



O escorpião fluorescente: Uma proposta interdisciplinar para o Ensino Médio

Juliano A. Elias, Andréa C. e Carvalho e Gérson S. Mól

Escorpiões são animais que amedrontam e fascinam. São aracnídeos relativamente comuns e suas ferroadas causam lesões de gravidade variada, podendo mesmo levar à morte. É importante conhecer esses animais e prevenir acidentes, especialmente em regiões nas quais a presença humana se sobrepõe aos seus habitats. Uma característica pouco conhecida e que permite identificar escorpiões à noite é a fluorescência que seu corpo manifesta em presença de radiação ultravioleta, a popular luz negra. Este trabalho apresenta elementos para a elaboração de uma proposta interdisciplinar para o Ensino Médio, a partir da análise do fenômeno do ponto de vista da Química (substâncias orgânicas fluorescentes), da Biologia (possíveis vantagens evolutivas), e da Física (radiações eletromagnéticas envolvidas).

► Interdisciplinaridade, fluorescência, escorpião ◀

286

Recebido em 26/08/2016, aceito em 15/02/2017

O objetivo deste trabalho é a proposição de um experimento interdisciplinar para o Ensino Médio sobre a fluorescência do escorpião. Para que o trabalho tenha sucesso, é importante conhecermos o animal e o fenômeno investigado. O nome escorpião vem do grego *skorpíos*, do qual derivam o nome de uma constelação e o signo zodiacal. Em uma versão de lenda da mitologia grega, Órion, o caçador, tentou violentar a deusa Artemis, que então mandou um escorpião picá-lo mortalmente. Agradecida ao escorpião, Artemis o transformou em uma constelação. Fez o mesmo com Órion, e, como castigo, posicionou sua constelação em uma posição no céu em que foge eternamente da constelação de Escorpião (Kuri, 2008).

Marcussi *et al.* (2011) mencionam a existência de diversas simbologias envolvendo o escorpião: “traíçoeiro, sedutor, animal exótico, peçonhento, que representa um dos mais fortes signos do zodíaco.” (Marcussi *et al.*, 2011, p. 29). Esboçados os elementos culturais referentes ao escorpião, é importante conhecer um pouco de suas características biológicas.

A seção “Experimentação no ensino de Química” descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola.

O Escorpião: Características biológicas

Escorpiões são artrópodes da classe dos aracnídeos, que inclui também aranhas, ácaros e carrapatos. Pertencem à ordem *Scorpionidea*, e estão presentes em todos os continentes, exceto na Antártica, preferindo regiões de clima tropical ou subtropical (Kotpal, 2014). São os aracnídeos mais antigos, tendo variado muito pouco em 400 milhões de anos. A figura 1 apresenta a morfologia do escorpião.

Escorpiões são, em sua maioria, noturnos (Gaffin *et al.*, 2012). Fotofóbicos, buscam abrigo durante o dia sob rochas,

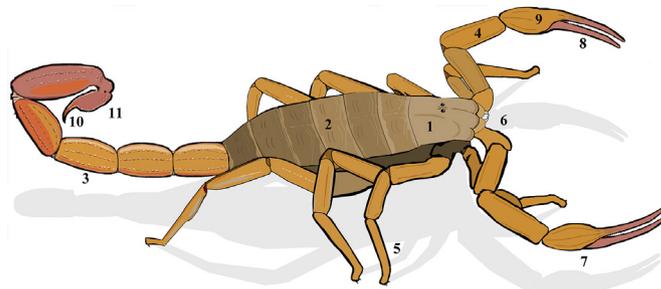


Figura 1: Morfologia do escorpião, usando como modelo a espécie brasileira *Tityus serrulatus*, destacando o cefalotórax (1), o abdômen (2), a cauda (3), os pedipalpos (4), as patas (5), a quelicera (6), as pinças (7), a garra móvel (8), a garra fixa (9), o ferrão ou acúleo (10), o télson (11). Fonte: Elaboração dos autores

troncos, bueiros, etc. Alimentam-se de aranhas, insetos e outros pequenos animais noturnos (Kotpal, 2014), podendo permanecer em jejum por mais de seis meses. A necessidade de água é variável. Outros aracnídeos são ovíparos, mas os escorpiões são ovovíparos: os ovos eclodem dentro do corpo da mãe, que carrega os filhotes pelo menos até a primeira muda ou ecdise. Passam durante a vida por quatro a cinco ecdises, isto é, trocam a cutícula, parte fluorescente do exoesqueleto. O novo exoesqueleto não fluoresce até que endureça. Em cerca de um ano ficam adultos, reproduzindo-se sexuadamente ou por partenogênese (óvulos não fecundados originando embriões viáveis). No mundo são cerca de 2000 espécies identificadas, poucas dezenas perigosas para os humanos. No Brasil, há cerca de 90 espécies (Marcussi *et al.*, 2011). Uma das mais perigosas é o *Tityus serrulatus* (escorpião amarelo), abundante no meio urbano. Com base na gravidade das manifestações clínicas, especialmente em idosos e crianças, pode ser necessário uso de soro específico para a picada. Feitas as considerações sobre o animal, vamos entender o fenômeno da fluorescência.

Fluorescência versus fosforescência

A fluorescência e a fosforescência são fenômenos fotoluminescentes relacionados à excitação provocada por absorção de fótons, com emissão de luz, sempre em comprimento de onda (λ) maior do que o da radiação incidente. A fluorescência é a transição de um estado excitado singlete, de mesma multiplicidade de spin que o estado mais baixo, não havendo mudança de spin eletrônico, o que a torna uma transição rápida, em escalas de tempo que vão de picossegundos a microssegundos (Wardle, 2010). Neste trabalho será enfatizada a fluorescência, mas é importante mencionar para os estudantes a fosforescência e suas aplicações, tais como na confecção de interruptores e tomadas elétricas (Tolentino; Rocha-Filho, 1996). Na fosforescência, ocorre transição entre estados de diferente multiplicidade, usualmente de um estado triplete para um estado de mais baixa energia, envolvendo mudanças de spins eletrônicos “proibidas”, que deixam o processo de emissão mais lento que a fluorescência, abrangendo escalas de tempo que vão tipicamente de 10^{-3} a 10^2 segundos (Wardle, 2010). A diferença básica entre os dois tipos de luminescência está na multiplicidade dos estados eletrônicos excitados: singlete para a fluorescência, triplete para a fosforescência (Kagan, 1993), e na transição rápida na fluorescência e lenta na fosforescência.

O professor pode mencionar a presença de cadeias policíclicas dotadas de certa rigidez em muitos materiais fluorescentes, como no caso do quinino (figura 2), presente na água tônica (Nery; Fernandez, 2004). Essas cadeias policíclicas podem ser utilizadas como exemplos no estudo

do item curricular da Química “Classificação das Cadeias Carbônicas”.

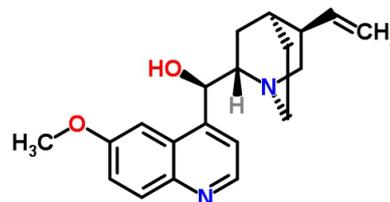


Figura 2: Fórmula estrutural do quinino. Fonte: chemspider.com. Uso autorizado mencionando a fonte.

Ainda não há consenso sobre o que causa a fluorescência do escorpião, embora pelo menos duas substâncias (figura 3) tenham sido sugeridas como responsáveis, a beta-carbolina (Stachel *et al.*, 1999) e a 7-hidroxi-4-metil-cumarina (Frost *et al.*, 2001), ambas solúveis em álcool (Schmitz, 2012). Essas substâncias já foram detectadas na cutícula do escorpião (Gaffin *et al.*, 2012). Dentro do espírito interdisciplinar da proposta, é importante abordar aspectos evolutivos da produção dessas substâncias pelo escorpião.

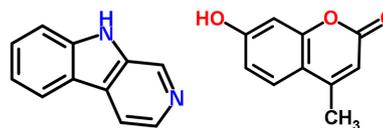


Figura 3: Fórmulas estruturais da beta-carbolina (esquerda) e da 7-hidroxi-4-metil-cumarina (direita). Fonte: chemspider.com. Uso autorizado mencionando a fonte.

Aspectos evolutivos da fluorescência do escorpião

Diversos trabalhos discutem se a fluorescência teria evoluído por ser vantajosa para o escorpião. Uma das hipóteses é de que, recebendo radiação UV e emitindo luz visível, de cor verde-ciano brilhante (Gaffin *et al.*, 2012), o animal observaria essa luz visível e utilizaria a informação para avaliar a conveniência de sair para se alimentar ou, ao

contrário, evitar o ambiente iluminado pela Lua (especialmente próxima à fase cheia e em seu zênite), situação em que ficaria vulnerável (Klock *et al.*, 2010). Essa hipótese contraria a opinião de pesquisadores como Fasel *et al.* (1997), que não veem utilidade do fenômeno para o escorpião,

argumentando que durante o dia a luz visível refletida difusamente pelo exoesqueleto é muito mais intensa que a fraca e praticamente indetectável luminescência provocada pela radiação UV natural, e que à noite a incidência de UV natural e a consequente luminescência do exoesqueleto são desprezíveis para efeitos práticos. Gaffin *et al.* (2012) argumentam que um papel funcional para a fluorescência do escorpião ainda não foi estabelecido, mencionando

A fluorescência e a fosforescência são fenômenos fotoluminescentes relacionados à excitação provocada por absorção de fótons, com emissão de luz, sempre em comprimento de onda (λ) maior do que o da radiação incidente.

inclusive que as substâncias fluorescentes podem ser apenas subprodutos metabólicos, sem vantagem para o animal. Deve-se salientar que uma característica fenotípica não precisa, necessariamente, apresentar utilidade ou vantagem evolutiva. Outras duas hipóteses discutidas por Gaffin *et al.* (2012) são de que a fluorescência serviria para atrair presas ou afugentar predadores. Os autores divergem da primeira hipótese, citando experimentos em que presas evitam escorpiões quando esses fluorescem, e consideram que a segunda hipótese merece estudos futuros, os quais investigariam se a fluorescência pode ser um sinal aposemático, sinal visual que anuncia a potenciais predadores

do escorpião que o animal é perigoso, para que evitem atacá-lo (Wilson, 2000, p. 579). Gaffin *et al.* (2012) ainda mencionam a possibilidade de que a fluorescência seja um sinal de reconhecimento dentro da espécie, especialmente para fins de acasalamento.

Não é necessário que os estudantes assumam uma posição ou outra como «verdade». Essa discordância é interessante porque, discutindo se a fluorescência é vantajosa, prejudicial ou indiferente para o escorpião, os estudantes assumem uma perspectiva não dogmática da pesquisa científica. Discutidos os aspectos mais relevantes do tema, é o momento de apresentar o experimento. Isso é feito na Tabela 1.

Tabela 1: Experimento investigativo interdisciplinar. Fonte: Elaboração dos autores.

Experimento: A fluorescência do escorpião. Tempo estimado: 1h30min (2 aulas)

1. Objetivos: Incentivar a autonomia dos estudantes, que realizarão o experimento propondo hipóteses e elaborando relatório. Discutir aspectos químicos e biológicos da fluorescência do escorpião, e a natureza da fluorescência à luz do Modelo de Bohr e da Física Quântica.

2. Instruções de segurança: Orientar os alunos a não manipular escorpiões vivos e a não olhar diretamente para a radiação UV, perigosa para olhos e pele. Lembrar que álcool é inflamável.

3. Pergunta inicial: O que ocorre se incidirmos radiação UV (luz negra) sobre um escorpião?

4. Materiais e métodos: Escorpião preservado em álcool. Lâmpada UV. Executar as ações:

a) Incidir a radiação UV sobre o escorpião, em ambiente pouco iluminado.

b) Observar a fluorescência provocada pela incidência de radiação UV (figuras 4 e 5).

c) Incidir a radiação UV sobre o álcool onde está sendo mantido o escorpião (figura 6).

d) Verificar se o álcool também fica fluorescente, se possível comparando com um “branco de amostra” (álcool que não esteve em contato com escorpião e normalmente não fluoresce).

e) Anotar o que foi observado e discutir novamente a pergunta inicial.

5. Resultados e respostas esperadas, que deverão constar em relatório individual ou em grupo:

Pergunta inicial (pergunta que antecede o experimento):

a) O que ocorre se incidirmos radiação UV (luz negra) sobre um escorpião?

Os estudantes deverão observar a emissão de luz visível pelo escorpião.

Perguntas complementares (perguntas feitas durante ou após o experimento):

b) Qual a natureza da radiação incidente sobre o escorpião?

Radiação ultravioleta (UV), faixa aproximada de 400 nm a 10 nm. Se disponíveis as especificações da fonte de UV utilizada, deve-se identificar o λ . Por exemplo, um fabricante identifica o pico de sua lâmpada em 253,7 nm. Uma busca em livros de Física ou na internet por “espectro eletromagnético” permite achar imagens com os λ dos diferentes tipos de radiação eletromagnética. O professor também pode imprimir e distribuir um espectro.

c) Qual a natureza da radiação eletromagnética emitida pelo escorpião? Luz visível.

d) Como a ciência denomina o fenômeno observado? Fluorescência.

e) Que tipo de substância costuma provocar o fenômeno? Cadeias policíclicas rígidas.

f) Esse fenômeno acontece com álcool que não esteve em contato com escorpião?

Álcool comercial não fluoresce, a não ser que contenha desnaturante fluorescente.

g) A fluorescência acontece com o álcool no qual foi conservado o escorpião?

Sim, álcool em que foi conservado um escorpião fluoresce.

h) A substância fluorescente no escorpião é solúvel no álcool (ou outro conservante usado para preservar o escorpião)? Sim. Por isso o álcool se torna fluorescente (figura 6).

i) Quais as possíveis vantagens evolutivas do fenômeno para o escorpião? Captando radiação UV e emitindo luz visível o escorpião perceberia sua vulnerabilidade e se esconderia.

j) A existência dessas vantagens é consenso entre os cientistas? Explique.

Não. Alguns cientistas não consideram que essas vantagens estejam bem demonstradas.

k) O que a eventual falta de consenso nos diz sobre a natureza da ciência?

Espera-se que, com a mediação do professor, os estudantes percebam que a ciência não é absoluta, dogmática, mas um processo dinâmico em que ideias são apresentadas e questionadas, e deseja-se que a resposta dos estudantes a este item contenha essa reflexão.

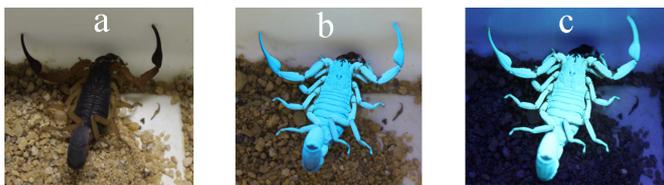


Figura 4: Escorpião do gênero *Rhopalurus*, iluminado a) apenas por luz ambiente visível; b) por luz ambiente visível e radiação UV; c) apenas por radiação UV. A presença de reflexão difusa do componente azul da luz ambiente ou da própria radiação da lâmpada UV pode fazer com que a emissão fluorescente tenda mais para o ciano do que para o verde, o que pode ser modificado incidindo a radiação UV em ambiente escuro ou usando filtro amarelo na câmera fotográfica. Fonte: Elaboração dos autores.

Considerações finais e perspectiva futura

Esperamos, com essa proposta de experimento interdisciplinar, contribuir para um ensino de ciências mais dinâmico e interessante para os alunos. Construindo o fluorímetro caseiro proposto por Sartori e Loureiro (2009), pode-se sofisticar o experimento da fluorescência do escorpião, aproximando-o de uma abordagem quantitativa através da análise da fluorescência de exoesqueletos de diferentes invertebrados, com destaque para o escorpião.

Juliano de Almeida Elias (elias.juliano@gmail.com), licenciado em Física e em Química, mestre em Ensino de Ciências pela UnB. Brasília, DF – Brasil. **Andréa Cruz e Carvalho** (andreabiologa@gmail.com), licenciada em Ciências Biológicas, mestre em Biologia Animal pela UnB, e doutora em Biologia Animal pela UnB. Atualmente é pesquisadora e pós-doutoranda na UnB. Brasília, DF – Brasil.

Referências

- FASEL, A., MULLER, P., SUPPAN, P., & VAUTHEY, E. Photoluminescence of the African scorpion “pandinus imperator”. In: *Journal of Photochemistry and Photobiology. B, Biology*, 39(1), 9698. 1997. Disponível em: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:2960>. Acessado em 24 fev 2017.
- FROST, L. M., BUTLER, D. R., O’DELL, B. & Fet, V. A coumarin as a fluorescent compound in scorpion cuticle. In *Scorpions 2001*. In Memoriam Gary A. Polis (eds V. Fet & P. A. Selden), pp. 365–368. Burnham Beeches, UK: British Arachnological Society, 2001.
- Disponível em: http://www.science.marshall.edu/fet/euscorpium/fetpubl/Frost%20et%20al%202001_Coumarin.pdf. Acessado em 24 fev 2017.
- GAFFIN, Douglas D. BUMMB, Lloyd A. TAYLOR, Matthew S. POPOKINA, Nataliya V. MANNA, Shivani. Scorpion fluorescence and reaction to light. *Animal Behaviour* 83 (2012) 429 – 436. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2011.11.014> Acessado em 24 fev 2017.
- KAGAN, Jacques. *Organic Photochemistry*. Londres: Academic Press, 1993. ISBN 9780123943200.
- KLOOCK, Carl T., KUBLI, Abraham, REYNOLDS, Ricco. Ultraviolet Light Detection: A Function of Scorpion Fluores-



Figura 5: Escorpião da espécie *Tityus serrulatus*, demonstrando fluorescência sob radiação UV. Fonte: Elaboração dos autores.

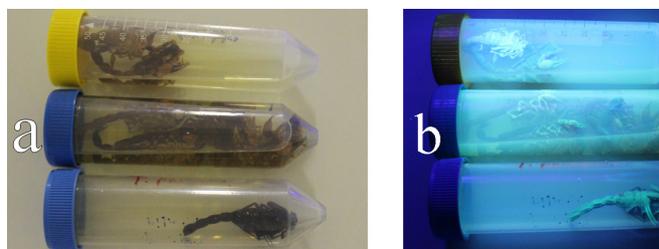


Figura 6: a) Álcool em que são armazenados escorpiões. b) Sob radiação ultravioleta, a solução alcoólica se torna fluorescente, demonstrando a solubilidade da substância fluorescente do escorpião em etanol. Fonte: Elaboração dos autores.

Gerson de Souza Mól (gml@unb.br), bacharel e licenciado em Química, doutor em Ensino de Química, com pós-doutorado em Ensino de Química. É professor da UnB. Orientador no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da UnB e no Doutorado da Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática REAMEC. Brasília, DF – Brasil.

- cence. *The Journal of Arachnology* 38, no. 3 (2010): 441-45. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/20798577>. Acessado em 24 fev 2017.
- KOTPAL, R. L. *Modern Text Book of Zoology: Invertebrates*. New Delhi: Rastogi Publications, 2014. ISBN-10 9350780402 ISBN-13 978-9350780404
- KURI, Mário da Gama. *Dicionário de mitologia grega e romana*. 8ª ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2008. ISBN 9788571101289
- MARCUSSI, Silvana; ARANTES, Eliane C.; SOARES, Andreimar M.; GIGLIO, José Roberto; MAZZI, Maurício V. *Escorpiões: biologia, envenenamento e mecanismos de ação de suas toxinas*. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2011. ISBN 9788577470549
- NERY, Ana Luiza Petillo, FERNANDEZ, Carmen. Fluorescência e Estrutura Atômica: Experimentos Simples para Abordar o Tema. *Química Nova na Escola*, n. 19, p. 41, mai. 2004. Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc19/19-a12.pdf>. Acessado em 24 fev 2017.
- SARTORI, P. H. S., LORETO, E. L. S. Medidor de Fluorescência Caseiro. *Química Nova na Escola*, n. 2, p. 150, mai. 2009. Disponível em: http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc31_2/13-EEQ-4508.pdf. Acessado em 24 fev 2017.
- SCHMITZ, Finn. The order of the scorpions: Fluorescence and color sensitivity. In: *Panarthropoda.de* (website). Stuttgart,

Alemanha, 2012. Disponível em: <http://www.panarthropoda.de/sub/allgemeines/fluorskorpioneen.php> Acessado 24 fev 2017.

STACHEL, Shawn J, STOCKWELL, Scott A, Van Vranken, David L. The fluorescence of scorpions and cataractogenesis. *Chemistry & Biology* August 1999, 6:531-539. Elsevier Science Ltd ISSN 10745521. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10421760>. Acessado em 24 fev 2017.

TOLENTINO, M., ROCHA-FILHO, R.C. O Átomo e a Tecnologia. *Química Nova na Escola*, n. 3, p. 47, mai. 1996.

Disponível em: <http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc03/quimsoc.pdf>. Acessado em 24 fev 2017.

WARDLE, B. *Principles and applications of photochemistry*. Chichester, Reino Unido: Wiley Publication, 2010. ISBN 9780470014936

WILSON, Edward O. *Sociobiology, the new synthesis*. 25ª Edição. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 2000. I SBN 9780674002357

Abstract: *The fluorescent scorpion: An interdisciplinary approach to high school.* Scorpions are animals that frighten and fascinate. They are arachnids relatively common and their sting cause injuries varying in severity, or even death. It is important to know these animals and prevent accidents, especially in regions where humans invade their habitats. A poorly known property of scorpions allows their prompt detection at night: their body fluoresces when illuminated by ultraviolet light (popularly known as “black light”). This paper presents elements for the development of an interdisciplinary approach to high school, from the analysis of the phenomenon through the lens of chemistry (fluorescent organic compounds), biology (possible evolutionary advantages) and physics (electromagnetic radiation involved).

Keywords: Interdisciplinarity, fluorescence, scorpion.