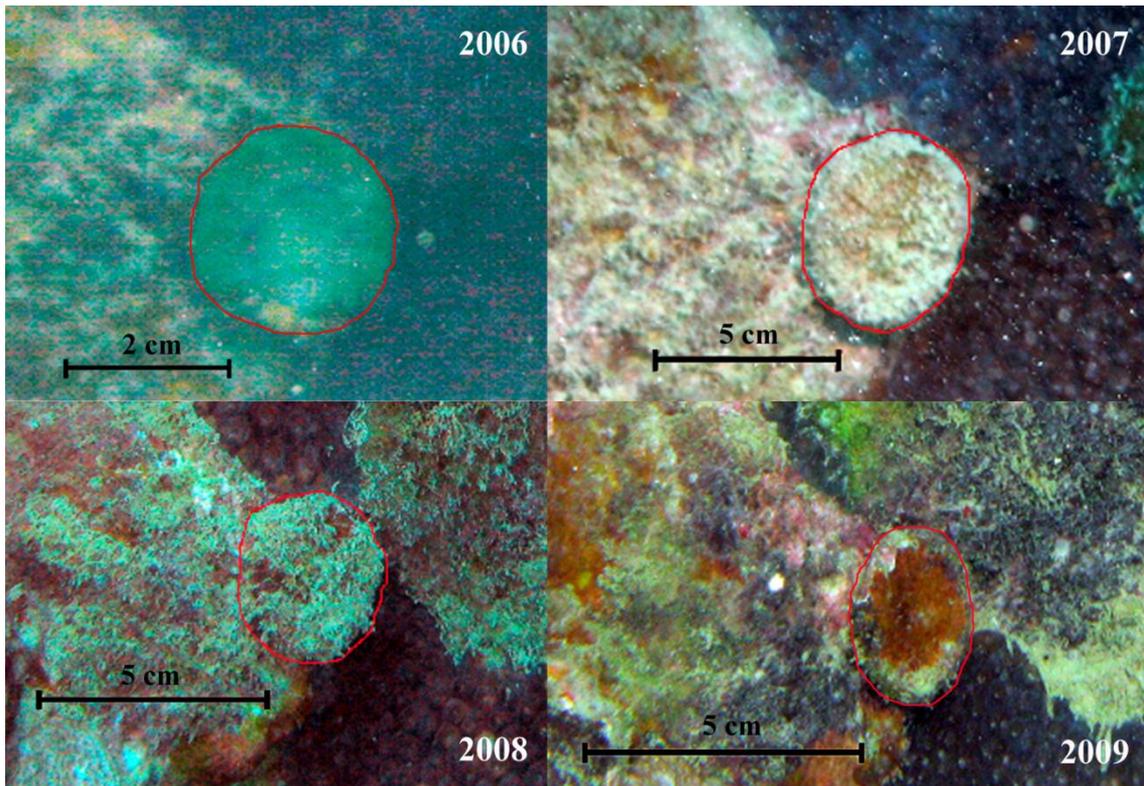


Fig. 5 Variação temporal na condição de um indivíduo de *Scolymia wellsi*. Indivíduo vivo com tecido saudável (2006), morto com sobreposição total de algas filamentosas (2007 e 2008) e morto recoberto por alga calcária (2009)

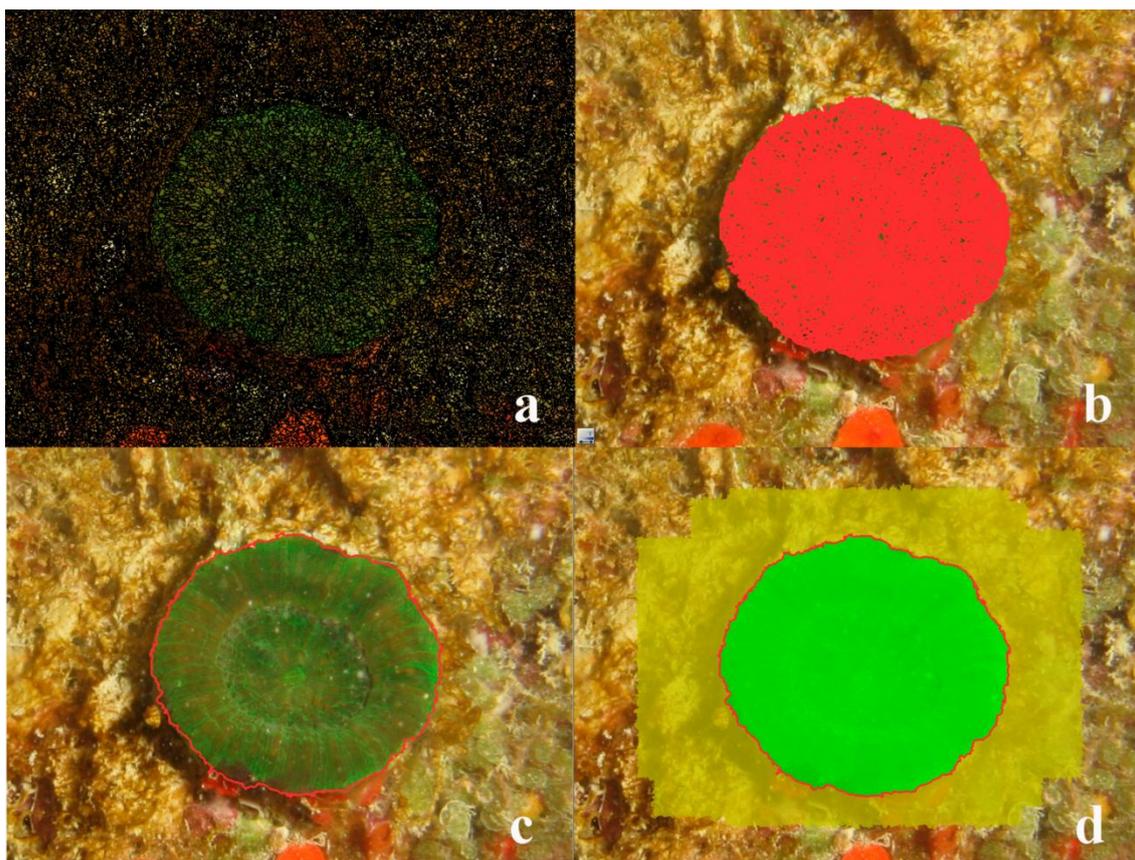


Fig. 6 Passo a passo da análise da vitalidade de *Scolymia wellsi* no programa e-Cognition. Fragmentação da imagem (a), objeto do estudo segmentado (b), junção dos fragmentos (c) e classificação hierárquica do objeto (d)

Análises estatísticas

Diferenças na cobertura relativa de *S. wellsi* entre recifes, sítios (aninhado em recifes), habitats (parede e topo recifal) e anos foi avaliada utilizando a análise de variância (ANOVA) fatorial. Os sítios e habitats que não foram amostrados em todos os anos foram eliminados da análise, a fim de obter dados mais consistentes. Para avaliar a cobertura relativa incluindo recifes que possuem apenas um único habitat, foi utilizada uma ANOVA unifatorial, apenas com os dados da parede recifal. Uma vez que o Arquipélago não apresenta distinção entre habitats. Para as estimativas de vitalidade os

dados de área e perímetro absoluto de cada indivíduo foram transformados em proporção, a fim de minimizar possíveis diferenças devido a variações de escala. O fator hábitat foi excluído das análises devido à baixa cobertura de *S. wellsi* no topo dos recifes (q.v. resultados). As diferenças na vitalidade (proporção de tecido saudável, branqueado ou morto) de *S. wellsi* entre os recifes ao longo dos anos foram avaliadas através de ANOVAs unifatoriais. O teste de comparações *a posteriori* de Student-Newman-Keuls (SNK) foi utilizado para comparações múltiplas das médias (Zar 1999). Os dados de cobertura relativa e proporção de vitalidade foram transformados em $\arcsin\sqrt{x}$ (quando não apresentaram normalidade atestada através do teste de Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade (atestada através do teste de Levene; Zar 1999).

Escalonamentos multidimensionais não-métricos (NMDS) foram utilizados para avaliar similaridades (Bray–Curtis) espaciais e temporais na vitalidade de *S. wellsi* (i.e. proporção da área com tecido saudável, branqueado e morto) e no contato dos indivíduos com diferentes organismos bentônicos. Análises de similaridade (ANOSIM) foram usadas para avaliar diferenças significativas entre recifes, sítios, hábitats e anos (Clarke e Warwick 1994).

Análise de correspondência canônica (ACC) foi utilizada para avaliar a influência relativa das variáveis ambientais (profundidade, distância da costa e latitude) e o contato com outros organismos bentônicos na vitalidade de *S. wellsi*. O teste de Monte Carlo foi utilizado para checar se os eixos foram significativos. Somente os organismos bentônicos que representaram mais de 0,1% do perímetro relativo foram considerados para esta análise.

Resultados

*Variações espaciais e temporais na cobertura relativa de *Scolymia wellsi**

Foram registradas variações significativas na cobertura relativa de *S. wellsi* entre recifes. O Arquipélago de Abrolhos (ARQ) apresentou menores valores com relação a todos os outros recifes (Fig. 7). Também foram registradas diferenças significativas na cobertura entre sítios aninhado em recifes, hábitats e para a interação entre hábitats e recifes (PA = parede e TP = topo). Apenas o Recife Sebastião Gomes (SG) não apresentou diferenças significativas entre hábitats (Fig. 8, Tabela 1). Apesar de não ter sido detectada variação anual significativa ($p = 0,04$), os sítios A1 e B1, ambos dentro dos Recifes Itacolomis, apresentaram as tendências mais acentuadas de declínio temporal (Fig. 9, Tabela 1).

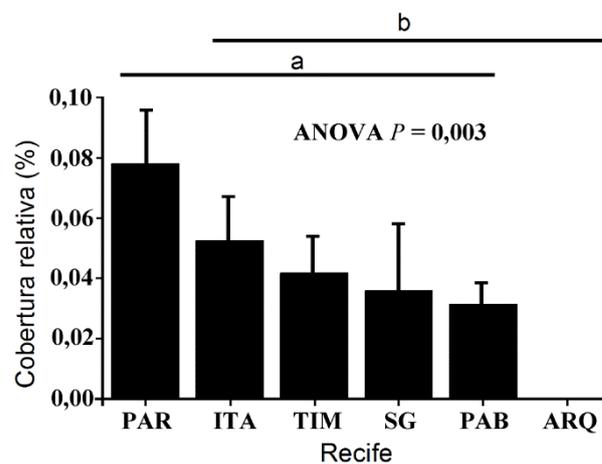


Fig. 7 Representação da ANOVA unifatorial. Cobertura relativa do coral *Scolymia wellsi* entre recifes. As letras (a e b) representam o teste de comparações múltiplas *a posteriori* Student-Newman-Keuls

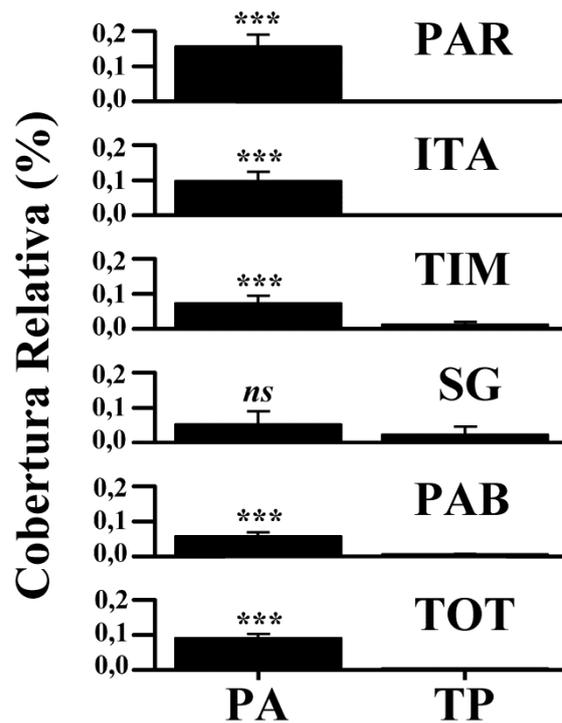


Fig. 8 Cobertura relativa do coral *Scolymia wellsi* na parede (PA) e topo (TP) dos recifes. *** $p < 0,001$; Ns - não significativo

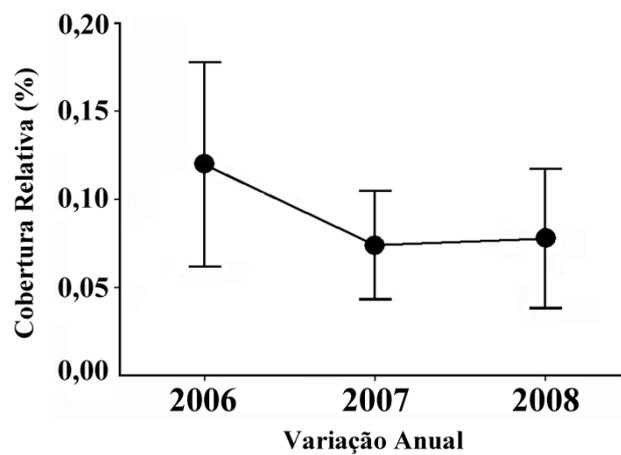


Fig. 9 Cobertura relativa do coral *Scolymia wellsi* entre os três anos amostrados

Tabela 2 Análise de variância (ANOVA) fatorial testando o efeito de recifes, sítios, hábitats e anos na cobertura relativa de *Scolymia wellsi* no Banco dos Abrolhos. Ns - não significativo

| Fatores | Gl | Cobertura Relativa | |
|------------------|----|--------------------|-----------|
| | | <i>F</i> | <i>P</i> |
| Recife | 4 | 1,89 | <i>ns</i> |
| Hábitat | 1 | 71,07 | 0,001 |
| Ano | 1 | 4,01 | <i>ns</i> |
| Sítios (Recife) | 15 | 3,64 | 0,001 |
| Recife X Hábitat | 4 | 2,9 | 0,02 |
| Recife X Ano | 4 | 0,3 | <i>ns</i> |
| Hábitat X Ano | 1 | 2,05 | <i>ns</i> |

Variações espaciais na vitalidade de Scolymia wellsi

A vitalidade de *S. wellsi* foi caracterizada em 66 indivíduos entre 14 sítios distribuídos em cinco recifes (Fig. 10). Nenhum sinal de doença foi observado ao longo dos quatro anos de amostragem. No geral, foi registrada uma maior proporção de área saudável do que área branqueada ou morta. Foram registradas variações significantes entre recifes para todas estas categorias (área saudável: $F = 266,43$ e $p = 0,001$; área branqueada: $F = 51,62$ e $p = 0,001$; área morta: $F = 107,82$ e $p = 0,001$). O Parcel dos Abrolhos (PAB), Recife de Timbebas (TIM) e os Recifes Costeiros Desprotegidos (RCD) foram dominados por indivíduos com uma maior proporção de tecido saudável, enquanto que nos Recifes Itacolomis (ITA) foi registrada uma maior proporção de área branqueada ou morta (Fig. 11).

Foram registrados dois grupos distintos na análise NMDS, um formado por PAB, TIM e RCD, e outro formado apenas por ITA (ANOSIM teste global: $R = 0,95$; $p = 0,01$). Indivíduos mais saudáveis ou com maior proporção de esqueletos sobrepostos por

algas calcárias foram registrados no primeiro grupo, ao passo que indivíduos com uma maior proporção de tecido branqueado ou com esqueletos sobrepostos por algas filamentosas e cianobactérias dominaram em ITA (Fig. 12).

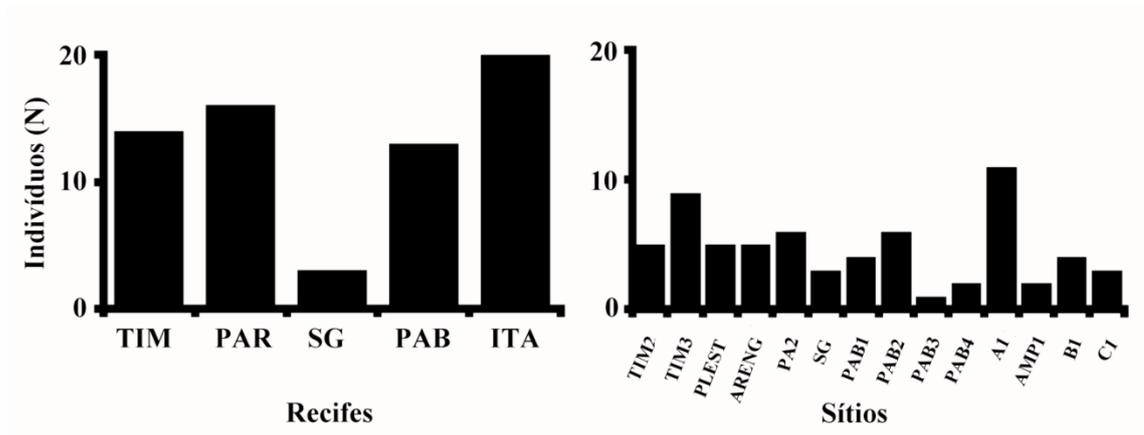


Fig. 10 Número de indivíduos amostrados por recife e sítio para a caracterização da vitalidade de *Scolymia wellsi*

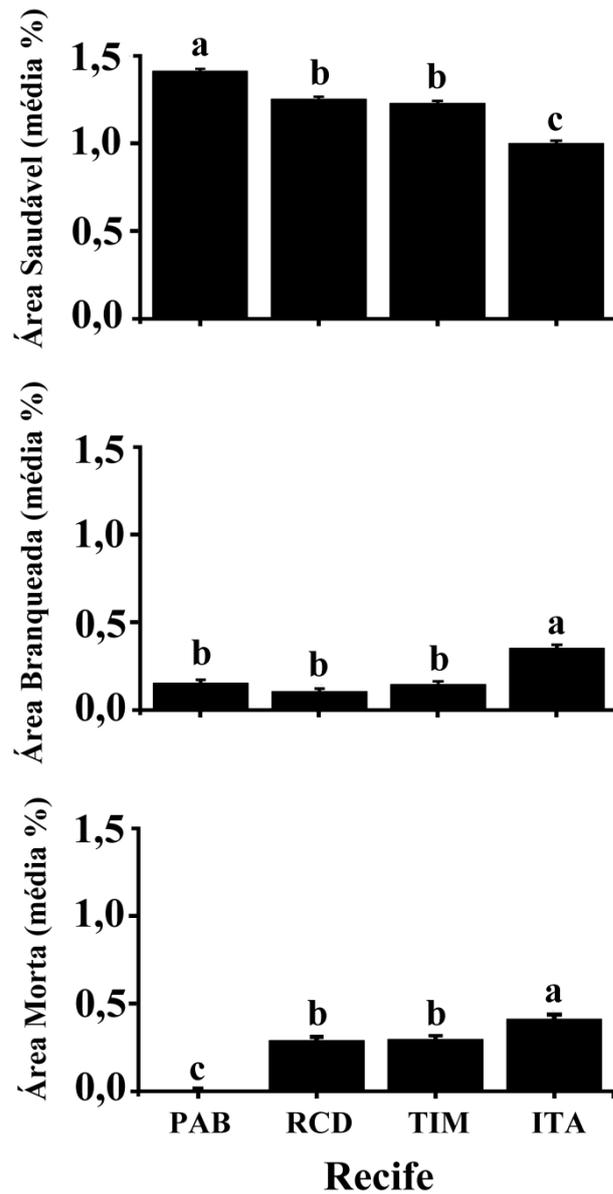


Fig. 11 Variação entre recifes na vitalidade de *Scolymia wellsi* expressa através da proporção (média \pm EP) de tecido saudável, branqueado e morto. Grupos homogêneos identificados por letras iguais. RDC = Recifes costeiros e desprotegidos (PAR + SG)

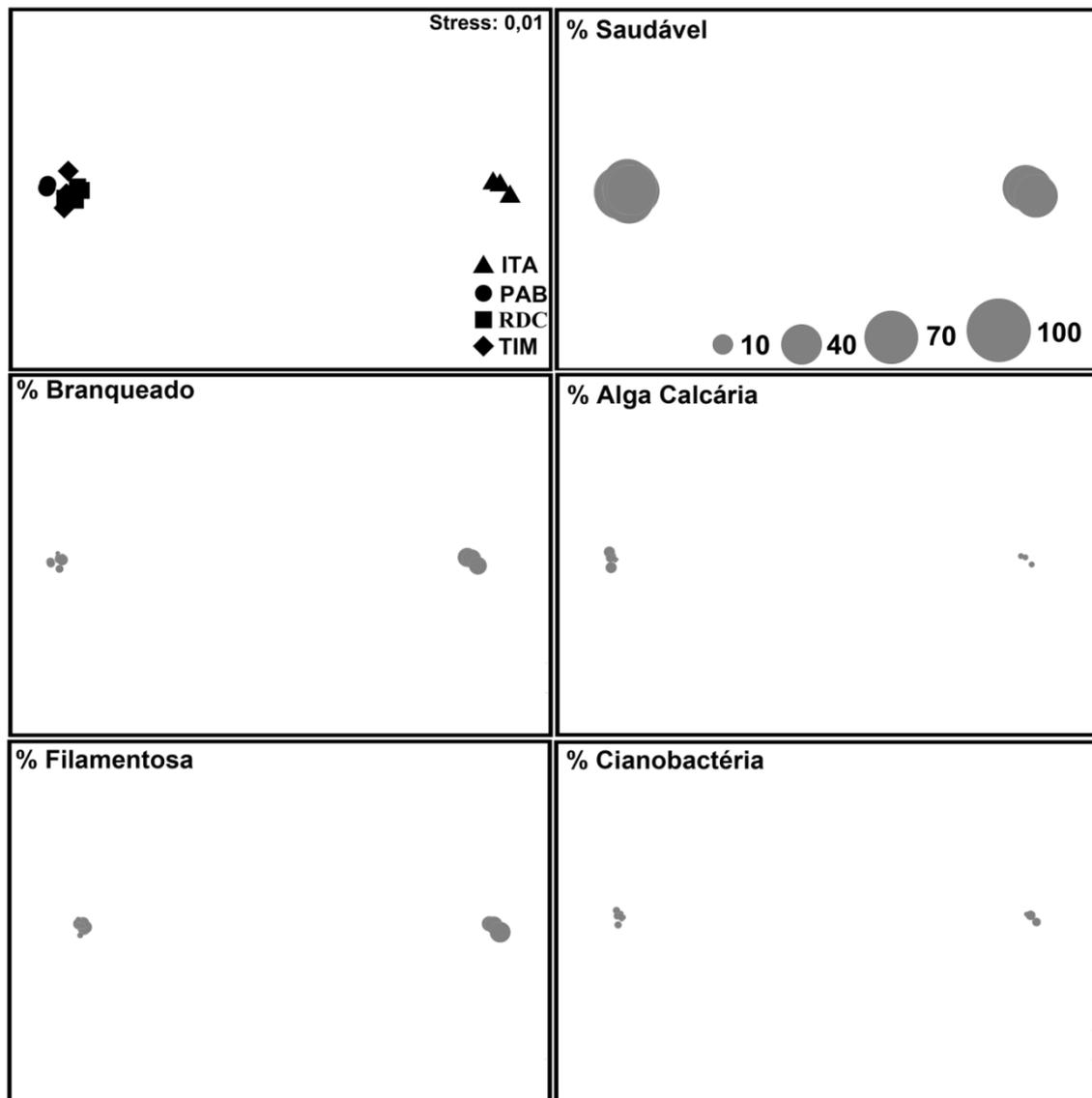


Fig. 12 Escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) mostrando a similaridade (Bray-Curtis) na vitalidade (i.e. proporção de tecido saudável, branco e morto) de *Scolymia wellsi* entre quatro recifes. ITA - Itacolomis, PAB - Parcel dos Abrolhos, RDC – Recifes Costeiros e Desprotegidos e TIM – Timbebas

Influência de variáveis ambientais e contato com diferentes organismos bentônicos na vitalidade de Scolymia wellsi

Foram registrados quatro grupos distintos na ordenação NMDS (ANOSIM teste global: $R = 0,79$; $p = 0,01$). Foi registrada maior proporção de contato entre *S. wellsi* e algas