

NATUREZA DA BIOLOGIA E A TEORIA DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA: IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

Renato Azevedo, M. Motokane
Universidade de São Paulo

RESUMO: Este trabalho teórico visa contribuir para a discussão sobre a importância da natureza da Ciência para o ensino problematizando a própria ideia de uma natureza comum à Física, Química e Biologia. Existem diferenças metodológicas e epistemológicas significativas entre essas áreas, e o respeito às singularidades de cada uma delas pode ser de grande valia para o ensino de ciências. A Biologia e seu paradigma evolutivo são tomados como exemplo para esta discussão, que conclui que o entendimento das especificidades da Biologia pode ser imprescindível para que o ensino se dê de forma adequada, já que a forma de construção de conhecimento nessa área é diferente das demais.

PALAVRAS CHAVE: Alfabetização científica, Natureza da Ciência, ensino de Biologia, evolução biológica.

INTRODUÇÃO

Vivemos em uma época em que é imprescindível que a população esteja bem informada sobre as questões científicas e que saiba relacioná-las a questões políticas e cotidianas. Dessa forma, o ensino de ciências não deve fechar-se em si mesmo, alienado da sociedade. Esse é o contexto em que o conceito de alfabetização científica se torna proeminente dentro da área de ensino de ciências. A ideia básica trazida pela alfabetização científica é a de que o ensino não deve se limitar somente aos conceitos e teorias científicas, mas que também deve se preocupar com a forma com que esse conhecimento é construído e com os seus desdobramentos na sociedade (Hurd, 1998; Auler & Delizoicov, 2001; Norris & Phillips, 2003; Sasseron & Carvalho, 2008).

Há diversas concepções sobre o que a alfabetização científica deveria conter e sobre quais habilidades um aluno deve apresentar para ser considerado “alfabetizado cientificamente”. A partir de uma extensa revisão bibliográfica sobre o assunto, Sasseron e Carvalho (2011) categorizaram os objetivos da alfabetização científica presentes na literatura em três eixos estruturantes: (1) a compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; (2) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e (3) entendimento das relações existentes entre Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Este artigo terá o segundo eixo como foco, defendendo que a natureza da Ciência não deve ser incluída no ensino de maneira simplista e genérica. Tomando a teoria da evolução como exemplo, argumentamos que um entendimento aprofundado sobre a forma com que o conhecimento biológico é produzido pode facilitar a aprendizagem de conceitos da área.

A natureza da Ciência no ensino

A Natureza da Ciência, embora já seja contemplada nas diretrizes curriculares de muitos países (Bou-Jaoude, 2002), ainda não é uma realidade concreta dentro das salas de aula (Gil-Pérez *et al.*, 2001; Hipkins *et al.*, 2005). Além disso, na literatura é frequente encontrarmos discordâncias sobre quais elementos da natureza da Ciência deveriam estar presentes no ensino já que, em termos epistemológicos e filosóficos há, de fato, maneiras muito distintas de entender como a Ciência funciona e como o conhecimento é produzido e validado. Esses embates levantam questões relevantes sobre a relação entre a Ciência e seu ensino, mas, visto que a Ciência escolar não visa formar filósofos nem sociólogos da Ciência, essas diferentes perspectivas são pouco relevantes quando pensamos no ensino básico (Lederman, 1998). Estudos como os de Osborne *et al.* (2003), Praia *et al.* (2007), e Lederman (2007) apontam que existem alguns elementos sobre a natureza da Ciência em que há um consenso relativamente bem estabelecido, os quais, se inclusos no ensino, ajudariam os alunos a compreender melhor a Ciência contemporânea e trariam avanços importantes em termos de alfabetização científica. Embora concordemos que esses pontos de consenso são relevantes e devam estar presentes no ensino, consideramos que para que os alunos enxerguem o empreendimento científico de maneira mais adequada e percebam como o conhecimento é construído, algum aprofundamento é necessário.

Especificidades da Biologia e o alargamento da concepção de Ciência

A Biologia, a Física e a Química são áreas do conhecimento comumente agrupadas como “ciências naturais” no contexto escolar. Embora essas áreas de fato tenham muitas semelhanças, elas são significativamente diferentes em seus aspectos epistemológicos, mas essas diferenças não têm relevância quando o ensino se preocupa apenas com os produtos da Ciência. Todavia, se pensarmos em um ensino concordante com os pressupostos da alfabetização científica, tais diferenças devem ser contempladas. No contexto escolar, fica mais difícil discutir sobre a natureza da Ciência tratando a Física, a Química e a Biologia como ciências iguais do que se a singularidade de cada uma dessas áreas for contemplada.

A Ciência tem seus critérios, seus métodos e seus princípios, mas esses parâmetros podem variar dependendo do objeto que se está investigando (Mayr, 1996). Como, em última instância, são as diferenças entre os objetos de estudo que diferenciam a Física, a Química e a Biologia, é importante enfatizar as diferenças entre esses objetos com os estudantes. Sendo assim, é importante que o ensino de cada uma das áreas do conhecimento científico contemple não somente o que é geral na construção da Ciência (*e.g.* a não neutralidade dos cientistas, a construção coletiva, etc.), mas também aquilo que é específico da sua área. No caso específico da Biologia, essa é uma questão que muda a forma de entender como a Ciência pode funcionar.

O estudo dos seres vivos tem especificidades evidentes devido ao alto grau de complexidade existente mesmo nos organismos mais simples e ao fato dos seres vivos serem sistemas abertos. Essas características já configuram diferenças significativas na forma de investigação da Biologia em relação a outras ciências, mas neste trabalho chamamos a atenção para outro aspecto dos seres vivos que traz diferenças na forma de entender como o conhecimento científico é produzido: os seres vivos evoluem.

A partir de meados da década de 1930, quando a teoria da evolução passou a ser amplamente aceita pela comunidade científica e a ser o foco da maior parte das discussões na Biologia, um importante debate filosófico iniciou-se. A pauta desse debate era a cientificidade da Biologia quando comparada a outras ciências, em especial a Física. Mayr (1982, 1996) e Rudolph & Stewert (1998) abordam essa questão historicamente, mostrando que o conflito aconteceu porque a concepção de Ciência mais difundida, inclusive dentro da comunidade científica, é de certa forma atrelada à revolução científica do século XVIII, quando a mecânica clássica e a Astronomia eram as principais áreas do conhecimento

científico. Esses campos do conhecimento valorizam muito a observação direta dos fenômenos e a experimentação, e em geral validam ou invalidam uma teoria dando muito peso a acuidade de seu poder preditivo. E, como não é possível observar diretamente a evolução das espécies e a teoria darwiniana não é capaz de fazer previsões sobre seus futuros evolutivos, a Biologia evolutiva começou a receber críticas por não ter “as principais características que definem a atividade científica”. Os filósofos da Biologia, como Ernst Mayr (1982, 1996, 1997, 2004), fizeram grande esforço para destacar que a Biologia tem características singulares que a distinguem das “ciências físicas”, mas que não deixa de ser científica por causa disso.

É importante salientar que a história evolutiva dos seres vivos pode explicar boa parte de suas características. Sendo assim, todos os fenômenos biológicos têm dois tipos de causas: aquelas controladas pela informação historicamente acumulada no genoma (causas últimas ou evolutivas) e aquelas controladas pelas propriedades do sistema (causas próximas) (Mayr, 1997). Por exemplo, há duas maneiras de explicar por que as aves voam. É possível explicar a partir das causas próximas, se remetendo às asas e penas, aos ossos pneumáticos, etc. Também é possível explicar o fenômeno recorrendo às causas últimas. Seria necessário construir uma narrativa histórica que esclarecesse como essas características surgiram a partir de ancestrais que não as tinham. É interessante perceber que esses dois tipos de explicação são complementares. No entanto, a metodologia utilizada pelos biólogos para estudar a história evolutiva das espécies – fenômenos que aconteceram no passado – é bastante diferente da utilizada para estudar as características que as espécies viventes hoje têm.

Essa tentativa de entender o passado das espécies torna a Biologia uma Ciência Histórica que usa ferramentas de pesquisa particulares. Por exemplo, o método da observação e comparação de estruturas (sejam morfológicas, anatômicas ou moleculares) e comportamentos é fundamental para que inferências evolutivas possam ser feitas. A experimentação direta é difícil, não somente pelo imenso tempo necessário, mas também pela grande quantidade de variáveis que devem ser consideradas.

A Biologia, com as suas especificidades, é tão científica quanto qualquer outra Ciência, tendo particularidades decorrentes de seu complexo objeto de estudo, que tem uma história evolutiva que deve ser esclarecida para que os fenômenos biológicos sejam entendidos de maneira adequada. Essas particularidades da Biologia devem ser consideradas com cautela no ensino de Ciências.

Evolução biológica e natureza da Ciência: estreitando as relações

Desde estudos pioneiros sobre concepções alternativas dos alunos sobre os processos evolutivos (Bishop & Anderson, 1990) até estudos mais atuais sobre linguagem e ensino de evolução (Prumling, 2008), passando por propostas de sequências didáticas (Jensen & Finley, 1998; Passmore & Stewart, 2002; Geraedts & Boersma, 2006) e análises de livros didáticos (Jeffery & Roach, 1994; Bellini, 2006), parece que sempre houve consenso de que o entendimento da evolução é crucial para o ensino de Biologia. O grande esforço dos pesquisadores para mostrar a importância do assunto foi em grande medida responsável pela inclusão da evolução como eixo unificador da Biologia em documentos de orientação curricular de vários países, mas poucas mudanças têm acontecido na prática de sala de aula. Os motivos mais apontados para isso são a falta de preparo dos professores (Jiménez, 1994; Tidon & Lewontin, 2003), as dificuldades para superar as concepções alternativas (Demastes *et al.*, 1996) e as crenças religiosas dos alunos (Sinatra *et al.* 2003; Lovely & Kondrick, 2008) e a falta de apoio dado pelos materiais didáticos (Tidon & Lewontin, 2003; Bellini, 2006; Nehm *et al.*, 2009).

Há, também, outra linha de pensamento que defende que existe uma forte relação entre o entendimento da natureza da Ciência e o da teoria da evolução. Por exemplo, Dagher e BouJaoude (2005) revelam que os alunos têm grandes dificuldades para entender a natureza da teoria da evolução, principalmente no que diz respeito aos tipos de evidências que a sustentam. Como a teoria da evolução

não pode ser “provada” por experimentação direta, ela permanece como “apenas uma teoria, e não uma lei”, segundo os alunos que participaram do estudo. Esses mesmos alunos também questionaram a cientificidade da teoria da evolução por ela não ser capaz de fazer previsões sobre o futuro evolutivo das espécies. Esse trabalho denuncia que a falta de entendimento sobre a natureza da Ciência - e sobre as especificidades da Biologia - pode influenciar negativamente no entendimento e na aceitação da teoria da evolução, o que é corroborado por outros estudos como os de Rutledge e Warden (2000) e Lombrozo *et al.* (2008). Frequentemente os alunos têm uma concepção de Ciência como uma atividade estritamente experimental, o que dificulta o entendimento da teoria da evolução (Smith, 2010).

Esses estudos estão de acordo com o que foi discutido a respeito da natureza específica da Biologia. Se um aluno pensa que uma lei é “mais científica” que uma teoria, ele vai ter dificuldades para entender a cientificidade da Biologia evolutiva. Da mesma forma, se não for desconstruída a noção de que a Ciência se baseia sempre na experimentação e na predição de resultados, a teoria da evolução será vista com olhares duvidosos pelos alunos. Dessa forma, é improvável que os alunos entendam adequadamente a teoria da evolução se mantiverem uma visão estreita sobre a natureza da Ciência. Mas, se por um lado um entendimento restrito da natureza da Ciência dificulta o entendimento da teoria da evolução, por outro a própria teoria da evolução pode ser utilizada como substrato para trabalhar questões sobre o fazer científico com os alunos (Lombrozo *et al.*, 2008).

Uma forma de abordar essas questões é a partir da própria epistemologia da Biologia. Por exemplo, Mayr (1997) diz que todos os problemas com que a Biologia trabalha começam por três perguntas básicas: “o que?”, “como?” e “por quê?”. As duas primeiras perguntas referem-se às causas próximas, ou seja, ao próprio ser vivo que se está estudando e aos mecanismos biológicos que envolvem a composição dos indivíduos. As causas últimas são o objeto de estudo da terceira pergunta, “por quê?”. Aqui se estuda como os seres vivos chegaram a ser do jeito que são hoje. Essa pergunta tenta esclarecer qual é a história evolutiva de cada espécie e as relações de ancestralidade entre as espécies. O tipo de explicação construída aqui é de natureza bastante diferente das explicações das causas próximas, que são objeto das duas primeiras perguntas.

Entender a diferença entre as explicações próximas e últimas na Biologia é essencial para que o ensino se dê de forma adequada (Shellberg, 2001), e ajuda a esclarecer a forma com que a Ciência Biológica funciona e constrói conhecimento. A teoria evolutiva é uma teoria integradora na Biologia, mas isso só fica claro quando se entende qual é o tipo de pergunta que essa teoria ajuda a responder. Para responder uma pergunta do tipo “por quê?”, todos os dados e explicações das perguntas “o quê?” e “como?” são necessárias para a construção de cenários evolutivos plausíveis, e é aí que a teoria evolutiva integra as áreas da Biologia. Os métodos não experimentais utilizados para se estudar a evolução das espécies também ficam mais evidentes quando se entende qual é a pergunta que se está endereçando.

CONCLUSÕES

Sendo a alfabetização científica o objetivo do ensino de ciências, é necessário pensar na importância que a teoria da evolução tem para o ensino de Biologia. Mayr (1982, p. 481) diz que “provavelmente, não há conceito mais original, complexo e ousado na história das ideias do que a explicação mecanicista de Darwin para a adaptação”. O entendimento do processo evolutivo é complexo, mas se faz necessário para que as diretrizes da alfabetização científica sejam alcançadas. Esse processo só pode ser entendido a partir de um entendimento mais adequado sobre a natureza da Ciência biológica, já que a Biologia evolutiva tem uma forma de construir conhecimento que difere bastante da forma empirista trazida pelos alunos.

Dessa forma, embora a inclusão de “tópicos consensuais” a respeito da natureza da Ciência possa contribuir para que os alunos percebam melhor como o conhecimento científico é construído, eles não são suficientes para que a Biologia evolutiva seja adequadamente contemplada. A teoria da evolução biológica é complexa e seu entendimento demanda uma compreensão sobre a natureza da Ciência que vai além de generalizações. É necessária uma compreensão mais refinada, que abranja as particularidades metodológicas e epistemológicas da Ciência biológica para que os alunos possam, a partir delas, entender quais são os problemas que os biólogos desse campo tentam resolver e quais são os tipos de pergunta que eles tentam responder. Esse entendimento permitirá que os estudantes possam não somente entender melhor o processo evolutivo, mas também perceber porque ele muda a forma de pensar e entender os seres vivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Auler, D. & Delizoicov, D. (2001). Alfabetização científico-tecnológicas para quê? *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, 3, pp. 105-115.
- Bellini, L.M. (2006). Avaliação do conceito de evolução nos livros didáticos. *Estudos em avaliação educacional*, 17, pp. 7-28.
- Bishop, B. & Anderson, C.W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, pp. 415-427.
- BouJaoude, S. (2002). Balance of scientific literacy themes in science curricula: The case of Lebanon. *International Journal of Science Education*, 24, pp. 139–156.
- Dagher, Z.R. & BouJaoude, S. (2005). Students’ perceptions of the nature of evolutionary theory. *Science Education*, 89, pp. 378-391.
- Demastes, S.S.; Good, R.G. & Peebles, P. (1996). Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, pp. 407-431.
- Geraedts, C. L. & Boersma, K.T. (2006). Reinventing natural selection. *International Journal of Science Education*, 28, pp. 843–870.
- Gil-Pérez, D.; Fernández, I.; Carrascosa, J.; Cachapuz, A. & Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7, pp. 125–153.
- Hipkins, R.; Barker, M. & Bolstad, R. (2005). Teaching the “nature of science”: Modest adaptations or radical reconceptions? *International Journal of Science Education*, 27, pp. 243–254.
- Hurd, P.H. (1998). Scientific literacy: new minds for a changing world. *Science Education*, 82, pp. 407-416.
- Jeffery, K. R. & Roach, L. E. (1994). A study of the presence of evolutionary protoconcepts in pre-high school textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, pp. 507-518.
- Jensen, M.S. & Finley, F.N. (1996). Changes in students’ understanding of evolution resulting from different curricular and instrumental strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, pp. 879-800.
- Jiménez, M.P.A. (1994). Teaching evolution and natural selection: A look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, pp. 519-535.
- Lederman, N. G. (2007). Nature of science: past, present, and future. IN: Abell, S. K. & Lederman, N. G. (orgs.). *Handbook of research on science education*. New York: Routledge. pp. 831-879.
- Lederman, N. G. (1998). The state of science education: Subject matter without context. *Electronic Journal of Science Education*, 3(2). Disponível em <http://unr.edu/homepage/jcannon/ejse/ejse.html>
- Lombrozo, T.; Thanukos, A. & Weisberg, M. (2008). The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 01, pp. 290-298.

-
- Lovely, E. C. & Kondric, L. C. (2008). Teaching evolution: Challenging religious preconceptions. *Integrative and Comparative Biology*, 48, pp. 164 - 174.
- Mayr, E. (1982). *The growth of biological thought*. Cambridge: Harvard University Press.
- Mayr, E. (1996). The autonomy of Biology: The position of Biology among sciences. *The Quarterly Review of Biology*, 71, pp. 97-106.
- Mayr, E. (1997). *This is Biology: The science of the living world*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.
- Mayr, E. (2004). *What makes biology unique?: Considerations on the autonomy of a scientific discipline*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nehm, R.H.; Poole, T.M.; Lyford, M.E.; Hoskins, S.G.; Carruth, L.; Ewers, B.E. & Colberg, P.J.S. (2009). Does the segregation of evolution in Biology textbooks and introductory courses reinforce students' faulty mental models of Biology and evolution? *Evolution: Education and Outreach*, 02, pp. 527-532.
- Norris, S.P. & Phillips, L.M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87, pp. 224-240.
- Osborne, J.; Collins, S.; Ratcliffe, M.; Millar, R. & Duschl, R. (2003). What 'Ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, pp. 692-720.
- Passmore, C. & Stewart, J. (2002). A modeling approach to teaching evolutionary biology in high schools. *Journal of Research in Science Education*, 39, pp. 185-204.
- Praia, J; Gil-Pérez, D. & Vilches, A. (2007). O papel da natureza da Ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, 13, pp. 141-156.
- Pramling, N. (2008). The role of metaphor in Darwin and the implications for teaching evolution. *Science Education*, 93, pp. 535 - 547.
- Rudolph, J. L. & Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: On the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, pp. 1069-1089.
- Rutledge, M.L. & Warden, M.A. (2000). Evolutionary Theory, the Nature of Science and High School Biology Teachers: Critical Relationships. *The American Biology Teacher*, 62, pp. 23-31.
- Sasseron, L.H. & Carvalho, A.M.P. (2008). Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em ensino de ciências*, 13, pp. 333-352.
- Shellberg, T. (2001). Teaching how to answer 'why' questions about Biology. *The American Biology Teacher*, 63, pp.16-19.
- Sasseron, L.H. & Carvalho, A.M.P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16, pp. 59-77.
- Sinatra, G. M.; Southerland, S. A.; McCounagh, F. & Demastes, J. W. (2003). Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. *Journal of Research in Science Education*, 40, pp. 510-528.
- Smith, M.U. (2010). Current status of research in teaching and learning evolution I: Philosophical/epistemological issues. *Science & Education*, 19, pp. 523-538.
- Tidon, R. & Lewontin, R. (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27, pp. 124-13