

EFEITO DA TEMPERATURA NO BRANQUEAMENTO DE CORAIS: AVALIAÇÃO DE POTENCIAIS BIOINDICADORES DO AQUECIMENTO GLOBAL

Temperature effects on coral bleaching: evaluation of potential bioindicators for global warming

Denise Cavalcante Hissa¹, Thaís Moura Campos¹, Raquel Sombra Basílio de Oliveira^{1,2}, Danilo Gomes Viana¹, Emanuelle Fontenele Rabelo^{1,3}

RESUMO

O branqueamento é um processo de perda da coloração de corais causado pela interrupção da sua relação de simbiose com as zooxantelas. Diversos fatores influenciam esse fenômeno, sendo a alta temperatura das águas apontada como a principal causa. Esse trabalho consistiu em analisar o efeito da temperatura sobre o branqueamento de três espécies, o coral construtor *Siderastrea stellata*, e os zooantídeos *Palythoa caribaeorum* e *Zoanthus sociatus*, para avaliá-los como potenciais bioindicadores do aquecimento global. A espécie *S. stellata* apresentou branqueamento completo a 45°C em 24 horas e a 40°C em 72 horas. A 35°C as amostras experimentais apresentaram branqueamento parcial no final de uma semana, sendo então consideradas relativamente resistentes a essa temperatura. *P. caribaeorum* branqueou completamente em 48 horas quando submetido a 45°C e em 72 horas a 40°C. A espécie *Z. sociatus* foi a espécie mais resistente à temperatura, levando 48 horas para branquear a 45°C e não apresentando branqueamento completo por uma semana quando submetido a 40°C. Entre as três espécies estudadas, sugere-se *S. stellata* como bioindicador do aquecimento global.

Palavras-chaves: branqueamento, coral, temperatura, aquecimento global.

ABSTRACT

Bleaching is a process in which coral lose their coloration due to an interruption on their symbiotic relationship with zooxanthella algae. Several factors influence this phenomenon, high temperatures on water being the main cause. This study consists in analyzing temperature effects on bleaching of three species: the constructor coral reef *Siderastrea stellata*, and the zooanthids *Palythoa caribaeorum* and *Zoanthus sociatus*, in order to evaluate them as potential bioindicators of global warming. Species *S. stellata* displayed complete bleaching at 45°C in 24 hours and at 40°C in 72 hours. At 35°C the experimental samples showed partial bleaching after a week, being thus considered as relatively resistant to this temperature. *P. caribaeorum* bleached completely after 48 hours when submitted to 45°C, and in 72 hours at 40°C. Species *Z. sociatus* was the most resistant to temperature, taking 48 to bleach at 45°C and not showing complete bleaching after a week under temperatures as high as 40°C. Among the three studied species it is suggested that *S. stellata* is employed as a bioindicator for global warming.

Key words: bleaching, coral reef, temperature, global warming.

¹ Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará.

² Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do Ceará.

³ Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Av. da Abolição 320, Fortaleza, Ceará, CEP: 60.165-081, Brasil. E-mail: rabelo.ef@ufc.br

INTRODUÇÃO

O recife de coral é o ecossistema mais diverso dos oceanos, abrigando cerca de ¼ de todas as espécies marinhas, apesar de ocuparem somente 0,02% da área total dos mares (Kikuchi et al. 2003). Além disso, os recifes de coral participam do balanço químico global marinho como recicladores de carbono, fixando CO₂ atmosférico na sua estrutura (Birkeland, 1997; Dutra 2000). Esse ecossistema é extremamente sensível a variações de temperatura das águas do mar, e constitui-se, portanto, um excelente indicador de mudanças climáticas globais (Kikuchi et al., 2003).

O processo de branqueamento dos corais ocorre devido à expulsão das zooxantelas, dinoflagelados endossimbiontes localizados no tecido gastrodérnico dos corais. As zooxantelas dão a cor ao coral e fornecem de 60 até 98% de todo o seu carbono fotosintético. Em contrapartida, o coral provê abrigo para as algas e lhes fornece elementos químicos necessários à sua sobrevivência (Kikuchi et al., 2003).

Vários fatores influenciam o fenômeno de branqueamento, como salinidade, sedimentação, exposição à luz, mudanças no nível do mar, microrganismos patogênicos, metais pesados, alta irradiação e temperatura, sendo a última apontada como a principal causa (Dutra, 2000; Douglas, 2003).

As principais consequências do branqueamento são: diminuição da capacidade reprodutiva, diminuição nas taxas de crescimento e calcificação, a morte em massa das colônias com até 95% de mortalidade em algumas localidades além da mudança na composição das comunidades coralinas, em decorrência da morte de algumas espécies de organismos marinhos que dependem dos ambientes recifais (Gleason, 1993; Glynn, 1991 e 1993; Brown, 1997).

O branqueamento não é um fenômeno restrito apenas aos corais. Outros organismos que possuem relação simbiótica com zooxantelas, como zoantídeos, esponjas, moluscos e foraminíferos, também sofrem branqueamento como resposta a situações de estresse (Dutra, 2000).

Recentes levantamentos evidenciaram que na costa cearense predominam os corais zooxantelados não construtores, conhecidos como zoantídeos ou corais moles, por não apresentarem deposição de carbonato de cálcio em seus tecidos. Esses organismos geralmente formam grandes colônias incrustadas sobre as formações recifais da faixa intertidal, porém, também são encontradas colônias isoladas de corais construtores, como *Siderastrea stellata* e *Favia gravida* (Rabelo, 2007).

A alta turbidez da água é o principal fator limitante da ocorrência de recifes de coral no litoral

cearense, devido à alta taxa de deposição de sedimento de origem continental ao longo do litoral. Assim, a presença de espécies de corais construtores de recifes na costa cearense é pouco significativa, ocorrendo como colônias isoladas ou agregadas, formando manchas ou sítios (*spots*). Apesar disso, o seu papel no ecossistema local é bastante semelhante ao que desempenham quando formam recifes, pelo menos ao atuarem como “produtores primários”, devido às zooxantelas; como fonte de alimento para animais especializados na sua predação, ou como substrato e abrigo para uma fauna de comensais, perfurantes e oportunistas, dos mais variados grupos de organismos (Miner, 1950; Kaplan, 1988; Franklin Jr., 1992).

Embora seja um fenômeno a nível global, trabalhos sobre branqueamento de corais na região nordeste do Brasil, particularmente Ceará, são escassos. Diante disso, esse trabalho teve como objetivo testar a potencialidade de três espécies de corais, que ocorrem na costa cearense, como indicadores biológicos do aquecimento da água do mar, verificando o branqueamento através de sua sensibilidade a altas temperaturas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local de coleta: A coleta foi realizada na região compreendida por recifes de arenito em duas praias na costa cearense: Paracuru e Praia dos Dois Coqueiros, as quais apresentam grande abundância das espécies estudadas. Os recifes de arenito das duas áreas são caracterizados por afloramentos rochosos que interrompem a faixa arenosa apresentando formato horizontal ligeiramente inclinado sendo acessíveis somente durante a maré baixa. A praia de Paracuru situa-se no litoral oeste do Estado do Ceará a 90 km da Capital Fortaleza (03°23'53''S, 39°00'38.8''W) compreendendo uma faixa extensa de recifes de arenito com cerca de 3 km com poças de maré bastante conspícuas. A praia Dos Dois Coqueiros, Iparana (03°41'21.6''S, 38°36'36.4''W) apresenta características semelhantes, com formações de recifes de arenito que abrigam uma enorme diversidade de invertebrados. A salinidade e a temperatura da água das duas praias são semelhantes sendo a salinidade em torno de 35 e a temperatura variando entre 28 e 30 °C.

Coleta dos animais: A coleta das colônias foi realizada nos meses de novembro e dezembro de 2006, com o auxílio de espátula e martelo, durante a maré baixa. As marés variaram entre 0,2 e 0,3. As espécies coletadas foram *Siderastrea stellata* Verrill, 1868, um coral zooxantelado construtor e os zooantí-

deos *Palythoa caribaeorum* Duchassaing & Michelotti, 1860 e *Zoanthus sociatus* Ellis, 1767.

Experimento: O tamanho das colônias estudadas variou entre 5 e 7 cm². As amostras foram mantidas em aquários de água marinha com aerador e lâmpada fluorescente de aquário Aquastar/Sylvania durante 24h para aclimação dos animais à condições artificiais. Durante a aclimação, a salinidade e a temperatura da água foram controladas diariamente com o uso de refratômetro e termômetro, respectivamente. A luz do aquário permaneceu ligada durante 12 horas e desligada por 12 horas, simulando o fotoperíodo natural da área de coleta.

As três espécies foram mantidas em aquários diferentes, de modo a evitar interferência na sobrevivência das colônias devido a produção de metabólitos usados na competição por espaço. As espécies foram submetidas a diferentes temperaturas, mais altas que as do ambiente natural, de modo a testar sua susceptibilidade a condições de estresse térmico.

As temperaturas testadas foram: 35°C, 40°C e 45°C. A temperatura do experimento foi controlada por banho-maria, onde os aquários contendo as amostras em triplicata foram mantidos por no máximo 7 dias. Observações foram feitas nesse período com o objetivo de se observar o fenômeno de branqueamento das colônias.

O branqueamento foi verificado diariamente e as amostras foram fotografadas. Considerou-se como branqueada a colônia com mudança de cor dos pólipos, o que evidencia a morte das zooxantelas.

As amostras foram mantidas em aquários sujeitos a condições de salinidade estáveis e semelhantes ao ambiente natural, sendo controlada durante todo o experimento. Aquários controles foram mantidos com salinidade constante e temperatura ambiente (28-30°C). Após cada experimento, as amostras branqueadas foram novamente submetidas às condições controle, por uma semana, para observação de uma possível recuperação da colônia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A 45°C, as colônias de *Siderastrea stellata* branquearam em 24 horas, sendo observada intensa produção de muco. Já quando submetidos a 40°C, os indivíduos apresentaram completo branqueamento em 72 horas, com menor liberação de muco. A 35°C os indivíduos não apresentaram branqueamento completo durante uma semana de experimento, sendo, então, considerados relativamente resistentes a essa temperatura (Figura 1). Não foi observada produção de muco a temperatura de 35°C.

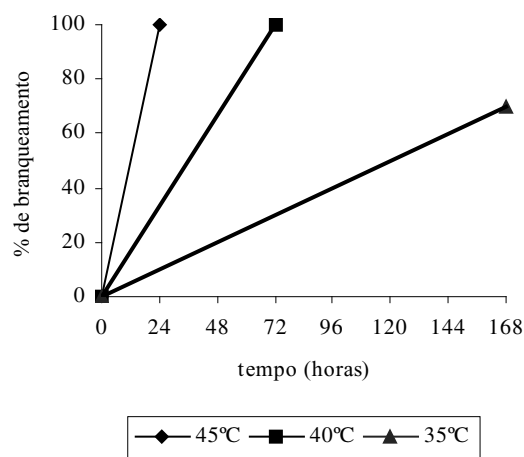


Figura 1 - Proporção de branqueamento em indivíduos de *Siderastrea stellata* quando submetidos às temperaturas de 35°C, 40°C e 45°C.

Bhagooli & Hidaka (2004) em um experimento realizado no Japão, mostraram que o coral construtor *Stylophora pistillata* branqueou completamente em temperaturas a partir de 30°C, após 48 horas de exposição, enquanto o coral construtor *Platygyra ryukyuensis* sobreviveu às temperaturas 30°C e 34°C no mesmo período de tempo, sugerindo que diferentes espécies apresentam diversas estratégias de sobrevivência à fatores adversos, com umas espécies mais resistentes que outras à variações de temperatura.

Os indivíduos da espécie *Palythoa caribaeorum* branquearam completamente em 48 horas quando submetidos a 45°C, e em 72 horas quando submetidos a 40°C (Figura 2). A 35°C os indivíduos não apresentaram branqueamento. Segundo Kemp *et al.* (2006), que trabalharam com amostras da mesma espécie, os indivíduos já tiveram resposta significativa de branqueamento a 34°C em 48 horas, perdendo en-

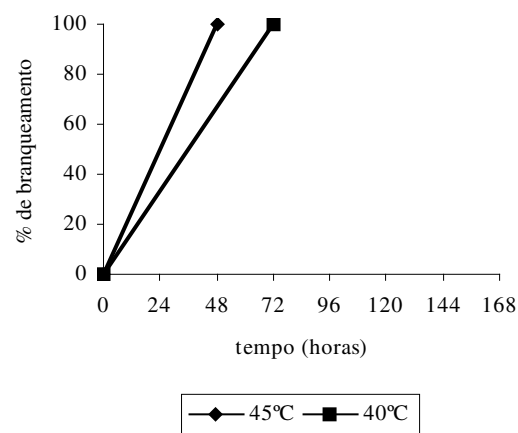


Figura 2 - Proporção de branqueamento em indivíduos de *Palythoa caribaeorum* quando submetidos às temperaturas de 40°C e 45°C.

tre 30 e 50% das zooxantelas. Isso demonstra que os indivíduos coletados no Nordeste do Brasil devem ser mais resistentes à elevação de temperatura, por serem adaptados a ambientes tropicais.

Houve uma grande produção de muco nas amostras de *P. caribaeorum* sob tratamento 45°C, mas não tão evidente a 40°C.

A 45°C, os indivíduos de *Zoanthus sociatus* apresentaram o branqueamento em 48 horas, com grande produção de muco. Quando submetidos a 40°C, não foi observado o branqueamento em nenhuma das amostras por uma semana e, devido a isso, não foi realizado o experimento a 35°C (Figura 3). A essa temperatura não foi observada grande produção de muco. Essa espécie demonstrou uma maior resistência à temperatura que as demais. Entretanto, Reimer (1971) verificou que amostras de *Zoanthus* sp. coletadas no Hawaii mostraram-se mais sensíveis à elevação de temperatura, com a expulsão das zooxantelas em apenas dois dias, a 30°C. Rabelo (2007) verificou que essa espécie apresenta maior resistência a condições de estresse, como elevada dessecação e temperatura, corroborando com a hipótese de que espécies que colonizam a região tropical apresentam maior resistência a fatores adversos comparado a regiões temperadas.

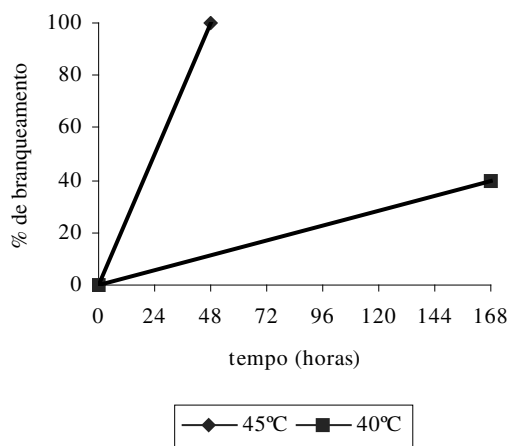


Figura 3 - Proporção de branqueamento em indivíduos de *Zoanthus sociatus* quando submetidos às temperaturas de 40°C e 45°C.

Foi observada proliferação de fungos nas amostras em experimento a 40°C em *P. caribaeorum* e *Z. sociatus*, a qual pode estar associada à grande produção de muco causada por aumento da temperatura e/ou pelo estresse a que foram submetidos nos aquários. O estresse causado pela temperatura elevada provavelmente causa uma baixa resistência nessas espécies deixando-as susceptíveis a ataque de patógenos.

Um patógeno pode ser parte da microflora natural do coral, utilizando polissacarídeos, proteínas e

lipídeos oriundos do muco do coral (Garrett & Ducklow, 1975). Quando a colônia do coral é submetida a uma condição de estresse, é iniciada uma grande produção de muco como parte de sua defesa contra o estresse (Weir-Brush *et al.*, 2004). Segundo o mesmo autor, os microrganismos utilizam a abundância de nutrientes disponíveis no muco produzido e começam a proliferar em grande número. À medida que os microrganismos aumentam em número, eles não mais permanecem membros inofensivos da microflora e podem começar a atacar o coral hospedeiro (Garrett & Ducklow, 1975; Koh *et al.*, 2002). Dessa forma, sugere-se, como melhoria na metodologia, a utilização de aquários com corrente de água, evitando o acúmulo de muco.

Os indivíduos branqueados foram submetidos à condição controle para observação de possível recuperação, porém não retornaram após uma semana. Segundo Rodrigues & Grottoli (2006), algumas espécies de corais conseguem alternar seu modo de nutrição entre fotoautotrófica e heterotrófica durante o branqueamento, o que possibilita sua recuperação.

CONCLUSÕES

A espécie de coral construtor *Siderastrea stellata* apresenta maior sensibilidade à alta temperatura, e uma maior resistência a fungos, sendo, entre as três espécies testadas, a que apresenta maior potencial como bioindicador do efeito do aquecimento global na costa do Ceará.

A espécie de zoantídeo *Palythoa caribaeorum* mostrou-se também como um possível indicador, apresentando sensibilidade intermediária a temperaturas mais altas.

O zoantídeo *Zoanthus sociatus* é a espécie mais resistente a temperatura elevadas (35 - 45°C), não sendo recomendado como bioindicador de aquecimento das águas. No entanto, são necessários mais estudos para validar essa informação.

Agradecimentos - Agradecemos aos Laboratórios de Invertebrados Marinhos, Fisiologia Animal e Microbiologia da Universidade Federal do Ceará. Em especial, aos pesquisadores Carlos Augusto Meirelles e Alysson Lira Angelim e a Professora Ana de Fátima Fontenele Urano de Carvalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bhagooli, R. & Hidaka, M. Photoinhibition, bleaching susceptibility and mortality in two scleractinian corals, *Platygyra ryukyuensis* and *Stylophora pisi-*

- tillata*, in response to thermal and light stresses. *Comp Biochem. Physiol.*, n.137, p.547-555, 2004.
- Birkeland, C. *Life and death of coral reefs*. Chapman & Hall, p. 354-379, New York, 1997.
- Brown, B. Coral bleaching: causes and consequences. *Proc. 8th Int. Coral Reef Sym.*, n.1, p.65-74, 1997.
- Douglas, A.E. Coral bleaching -how and why? *Mar. Poll. Bull.*, n.46, p.385-392, 2003
- Dutra, L.X.C. *O branqueamento de corais hermatípicos, no litoral norte da Bahia, associado ao evento El Niño/98*. Monografia de Graduação, Universidade Federal da Bahia, 78 p., Salvador, 2000.
- Franklin Jr., W. *Análise da malacofauna associada ao coral hermatípico Siderastrea stellata Verrill, 1901 (Cnidaria: Scleractinia) em duas localidades no litoral cearense*. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Ceará, 70 p., Fortaleza, 1992.
- Garrett, P. & Ducklow, H. Coral diseases in Bermuda. *Nature*, n.253, p.349-350, 1975.
- Gleason, M.G. Effects of disturbance on coral communities: bleaching in Moorea, French Polynesia. *Coral Reefs*, n.12, p.193-201, 1993.
- Glynn, P.W. Coral reef bleaching in the 1980's and possible connections with global warming. *Trends in Ecology & Evolution*, v.66, p.175-179, 1991.
- Glynn, P.W. Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs*, n.12, p.1-17, 1993.
- Kaplan, E.H. *Southeastern and Caribbean seashores*, Houghton Mifflin Company, Boston, p.200-220, 1988.
- Kemp, D.W.; Cook, C.B.; LaJeunesse, T.C. & Brooks, W.R. A comparison of the thermal bleaching responses of the zoanthid *Palythoa caribaeorum* from three geographically different regions in south Florida. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, n.335, p.266-276, 2006.
- Kikuchi, R.K.P.; Leão, Z.M.A.N.; Oliveira, M.D.M.; Dutra, L.X.C. & Cruz, I. Branqueamento de corais nos recifes da Bahia associado aos efeitos do El Niño 2003, p.446, in *Anais do IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário*, Recife, 2003.
- Koh, L.L.; Tan, T.K.; Chou, L.M. & Goh, N.K.C. Antifungal properties of Singapore gorgonians: a preliminary study. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, n.273, p.121-130, 2002.
- Miner, R. W. *Field book of seashore life*. Van Rees Press, New York, 1950.
- Rabelo, E.F. *Distribuição espacial e interações competitivas em zoantídeos (Cnidaria: Zoanthidae) em um ambiente de recifes de arenito no Nordeste do Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 104 p., Fortaleza, 2007.
- Reimer, A.A. Observations on the relationships between several species of tropical zooanthids (Zoanthidea, Coelenterata) and their zooxanthellae. *J. Exper. Mar. Biol. Ecol.*, n.7, p.207-214, 1971.
- Rodrigues, L.J. & Grottoli, A.G. Calcification rate and the stable carbon, oxygen, and nitrogen isotopes in the skeleton, host tissue, and zooxanthellae of bleached and recovering Hawaiian corals. *Geoch. Cosmoch. Acta*, n.70, p.2781-2789, 2006.