



PREFERÊNCIA DOS ORGANISMOS PLANCTÔNICOS ÀS DIFERENTES CORES EMITIDAS POR BASTÕES DE LUZ QUÍMICA

M.A.Y. Rocha¹

V.F. Hadel²; C.G. Tiago²; V. Viviani¹

1. Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Laboratório de Bioquímica e Biotecnologia de Sistemas Bioluminescentes, Rodovia João Leme dos Santos, Km 110 SP - 264, 18052 - 780, Sorocaba, SP, Brasil Telefone: (15) 3229 - 6000 (PABX) - mayraki@hotmail.com

2. Universidade de São Paulo, Centro de Biologia Marinha, Rod. Manoel Hipólito do Rego km 131,5, 11600, São Sebastião, SP, Brasil

INTRODUÇÃO

A bioluminescência, a emissão de luz visível por organismos vivos sem produção de calor, apresenta uma enorme diversidade quanto à sua distribuição filogenética, função, biologia, bioquímica e mecanismos de controle (Vanderlinden *et al.*, 2003). Ocorre tanto no ambiente terrestre como no marinho e nunca foi observada em plantas e vertebrados, com exceção dos peixes (Mallefet, 1999).

A bioluminescência resulta de reações oxidativas altamente exergônicas nas quais moléculas genericamente chamadas de luciferinas são oxidadas, por oxigênio ou um de seus derivados, na presença de enzimas (chamadas de luciferases), produzindo moléculas eletronicamente excitadas que decaem, emitindo fótons de luz visível (Hastings, 2001). A diversidade bioquímica das luciferinas, cofatores e sequência das luciferases, levou os pesquisadores a sugerir que este processo deva ter se originado várias vezes e independentemente em diferentes grupos taxonômicos (Hastings, 2001).

Estudos sobre a bioluminescência vêm sendo realizados regularmente, porém poucos foram dedicados à ecologia e comportamento dos organismos marinhos costeiros (Grober, 1988). Ela deve ser distinguida dos outros tipos de luminescência, fosforescência e fluorescência, pelo fato de não depender da absorção da radiação incidente. Pode ser contínua ou emitida através de lampejos, desempenha importantes funções na comunicação inter e intra - específica dos organismos onde ocorre (Herring, 1978).

A comunicação interespecífica é frequentemente utilizada para atrair presas, quando a emissão é contínua, ou evitar a predação, através de lampejos de luz repentinos que podem intimidar e repelir predadores (Hastings, 2001). Pode ser utilizada, ainda, em estratégias aposemáticas, indicando impalatabilidade, por exemplo, ou como camuflagem, tornando o animal praticamente invisível na estratégia denominada contra - luz. Os organismos bioluminescentes utilizam a comunicação intra - específica para atrair indivíduos da

mesma espécie e, para tanto, um deve ser capaz de emitir luz e o outro de detectá - la e reagir a ela. Seu uso em estratégias de acasalamento é bem documentado para várias espécies (Morin, 1983). Finalmente, funções fisiológicas como detoxificação de oxigênio e suas espécies reativas, assim como reparos dos danos causados pela radiação ultravioleta, também têm sido considerados (Hastings, 2001).

A bioluminescência predomina no ambiente marinho e pode ser observada em todas as profundidades (Herring, 1978; Morin, 1983). No entanto, ela predomina nas profundezas, onde se estima que 75% das espécies e 95% dos indivíduos sejam bioluminescentes (Herring, 1978). Mas é a zona costeira que abriga a maior densidade de organismos bioluminescentes, embora a porcentagem de espécies capazes de emitir luz nessa região seja menor do que em águas profundas (Morin, 1983). Há uma grande diferença entre os organismos bioluminescentes marinhos da região costeira e oceânica. Em águas costeiras os organismos utilizam a bioluminescência principalmente para evitar a predação, enquanto que nas águas profundas eles a utilizam em complexos mecanismos de comunicação, que incluem os defensivos. A bioluminescência na zona costeira ocorre em organismos com órgãos visuais rudimentares, sésseis ou sedentários, com padrões de comportamento simplificados, a maioria com fotócitos simples que produzem lampejos rápidos. Já nos organismos oceânicos, a bioluminescência é muito mais desenvolvida e ocorre em espécies com fotóforos, respostas cinéticas e comportamento complexo, com movimentos rápidos, órgãos da visão bem desenvolvidos. Neste ambiente os principais organismos bioluminescentes são peixes, cefalópodos, e crustáceos, pouco frequentes nas regiões costeiras (Morin, 1983).

Os invertebrados bioluminescentes marinhos estão distribuídos em 12 filos, com maior diversidade nos Cnidaria, Ctenophora, Annelida, Mollusca, Arthropoda e Echinodermata (Herring, 1978; Morin, 1983). Infelizmente, no Brasil a bioluminescência marinha é pouco estudada e não se sabe

muito sobre a sua ocorrência.

Chaetopterus sp é um anelídeo da classe Polychaeta capaz de emitir luz. Vive no interior de um tubo pergamináceo em forma de "U", enterrado no sedimento com apenas as duas extremidades visíveis na superfície do substrato. Geralmente é encontrado em regiões areno - lodosas, mas também pode ocorrer em fundos consolidados, aderidos à superfície de rochas e outros organismos, como ascídias (Flood & Filala - Médioni, 1982; Irvine, *et al.*, 1999). Sua distribuição geográfica abrange os dois hemisférios. Apesar de produzir lampejos de luz azulada por todo o corpo (Herring, 1978) não é muito clara a função da bioluminescência neste animal.

Podemos descartar a atração de um parceiro para a reprodução como função da luminescência em *Chaetopterus* sp, já que nesta espécie a fecundação é externa, sem o contato entre macho e fêmea. Pode - se descartar, também, a função defensiva, uma vez que o animal vive enterrado no substrato e protegido por um tubo pergamináceo. Por outro lado, como os representantes da família Chaetopteridae capturam o alimento através de redes de muco que podem ser bioluminescentes (Rouse & Pleijel, 2002), é possível que a produção de luz nesta espécie seja utilizada para atração das presas. Quando se alimenta, este poliqueta aproxima - se de uma das extremidades do tubo, estende o par de notópódios para fora e começa a secretar muco, criando uma grande bolsa ingerida posteriormente com o alimento capturado (MacGinitie, 1939).

OBJETIVOS

Este trabalho teve como objetivo avaliar se a luz emitida por *Chaetopterus* sp pode ser utilizada para atrair presas do plâncton, elucidando o papel da bioluminescência nesta espécie.

MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Coleta

As coletas dos indivíduos de *Chaetopterus* sp. e do plâncton foram realizadas no Canal de São Sebastião (23^o49'S - 45^o22'W). Os indivíduos de *Chaetopterus* sp. foram coletados manualmente no substrato do fundo através de mergulho autônomo, a uma profundidade aproximada de 4 m. O plâncton foi coletado através de arrastos diurnos na camada superficial da massa d'água. Foram coletadas amostras no verão, outono, e inverno. Cada experimento foi realizado com uma réplica, sendo que as amostras foram coletadas em dias diferentes. Para tanto, foi utilizada uma rede com abertura de malha de 150 μ m no verão e no inverno, e de 70 μ m no outono. Uma subamostra de cada amostra de plâncton foi separada antes da mesma ser introduzida no aquário onde foram conduzidos os experimentos, a fim de registrar as espécies de organismos coletadas.

3.2. Experimentos

Os seis experimentos foram realizados num dos laboratórios do Centro de Biologia Marinha da USP (CEBIMar - USP), localizado no município de São Sebastião, SP. O aquário utilizado possuía um volume de 60 litros (50 x 40 x 30 cm),

preenchido com 50 litros de água do mar e com um sistema de aeração acionado por cerca de 24 horas antes do início de cada experimento.

Foram utilizados bastões de luz química de cinco cores, simulando os diferentes tipos de bioluminescência emitida por organismos aquáticos: vermelho (620 nm); laranja (com dois picos de emissão de luz, um em 540 nm, e outro em 610 nm); amarelo (540 nm); verde (500 nm) e azul (450 nm). O bastão de luz azul apresenta um comprimento de onda semelhante ao da luz emitida por *Chaetopterus* sp (460 nm). Dois bastões de cada cor foram inseridos em tubos de PVC flexível e opaco, com 40 cm de comprimento e 5/8 polegadas de diâmetro interno, aproximadamente as dimensões do tubo de um *Chaetopterus* adulto. Um sexto tubo foi utilizado como controle e continha dois bastões de luz química esgotados e que não emitiam mais luz. Os seis tubos de PVC foram lavados em água do mar corrente por 24 horas antes do início dos experimentos a fim de eliminar ao máximo os sinais químicos do material sintético. Os tubos foram curvados em forma de "U" com as extremidades fixadas com fio metálico revestido com capa plástica. Esta armação serviu, também, para fixar cada tubo na borda interna do aquário de modo a mantê - los submersos e cheio de água. Durante a realização dos experimentos o sistema de aeração do aquário foi desligado para evitar turbulência na água e evitar sua interferência na movimentação do plâncton. Neste período o laboratório permaneceu completamente escuro. Os experimentos tiveram duração de 20 minutos, após os quais os tubos eram retirados do aquário e a água neles contida esgotada em frascos para triagem posterior. As amostras foram fixadas em formaldeído 4 % até o momento da triagem.

3.3. Identificação dos organismos e Análise das triagens

As amostras foram triadas e os organismos identificados, utilizando - se um estereomicroscópio Wild M - 3B com ocular de 10X (aumentos de 6,4X, 16X e 40X) e da literatura especializada. A partir dos dados obtidos foram elaborados gráficos e tabelas que mostram a diferença entre os organismos presentes nos cinco tubos iluminados com cores diferentes e no tubo controle, completamente escuro.

3.4. Análise de conteúdo estomacal de *Chaetopterus* sp

Foram analisados estômagos de organismos recém coletados e pelotas fecais dos três organismos mantidos em laboratório. Estes indivíduos foram mantidos em aquários aerados, retirados de seus tubos e transferidos para mangueiras de PVC transparente, nas medidas de 3/8, 1/2 e 5/8 de polegada de diâmetro interno e com 40 cm de comprimento, dessa forma facilitou sua observação.

Para a análise do conteúdo estomacal, seis indivíduos foram coletados e os estômagos foram separados e fixados em álcool 70 %. As pelotas fecais dos animais mantidos em laboratório foram retiradas do interior dos tubos com pipetas e preservadas em álcool 70 %. As análises foram feitas utilizando um estereomicroscópio Wild M - 3B com ocular de 10X e aumentos de 6,4X, 16X e 40X.

RESULTADOS

Considerando apenas os grandes grupos das formas adultas presentes em todas as amostras triadas, foram reg-

istrados os seguintes táxons: Protozoa, Cnidaria, Platyhelminthes, Copepoda, Cladocera, Amphipoda, Polychaeta, Pteropoda, Echinodermata (ouriços e estrelas - do - mar jovens), Chaetognatha, Chelicerata, e Urochordata. Entre as formas larvais, foram encontrados representantes dos Nemertea, Copepoda, Cirripedia, Gastropoda, Bivalvia, Scaphopoda, Polychaeta, Decapoda, Brachyura, Sipuncula, Echinodermata, Hemichordata e Bryozoa. Entre os demais organismos presentes, foram anotados: diatomáceas, dinoflagelados, e *Chaetoceros* sp associado a *Vorticella* sp. A partir dos dados obtidos, foi possível observar que os Copepoda, tanto adultos, como náuplios, foram fortemente atraídos pela luz azul, aparecendo, em um dos experimentos, com mais de novecentos indivíduos no tubo, enquanto que nos outros não chegaram a duzentos. Os demais organismos distribuíram - se de forma mais ou menos homogênea entre todos os tubos, incluindo o controle. Apesar da análise de conteúdo estomacal de *Chaetopterus* sp não demonstrar dados satisfatórios, ao realizar a análise das pelotas fecais, foi encontrada uma grande quantidade de carapaças de Copepoda. Desse modo, foi possível correlacionar a atração destes animais pela luz azul.

CONCLUSÃO

Conclui - se que parte dos organismos do plâncton são atraídos pela luz azul, especialmente os Copepoda. Considerando que os *Chaetopterus* sp emitem lampejos de bioluminescência neste comprimento de onda, e que as pelotas fecais examinadas contêm uma quantidade significativa de restos de Copepoda, podemos concluir que *Chaetopterus* sp utiliza a bioluminescência como estratégia para obtenção de alimento.

REFERÊNCIAS

- Flood, P.R.; Fiala - Médioni, A.. 1982.** Structure of the mucous feeding filter of *Chaetopterus variopedatus* (Polychaeta). *Marine Biology*, **72**:27 - 33.
- Grober, M.S. 1988.** Responses of tropical reef fauna to brittle - star luminescence (Echinodermata: Ophiuroidea). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **115**:157 - 168.
- Hastings, J.W. 2001.** Bioluminescence. In: *Cell physiology sourcebook: A molecular approach*. Academic Press. 3ed., cap. 65, p. 1115 - 1131.
- Herring, P.J. 1978.** Appendix: A classification of luminous organisms. In: *Bioluminescence in action*. Academic Press, p. 461 - 476.
- Irvine, S.Q.; Chaga, O.; Martindale, M.Q. 1999.** Larval ontogenetic stages of *Chaetopterus* developmental heterochrony in the evolution of chaetopterid polychaetes. *Biological Bulletin*, **197**:319 - 331.
- MacGinitie, G.E. 1939.** The method of feeding of *Chaetopterus*. *Biological Bulletin*, **77**(1):115 - 118.
- Mallefet, J. 1999.** Physiology of bioluminescence echinoderms. In: **Carnevali, M.D.C. & Bonasoro, F.** (eds.) *Echinoderm research*. Balkema. p. 93 - 102.
- Morin, J.G. 1983.** Coastal bioluminescence: Patterns and functions. *Bulletin of Marine Science*, **33**(4):784 - 817.
- Rouse, G.W. & Pleijel, F. 2002.** *Chaetopteridae Audouin and Milne Edwards, 1833*. In: **Rouse, G.W. & Pleijel, F.** (eds.) *Polychaetes*. Oxford University Press, p. 256 - 260.
- Vanderlinden, C. & Deheyn, D.M.J. 2003.** Screening of second messengers involved in photocyte bioluminescence control of three ophiurid species (Ophiuroidea: Echinodermata). *Journal of Experimental Biology*, **206**:3007 - 3014.