ISSN:2594-6153

Avaliação dos efeitos da oxibenzona e estresse térmico sobre o branqueamento do coral formador de recife *Seriatopora Caliendrum*

Ana Beatriz Ferreira Belo Santos[1], Lucas Fiorin de Souza[1], Luciana Lopes Guimarães[1], Gabriela Pustiglione Marinsek[1,4], Hosana Maria Debonsi[2], Lorena Rigo Gaspar[2], Luis Felipe Barcena Albertoni[5], Helen Sadauskas Henrique[1,3]

[1] Universidade Santa Cecília, Santos, São Paulo, Brasil
[2] Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto (FCFRP)
[3] Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo, Brasil
[4] Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho" (UNESP), São Vicente, SP, Brasil
[5] Coral Cultura, Peruíbe, São Paulo, Brasil

E-mail: anabeatrizfbsantos@gmail.com

Resumo: Os recifes de corais são ecossistemas de importância ecológica, porém encontram-se sob pressão decorrente do aquecimento dos oceanos e da presença de contaminantes antropogênicos. Este estudo avaliou os efeitos da oxibenzona (BP-3) associada ao estresse térmico sobre o branqueamento do coral *Seriatopora caliendrum*. Mudas de corais foram expostas, por 96h, a 10% do valor da EC_{50}-96h da BP-3 a 26º e 30º, juntamente com o controle e controle do solvente (DMSO). O branqueamento foi avaliado por análise digital dos canais R (red), G (green) e B (blue). Observou-se redução de 49% e 59% na concentração de BP-3 a 26°C e 30°C, respectivamente ao longo de 24h. O tratamento com BP-3 a 30°C apresentou alteração significativa da coloração, indicando maior branqueamento, e possível intensificação desse branqueamento, pela interação entre os estressores químico e térmico.
Palavras-chave: Branqueamento de corais; RGB; Benzofenona-3; Filtros UV; Contaminantes Marinhos

Assessment of the Effects of Oxybenzone and Thermal Stress on Bleaching in the Reef-Building Coral *Seriatopora caliendrum*

Abstract: Coral reefs are ecosystems of major ecological importance; however, they are threatened by ocean warming and anthropogenic contaminants. This study evaluated the combined effects of oxybenzone (BP-3) and thermal stress on bleaching in the coral *Seriatopora caliendrum*. Coral fragments were exposed for 96 h to a BP-3 concentration equivalent to 10% of its 96-h EC_{50} at 26 and 30 °C, alongside control and solvent control (DMSO) groups. Bleaching was assessed through digital analysis of the red (R), green (G), and blue (B) channels. Over 24 h, BP-3 concentrations decreased by 49% at 26 °C and 59% at 30 °C. Exposure to BP-3 at 30 °C caused a significant change in coral coloration, indicating greater bleaching and a possible intensification of this response due to the interaction between chemical and thermal stressors.
Keywords: Coral bleaching; RGB; Benzophenone-3; UV filters; Marine Contaminants

Introdução

Os recifes de coral apresentam elevada importância ecológica por fornecerem habitat para diversas espécies e contribuírem para a manutenção da biodiversidade marinha [1].

Entretanto, são ameaçados pelo aquecimento dos oceanos e por contaminantes antropogênicos [2]. O estresse térmico favorece eventos de branqueamento, caracterizados pela perda de pigmentação e pelo aspecto esbranquiçado do tecido coralino, comprometendo a sobrevivência dos recifes [3]. A exposição simultânea a outros estressores pode intensificar esses efeitos e reduzir a capacidade de recuperação dos corais [4].

Entre os contaminantes de interesse estão os filtros ultravioleta, como a benzofenona-3 (BP-3), ou oxibenzona, composto sintético utilizado em protetores solares [5]. Sua presença em ambientes costeiros pode afetar organismos marinhos, causando alterações no desenvolvimento e na sobrevivência de larvas de coral [6]. O branqueamento pode ser avaliado de forma não destrutiva por imagens digitais [7], utilizando os canais vermelho, verde e azul (RGB) para quantificar mudanças na coloração [8]. Alterações nesses valores têm sido relacionadas à exposição a contaminantes [9] e ao branqueamento dos corais [10]. Nesse contexto, *Seriatopora caliendrum*, coral da família Pocilloporidae, constitui um modelo adequado para estudos com estressores ambientais devido à fácil manutenção e reprodução por fragmentação.

Objetivo

O presente estudo tem como objetivo analisar de forma digital o branqueamento do coral de espécie modelo após a exposição a 10% do valor da EC_{50}-96h da oxibenzona (BP-3) sob diferentes temperaturas.

Materiais e Métodos

Fragmentos de *S. caliendrum*, doados pela empresa Coral Cultura Ltda., foram aclimatados por sete dias (26°C, salinidade 33 ppt, pH 8,1, alcalinidade 7–8 dKH, fotoperíodo de 8h). Após a aclimatação, os corais foram distribuídos em grupos experimentais em triplicata (N=3 aquários; 8 fragmentos/aquário; N=24 por grupo), submetidos a 96h de exposição aos tratamentos: controle (26°C e 30°C), controle-solvente com DMSO 0,03% (26°C e 30°C) e BP-3 a 2 mg/L (26°C e 30°C), com renovação diária de 100% da água. A concentração de BP-3 correspondeu a 50% da CE50-96h estimada para a espécie em estudo prévio.

A água foi coletada no início do teste (T0) e vinte quatro horas após (T24), sendo armazenadas em garrafas âmbar e mantidas na geladeira a 14°C. Para a extração da BP-3, as amostras foram submetidas à técnica de partição líquido–líquido, utilizando diclorometano (DCM) como solvente extrator; as amostras foram transferidas para um funil de separação com o solvente extrator (DCM) e a mistura foi agitada e mantida em repouso durante o período de

40 minutos para a separação das fases. As amostras foram analisadas em espectrofotômetro (SpectraMax®), utilizando comprimento de onda de 320 nm.

Após 96 h de exposição, os fragmentos foram fotografados sob iluminação branca padronizada, utilizando câmera Canon® Zoom Lens 16×15 (5,0–80,0 mm; f/3.5–5.9). A coloração foi analisada no Adobe Photoshop® conforme Hirayama et al. (2017) [9]. Após a seleção do coral e aplicação do desfoque médio, foram obtidos os valores dos canais vermelho (R), verde (G) e azul (B). Valores próximos de 255 indicam maior branqueamento, enquanto valores próximos de 0 indicam maior pigmentação.Resultados

Determinação da concentração de Oxibenzona na água de exposição

A concentração de BP-3 dissolvida na água apresentou redução ao longo do período de exposição de 24h nas duas condições de temperatura avaliadas, 26°C e 30°C (Figura 1). A 26°C, a concentração média de BP-3 reduziu 49%, enquanto que a 30°C, houve uma redução de 59%.

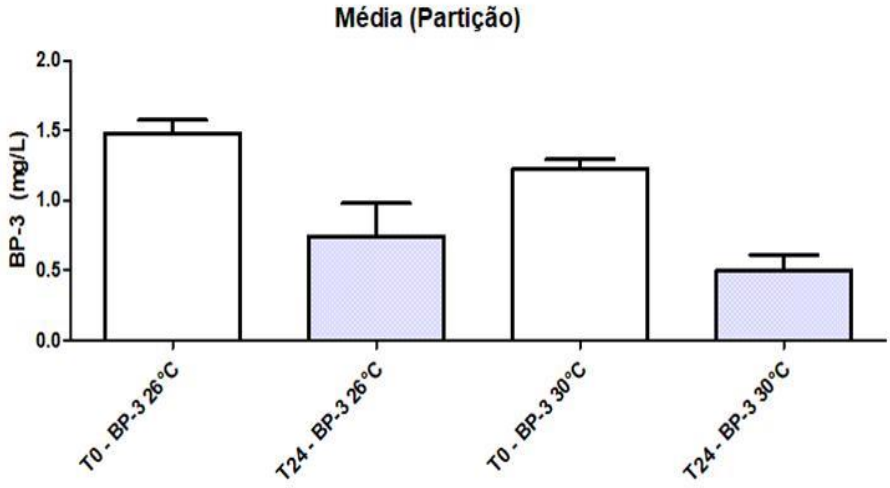

Figura 1: Comparação das concentrações de BP-3 mg/L na água durante a exposição (T0, inicial e T24, após 24h) do coral *Seriatophora caliendrum* a oxibenzona (BP-3).

Avaliação do coral *Seriatopora Caliendrum* através do método RGB

O RGB não apresentou diferenças significativas entre o grupos controles 26°C e 30°C em relação aos grupos DMSO 26°C e 30°C, assim como BP-3 26°C. Por outro lado, BP-3 30°C apresentou diferença significativa em relação a todos os grupos para os canais R e G, sendo o canal B diferente apenas do grupo DMSO 26°C (Figura 2).

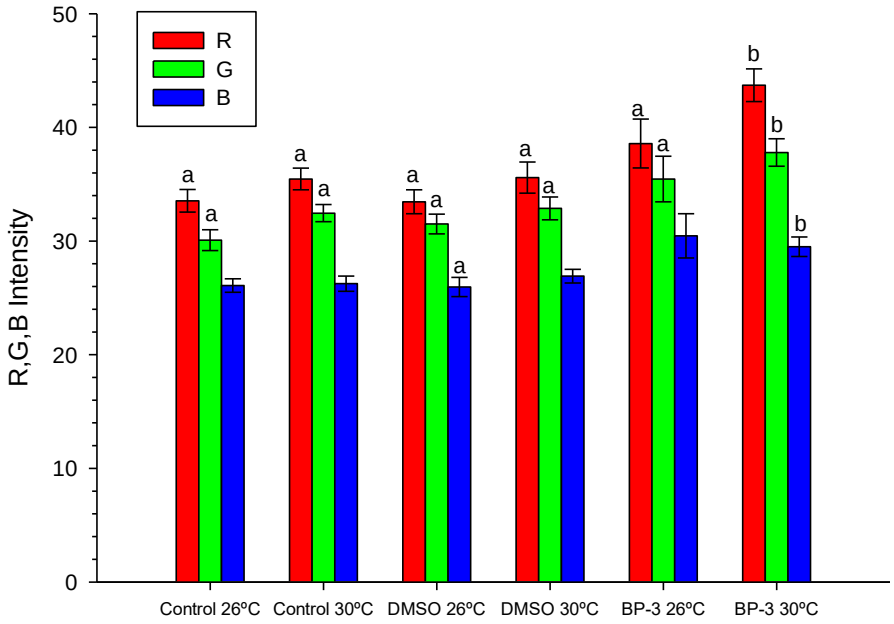

Figura 2: Valores (média ± erro padrão) correspondentes aos canais de R (Vermelho), G (Verde) e B (Azul) obtidos com base na análise de imagens de *Seriatopora caliendrum* exposto por 96h a 10% da EC_{50}-96h da oxibenzona (BP-3) a 26 e 30ºC. Letras diferentes representam diferenças estatísticas entre os grupos.

Discussão

A redução da concentração de BP-3 em 24 h indica sua remoção ou transformação na água de exposição, possivelmente por processos envolvendo o radical hidroxila (•OH), o oxigênio singlete ($^1O_2$) e a matéria orgânica dissolvida na fototransformação indireta (WANG et al., 2022). A maior redução a 30 °C (59%) em comparação a 26 °C (49%) sugere possível influência da temperatura, embora os dados não permitam atribuir essa diferença diretamente ao aquecimento. Como a concentração nominal de 2 mg/L não foi mantida durante todo o período, a renovação diária da água é importante para minimizar essa redução e manter a exposição próxima à concentração nominal.

O aumento dos valores RGB no tratamento com BP-3 a 30 °C indica maior clareamento dos corais, uma medida indireta do branqueamento associada à redução da pigmentação, da densidade de simbiontes e da concentração de clorofila *a* (Winters et al., 2009; McLachlan et al., 2022). A alteração significativa, principalmente nos canais vermelho (R) e verde (G), sugere que a combinação entre BP-3 e estresse térmico intensificou as alterações na coloração de *S. caliendrum*, corroborando a hipótese de maior resposta de branqueamento diante da exposição simultânea a esses estressores.

Conclusão

Após 24 h, a concentração de BP-3 diminuiu 49% a 26 °C e 59% a 30 °C, possivelmente devido à degradação ou transformação do composto na água, com potencial influência da temperatura nesse processo. Apesar da redução da concentração efetiva, a exposição à BP-3 associada a 30 °C provocou alterações significativas na coloração de *S. caliendrum*, compatíveis com o branqueamento. Os resultados sugerem uma interação entre os estressores químico e térmico.

Agradecimentos: CNPq, CAPES (código 001 e Processo 88881.709630/2022-01).

Referências

1. Moberg F, Folke C. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. Ecol Econ. 1999;29(2):215-233. doi:10.1016/S0921-8009(99)00009-9.
2. Hughes TP, Kerry JT, Álvarez-Noriega M, Álvarez-Romero JG, Anderson KD, Baird AH, et al. Global warming and recurrent mass bleaching of corals. Nature. 2017;543(7645):373-377. doi:10.1038/nature21707.
3. Wang Q, Zhou X, Wang J, Zhang H, Fang H, Cai F, et al. Heterotrophy confers corals with resistance but limits their range expansion: a case of marginal coral communities. Ecosyst Health Sustain. 2024;10:0246. doi:10.34133/ehs.0246.
4. Baker AC, Glynn PW, Riegl B. Climate change and coral reef bleaching: an ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. Estuar Coast Shelf Sci. 2008;80(4):435-471. doi:10.1016/j.ecss.2008.09.003.
5. Kim S, Choi K. Occurrences, toxicities, and ecological risks of benzophenone-3, a common component of organic sunscreen products: a mini-review. Environ Int. 2014;70:143-157. doi:10.1016/j.envint.2014.05.015.
6. Danovaro R, Bongiorni L, Corinaldesi C, Giovannelli D, Damiani E, Astolfi P, et al. Sunscreens cause coral bleaching by promoting viral infections. Environ Health Perspect. 2008;116(4):441-447. doi:10.1289/ehp.10966.
7. Chow MH, Tsang RHL, Lam EKY, Ang PO Jr. Quantifying the degree of coral bleaching using digital photographic technique. J Exp Mar Biol Ecol. 2016;479:60-68. doi:10.1016/j.jembe.2016.03.003.
8. Winters G, Holzman R, Blekhman A, Beer S, Loya Y. Photographic assessment of coral chlorophyll contents: implications for ecophysiological studies and coral monitoring. J Exp Mar Biol Ecol. 2009;380(1-2):25-35. doi:10.1016/j.jembe.2009.09.004.
9. Hirayama, K., Takayama, K., Haruta, S., Ishibashi, H., & Takeuchi, I. (2017). Effect of low concentrations of Irgarol 1051 on RGB (R, red; G, green; B, blue) colour values of the hard-coral Acropora tenuis. *Marine pollution bulletin*, *124*(2), 678-686.
10. Nishiguchi S, Wada N, Yamashiro H, Ishibashi H, Takeuchi I. Continuous recordings of the coral bleaching process on Sesoko Island, Okinawa, Japan, over about 50 days using an underwater camera equipped with a lens wiper. Mar Pollut Bull. 2018;131(Pt A):422-427. doi:10.1016/j.marpolbul.2018.04.020.lv