

O CONCEITO DE CÉLULA VIVA ENTRE OS ALUNOS DE SEGUNDO GRAU

Fernando Bastos*

Introdução

Estudos recentes têm sugerido que as idéias dos alunos acerca de tópicos científicos freqüentemente divergem do saber acadêmico, correspondendo a "concepções errôneas" (*misconceptions*) ou idéias alternativas que podem ser pouco ou nada influenciadas pelo ensino escolar (Deadman e Kelly, 1978; Kargbo et al., 1980; Longden, 1982; Simpson e Arnold, 1982; Brumby, 1984; Dreyfus e Jungwirth, 1988; Ochiai, 1989; Lawson e Wornop, 1992).

Paralelamente, pesquisadores em educação têm ressaltado que a utilização da história da ciência no ensino é meio eficaz ou mesmo fator imprescindível da melhoria do ensino de Ciências (Satiel e Viennot, 1985; Gagliardi, 1988; Terhart, 1988; Matthews, 1990; Johnson e Stewart, 1990; Bybee et al., 1991).

Embora, de um modo geral, muito se enfatize o papel da história da ciência na formação para a cidadania e na alfabetização científica e cultural do indivíduo, há casos em que a história da ciência é recomendada especificamente como ferramenta de trabalho do educador na tarefa de elaboração de propostas de ensino que visem à superação de dificuldades relacionadas à aprendizagem de conceitos científicos básicos (Gagliardi, 1988; Matthews, 1990).

Em outras palavras, a utilização da história da ciência no ensino representaria um dos possíveis recursos do educador no sentido de auxiliar os estudantes a eliminar idéias alternativas acerca de conceitos científicos.

*Professor do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Objetivos e Método

O presente trabalho de pesquisa teve dois objetivos básicos: a) identificar as idéias de alunos de 15-18 anos acerca da célula viva; b) elaborar, a partir das idéias dos alunos e do recurso à história da ciência, recomendações visando à melhoria do ensino secundário de Biologia.

Setenta e três alunos de 8ª série do 1º grau e de 3ª série do 2º grau de duas escolas do município de São Paulo foram entrevistados individualmente. As entrevistas consistiram em questões variadas acerca do metabolismo celular e das características gerais das células vivas.

Conforme recomendação de diversos autores (Deadman e Kelly, 1978; Osborne e Gilbert, 1980; Dreyfus e Jungwirth, 1988; Treagust, 1988), o roteiro a ser utilizado nas entrevistas principais foi elaborado por etapas, a partir da análise de entrevistas-piloto.

O procedimento do investigador durante as entrevistas seguiu em grande parte as sugestões de Posner e Gertzog (1982).

O Conceito Rudimentar de Célula Viva na História

A análise histórica demonstra que os problemas filosóficos fundamentais da Biologia estão definidos desde a Antigüidade. Que há de especial no ser vivo que o faz dotado de propriedades tão particulares, como as capacidades de regeneração, crescimento, reprodução? Quais são os materiais construtivos elementares dos seres vivos?

Para o filósofo grego Aristóteles (384-322 A.C.), a matéria do universo, estando sujeita a um contínuo movimento, passava gradualmente da condição de amorfa e homogênea à de diferenciada e heterogênea, originando sucessivamente os seres minerais, vegetais, animais e, por fim, o homem (princípio da *epigênese*). Desse modo, seres vivos e não-vivos eram formados dos mesmos elementos básicos (água, terra, ar e fogo), mas se diferenciavam quanto ao grau de organização de sua matéria constituinte — nos animais, por exemplo, a matéria estava organizada em níveis sucessivos de complexidade (os elementos básicos compunham tecidos; os tecidos compunham órgãos; os órgãos compunham o organismo).

A existência de um nível de organização adicional (nível das células) entre o nível dos elementos naturais e o nível dos tecidos, todavia, só pôde ser inferida bem mais tarde, após o estabelecimento de determinadas condições históricas. Uma delas foi a invenção do microscópio (século XVII), que permitiu a descoberta da célula viva por Hooke, em 1665.

Outra condição foi a retomada do debate acerca dos materiais construtivos fundamentais dos seres vivos, no século XVIII. Os principais protagonistas deste debate foram os filósofos da natureza alemães.

A Filosofia Natural, retomando o princípio aristotélico da epigênese, defendia a existência de uma força vital (inerente ao germe dos organismos) que causava e dirigia o desenvolvimento embrionário, o qual se caracterizava pela diferenciação progressiva da substância orgânica "homogênea". Tal substância, quer no estado "indiferenciado" ou "diferenciado", acabou conquistando o *status* de substância "fundamental da vida".

Outro importante problema enfocado pela Filosofia Natural foi o do caráter contínuo ou descontínuo da substância fundamental "vivente". Como uma mesma matéria-prima comum poderia constituir organismos estruturalmente tão diversos? Não seria altamente provável que os organismos macroscópicos estivessem formados de minúsculas "vesículas" de substância fundamental, as quais se combinariam para originar estruturas de formas variadas?

O debate das questões focalizadas pelos filósofos da natureza e o acúmulo de evidências favoráveis à natureza celular dos tecidos de animais e plantas conduziram à formulação de um conceito rudimentar de célula viva expresso primeiramente (1839) através da teoria celular de Schleiden e Schwann: a) o desenvolvimento embriológico é um processo de epigênese cuja característica mais marcante é a formação epigenética de células; b) plantas e animais são compostos de células e seus produtos; c) o organismo é uma mera soma de células dotadas de vida própria e autônoma.

A teoria celular foi objeto de grande controvérsia. Embora a generalização de que plantas e animais são compostos de células tenha sido relativamente bem aceita, não houve consenso possível a respeito da idéia de célula

autônoma. Poderia a vida do organismo ser dividida em partes? Para os filósofos da natureza, o organismo estava atuado por uma força vital que lhe conferia uma unidade incompatível com a hipótese da célula autônoma. Os fisiologistas, por sua vez, procuravam demonstrar que as partes do organismo são interdependentes e que a autonomia celular, desse modo, é extremamente limitada ou mesmo nula.

O debate acerca da autonomia celular esteve também muito relacionado à disputa que envolveu reducionistas e não-reducionistas. Com base na idéia de que as propriedades do organismo macroscópico eram resultado de atividades autonomamente desempenhadas pelas células individuais, os reducionistas afirmavam que o estudo das células representava o único caminho viável para a elucidação do fenômeno da vida, em contraposição à opinião mais equilibrada dos não-reducionistas, que ressaltavam a existência de macroprocessos fisiológicos aos quais a atividade celular estava subordinada.

A partir de 1858, porém, quando ficou definitivamente estabelecido, após os trabalhos de Virchow, que as células originavam-se apenas de células anteriores, a tese da unidade da vida no organismo e as idéias não-reducionistas tenderam a enfraquecer-se. Se as células novas originam-se sempre de células anteriores, então são as próprias células que determinam a formação dos tecidos e o desenvolvimento do organismo, podendo-se dizer que as células são realmente autônomas e que o estudo da célula é o único caminho promissor para a Biologia.

Assim, entre 1870 e 1880, extensos segmentos da comunidade científica estavam comprometidos com a idéia de que os organismos multicelulares são uma mera soma de células dotadas de vida própria e autônoma.

Embora tenha representado uma visão repleta de exageros e distorções, o reducionismo do século XIX foi elemento extremamente importante do desenvolvimento da Biologia, pois alertou os naturalistas para o fato de que as propriedades macroscópicas dos organismos estavam relacionadas a uma realidade microscópica que necessitava ser estudada.

Idéias dos Alunos Secundários Acerca da Célula Viva

Como o objeto *célula* não possui atributos diretamente perceptíveis, é de se esperar que: a) a aprendizagem do conceito de célula viva se dê principalmente por meio da experiência escolar, b) o ensino do conceito de célula viva apresente dificuldades típicas do ensino de conceitos abstratos e c) a probabilidade de ocorrência de um paralelo entre as idéias dos alunos e idéias registradas na história seja pequena.

Idéia Geral de Célula Viva dos Alunos da Amostra

A análise dos dados obtidos mediante as entrevistas permitiu a identificação de determinadas idéias cuja aceitação entre os entrevistados foi grande ou quase consensual. Tais idéias que constituíram os prováveis elementos básicos ou comuns da idéia de célula viva dos alunos da amostra são as seguintes: a célula a) é a unidade que compõe todos os seres vivos (90%; 100%)¹; b) necessita de alimento (80%; 100%); c) necessita de oxigênio (87%; 86%); d) necessita de energia (80%; 80%); e) origina-se de uma célula anterior (53%; 80%); f) é uma estrutura formada de membrana, citoplasma e núcleo (idéia simplista esquemática de célula: 37%; 40%); g) é algo relacionado ao ser humano (idéia antropocêntrica: 60%; 33%).

As idéias dos alunos de ambas as séries acerca do destino do alimento e do oxigênio na célula foram inexistentes ou extremamente imprecisas.

O desconhecimento acerca do papel da energia também foi grande. Foram poucos os casos em que alunos de ambas as séries referiram-se às vertentes imediatas do consumo de energia na célula, ou seja, à síntese de estruturas materiais (0%; 10%), ao movimento e à locomoção (7%; 7%) e ao transporte ativo através de membranas (0%; 0%).

Para uma parcela bastante grande dos entrevistados (50%; 37%), as unidades constituintes dos seres vivos (SV) e não vivos (SNV) são de natureza completamente diversa (por exemplo, SV são formados de células

¹ O primeiro número refere-se à porcentagem de entrevista — dos que adotou a idéia na 8ª série do 1º grau. O segundo número refere-se à porcentagem de entrevistados que adotou a idéia na 3ª série do 2º grau.

e não possuem átomos, SNV são formados de átomos e não possuem células).

A possibilidade de que os alunos da amostra tenham atingido a idéia da célula como unidade fisiológica dos seres vivos é fato discutível. Em primeiro lugar, conforme consta acima, a maior parte dos entrevistados aparentemente desconhecia os processos celulares (respiração, transporte ativo, etc.) que determinam as propriedades fisiológicas dos organismos multicelulares. Em segundo lugar, embora tenham concordado que os seres vivos são compostos de células, os alunos da amostra, em sua grande maioria (97%; 74%), não associaram diretamente célula e processos biológicos.

Com relação ao papel fisiológico da célula, portanto, as idéias dos entrevistados são aparentemente menos desenvolvidas que as dos naturalistas do século XIX.

Os dados até aqui apresentados são consistentes com os de Dreyfus e Jungwirth (1988) e sugerem que o ensino do conceito de célula viva na escola secundária deixa muito a desejar.

Algumas das possíveis razões do mau desenvolvimento da idéia de célula viva entre os alunos da amostra

Ao que consta, o ensino corrente de Biologia repousa excessivamente no estudo de detalhes das estruturas e dos processos do ser vivo e acaba deixando de ressaltar adequadamente aspectos centrais do conteúdo (grandes conceitos e princípios). As atividades realizadas em sala de aula e as avaliações, além disso, exigem do aluno apenas a memorização de nomes, definições, afirmações sobre função, etc. e não a aplicação de conhecimentos em situações novas.

Dificuldades relativas à aprendizagem do conceito de célula viva podem estar relacionadas também à ocorrência de obstáculos epistemológicos que a escola não consegue remover. Conforme ressaltam Gagliardi e Giordan (1986), uma das transformações conceituais fundamentais da Biologia foi o desenvolvimento, no final do século XVIII, da idéia "de que todas as propriedades de um organismo estão determinadas pelo nível

microscópico subjacente", pois "não se pode 'descobrir os fenômenos moleculares' sem haver previamente desenvolvido a idéia de que estes fenômenos existem e são fundamentais". A ausência de tal idéia constituiria um obstáculo epistemológico que impediria a construção "de um conceito operativo de célula", isto é, os alunos "têm a idéia da existência das células mas não pensam que seu organismo seja na realidade formado de células, continuam vendo-o somente como uma entidade macroscópica" (Gagliardi, 1988). Dados de Stavy et al. (1987), indicando que o aluno tem dificuldade em ver o ser vivo como um sistema químico, também apontam neste sentido.

Outro problema relaciona-se ao caráter abstrato do conceito de célula. A célula como objeto concreto, observável através do microscópio, aparenta constituir apenas uma unidade estrutural, o bloco construtivo dos seres vivos. A célula que transporta materiais através da membrana, transforma energia, sintetiza substâncias, etc, determinando as propriedades diretamente observáveis dos organismos, corresponde, contudo, a um conceito abstrato. A aprendizagem de tal conceito, já em si mesma dificultosa, torna-se especialmente dificultosa se o aprendiz, como é provavelmente o caso de grande parte de nossos alunos (ver, por exemplo, dados de Lawson, 1980), ainda não possui a habilidade de raciocínio formal. A escola secundária, porém, ao que consta, não se preocupa em empregar métodos de ensino que conciliem características do conteúdo e nível de desenvolvimento intelectual dos educandos.

As idéias dos alunos e as idéias dos naturalistas do século XIX

Um fato muito saliente observado durante a pesquisa foi a grande frequência com que os entrevistados referiram-se aos macroprocessos dos seres vivos (manutenção, crescimento, reprodução, movimento, etc). Ao que parece, tais processos causaram forte impressão nos alunos da amostra.

O provável fato de que os alunos da amostra não vêem a célula como unidade fisiológica e atribuem grande importância aos macroprocessos dos seres vivos sugere que a idéia de célula dos estudantes de ambas as séries ajusta-se mais ao conceito de unidade da vida no organismo

defendido pelos filósofos naturais do que a um conceito de vida dividida em partes menores que o próprio organismo.

Recomendações para a Prática de Ensino

Com relação à melhoria do ensino do conceito de célula viva, embora os dados apresentados na seção anterior tornem possível a elaboração de sugestões de diferentes tipos, pretendo, em razão dos objetivos imediatos do presente texto, ater-me principalmente às considerações derivadas da análise da história da ciência. Mais especificamente, proponho que determinadas questões filosóficas e científicas sejam explicitadas e discutidas em sala de aula e que se dê aos alunos oportunidade de travar contato com as evidências que sustentaram determinadas idéias registradas historicamente. Estou partindo do princípio de que os processos de construção do conhecimento no indivíduo e na ciência apresentam pontos em comum, isto é, o aluno que teve acesso aos questionamentos e às evidências que têm direcionado os raciocínios dos cientistas reúne melhores condições de construir conhecimentos cientificamente aceitáveis.

A proposta aqui esboçada defende também que a escola tome as idéias prévias dos alunos como um importante elemento a ser considerado no processo de ensino.

Conforme se discutiu anteriormente, a especulação acerca da natureza dos elementos constituintes dos seres vivos iniciou-se ainda na Antiguidade, a partir da constatação de que a matéria dos seres vivos estava dotada de propriedades especiais. Tais propriedades, por serem bem conhecidas dos alunos (ver, por exemplo, dados de Simpson e Arnold, 1982), causando-lhes forte impressão, devem constituir o objeto fundamental de estudo pelo qual se iniciará o curso de Biologia celular.

Em seguida, poder-se-ia explicitar e discutir uma importantíssima questão considerada já desde a época da Grécia antiga, isto é, "Que há de especial no ser vivo que o faz dotado de propriedades tão particulares?", bem como introduzir as opiniões de Demócrito e Aristóteles. O aluno deve perceber que as tentativas de resposta a esta questão recorrem basicamente a dois

tipos de argumentos: a) o ser vivo possui alma, espírito ou força similar; b) a matéria componente do ser vivo apresenta características peculiares no que diz respeito às quantidades relativas e ao modo de organização dos elementos constituintes.

Mais adiante, as idéias de naturalistas dos séculos XVIII e XIX poderão ser discutidas em sala de aula, para que se explicita a lógica filosófica da idéia do ser vivo dividido em unidades menores que o organismo. A hipótese de as propriedades fundamentais dos seres vivos estarem determinadas por uma realidade não diretamente observável deve ser vigorosamente ressaltada. O reducionismo e suas implicações devem também ser analisados.

Concomitantemente, é realmente imprescindível que os alunos observem tecidos de diversas origens ao microscópio, como forma de terem acesso às evidências mais rudimentares que conduziram à teoria celular. Só então será aconselhável introduzir assuntos relativos ao metabolismo da célula.

A aquisição de uma idéia significativa de célula exige que o aluno conheça os processos celulares fundamentais (fotossíntese, respiração, transporte ativo, síntese de substâncias, movimento celular e contração muscular) e estabeleça relações entre estes processos e as propriedades diretamente observáveis do ser vivo (necessidade de consumo de alimento, capacidade de manutenção, capacidade de reprodução, etc).

Com referência especificamente aos processos de utilização da energia química na célula, é importante ressaltar que a escola secundária em geral coloca-os em segundo plano, o que constitui um contra-senso: se o aluno desconhecer as vertentes imediatas do consumo energético na célula, a fotossíntese e a respiração não lhe farão sentido, pois ser-lhe-á impossível compreender de que maneira a energia química produzida na fotossíntese e na respiração é utilizada em processos que resultam em reprodução, crescimento, etc. (ou de que maneira, por exemplo, a necessidade de consumo de alimento relaciona-se à capacidade de manutenção), e a idéia de célula como unidade fisiológica do ser vivo será perdida.

As equações químicas da fotossíntese e da respiração devem ser ativamente representadas pelos alunos sob as mais diversas formas, inclusive

pela utilização de modelos moleculares, para que uma compreensão significativa dos símbolos seja atingida. Números arbitrários podem ser associados às fórmulas químicas dos compostos para representar quantidades de energia e melhorar a compreensão dos fenômenos envolvidos na liberação ou consumo de energia em reações químicas.

Para que o aluno não desenvolva visões parciais ou distorcidas do papel da célula no organismo, é necessário que o professor identifique e discuta processos fisiológicos para cuja realização a atividade celular isolada é insuficiente, isto é, processos que só se realizam mediante a cooperação de diferentes células. Por outro lado, o aluno deve estar ciente de que as células, embora imediatamente determinem, através de sua presença e atividade, uma vasta gama de propriedades do organismo multicelular, estão elas próprias determinadas por fatores mais globais referentes ao processo de evolução orgânica. Em outras palavras, até mesmo as características da célula que permitem a transformação das espécies devem ser consideradas como tendo se originado no processo evolutivo (grupos de organismos com maior poder de adaptação são favorecidos).

O ensino dos processos da fisiologia celular no curso de nível secundário exige presumivelmente a utilização de métodos de ensino adaptados a alunos que ainda não possuem habilidade de raciocínio formal. Uma revisão a respeito de tais métodos pode ser encontrada em Lawson (1985).

Referências Bibliográficas

BRUMBY, Margareth N. Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, v.68, n.4, p.493-503, 1984.

BYBEE, R.W. et al. Integrating the history and nature of science and technology in a science and social Studies curriculum. *Science Education*, v.73, n.1, p.143-155, 1991.

- DEADMAN, J. A., KELLY, P.J. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, v.12, n.1, p.7-15, 1978.
- DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, v.10, n.2, p.221-229, 1988.
- GAGLIARDI, R. Como utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, n.3, p.291-296, 1988.
- GAGLIARDI, R.,GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v.4, n.3, p.253-258, 1986.
- JOHNSON, S.K., STEWART, J.Using philosophy of science in a curriculum development: an example from high school genetics. *International Journal of Science Education*, v.12, n.3, p.297-307, 1990.
- KARGBO, D.B. et al. Children beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, v.14, p.136-146, 1980.
- LAWSON, A.E. Relationships among level of intellectual development, Cognitive Style and grades in a College biology course. *Science Education*, v.64, n.1, p.95-102, 1980.
- LAWSON, A.E. A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, v.22, n.7, p.569-618, 1985.
- LAWSON, A. E, WORSNOP, W.A. Learning about evolution and rejecting a belief in special creation: effects of reflective reasoning skill, prior knowledge, prior belief and religious commitment. *Journal of Research in Science Teaching*, v.29, n.2, p.143-166, 1992.
- LONGDEN, B Genetics - are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education*, v.16, n.2, p.135-140, 1982.
- MASON, T.F. *História da ciência: as principais correntes do pensamento científico*. Rio de Janeiro: Globo, 1964.
- MATTHEWS, M.R. A role for history and philosophy of science in science teaching. *Interchange*, v.20, n.2, p.3-15, 1990.
- MAYR, E. *The growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance*. Cambridge (Mass): Belknap Press: Harvard, 1982.
- OCHIAI, M. The role of knowledge in the development of the life concept. *Human Development*, n.32, p.72-78, 1989.
- OSBORNE, R.J., GILBERT, J.K. A method for investigating concept understanding in science. *Science Education*, v.64, n.3, p.311- 321, 1980.
- POSNER, G.J.,GERTZOG, W.A. The clinical interview and the measurement of conceptual change. *Science Education*, v.66, n.2, p.195-209, 1982.
- RADL, E. *Historia de las teorías biológicas*. Madrid: Alianza, 1988.Obra publicada originalmente no inicio do século.
- SALTIEL, E., VIENNOT, L. Que aprendemos de las semejanzas entre las ideas historicas y el razonamiento espontaneo de los estudiantes? *Enseñanza de las Ciencias*, v.3, n.2, p.137-144, 1985.
- SIMPSON, M., ARNOLD, B. Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of Biological Education*, v.16, n.1, p.65-72, 1982.
- STAVY, R et al. How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, v.9, n.1, p.105-115,1987.
- TERHART, E. Philosophy of science and school science teaching. *International Journal of Science Education*, v.10, n.1, p.11-16, 1988

TREAGUST, DF. Development and use of diagnostic tests to evaluate students misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, v.10, n.2, p.159-169, 1988.