

Aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular na perspectiva histórico-cultural

Patricia Silveira da Silva Trazzi
Elizabeth Detone Faustini Brasil

137

Resumo: Este trabalho discute os pressupostos teóricos relacionados ao enfoque histórico-cultural na aprendizagem dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular e suas implicações para o ensino. Para tanto, realizamos uma pesquisa qualitativa e bibliográfica. Como resultado, compreendemos que na perspectiva histórico-cultural: (i) os conceitos de fotossíntese e respiração celular possuem um alto grau de generalidade, necessitando de uma série de outros conceitos de menor grau de generalidade para a sua formação; (ii) e isso só acontece porque os conceitos científicos só existem em um sistema de conceitos; (iii) a apropriação de conceitos científicos pelos alunos é um processo complexo e lento que demanda tempo; (iv) a aprendizagem antecede ao desenvolvimento.

Palavras-chave: Conceitos científicos. Fotossíntese. Histórico-cultural.

Learning the concepts of photosynthesis and cellular breathing in the historical-cultural perspective

Abstract: This work discuss the theoretical assumptions related to the historical-cultural approach in the learning of the scientific concepts of photosynthesis and cell-breathing and its implications for teaching. For this, we performed a qualitative and bibliographical research. As a result, we understand that: (i) the concepts of photosynthesis and cell-breathing have a high degree of generality, necessitating a series of other concepts of a lower degree of generality for their formation; (ii) and this is only because the scientific concepts only exist in a system of concepts; (iii) students' appropriation of scientific concepts is a complex and slow process that demands time; (iv) learning predates development.

Keywords: Scientific concepts. Photosynthesis. Historical-cultural.

Introdução

Neste artigo analisamos os pressupostos teóricos relacionados ao enfoque histórico-cultural na aprendizagem dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular. Para tanto, realizamos uma revisão de literatura nas últimas três décadas, especificamente, do tema ensino e aprendizagem dos conceitos científicos de “fotossíntese” e “respiração celular, em periódicos nacionais e internacionais da área de Educação em Ciências.



Para fins de revisão, utilizamos os periódicos nacionais “Ciência e Educação” e “Investigações em Ensino de Ciências” e os periódicos internacionais “International Journal of Science Education”, “Journal of Biological Education”, “Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias”.

No quadro 1, destacamos que a maior parte da produção sobre o tema concentrou-se em publicações nos periódicos internacionais nas décadas de 80 e 90 do século XX. Já nos periódicos nacionais, a mesma temática ganha destaque a partir dos anos 2000.

Quadro 1- Periódicos nacionais e internacionais que abordaram o tema ensino e aprendizagem de “fotossíntese e “respiração celular”

Ano	Periódico	Nº Artigos
1987	International Journal of Science Education	01
1989	International Journal of Science Education	01
1991	Journal of Biological Education	01
1992	Journal of Biological Education	01
1993	International Journal of Science Education	01
1995	Journal of Biological Education	01
1998	International Journal of Science Education	01
1999	International Journal of Science Education	01
2002	International Journal of Science Education	01
2002	Ciência e Educação	01
2006	International Journal of Science Education	01
2009	Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	01
2011	Investigações em Ensino de Ciências	01
2012	Investigações em Ensino de Ciências	01
2013	Ciência e Educação	01
Total		15

Fonte: produzido pelas autoras

Durante as décadas de 80 e 90 do século XX, o enfoque das pesquisas, relacionadas a aprendizagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, apontaram para uma visão desses conceitos como abstratos e de difícil compreensão, tanto para professores (YPI, 1998) quanto para estudantes de Ciências (STAVY; EISEN; YAAKOBI, 1987; BARKER; CARR, 1989; SEYMOUR; LONGDEN, 1991; WAHEED; LUCAS, 1992; EISEN; STAVY, 1993; BARKER, 1995; CAÑAL, 1999).



Estes estudos têm indicado que os estudantes ainda apresentam concepções alternativas¹ persistentes sobre os temas fotossíntese e respiração celular. Por exemplo: a visão de que o alimento das plantas vem do solo e de que as raízes fazem a absorção desses alimentos (BARKER, 1995); a dificuldade de compreender que um gás como o gás carbônico (CO₂) e um líquido como a água (H₂O) podem produzir um alimento sólido dificulta a compreensão de que as plantas fabricam seu próprio alimento pela fotossíntese (BARKER, 1995). A noção do que seja esse alimento para os estudantes é também variável e dependente do contexto (DRIVER et al, 1994). Via de regra, os estudantes apontam como único aprendizado o fato de que as plantas produzem seu próprio alimento, mas na maioria das vezes falta compreensão do que seria esse alimento (BARKER; CARR, 1989).

Algumas vezes, os alunos apresentam uma concepção de que a planta faz uso direto da energia solar em um processo vital (BARKER; CARR, 1989). Outra dificuldade é a compreensão de que esse alimento é metabolizado na planta pela respiração celular e que a energia produzida serve para que a planta cresça e se desenvolva. Essa concepção vem atrelada a uma ideia de energia associada a movimento. Se as plantas não se movimentam como os animais, por que precisam de energia?

Muitas dessas concepções possuem raízes históricas, como aponta Barker (1995). De acordo com esse autor, a visão de que as plantas adquirem seu alimento por meio do solo possui origem em Aristóteles (350 a.C.), quando da formulação da Teoria humanística – a planta é um animal invertido, pois fica com a boca no solo. As raízes das plantas eram análogas à boca dos animais, ambas servindo para absorção do alimento. Para Aristóteles, as plantas se alimentavam de húmus e depois da morte voltavam ao húmus. Ele acreditava assim que a chave para entender as plantas estava no estudo dos animais.

¹ As ideias dos estudantes que não são consideradas de acordo com o conhecimento científico receberam o nome de concepções alternativas, conceitos ou ideias alternativas, ingênuas, intuitivas, espontâneas ou de senso comum. Partilhamos com Driver e outros (1999) que essas ideias informais não são apenas visões pessoais do mundo, mas refletem uma visão comum, representada por uma linguagem compartilhada. Ou seja, são construções sociais e não construções de indivíduos isolados.



Existe também muita confusão entre o papel da fotossíntese e da respiração celular. Muitos estudantes possuem a ideia de que a planta respira somente à noite e faz a fotossíntese somente durante o dia. Os alunos constantemente associam que a fotossíntese é a respiração da planta (STAVY; EISEN; YAAKOBI, 1987; SEYMOUR; LONGDEN, 1991). Seymour e Longden (1991) apontam algumas concepções alternativas persistentes, como o fato de os estudantes considerarem que a “respiração celular ocorre nos pulmões” e que “coisas vivas não podem respirar na ausência de oxigênio” ou que “respiração celular é a mesma coisa que a respiração”. Os autores apontam que a imprecisão na linguagem com relação ao ensino destes temas (respiração celular e respiração), muitas vezes, não permite que o estudante faça a distinção entre o significado desses termos quando usados em um contexto científico e quando usados cotidianamente. Isso muitas vezes ocorre porque o conceito de respiração celular é muito difícil de entender e precisa ser ensinado de forma relacionada ao tema fotossíntese (EISEN; STAVY, 1993).

Assim, os temas fotossíntese e respiração celular são apontados como assuntos complexos e de difícil compreensão, mas extremamente importantes. Essa dificuldade se deve, em parte, por serem temas que inter-relacionam aspectos bioquímicos, ecológicos, anatômicos, fisiológicos e de energia, necessitando de uma visão integradora do assunto. Por se tratarem de temas considerados integradores do ensino de Biologia e Ciências, como apontam Waheed e Lucas (1992) e Kawasaki (1987), é necessário reforçar a relevância da realização de investigações sobre os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula de Biologia da educação básica, de modo a compreendermos como esses conteúdos vêm sendo abordados. Concordamos com Waheed e Lucas (1992) que esses conteúdos são estruturadores e mediadores no ensino de Biologia e que, por isso, precisam ser aprendidos pelos alunos com o objetivo de propiciar uma visão mais abrangente dos fenômenos naturais. Eisen e Stavy (1993) apontam que se os estudantes compreenderem que tópicos como ecossistemas, transformação química, alimentação autotrófica e respiração estão relacionados ao processo de fotossíntese, eles terão provavelmente um razoável entendimento básico da fotossíntese.



Assim, nos reportamos à citação de Waheed e Lucas (1992, p. 197):

Com base em nossa análise da fotossíntese como um conceito integrador, central no estudo dos sistemas vivos, acreditamos que deva ser dada mais atenção ao ensino das inter-relações entre conceitos específicos. [...] Acreditamos que essa integração deva ser mais extensa, incluindo as alterações ecológicas e de energia, bem como os aspectos bioquímicos e fisiológicos [...].

Nesse sentido, a fotossíntese é vista por esses autores como um conceito integrador e, por isso, considerada um “campo de conhecimento”. No entanto, os autores nos dizem que, apesar de existirem muitos trabalhos sobre concepções de alunos a respeito da fotossíntese, poucos são aqueles que a investigam como conceito integrador, ou seja, analisando a inter-relação do assunto com aspectos ecológicos, bioquímicos, fisiológicos, anatômicos e de energia.

Em seu estudo, Waheed e Lucas (1992) constataram que os alunos apresentaram pouca compreensão da fotossíntese como tema integrador. A maioria dos estudantes mostrou um entendimento dos aspectos ecológicos da fotossíntese, como a troca de gases entre plantas e animais. Plantas captam gás carbônico e expelem oxigênio, enquanto animais captam oxigênio e expelem gás carbônico. Mas poucos mostraram consciência dos processos envolvidos. Embora os alunos tenham mencionado sobre energia, a compreensão do processo mostrou-se inconsistente. Com relação à fisiologia, os alunos demonstraram pouca compreensão do processo de respiração celular. A fotossíntese e a respiração celular foram percebidas somente como um mecanismo de troca de gases. Embora os estudantes tenham mostrado alguma compreensão de aspectos bioquímicos, poucos conseguiram mostrar entendimento da fotossíntese como processo de produção de carboidratos. Stavy, Eisen e Yaakobi (1987) nos dizem que, independente da complexidade dos temas fotossíntese e respiração celular e das concepções persistentes, é necessário investir na mudança da maneira de ensinar, encontrando melhores e mais apropriadas formas de abordar esses assuntos. Devido à importância da compreensão da fotossíntese e da respiração celular para um entendimento

básico de como funciona o mundo natural, não podemos desistir de ensinar esses temas.

De acordo com Seymour e Longden (1991), muitas vezes os estudantes não têm consciência das suas dificuldades acerca do entendimento do conteúdo, e, por outro lado, os professores, por vezes, julgam incorretamente as habilidades dos estudantes em compreender um determinado assunto, ora superestimando, ora subestimando o entendimento destes. Isso, na visão dos autores, pode causar uma falta de ênfase em determinado assunto ou uma ênfase indevida em certas partes do conteúdo.

Tais problemas no ensino e na aprendizagem desses conceitos são indicadores da relevância de se trabalhar com pesquisas nessa área, de modo a ampliar a compreensão dos fatores envolvidos na aprendizagem dos alunos e auxiliar os professores no desenvolvimento de estratégias de ensino para abordar esse conhecimento.

Desta forma, chamamos a atenção para o fato de que os trabalhos publicados nas décadas de 80 e 90 (quadro 1) possuem um enfoque voltado para uma perspectiva individual dos processos de aprendizagem, enfatizando o referencial das concepções alternativas. No entanto, a partir dos anos 2000, Mortimer e Machado (2001), apontavam que alguns estudos já indicavam que esta abordagem seria "[...] insuficiente para dar conta da complexidade das relações envolvidas no processo de aprendizagem em sala de aula" (MORTIMER; MACHADO, 2001, p. 109). Segundo os autores, até o início dos anos 2000 a ênfase dos estudos na área de educação em Ciências ainda estava centrada numa abordagem individual dos processos de aprendizagem.

Desde então, autores como Mortimer e Scott (2002, 2003), Roth e Barton (2004), Maheux, Roth e Thom (2010) e Roth (2010) já vêm desenvolvendo pesquisas no campo da Educação em Ciências, apontando a necessidade de aprofundamento em estudos que contemplem uma visão histórico-cultural dos processos de ensino e aprendizagem em sala de aula, uma perspectiva social da ciência, que promova a inclusão das pessoas em meio a um mundo diversificado.



Nesse sentido, propomos um enfoque histórico-cultural à medida que acreditamos que o foco não deve ser somente o indivíduo, mas também o contexto social em que ele está imerso, uma vez que entendemos que essas concepções alternativas são produzidas socialmente, sendo por isso construções sociais.

A perspectiva histórico-cultural na elaboração dos conceitos científicos: aprendizagem e desenvolvimento

Uma vez que o referencial das concepções alternativas apresenta limitações, por se basear em um enfoque individual dos processos de ensino e aprendizagem, Mortimer, (2006) esclarece que, durante muito tempo, o processo de mudança conceitual foi considerado como sinônimo de aprender ciências. Sob a ótica do que se denomina paradigma construtivista, a mudança conceitual visava romper com as concepções alternativas dos estudantes para que os mesmos pudessem mudar seu entendimento do mundo para pensar de acordo com a concepção científica, excluindo do processo a linguagem cotidiana (senso comum) (ROTH, 2009).

Na prática, autores como Mortimer e Roth chegaram à conclusão em suas pesquisas que o processo de aprendizagem em ciências não ocorre dessa maneira. Não é o fato de se “ensinar” o conhecimento científico dito “certo” que os alunos automaticamente irão aprendê-lo. Não é um processo simples de mudança conceitual. Não se trata somente de diagnosticar as concepções alternativas dos estudantes, saber como eles pensam, ensinar o conhecimento científico que eles irão automaticamente mudar suas concepções.

Mortimer (1996) nos diz que esse processo é complexo e que os estudantes não abandonam facilmente suas concepções. O que pode acontecer, segundo o autor, é a convivência entre conhecimentos científicos e o senso comum, e o uso dessas formas de saber pode se dar em contextos diferentes. Roth (2009) defende que não há como “reestruturar” a mente do estudante para que ele passe a pensar de forma científica.

Por outro lado, é papel da escola ensinar o conhecimento científico, ou seja, é papel do professor ensinar a concepção científica. Porém, a maneira de



fazer isso representa um ponto a ser pensado. O papel do contexto, nesse sentido, fica evidente. Nada acontece fora de um contexto social e cultural. As análises devem visar o discurso e as ações e não o indivíduo. O foco é na compreensão da contribuição do estudante no contexto social em que ele está inserido, no caso, a sala de aula. Segundo Maheux, Roth e Thom (2010), as contribuições podem assumir diferentes formas, como falas, gestos, ações ou qualquer combinação destas.

Assim, apresentamos a perspectiva histórico-cultural, evidenciando as ideias de um dos seus principais autores: Vigotski. Para o autor, os aspectos interativos e discursivos contribuem para compreendermos os processos de ensino e aprendizagem, nos quais a linguagem e o pensamento se constituem necessariamente na intersubjetividade (2009). A partir da matriz histórico-cultural, compreendemos que a linguagem possui uma centralidade na constituição do sujeito e a interação social (presença do outro) é fundamental para o entendimento desse sujeito.

Assim, partimos do pressuposto Vigotskiano de que a palavra do outro, enquanto signo linguístico, atua como mediadora da consciência à medida que veicula significados e sentidos. Essa palavra viva, no ato da comunicação, atua na formação de conceitos, funcionando como um signo mediador por possuir um papel de meio na formação de um conceito. Dessa forma, a linguagem, para Vigotski, possui um papel mediador nos processos interativos humanos e no desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Segundo Vigotski (2009), a formação dos conceitos científicos envolve, desde o início, uma ação mediada organizada e intencional em relação ao objeto e, por isso, implica uma atitude de consciência e controle do sujeito, que deve dominar seu conteúdo ao nível de sua definição e de suas relações com outros conceitos.

Neste processo de elaboração conceitual, é importante que o professor compreenda que o pensamento do aluno ainda está imaturo no início do processo de aprendizagem. Dessa forma, a aprendizagem está sempre adiante do desenvolvimento e sempre há discrepância, e nunca paralelismo, entre o



processo de aprendizagem escolar e o desenvolvimento das funções correspondentes. Isso porque,

O processo letivo tem sua própria seqüência, sua lógica e sua organização, segue um currículo e um horário, e seria o maior dos equívocos supor que as leis externas da estruturação desse processo coincidem inteiramente com as leis internas de estruturação dos processos de desenvolvimento desencadeados pela aprendizagem (VIGOTSKI, 2009, p. 322).

Assim, o êxito de um aluno em determinada matéria escolar em um período não significa que no seu desenvolvimento interior esse aluno obteve os mesmos êxitos, porque o curso do desenvolvimento não necessariamente coincide com o curso da aprendizagem.

[...] o desenvolvimento não se subordina ao programa escolar, tem sua própria lógica. Desenvolvimento e aprendizagem apesar de processos interligados se desenvolvem em ritmos diferentes, cada um deles de modo próprio (VIGOTSKI, 2009, p. 323).

Continuando sua argumentação, o autor diz que o desenvolvimento consiste na progressiva tomada de consciência dos conceitos e operações do próprio pensamento. Desta forma, o tempo de tomada de consciência dos conceitos varia de aluno para aluno. A aprendizagem está à frente do desenvolvimento porque

[...] existe um processo de aprendizagem; ele tem a sua estrutura interior, a sua seqüência, a sua lógica de desencadeamento; e no interior, na cabeça de cada aluno que estuda, existe uma rede subterrânea de processos que são desencadeados e se movimentam no curso da aprendizagem escolar e possuem a sua lógica de desenvolvimento (VIGOTSKI, 2009, p. 325).

É por isso que Vigotski argumenta que a curva do aprendizado do programa escolar não coincide com a curva do desenvolvimento e que a aprendizagem está à frente do desenvolvimento. E, assim, compreendemos por que os conceitos científicos possuem uma grande importância para o desenvolvimento do pensamento da criança, já que a apreensão de um conceito científico antecipa o caminho do desenvolvimento.



Neste sentido, vemos que a tomada de consciência do conceito implica uma atividade mental complexa, caracterizada pela possibilidade de generalização dos processos psíquicos envolvidos na formação do conceito. Se a tomada de consciência passa pelos conceitos científicos, Vigotski nos diz também que só no sistema o conceito pode adquirir as potencialidades de conscientizáveis e a arbitrariedade. Os conceitos estão sempre relacionados (VIGOTSKI, 2009) e a própria natureza de cada conceito particular já pressupõe a existência de um determinado sistema de conceitos, fora do qual não pode existir. “Por ser científico pela própria natureza, o conceito científico pressupõe seu lugar definido no sistema de conceitos, lugar esse que determina a sua relação com outros conceitos” (VIGOTSKI, 2009, p. 293).

Vigotski (2009) nos diz que a causa da não conscientização dos conceitos está na ausência de sistematicidade dos conceitos científicos. Assim, é possível compreender que a tomada de consciência dos conceitos se realiza por meio da formação de um sistema de conceitos, que se desenvolve a partir de uma prática pedagógica que permita ao aluno a compreensão dos processos psíquicos envolvidos na formação desse conceito, bem como da aproximação com conteúdos que permitem a formação do conceito científico em foco. E é nesse sistema de conceitos que está a chave para o entendimento de como se processa essa tomada de consciência. Seguindo esta direção, nos propusemos a pensar a educação científica numa perspectiva histórico-cultural.

A perspectiva histórico-cultural na educação em ciências

Como apontamos na introdução deste artigo, diversas pesquisas realizadas nas décadas de 80 e 90 revelaram que os conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular são cercados de concepções alternativas persistentes e resistentes a mudança. No entanto, Mortimer e Scott (2003) questionam as pesquisas sobre concepções alternativas indagando: por que as concepções alternativas dos alunos são resistentes a mudanças por meio de instrução? Por que alguns tópicos científicos são mais complexos do que outros para ensinar e aprender?



É nesta direção que trazemos para discussão ideias e pesquisas de diversos autores contemporâneos que investigam questões de linguagem baseados na perspectiva histórico-cultural, em salas de aula de Ciências. Assim, autores como Mortimer e Scott (2002, 2003), Roth e Barton (2004), Maheux, Roth e Thom (2010) e Roth (2010) vêm desenvolvendo pesquisas no campo da Educação em Ciências, apontando para a necessidade de aprofundamento em estudos que contemplem uma visão histórico-cultural dos processos de ensino e aprendizagem em sala de aula, ou seja, para uma perspectiva social da ciência, que promova a inclusão das pessoas em meio a um mundo diversificado.

Wertsch (1999, p. 10) nos diz que “[...] o foco principal da teoria histórico-cultural é a forma como o discurso social dá origem ao desenvolvimento do funcionamento mental dos indivíduos”. Assim, “[...] desenvolvimento e aprendizagem envolvem uma passagem de contextos sociais para o entendimento individual” (MORTIMER; SCOTT, 2003, p. 25), passagem esta, que se realiza no movimento do social para o individual e vice-versa.

Segundo Mortimer e Scott (2003), a abordagem histórico-cultural tem contribuído para a busca de respostas sobre como os significados são criados e desenvolvidos por meio do uso da linguagem verbal e outros meios de comunicação no contexto social em salas de aula. Os autores reforçam a necessidade de investimento em pesquisas que possam aliar as atividades dos alunos (prática) e o modo como os professores organizam suas aulas, a sua interação com os estudantes e seu modo de desenvolver os conceitos científicos. Assim, os autores nos dizem que somente as atividades dos alunos não são suficientes para promover o ensino e a aprendizagem de Ciências. É necessário que haja uma interação entre o professor e o aluno porque as atividades práticas não falam por si mesmas. Precisa haver a mediação do professor para que os sentidos sejam construídos pelos alunos.

Autores como Driver e outros (1999) e Mortimer e Machado (2001) afirmam que a aprendizagem das Ciências é vista como um processo de enculturação, ou seja, a entrada do aluno em uma nova cultura, diferente da



cultura do senso comum. Nesse processo, senso comum e conhecimentos científicos dialogam e se inter-relacionam à medida que um não é superior ou mais importante que o outro.

Nessa direção, Mortimer e Scott (2003) nos dizem que o professor tem o papel fundamental de: (i) introduzir o aluno na linguagem científica como mediador e intérprete dessa linguagem; (ii) tornar as ideias científicas disponíveis aos alunos; (iii) ouvir e diagnosticar as maneiras como as atividades estão sendo interpretadas, a fim de subsidiar as próximas ações; (iv) ajudar os alunos a darem sentido a esse conhecimento e aplicá-lo no dia a dia. Então, o papel do professor é, segundo os autores, ensinar a linguagem científica, porque dificilmente o aluno irá aprendê-la sozinho. No entanto, isso não exclui o fato de que ao ensinar o professor, inevitavelmente, irá aprender.

Um dos problemas acerca da linguagem científica é que seu discurso é, na maioria das vezes, desprovido de valores, emoções e responsabilidades. É um discurso que se distancia da vida cotidiana, e os alunos sentem necessidade de contextualizar os conceitos abordados e entender a aplicação daquilo que é ensinado. Roth (2005) nos fala da necessidade de ouvir o discurso dos alunos, com sua linguagem própria, porque muitas vezes o discurso científico, como é veiculado em laboratórios, é desprovido de sentido para o estudante. E, assim, a fala do aluno durante os processos de ensino e de aprendizagem configura-se como elemento fundamental no processo de elaboração conceitual (MORTIMER; MACHADO, 2001).

O problema se agrava também à medida que muitas palavras utilizadas no discurso científico são polissêmicas, ou seja, carregam diferentes significados. Significados estes, que são dependentes do contexto, como apontam Driver e outros (1994). Por exemplo, a palavra alimento. Geralmente os estudantes dizem que aprenderam que as plantas produzem seu próprio alimento pela fotossíntese, mas na maioria das vezes falta compreensão do que seria esse alimento (BARKER; CARR, 1989).

Segundo Driver e outros (1994) há uma associação da palavra alimento a ingestão, ao ato de “comer alguma coisa”. Em muitos casos, essa compreensão pode levar o aluno a considerar que a planta produz o alimento,



mas para outros seres vivos, em uma cadeia alimentar, e não para ela mesma. Situações como esta podem estar relacionadas ao fato de que em sala de aula, apesar de o professor ter o “controle do discurso”, de controlar o significado das palavras, ele não controla o movimento dos sentidos que as perpassa.

No contexto do ensino das Ciências, Mortimer e Machado (2001) apontam que o reconhecimento, pelos professores, da importância da linguagem e das interações sociais e discursivas tem sido fator importante para mudanças na prática pedagógica. Consideramos, desta forma, que este reconhecimento pode possibilitar importantes implicações para o ensino e aprendizagem dos conceitos científicos e especificamente aqui, os conceitos de fotossíntese e respiração celular.

Algumas implicações para o ensino e aprendizagem dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular

Ao considerarmos uma discussão sobre como o processo de ensino e aprendizagem, a partir de uma abordagem histórico-cultural, poderia, mais especificamente, contribuir com a solução de alguns dos problemas detectados em estudos citados no início deste artigo: Stavy; Eisen; Yaakobi (1987), Barker; Carr (1989), Seymour; Longden (1991), Waheed; Lucas, (1992), Eisen; Stavy (1993); Barker (1995); Ypi (1998); Cañal (1999), Carlsson (2002), Marmaroti; Galanopoulou (2006), na abordagem escolar sobre a fotossíntese e respiração celular, trazemos as pesquisas de Souza e Almeida (2002) e Trazzi e Oliveira (2016a e 2016b). As experiências realizadas pelas autoras utilizando a matriz histórico-cultural, nos fornecem indicadores que podem nos ajudar na compreensão dos fatores envolvidos no processo de ensino e aprendizagem dos alunos e auxiliar os professores no desenvolvimento de estratégias de ensino para abordar estes conceitos.

Souza e Almeida (2002) realizaram um trabalho de investigação acerca do tema fotossíntese no qual um dos objetivos seria ir além das concepções alternativas dos alunos. A partir de uma abordagem compreensiva, as autoras levam em conta o funcionamento da linguagem e os efeitos de sentidos entre interlocutores em seu contexto de produção. Elas defendem que a linguagem não é transparente porque o discurso da ciência não se limita somente a



definições e a um vocabulário técnico, mas também ao funcionamento das palavras que estão imbricadas numa rede de sentidos (CASSIANI, 2014).

Trazzi e Oliveira (2016a e 2016b) partindo da tese Vigotskiana de que a linguagem possui uma centralidade na constituição do sujeito e a interação social (presença do outro) é fundamental para o entendimento desse sujeito, defendem que, para que ocorra o processo de elaboração conceitual, é fundamental que ocorra uma ação mediada na sala de aula que seja dialógica, qualificada e intencional na apropriação de conceitos.

Neste sentido, as autoras investigaram, a partir de uma pesquisa colaborativa com a professora da escola, de como se desenvolveu a ação mediada em aulas de Biologia no ensino médio, que visavam abordar os conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular, num contexto de realização de atividades experimentais.

Nesta investigação, os conceitos de fotossíntese e respiração celular foram trabalhados de forma integrada ao conteúdo de Ecologia por meio de uma atividade experimental envolvendo terrários. A ação mediada seguiu um caminho explicativo e argumentativo que integrou os conceitos dentro de um sistema de conceitos com diferentes graus de generalidade conforme defende Vigotski (2009).

Desta forma, na ação mediada realizada, os conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular ficaram situados dentro de um sistema complexo de conceitos com diferentes graus de generalidade e integração conceitual. Neste sistema, os conceitos de fotossíntese e respiração celular, precisaram, para sua formação, de uma série de outros conceitos, como os relacionados às substâncias água, gás carbônico, glicose e oxigênio. E se dentro do sistema os conceitos de fotossíntese e respiração celular forem considerados para explicar os ciclos da água, do carbono e do oxigênio (que são conteúdos de ecologia), eles passam a ser integrados dentro do sistema de conceitos (TRAZZI; OLIVEIRA, 2016b). Diante do exposto, compreendemos, a partir da matriz histórico-cultural, que o conceito científico só existe em um sistema de conceitos como defende Vigotski (2009).



Além disso, Trazzi e Oliveira (2016a) analisando os enunciados dos estudantes no processo de apropriação dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular encontraram diferentes níveis de integração e generalização conceitual: alto, intermediário e baixo.

Nos enunciados dos estudantes com alto nível de integração e generalização conceitual os estudantes elaboraram respostas articulando os conceitos de fotossíntese e respiração celular de forma a integrar os conceitos de dentro de um sistema articulando-os aos ciclos do carbono, oxigênio e água.

Nos enunciados dos estudantes com nível intermediário de integração e generalização conceitual os estudantes elaboraram respostas articulando parcialmente os conceitos de fotossíntese e respiração celular. Nesses enunciados, há indícios de concepções alternativas (ou seja, concepções que não correspondem ao conhecimento científico) e da falta de compreensão dos fenômenos de forma integrada e articulada, revelando que nesse nível os conceitos ainda estão em processo de formação, ainda estão ganhando vida, e que apesar da aprendizagem ter ocorrido, o processo de desenvolvimento do aluno e a apropriação dos conceitos ainda não aconteceram completamente (TRAZZI; OLIVEIRA, 2016a).

Nos enunciados dos estudantes com nível baixo de integração e generalização conceitual os estudantes elaboraram respostas que explicassem de forma muito limitada como esses conceitos foram construídos ou nem mencionassem esses conceitos. Nesse nível os estudantes ainda estão em processo de elaboração conceitual como nos diz Vigotski (2009).

Desta forma, ao partirmos de uma matriz histórico-cultural para pensarmos o processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos pelos alunos e conseqüentemente a sua apropriação, precisamos compreender que não é o fato de o professor ensinar um conceito por meio de uma definição, utilizando um vocabulário técnico, que o aluno irá aprender. O processo de apropriação conceitual é complexo, lento e demanda tempo.

Assim, quando o professor ensina esses conceitos pela primeira vez aos alunos, o processo de apropriação somente se inicia, ou seja, esses conceitos começam a ganhar vida. O processo só começa, não termina naquele



momento. No curso do desenvolvimento é que o aluno vai se apropriando dos conceitos científicos, à medida que ele vai se apropriando do discurso científico e tomando-o como seu, e isso acontece porque a aprendizagem antecede ao desenvolvimento (VIGOTSKI, 2009).

Neste sentido, é importante a compreensão, por parte dos sistemas de ensino e dos professores, que o processo ensino aprendizagem não é automático. Além disso, na educação em ciências, especificamente, é fundamental que os professores conheçam as concepções alternativas dos estudantes com relação aos conceitos científicos a serem trabalhados em sala de aula. As concepções alternativas são construções sociais que ultrapassam o plano individual do aluno e podem ajudar o professor como ponto de partida no processo de ensino aprendizagem, uma vez que aquela concepção não é daquele aluno específico, mas é compartilhada no plano social.

Referências

BARKER, M. 'A plant is an animal standing on its head'. **Journal of Biological Education**, New York, v. 29, n. 3, p.201-208, 1995.

BARKER, M.; CARR, M. Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge. **International Journal of Science Education**, London, v. 11, n. 1, p. 49-56, 1989.

CAÑAL, P. Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? **International Journal of Science Education**, London, v. 21, n. 4, p. 363-371, 1999.

CASSIANI, S. Aprendendo a conversar ciências no Ensino Fundamental. In: FLORES, C. R.; CASSIANI, S. (Orgs.). **Tendências contemporâneas nas pesquisas em Educação Matemática e Científica: sobre linguagens e práticas culturais**. Campinas: Mercado das Letras, 2014.

DRIVER, R. et al. Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química nova na escola**, São Paulo, n. 9, p. 31-40, maio 1999.

DRIVER, R. et al. **Making sense of secondary science: research into children's ideas**. London, New York: Routledge, 1994.

EISEN, Y.; STAVY, R. How to make the learning of photosynthesis more relevant. **International Journal of Science Education**, London, v. 15, n. 2, p. 117-125, 1993.



KAWASAKI, C. S. Nutrição vegetal: um verdadeiro campo de estudos para a educação científica. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 1.1987, Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia, 1987.

MAHEUX, J. F.; ROTH, W. M.; THOM, J. Looking at the observer: challenges to the study of conceptions and conceptual change. In: ROTH, W. M. (Ed.). **Re/Structuring science education: Reuniting sociological and psychological perspectives**. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2010.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 1, n.1, p. 20-39, 1996.

MORTIMER, E. F.; MACHADO, A. H. Elaboração de conflitos e anomalias na sala de aula. In: MORTIMER, E.; SMOLKA, A. L. B. (Orgs). **Linguagem, cultura e cognição: reflexões para o ensino e a sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning making in secondary science classrooms**. Maidenhead, Philadelphia: Open University Press, 2003.

ROTH, W. M. **Establishing scientific classroom discourse communities: multiple voices of teaching and learning research**. Edited by Randy Yerrick, Wolff-Michael Roth. Mahwah, London: Lawrence Erlbaum Associates, 2005.

ROTH, W. M. **Language, learning and context: talking the talk**. London, New York: Routledge, 2010.

ROTH, W. M. Taking a stand (point): introduction to a science (education) from people for people. In: ROTH, W.M. (Ed.). **Science education from people for people: taking a stand (point)**. London, New York: Routledge, 2009.

ROTH, W. M.; BARTON, A. C. **Rethinking scientific literacy**. New York: Routledge, 2004.

SEYMOUR, J.; LONGDEN, B. Respiration – that's breathing isn't it? **Journal of Biological Education**, New York, v. 25, n. 3, p. 177-183, 1991.

SOUZA, S. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 1, p. 97- 111, 2002.

STAVY, R.; EISEN, Y.; YAAKOBI, D. How students aged 13-15 understand photosynthesis. **International Journal of Science Education**, London, v. 9, n. 1, p.105-115, 1987.



TRAZZI, P. S. S.; OLIVEIRA, I. M. A ação mediada no processo de formação dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular em aulas de Biologia. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v.21 (2), p.121-136, 2016b. acessos em 23 mar. 2017.

TRAZZI, P. S. S.; OLIVEIRA, I. M. O processo de apropriação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular por alunos em aulas de Biologia. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte)**, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 85-106, abr. 2016a. acessos em 23 mar. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172016180105>.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Martins Fontes: São Paulo, 2009.

WAHEED, T.; LUCAS, A. M. Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14, **Journal of Biological Education**, New York, v. 26, n. 3, p. 193-199, 1992.

WERTSCH, J. V. **La mente en acción**. Buenos Aires: Aique, 1999.

YPI, D. Y. Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. **International Journal of Science Education**, London, v. 20, n. 4, p. 461-477, 1998.

Patricia Silveira da Silva Trazzi

patriciatrazzi.ufes@gmail.com

Doutorado e Mestrado em Educação PPGE-UFES, Licenciatura em Ciências Biológicas- UFES. Professora Adjunta no Departamento de Teorias do Ensino e Práticas Educacionais DTEPE da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Membro do Laboratório de Pesquisa em Educação em Ciências- Labec-UFES- Membro do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional, Universidade Federal do Espírito Santo.

Elizabeth Detone Faustini Brasil

elizabethfaustini@gmail.com

Doutoranda em Educação PPGE-UFES, Mestrado em Educação em Ciências e Matemática- EDUCIMATE-IFES, Licenciatura em Ciências e Matemática PUC-MG, Licenciatura em Química UFES e Bacharelado em Artes Plásticas UFES. Professora Assistente no Departamento de Educação e Ciências Humanas – DECH-CEUNES da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Membro do Laboratório de Pesquisa em Educação em Ciências- Labec- UFES, Membro do Grupo de Pesquisa Imagens, Tecnologias e Infâncias (Grupec/UFES, CNPq).

Recebido em: 23/03/2017

Aprovado em: 17/04/2017

