

---

# REGISTRO DE BRANQUEAMENTO SAZONAL EM *Siderastrea* spp.

---

## EM POÇAS INTERMAREAIS DO RECIFE DE GUARAJUBA,

---

### BAHIA, BRASIL

---

Carolina Poggio, Zelinda Leão e Paulo Mafalda-Junior

#### RESUMO

O fenômeno do branqueamento em corais é caracterizado pela despigmentação da colônia em consequência da desestabilização da relação simbiótica entre o coral e as zooxantelas, resultando em perda desses simbiontes e/ou dos seus pigmentos fotossintetizantes. O presente trabalho teve como objetivo avaliar se o branqueamento das colônias do coral *Siderastrea* spp., observado nas poças intermareais do topo do recife de Guarajuba, ocorreu em função das variações sazonais da temperatura, salinidade e pH. A avaliação foi efetuada mediante análise da

densidade das zooxantelas em amostras do coral coletadas no período de março de 2005 a março de 2006. Dentre os parâmetros analisados, a temperatura da água das poças foi o que variou mais significativamente. A densidade das zooxantelas foi maior nas colônias coletadas no mês mais frio (junho/05). Nos meses em que a temperatura da água das poças foi mais alta as contagens celulares foram baixas, evidenciando, assim, perda de zooxantelas.

#### Introdução

Os eventos de branqueamento têm sido registrados desde 1970 (Glynn, 1993), porém apenas a partir da década de 1980 eles tornaram-se frequentes e severos (Goreau e Hayes, 1994). Esse fenômeno vem ocorrendo em recifes de coral de diversas regiões do globo, e em muitas delas já foi observada considerável mortalidade de corais (Brown, 1997b). O branqueamento é caracterizado pela despigmentação do coral em consequência da desestabilização da relação existente entre o coral e suas algas simbiotas, resultando em perda de zooxantelas e/ou dos seus pigmentos fotossintetizantes (Fitt *et al.*, 1993; Muller-Parker e D'Elia, 1997; Fagoonee *et al.*, 1999).

Distúrbios ambientais relacionados às mudanças nos parâmetros físicos ou quí-

micos do ambiente marinho são considerados como causas principais do branqueamento (Westmacott *et al.*, 2000). Alguns trabalhos apontam o aumento da temperatura superficial da água do mar (TSM) como o fator central provocador do branqueamento, sendo portanto o mesmo um fenômeno global (Glynn, 1991; Souter e Lindén, 2000; Woesik, 2001). No entanto, variações locais de parâmetros ambientais, como salinidade e temperatura podem causar eventos isolados de branqueamento (Hoegh-Guldberg e Smith, 1989; Glynn, 1996). Há que se ressaltar aqui, também, os efeitos dos impactos antropogênicos locais, como, por exemplo, o soterramento de colônias devido à sedimentação (Cortés e Risk, 1985).

A primeira referência sobre branqueamento de coral no Brasil foi para a região sudeste durante o verão de 1994

(Migotto, 1997). Este autor observou que o branqueamento do coral *Mussismilia hispida* se deu alguns dias após a ocorrência de anomalias térmicas da água superficial do mar, da ordem de 2,4°C acima da média normal, durante o verão. Posteriormente, Castro e Pires (1999), Dutra *et al.* (2000), Leão *et al.* (2003, 2008) e Kikuchi *et al.* (2004) registraram branqueamento de coral em vários recifes ao longo da costa do estado da Bahia, em graus mais intensos durante os anos quando houve anomalias térmicas da água do mar iguais ou superiores a 1°C, particularmente nos anos de 1994, 1998, 2003 e 2005. Na costa nordeste do Brasil, Costa *et al.* (2001) observaram branqueamento em *Siderastrea stellata* no recife da praia de Gaibu (Pernambuco) no ano de 1996.

A maior parte dos trabalhos realizados no Brasil so-

bre o assunto utilizou, apenas, a avaliação visual para medir o grau e a ocorrência de branqueamento em corais. Entretanto, as variações na densidade de zooxantelas é considerada por muitos pesquisadores (Glynn, 1993; Stimson, 1997; Berkelmans y Willis, 1999), como uma das principais formas de diagnóstico do branqueamento em corais. No Brasil, apenas o trabalho de Costa *et al.* (2001) abordou o fenômeno levando em consideração a densidade desses simbiontes.

O objetivo deste trabalho foi investigar a ocorrência de branqueamento em *Siderastrea* spp. em poças intermareais do topo do recife de Guarajuba, Bahia, tomando como base a densidade das zooxantelas e avaliar sua relação com algumas variáveis ambientais, particularmente temperatura, salinidade e pH.

---

#### PALAVRAS-CHAVE / Branqueamento de Coral / Guarajuba / *Siderastrea* spp / Zooxantelas /

---

Recebido: 11/12/2007. Modificado: 08/05/2009. Aceito: 07/07/2009.

**Carolina Poggio.** Bacharel em Ciências Biológicas e Mestre e Doutoranda em Geologia Marinha, Universidade Federal da Bahia (UFBA), Brasil.

Endereço: R. Barão de Gere-  
moabo, s/nº. CEP: 40170-280.  
Salvador-Bahia-Brasil. e-mail:  
cpoggio77@yahoo.com.br.

**Zelinda Leão.** Ph.D. em Geo-  
logia Marinha, Universidade  
de Miami, EEUU. Professora,  
UFBA, Brasil.

**Paulo Mafalda-Junior.** Doutor  
em Oceanografia Biológica,  
Fundação Universidade Federal  
do Rio Grande, Brasil. Profes-  
sor, UFBA, Brasil.

# RECORD OF SEASONAL BLEACHING IN *Siderastrea* spp. FROM TIDAL POOLS OF THE GUARAJUBA REEF, BAHIA, BRAZIL

Carolina Poggio, Zelinda Leão and Paulo Mafalda-Junior

## SUMMARY

Coral bleaching is a phenomenon characterized by the lack of pigmentation in the coral tissue due to the loss of the existing relationship between corals and their symbiotic zooxanthellae, resulting in loss of zooxanthellae and/or of its photosynthetic pigments. The purpose of the present work was to evaluate if bleaching of *Siderastrea* spp. colonies from the tidal pools of the Guarajuba Reef top, occurred as a result of seasonal variations of sea water parameters such as temperature, salinity and pH. The evaluation was based upon measurement of the density of

zooxanthellae in the coral samples, which were collected in the tidal pools during low spring tides, from March 2005 to March 2006. Amongst the analyzed parameters, sea water temperature varied more significantly. Considering the density of the symbiotic zooxanthellae, the results indicated that it was higher in the colonies collected in the coldest month (June/05) of the studied period than in the other months, when water temperature in the tidal pools was warmer, thus characterizing a seasonal influence in the bleaching of coral colonies.

# REGISTRO DE LA DECOLORACIÓN ESTACIONAL EN *Siderastrea* spp. DE POZAS DE MAREA DEL ARRECIFE DE GUARAJUBA, BAHÍA, BRASIL

Carolina Poggio, Zelinda Leão y Paulo Mafalda-Junior

## RESUMEN

El fenómeno de blanqueamiento en corales se caracteriza por la despigmentación de la colonia debido a la desestabilización de la relación simbiótica entre los corales y zooxantelas, lo cual resulta en la pérdida de simbioses y/o de sus pigmentos fotosintetizantes. El estudio tuvo como objetivo evaluar si la pérdida de color en las colonias del coral *Siderastrea* spp. presentes en las pozas de marea en la parte superior del arrecife de Guarajuba, se produjo en función de los cambios estacionales de

temperatura, salinidad y pH. La evaluación se realizó mediante el análisis de la densidad de zooxantelas en muestras de corales recogidas de marzo de 2005 a marzo de 2006. Entre los parámetros analizados, la temperatura del agua de mar fue el que varió más significativamente. La densidad de zooxantelas fue mayor en las colonias recogidas en el mes más frío (junio/05). En los meses en que la temperatura del agua de las piscinas de marea fue mayor se evidenció la pérdida de zooxantelas.

## Material e Métodos

O recife da praia de Guarajuba situa-se no Litoral Norte da Bahia (12°30'S e 37°30'O) e caracteriza-se como um ambiente que permanece exposto subaereamente durante as marés baixas de sizígia (Figura 1), formando inúmeras poças de maré. As coletas foram realizadas entre os meses de março de 2005 e março de 2006, sempre no primeiro mês de cada estação do ano (outono, inverno, primavera e verão), em três dessas poças de maré onde era maior a concentração de exemplares das espécies pertencentes ao complexo *Siderastrea* spp.

Em cada poça foram amostrados aleatoriamente 3 fragmentos de 3 colônias de *Siderastrea* spp., medindo cada um cerca de 3cm de diâmetro. Os fragmentos foram fotografados, usando-se uma régua graduada como escala e em seguida, acondicionados em vasilhas plásticas etiquetadas,

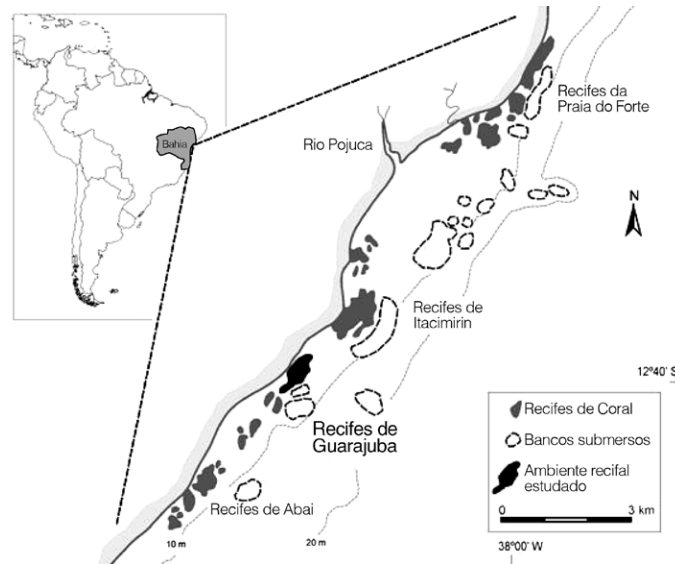


Figura 1. Localização do recife estudado, no litoral norte do estado da Bahia (mapa modificado de Leão *et al.*, 2003).

contendo água do mar, para serem conduzidos ao laboratório. Concomitantemente às coletas, foram aferidas a temperatura da água, a salinidade e o pH.

O tecido superficial dos fragmentos coletados foi extraído em laboratório no máximo após quatro horas da coleta, usando um *Water Pick* (Berkelmans e Willis, 1999;

Fitt *et al.*, 2000; Costa, 2001; Costa *et al.*, 2005). O volume do extrato foi anotado e o material extraído foi preservado em formol a 4%. Os esqueletos dos fragmentos do coral foram tratados com hipoclorito de sódio, calculando-se em seguida a sua área através do método descrito em Marsh (1970).

As zooxantelas foram contadas em uma câmara de Fuchs-Rosenthal, sob microscópio óptico (Olympus). O resultado da contagem das zooxantelas foi expresso em número de zooxantelas  $\times \text{cm}^{-2} \times \text{ml}^{-1}$ . Foram realizadas quatro réplicas para o cálculo da média, ou seja, quatro lâminas para cada colônia.

Para explicar a intensidade e o tipo (positiva ou negativa) de associação existente entre duas variáveis quantitativas foram utilizados os coeficientes de correlação de Pearson entre os parâmetros, sendo a densidade das zooxantelas a variável dependente e os fa-

tores físico-químicos da água as variáveis independentes. Para avaliar a existência de diferença significativa entre os dados (densidade das zooxantelas), durante os meses de coleta, foi realizado o teste ANOVA, utilizando o programa estatístico *Graph Pad InStat 3 for Windows*, juntamente com os testes de Bartlett para verificar a igualdade das variâncias, o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados e o teste de Tukey-Kramer para realizar a comparação múltipla das médias.

## Resultados e Discussão

Dentre os parâmetros físico-químicos da água, medidos nas poças do topo do recife, a salinidade e o pH variaram muito pouco durante o período de estudo. A salinidade apresentou média mínima de 35,9psu em março/05 e o pH apresentou média mínima de 8,4 neste mesmo mês. O valor máximo da média da salinidade foi de 38psu em março/06, juntamente com o valor máximo da média do pH, de 8,6. A temperatura foi o parâmetro que apresentou maior variação durante o período de estudo, com a menor média (28,3°C) ocorrendo em junho/05 e a maior (33,3°C), em dezembro/05 (Figura 2). Situações semelhantes foram encontradas por Santa-Isabel (2001), em Guarajuba, nos anos de 1996 e 1997. As características físico-químicas deste ambiente recifal parecem ser bastante estáveis, com variações expressivas apenas da temperatura que segue padrões sazonais característicos da região onde se encontra inserido.

O branqueamento de coral refere-se à perda das zooxantelas em resposta a um estresse ambiental (Fitt *et al.*, 1993; Glynn, 1993; Muller-Parker e D'Elia, 1997; Fagooonee *et al.*,

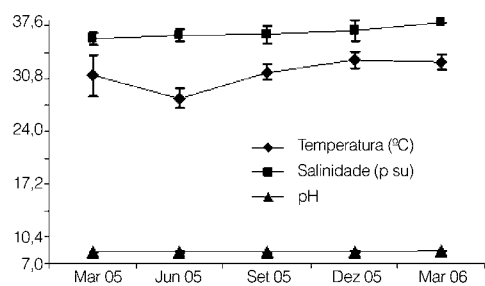


Figura 2. Distribuição temporal da média e do desvio padrão da temperatura, da salinidade e do pH da água das poças do topo do recife de Guarajuba, medidos durante o período compreendido entre março de 2005 e março de 2006.

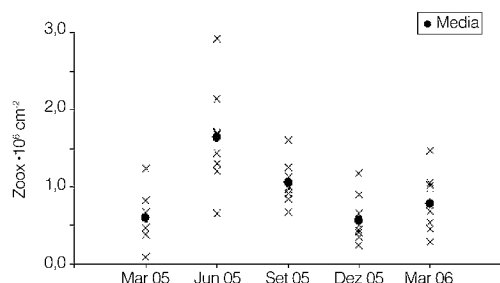


Figura 3. Variação temporal dos dados obtidos da densidade das zooxantelas (zooxantelas  $\times 10^6 \text{cm}^{-2}$ ) das amostras do coral *Siderastrea* spp. coletadas nas poças do topo do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre março de 2005 e março de 2006.

1999). Assim, a densidade das zooxantelas pode ser considerada uma medida útil para avaliar o grau de branqueamento em corais. Em geral, a densidade normal das zooxantelas nos tecidos de corais zooxantelados fica em torno de  $1,0 \times 10^6 \text{cm}^{-2}$  de área superficial do coral (Hoegh-Guldberg e Smith, 1989; Glynn, 1996). No presente trabalho as menores médias da densidade das zooxantelas chegaram a 0,57 zooxantelas  $\times 10^6 \text{cm}^{-2}$  e ocorreram em dezembro/05, seguidas de 0,59 em outubro/05, e de 0,78 em outubro/06 (Figura 3), sendo que nessas condições as colônias ficam muito pálidas, evidenciando a perda de zooxantelas e de pigmentos fotossintetizantes. Esses dados estão abaixo dos valores considerados normais, denotando, assim, branqueamento.

O aumento da temperatura da água superficial do mar tem sido considerado um dos fatores mais influentes na densidade das zooxantelas e, conseqüentemente, no grau de branqueamento dos

corais (Brown, 1997a). Muitos trabalhos apontam eventos climáticos globais como os principais causadores dessas anomalias (Glynn, 1993). Apesar disso, existem evidências de que a densidade das zooxantelas pode ser altamente variável em escala temporal e espacial (Muller-Parker e D'Elia, 1997), e a perda ou expulsão das algas pode ser considerada como um mecanismo básico do coral para regular a densidade das mesmas em seus tecidos (Fagooonee *et al.*, 1999; Baghdasarian e Muscatine, 2000).

Para que ocorra o branqueamento em massa e em escala global é necessário que a temperatura da água superficial do mar (TSM) aumente 1-2°C acima da média da máxima temperatura sazonal (Goreau e Hayes, 1994; Brown, 1997a).

Nessas condições, muitas colônias podem branquear e até morrer. Durante a realização do presente trabalho as anomalias da TSM, no litoral norte da Bahia não chegaram a atingir 1°C, ocorrendo uma anomalia máxima de 0,50°C,

de acordo com indicações das cartas de anomalias expostas no portal: [www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climahot.html](http://www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climahot.html). Dessa forma, o branqueamento das colônias de *Siderastrea* spp., no recife de Guarajuba, não pode ser associado a um estresse térmico climático global.

De acordo com o resultado do teste ANOVA existe diferença temporal entre os valores da densidade das zooxantelas, a qual é altamente significativa ( $\alpha=0,05$ ;  $p<0,001$ ). O teste de comparação múltipla de Tukey-Kramer entre as médias dos dados da densidade das zooxantelas mostrou diferenças significativas apenas quando a média de junho/05 foi comparada com as médias dos outros meses do período estudado (Tabela 1). O mês de junho/05 foi caracterizado como sendo o mais úmido e também foi quando a temperatura da água alcançou a temperatura mais baixa, refletindo efeitos da sazonalidade, característicos da região. A densidade das zooxantelas se portou de forma inversa à temperatura da água das poças do recife, ou seja, quando a temperatura aumentou a densidade das zooxantelas diminuiu, apresentando uma correlação negativa e alta ( $r=-0,85$ ) e estatisticamente significativa ( $p<0,001$ ;

TABELA 1  
COMPARAÇÃO MÚLTIPLA  
(TESTE DE TUKEY-KRAMER)  
ENTRE AS MÉDIAS DA DENSIDADE DAS  
ZOOXANTELAS (ZOOXANTELAS  $\times 10^6 \text{cm}^{-2}$ )  
DAS AMOSTRAS DE *Siderastrea* spp. DO RECIFE  
DE GUARAJUBA OBTIDAS DURANTE O PERÍODO  
MARÇO 2005 - MARÇO 2006

Comparações	Diferença entre médias	p
Mar/05 vs Jun/05	-1,0480	$p<0,001$ ***
Mar/05 vs Set/05	-0,4656	$p>0,05$ ns
Mar/05 vs Dez/05	0,0244	$p>0,05$ ns
Mar/05 vs Mar/06	-0,1900	$p>0,05$ ns
Jun/05 vs Set/05	0,5822	$p<0,05$ *
Jun/05 vs Dez/05	1,0720	$p<0,001$ ***
Jun/05 vs Mar/06	0,8578	$p<0,001$ ***
Set/05 vs Dez/05	0,4900	$p>0,05$ ns
Set/05 vs Mar/06	0,2756	$p>0,05$ ns
Dez/05 vs Mar/06	-0,2144	$p>0,05$ ns

(p = probabilidade, \* = significativo, \*\*\* = altamente significativo, ns = não significativo).

Figura 4). Este resultado corrobora com achados de Costa (2001) e Costa *et al.* (2005) no recife do Picãozinho (Paraíba), quando associaram a relação da densidade das zooxantelas nas espécies de coral *Siderastrea stellata*, *Montastraea cavernosa*, *Mussismilia harttii* e *M. hispida*, com a sazonalidade ocorrida no local, onde os menores valores das médias da densidade de zooxantelas ocorreram

no período mais seco e quente do ano.

Como não ocorreram variações expressivas dos parâmetros de salinidade e pH, avaliados na água das poças do recife de Guarajuba, o grau de branqueamento registrado nas amostras de *Siderastrea* spp. esteve associado às variações sazonais da temperatura da água.

De acordo com Glynn (1996) e Fitt *et al.* (2000) durante eventos de branqueamento o coral pode perder 60-90% de suas zooxantelas, a depender da espécie de coral em questão e da intensidade do evento de branqueamento. Valores mínimos de densidade das zooxantelas nos períodos mais quentes do ano e perda de ~60% de zooxantelas na espécie *Acropora palmata* foram observados nos recifes das Bahamas entre a estação mais quente e a mais fria do ano. No presente estudo, se o valor médio da densidade das zooxantelas encontrado no período mais frio registrado (junho/05) for considerado como característico de colônias saudáveis e se esse valor for comparado com a menor média da densidade encontrada durante o período estudado, verifica-se que as amostras de *Siderastrea* spp. perderam 65% de suas zooxantelas durante a estação mais quente do ano, mas nenhuma delas se apresentou totalmente branca. Essa perda pode caracterizar a ocorrência de um evento de branqueamento, porém de baixa intensidade, como o branqueamento que ocorre

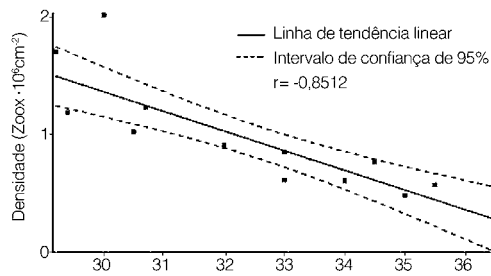


Figura 4. Dispersão dos pontos da correlação entre a temperatura da água e a densidade das zooxantelas (zooxantelas × 10<sup>6</sup> cm<sup>-2</sup>) das amostras de *Siderastrea* spp. do recife de Guarajuba durante o período compreendido entre março de 2005 e março de 2006 ( $r =$  coeficiente de Pearson).

naturalmente durante as variações de temperatura da água relacionadas à sazonalidade, registrado da mesma forma por Fitt *et al.* (2000).

Algumas colônias de *Siderastrea* spp. presentes no recife de Guarajuba chegaram a apresentar densidade de zooxantelas < 0,50 × 10<sup>6</sup> cm<sup>-2</sup> em seus tecidos, na estação mais quente do ano (verão/05), e chegaram a suportar variações diárias de temperatura da água das poças de até 5°C, com máxima chegando a 37°C no verão durante a baixa mar. De acordo com Costa e Amaral (2002), *S. stellata* parece portar uma menor densidade das zooxantelas, quando comparada a outras espécies de corais brasileiros, tais como *Mussismilia hispida*, *M. harttii* e *Montastraea cavernosa*. Essa característica poderia proporcionar a espécie *S. stellata* melhores condições de adaptabilidade frente às perturbações ambientais, já que a mesma sobrevive com tão baixa densidade de seus simbiontes. Segundo os autores, o fenômeno de branqueamento de *S. stellata* poderia ter um papel menos traumático nas colônias, uma vez que parece que a baixa densidade das zooxantelas confere a esta espécie um maior nível de resistência ao estresse térmico.

Segundo Paulay e Benayahu (1999), a resposta dos corais ao branqueamento parece estar parcialmente relacionada à resistência das espécies às variações ambientais. De acordo com estes autores, corais que vivem em ambientes expostos

a grandes flutuações de temperatura, salinidade e a radiação solar intensa, tais como o topo dos recifes, são geralmente menos afetados pelo branqueamento. Esse argumento pode vir a explicar a capacidade de resistência das colônias de *Siderastrea* spp. Inclusive, durante o severo branqueamento registrado em 1998 no recife de Guarajuba, a espécie *S. stellata* foi a

que apresentou o menor percentual de branqueamento em relação às outras espécies estudadas, além disso, ela é reconhecidamente a espécie dominante do local (Dutra *et al.*, 2000), podendo tudo isso estar relacionado à resistência da espécie às variações ambientais.

Tanto *S. stellata* quanto *S. radians* são espécies reconhecidas como resistentes a estresses ambientais (Leão *et al.*, 1988, Lirman *et al.*, 2002). Segundo West e Salm (2003), a exposição constante, ou a longo prazo, dos corais a um estresse pode influenciar na sua capacidade de resistência, pois através da aclimatação eles podem vir a se adaptar e sobreviver sob aquele estresse. Esse aspecto, no entanto, precisa ser melhor compreendido sobretudo para não cair em generalizações perigosas, principalmente em se tratando de espécies endêmicas, como a *S. stellata*, embora a possibilidade dessa espécie possuir um maior nível de resistência a fenômenos como o branqueamento, venha ser um aspecto interessante a ser considerado.

### Conclusões

- Entre os parâmetros ambientais medidos a temperatura da água foi o que mais variou durante o período estudado.
- O branqueamento observado nos corais estudados acompanhou as variações sazonais da temperatura da água, sendo portanto, uma resposta natural as mudanças neste parâmetro.
- Os cálculos da densidade

das zooxantelas podem ser usados para caracterizar o grau de branqueamento em corais, desde que esses dados sejam correlacionados com os valores da temperatura da água e mostrem relação inversa significativa.

- O branqueamento observado nas colônias de *Siderastrea* spp. no recife de Guarajuba, no período de março de 2005 e março de 2006, foi caracterizado como um episódio sazonal.

- As espécies de *Siderastrea* spp. que ocorrem em poças intermareais dos recifes costeiros, um ambiente fisicamente variável, podem apresentar uma maior resistência às variações das condições ambientais. Esta afirmativa corrobora sugestões da literatura de que *S. stellata* é um dos corais brasileiros mais resistentes às variações de temperatura e salinidade das águas costeiras do Brasil.

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pelo fomento ao projeto de pesquisa, a CAPES pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora, à FAPESB pela concessão de auxílio ao projeto de mestrado, e a todos os pesquisadores e colegas que ajudaram de forma direta ou indireta na conclusão desse trabalho.

### REFERÊNCIAS

- Baghdasarian G, Muscatine, L (2000) Preferential expulsion of dividing algal cells as a mechanism for regulating algal-cnidarian symbiosis. *Biol. Bull.* 199: 278-286.
- Berkelmans R, Willis BL (1999) Seasonal and local spatial patterns in the upper thermal limits of corals on the inshore Central Great Barrier Reef. *Coral Reefs* 18: 219-228.
- Brown BE (1997a) Coral bleaching: causes and consequences. *Coral Reefs* 16: s129-s138.
- Brown BE (1997b) Disturbances to reefs in recent times. Em Birkeland C (Ed.) *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman & Hall. Nova Iorque, EEUU. pp. 354-379.

- Castro CB, Pires DO (1999) A bleaching event on a Brazilian coral reef. *Rev. Bras. Oceanogr.* 47: 87-90.
- Cortés J, Risk MJ (1985) A reef under siltation stress: Cahuita, Costa Rica. *Bull. Mar. Sci.* 36: 339-356.
- Costa CF (2001) *Zooxantelas (Dinoflagelados Simbióticos) Hospedados por Corais (Cnidária Scleractinia) dos Recifes do Picãozinho, João Pessoa, Paraíba, Brasil*. Tese. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brasil. 89 pp.
- Costa CF, Amaral FMD (2002) Density and size differences in zooxanthellae from five reef-building coral species from Brazil. *Proc. Int. Coral Reefs Symp.* 9 Vol 1. Bali. Indonesia. pp. 159-162.
- Costa CF, Amaral FD, Sassi R (2001) Branqueamento de *Siderastrea stellata* (Cnidária, Scleractinia) da praia de Gaiabu, Pernambuco, Brasil. *Rev. Nordest. Biol.* 15: 15-22.
- Costa CF, Sassi R, Amaral FMD (2005) Annual cycle of symbiotic dinoflagellates from three species of scleractinian corals from coastal reefs of northeastern Brazil. *Coral Reefs* 24: 191-193.
- Dutra LXM, Kikuchi RKP, Leão ZMAN (2000) Thirteen months monitoring coral bleaching on Bahia's north coast, Brazil. *Proc. Int. Coral Reefs Symp.* 9. Vol 1. Bali, Indonesia. p. 373.
- Fagoonee IHB, Wilson MP, Hassell B, Turner JR (1999) The dynamics of zooxanthellae populations: a long-term study in the field. *Science* 283: 843-845.
- Fitt WK, Spero HJ, Halas J, White MW, Porter JW (1993) Recovery of the coral *Montastraea annularis* in the Florida Keys after the 1987 Caribbean "Bleaching event". *Coral Reefs* 12: 57-64.
- Fitt WK, Mcfarland FK, Warner ME, Chilcoat GC (2000) Seasonal patterns of tissue biomass and densities of symbiotic dinoflagellates in reef corals and relation to coral bleaching. *Limnol. Oceanogr.* 45: 677-685.
- Glynn PW (1991) Coral reef bleaching in the 1980s and possible connections with global warming. *Tree* 6: 175-179.
- Glynn PW (1993) Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs* 12: 1-17.
- Glynn PW (1996) Coral reef bleaching: facts, hypotheses and implications. *Global Change Biol.* 2: 495-509.
- Goreau TJ, Hayes RL (1994) Coral bleaching and ocean hotspots. *Ambio* 23: 176-180.
- Hoegh-Guldberg O, Smith GJ (1989) The effects of sudden changes in temperature irradiance and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals *Stylophora pistillata* and *Seriatopora hystrix*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 129: 279-303.
- Kikuchi RKP, Leão ZMAN, Oliveira MDM, Dutra LXC, Cruz IC (2004) Branqueamento de corais nos recifes da Bahia associado aos efeitos do El Niño 2003. *Cong. Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa* 2. Recife, Brasil. p. 213.
- Leão ZMAN, Araújo TMF, Nolasco MC (1988) The coral reefs off the coast of Eastern Brazil. *Proc. Int. Coral Reefs Symp.* 6. Townsville, Australia. pp. 339-346.
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Testa V (2003) Corals and coral reefs of Brazil. Em Cortês J (Ed.) *Latin America Coral Reefs*. Elsevier. Amsterdã, Holanda. pp. 9-52.
- Leão ZMAN, Kikuchi RKP, Oliveira MDM (2008) Branqueamento de corais nos recifes da Bahia e sua relação com eventos de anomalias térmicas nas águas superficiais do oceano. *Biota Neotrop.* 8: 69-82.
- Lirman D, Manzello D, Macia S (2002) Back from the dead: the resilience of *Siderastrea radians* to severe stress. *Coral Reefs* 21: 291-292.
- Marsh JA (1970) Primary productivity of reef-building calcareous red algae. *Ecology* 51: 255-263.
- Migotto AE (1997) Anthozoan bleaching on the southeastern coast of Brazil in the summer of 1994. *Proc. Int. Conf. Coelenterate Biol.* 6. Leeuwenhorst, Holanda. pp. 329-335.
- Muller-Parker G, D'Elia CF (1997) Interactions between corals and their symbiotic algae. Em Birkeland C (Ed.) *Life and Death of Coral Reefs*. Chapman & Hall. Nova Iorque, EEUU. pp. 96-113.
- Paulay G, Benayahu Y (1999) Patterns and consequences of coral bleaching in Micronesia (Majuro and Guam) in 1992-1994. *Micronesica* 31:109-124.
- Santa-Isabel LM (2001) *Caracterização da Bioerosão Interna dos Recifes de Guarajuba com Ênfase nos Macroperfuradores Bivalvos Sipunculídeos e Poliquetas - Litoral Norte do Estado da Bahia*. Tese. Universidade Federal da Bahia. Salvador, Brasil. 141 pp.
- Souter DW, Linden O (2000) The health and future of coral reef systems. *Ocean Coast. Manag.* 43: 657-688.
- Stimson J (1997) The annual cycle of density of zooxanthellae in the tissues of field and laboratory-held *Pocillopora damicornis*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 214: 35-48.
- West JM, Salm RV (2003) Resistance and resilience to coral bleaching: implications for coral reef conservation and management. *Cons. Biol.* 17: 956-967.
- Westmacott S, Teleki K, Wells S, West J (2000) *Gestão de Recifes de Coral Branqueados ou Severamente Danificados*. IUCN. Cambridge, RU. 36 pp.
- Woesik R (2001) Coral bleaching: transcending spatial and temporal scales. *Trends Ecol. Evol.* 16: 119-121.