

## A AÇÃO MEDIADA NO PROCESSO DE FORMAÇÃO DOS CONCEITOS CIENTÍFICOS DE FOTOSÍNTESE E RESPIRAÇÃO CELULAR EM AULAS DE BIOLOGIA

*The action mediated in the process of forming scientific concepts on photosynthesis and cell-breathing in Biology lessons*

**Patricia Silveira da Silva Trazzi** [patriciatrazzi.ufes@gmail.com]

**Ivone Martins de Oliveira** [ivone.mo@terra.com.br]

*Departamento de Teorias do Ensino e Práticas Educacionais da Universidade Federal do Espírito Santo  
Av. Fernando Ferrari 514, Goiabeiras, Vitória, ES, Brasil*

### Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a mediação pedagógica realizada por uma professora de Biologia com alunos da 1ª série do Ensino Médio durante o desenvolvimento dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular em uma escola estadual de Vitória/ES. A pesquisa, de cunho qualitativo e colaborativo, utilizou, como instrumentos de produção dos dados, observações do trabalho desenvolvido na sala de aula e nas atividades no laboratório de Ciências, com registro em diário de campo e filmagens das aulas. As análises se apoiaram na matriz histórico-cultural. Na análise da ação mediada realizada, foi possível apontar que o processo de formação/elaboração dos conceitos científicos de fotossíntese e de respiração celular, nessa sala de aula de Biologia, seguiu uma ação mediada intencional e organizada que considerou os agentes em interação (professora e alunos) e o uso de ferramentas culturais ou mediacionais que propiciaram o desenvolvimento desses conceitos dentro de um sistema, ou seja, dentro de uma rede de outros conceitos que estão associados a eles, abrangendo graus diferentes de generalidade.

**Palavras-chave:** Mediação; Fotossíntese; Formação de conceitos.

### Abstract

This research aims to analyze the pedagogical mediation carried out by a biology teacher alongside the High School freshmen students during the development of scientific concepts of photosynthesis and cell-breathing held at a state school in the city of Vitória/ES. It is a qualitative and collaborative research and has used as data production instruments the observation of the work developed in the classroom and in the Science lab activities, with field diary record and footage of the lessons. The analyses are based on the historical-cultural matrix. In the analysis of the action taken, it was possible to highlight that the formation/elaboration process of the photosynthesis and cell-breathing scientific concepts, in that Biology classroom, followed an intentional and organized mediated action that took into consideration the interaction agents (Teacher and students) and the use of cultural or mediational tools which led to the development of such concepts within a system, that is, inside a net of other concepts associated to them covering differentiated degrees of generality.

**Keywords:** Mediation; Photosynthesis; Formation of concepts.

## INTRODUÇÃO

Esta pesquisa tem como objetivo analisar a mediação pedagógica realizada por uma professora de Biologia com um grupo de alunos da 1ª série do Ensino Médio, durante o desenvolvimento dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular em uma escola estadual de Vitória/ES. Para tanto, ancoramo-nos na matriz histórico-cultural, particularmente nas ideias de Vigotski sobre a formação de conceitos científicos e mediação, e na teoria da ação mediada desenvolvida por Wertsch.

Apesar de a literatura da área de educação em ciências apontar que os conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular são abstratos e de difícil compreensão pelos estudantes (Stavy; Eisen & Yaakobi, 1987; Barker & Carr, 1989; Seymour & Longden, 1991; Waheed & Lucas, 1992; Eisen & Stavy, 1993; Barker, 1995; Ypi, 1998; Cañal, 1999; Carlsson, 2002; Souza & Almeida, 2002; Ozay & Oztas, 2003; Marmaroti & Galanopoulou, 2006; Medeiros; Costa & Lemos 2009; Zompero & Laburú, 2011, 2012; Sarmiento et al., 2013), por serem cercados de várias ideias que vão de encontro ao conhecimento científico, por exemplo, o fato de os estudantes entenderem que as plantas se alimentam por meio de suas raízes, consideramos ser necessário investigar como esse ensino está acontecendo em salas de aula de Biologia da Educação Básica e, particularmente, como o professor está realizando o processo de mediação nesse contexto.

Nesse sentido, tendo em vista a proposta curricular da disciplina Biologia no Ensino Médio, perguntamos: como os conceitos de fotossíntese e respiração celular vêm sendo abordados em salas de aula? Como vem ocorrendo a mediação pedagógica na sala de aula, visando ao desenvolvimento desses conceitos científicos? Quais estratégias didáticas podem favorecer a formação desses conceitos?

### Formação de conceitos e ação mediada

Segundo Vigotski (2009), todo conceito é uma generalização e implica a possibilidade de situá-lo num sistema de conceitos mais amplo, o qual envolve relação com outros conceitos, sendo alguns de um nível maior de generalidade. A generalização é ao mesmo tempo tomada de consciência e sistematização de conceitos, ou seja, a formação de conceitos científicos envolve uma ação consciente do sujeito, que deve dominar seu conteúdo ao nível de sua definição e de suas relações conceituais. Conforme aponta Vigotski (2009), o conceito científico se desenvolve a partir de uma relação com outros conceitos, caracterizada por níveis diferentes de generalidade, bem como de sua inter-relação com os conceitos espontâneos.

Os conceitos cotidianos ou espontâneos se constituem nas atividades práticas nas quais o indivíduo se envolve, na relação com o meio físico e social; o percurso de sua formação segue uma via do objeto para o conceito. Na formação dos conceitos científicos, o caminho é inverso: do conceito para o objeto. Esse conceito, porém, não reflete o objeto em sua manifestação externa, como conceito empírico, e por isso sua relação com o objeto só é possível no conceito, na relação com outros conceitos, ou seja, num sistema de conceitos. Embora os percursos de desenvolvimento desses conceitos sigam direções opostas, seus processos estão interligados, ao passo que um cria as condições para o desenvolvimento do outro e vice-versa. Trata-se, portanto, de um processo único de formação conceitual, marcado pela complementaridade em um contexto de relações complexas (Vigotski, 2009).

Os conceitos estão sempre relacionados 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).

Diante disso, para Vigotski (2009), diferentemente dos conceitos espontâneos, o desenvolvimento dos conceitos científicos implica ensino, ou seja, a mediação pedagógica, de maneira a possibilitar aos alunos condições de apropriação das relações complexas que se estabelecem entre conceitos com graus variáveis de generalidade. O destaque dado ao ensino pelo autor se sustenta em sua concepção da relação entre desenvolvimento e aprendizado. Para ele não há supremacia do desenvolvimento sobre o aprendizado e vice-versa, mas uma complexa inter-relação na qual os processos de aprendizado podem tracionar o desenvolvimento. Assim, tomando como foco a formação de conceitos, podemos dizer que, por meio da ação mediada, os conceitos espontâneos, constituídos a partir das vivências do aluno, fornecem a base para a emergência de conceitos científicos, que se formam a partir de um dado sistema de conceitos que se constitui historicamente, dentro de determinados parâmetros estabelecidos pela ciência.

Até aqui Vigotski nos diz que: a) todo conceito é uma generalização; b) generalização significa ao

mesmo tempo tomada de consciência dos processos psíquicos envolvidos na formação do conceito e sistematização desse conceito; c) a formação dos conceitos espontâneos e dos conceitos científicos faz parte de um mesmo processo de formação de conceitos que, apesar de se desenvolverem em direções opostas, são processos interligados, à medida que um abre o caminho para o desenvolvimento do outro; d) somente dentro de um sistema é que o indivíduo pode adquirir a tomada de consciência desses conceitos e de seu processo de formação; e) o ensino dos conceitos científicos permite antecipar o percurso do desenvolvimento.

Considerando que o foco deste trabalho é o processo de formação conceitual a partir do trabalho desenvolvido por uma professora de Biologia, entendemos que se faz necessário discutir a ação educativa. Nesse sentido, trazemos as contribuições de Wertsch sobre o conceito de ação mediada para auxiliar no entendimento dos processos de ensino e de aprendizagem na sala de aula.

Apoiando-se nas ideias de Vigotski, Wertsch (1999) enfoca a interação, por entender que os fenômenos humanos só adquirem compreensão ampla quando situados num dado contexto. Apesar de apontar que há, na ação humana, uma dimensão psicológica individual, o autor afirma que essa dimensão não existe como uma entidade independente, isolada; é possível focar o momento individual da ação, mas sempre evidenciando sua relação com o contexto sociocultural. Wertsch (1999) orienta-se, sobretudo, para a dimensão discursiva dessa interação e desenvolve o conceito de ação mediada.

O autor reconhece que quase toda ação humana é uma ação mediada, sendo difícil oferecer uma definição rígida ou um sistema de classificação que englobe cada instância dessa ação. No contexto escolar, a ação mediada diz respeito aos múltiplos movimentos instituídos, de maneira a favorecer a apropriação de conhecimento pelos alunos. Wertsch (1999) ressalta o papel dos agentes – especialmente professor e alunos – e das ferramentas culturais ou instrumentos mediacionais<sup>1</sup>, a partir dos quais esses agentes operam durante a ação. Um livro, um experimento ou um determinado gênero do discurso utilizados pelos agentes são exemplos de ferramentas culturais.

Na análise da ação mediada, destacam-se cinco componentes: *ato (ação)*, *cena (contexto)*, *agente (quem realiza a ação)*, *agência (instrumentos mediacionais)* e *propósito (objetivo)*. O *ato* configura-se como aquilo que ocorre na ação ou no pensamento; a *cena* refere-se à situação na qual ocorreu; o *agente* é quem realizou a ação ou o pensamento; o *propósito* diz respeito à intencionalidade do agente; e a *agência* refere-se aos instrumentos que foram utilizados. Esses componentes são importantes na medida em que nos fornecem elementos para analisar o contexto em que a ação mediada se delinea.

Investigar o contexto em que ocorre a construção de conceitos em sala de aula e como o professor viabiliza a construção desses conceitos é de fundamental importância para a educação científica. Assim, a teoria da ação mediada de Wertsch (1999) nos ajuda a compreender como os diversos contextos podem influenciar ou até mesmo determinar a construção de conceitos (Sessa & Trivelato, 2011).

Nessa direção, Lima, Aguiar Junior e Caro (2011, p. 858) nos dizem que a aprendizagem de conceitos é fundamental na educação em Ciências, pois estes funcionam como

*“[...] instrumentos mediacionais por meio dos quais interpretamos e interagimos com as realidades que nos cercam. [...] em ciências, produzimos novos conhecimentos, compreendemos e explicamos os fenômenos e os produtos tecnológicos por meio de uma rede conceitual. Pensamos por conceitos. [...]. Por outro lado, essa ação sobre as realidades a serem interpretadas e transformadas nos leva a rever constantemente os conceitos aprendidos. Assim, os conceitos vão se modificando, tanto em extensão quanto em compreensão, num processo lento e difícil de produção de sentidos e de confronto com os significados socialmente estabelecidos”.*

Os autores afirmam que o processo de formação de conceitos se configura como lento, difícil e inconcluso. Por isso, devem ser revistos recursivamente durante o processo escolar e aprofundados de acordo com o contexto e as situações de ensino.

Na prática educativa, a ação mediada adquire um caráter intencional, envolvendo, portanto, objetivos explícitos e planejamento educativo. Ainda que toda a ação seja mediada, no ensino escolar

---

<sup>1</sup> Ferramentas culturais e instrumentos mediacionais são termos utilizados como sinônimos ao longo do texto.

entendemos que essa ação adquire contornos específicos, considerando os objetivos da escola no que diz respeito à apropriação de conhecimentos pelos alunos.

## **METODOLOGIA**

Neste trabalho, realizamos uma pesquisa, de cunho qualitativo inspirada na pesquisa-ação crítico-colaborativa (Barbier, 2002; Franco, 2008; 2012), que visa a contribuir para a formação crítica dos sujeitos, especialmente os professores, por meio do trabalho colaborativo entre pesquisadores e sujeitos pesquisados. Essa metodologia busca transformar a prática em práxis, a partir da instituição de momentos formativos nos quais sujeitos investigados e pesquisador analisam a prática desenvolvida e reorientam essa prática, mediados pela teoria (Franco, 2008). Assim, trabalhamos ao lado de uma professora<sup>2</sup> de Biologia e de 26 alunos de uma turma de 1ª série do ensino médio de uma escola pública do município de Vitória/ES, de maneira a acompanhar e analisar, em conjunto com a professora, a prática educativa desenvolvida na abordagem dos conceitos de fotossíntese e respiração celular.

Foram feitas observações do trabalho desenvolvido na sala de aula e nas atividades no laboratório de Ciências (Vianna, 2003). O material coletado foi registrado em diário de campo e em filmagens das aulas. Além disso, também foram feitos registros das diversas reuniões formativas realizadas com a professora.

A pesquisa teve início em outubro de 2012 e se desenrolou durante todo o ano de 2013, conduzindo-nos a uma abordagem de diversos aspectos. Considerando os objetivos deste trabalho, faremos um recorte da pesquisa, enfocando uma atividade proposta aos alunos, que consistia em abordar duas situações-problema por meio de um experimento, por considerarmos que essa atividade nos permite discutir os principais aspectos em jogo na ação mediada instituída, de forma a possibilitar condições para a apropriação de conceitos pelos alunos.

### **Análise dos dados**

Para a análise da ação mediada na formação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, enfocamos a interação discursiva entre a professora e os estudantes no momento da discussão de duas situações-problema contidas num experimento em que uma planta é colocada sob duas condições distintas: a situação 1 do experimento é aquela na qual a planta é colocada em um recipiente aberto (garrafa PET), com a terra úmida e em ambiente iluminado. A situação 2 do experimento é aquela na qual a planta é colocada em um recipiente fechado (garrafa PET), com a terra úmida e em ambiente iluminado. O experimento foi acompanhado por cerca de duas semanas, por meio de observações e, posteriormente, os resultados foram analisados pelos alunos e pela professora.

No entanto, antes da montagem e acompanhamento dessas duas situações experimentais pelos alunos, a professora solicitou que eles respondessem por escrito o que eles pensavam que iria acontecer com as plantas nas duas situações propostas. Mortimer & Scott (2003) nos dizem que uma ideia importante na aprendizagem de Ciências é que as pessoas partam daquilo que elas já sabem e que, muitas vezes, o que elas já sabem ou conhecem acerca do mundo natural diverge do conhecimento científico que é ensinado na sala de aula. Por isso, é relevante o professor partir das concepções que os alunos têm sobre o tema para, a partir delas, planejar melhor o processo de ensino e aprendizagem. Esse processo de diagnóstico implica ouvir o aluno de forma a compreender o que ele já traz de conhecimento de sua vivência escolar e não escolar. Nesse sentido, Borges (2002) sugere atividades pré-experimento (levantamento das hipóteses dos estudantes) e pós-experimento (discussão e explicação dos resultados e também limitações do experimento). Lima, Aguiar Junior e Caro (2011) chamam a atenção para contextos de vivência que procuram articular os conceitos científicos com a compreensão de situações-problema. Foi nessa direção que essas atividades experimentais foram propostas.

A partir dos dados oriundos das respostas dos alunos sobre o que aconteceria nas duas situações experimentais, das filmagens em sala de aula e das anotações no diário de campo dos momentos da discussão das situações 1 e 2 do experimento, montamos quadros com o fluxo da interação discursiva. No caso da situação 1, fragmentamos o fluxo da interação discursiva a partir do que Mortimer & Scott (2003) denominam de episódios, ou seja, segmentos do discurso que têm fronteiras claras, em termos de conteúdo temático, da fase didática ou das tarefas que são desenvolvidas.

---

<sup>2</sup> Com base na Resolução CONEP nº196/96 (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa), preservamos a identidade da professora adotando para ela o nome fictício de Andréia ao longo do texto deste artigo.

Assim, a situação 1 é dividida em dois episódios, considerando a intenção (propósito) da professora: no primeiro episódio, Andréia tem como objetivo propiciar condições para que os alunos compreendam quais são os fatores/elementos (conceitos) envolvidos no processo da fotossíntese. No segundo episódio, ela tem o propósito de levar os alunos a compreenderem o processo da fotossíntese.

O fluxo do discurso da explicação da situação 2 não é fragmentado, sendo considerado um episódio somente. Nesse episódio, a professora explica o processo de respiração celular, articulando-o ao processo fotossintético e, para isso, utiliza a situação 2 do experimento. Ao final desse episódio, associa os conceitos de fotossíntese e respiração celular aos conteúdos de ecologia: ciclos de carbono, de oxigênio e de água.

*Episódio 1 da situação 1 do experimento*

A situação 1 do experimento é aquela na qual a planta é colocada em um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente iluminado. Para a análise da ação mediada, baseamo-nos em estudos de Wertsch (1999), destacando os cinco elementos que a compõem: a cena, o agente, o ato, o propósito e a agência.

**Quadro 1** - Diálogo e descrição da explicação da primeira parte da situação 1 do experimento

Cena (contexto): sala de aula
Agentes: professora e alunos
Ato (episódio1): explicação da situação 1 do experimento
Propósito (objetivo): propiciar condições para que os alunos compreendam quais são os fatores envolvidos no processo da fotossíntese
Agência (ferramentas culturais): palavra (discurso), quadro-branco, experimento (situação 1) e gestos
<p>Após o experimento, na sala de aula, a professora pede aos alunos que se organizem em grupos, conforme aqueles que foram montados para a realização dos experimentos. Em seguida, solicita que eles anotem nos cadernos os resultados dos experimentos, destacando: se aconteceu ou não aquilo que eles esperavam e, caso não tenha ocorrido, o porquê de não ter ocorrido. Ela menciona que esses dados devem constar dos relatórios, pois todo experimento científico tem um relatório. Andréia dá cinco minutos para os alunos realizarem a tarefa e depois procede à explicação de cada experimento, solicitando a ajuda dos alunos para isso. A professora caminha até o fundo da sala, onde o Grupo 1 está sentado com seu experimento, e inicia o seguinte diálogo:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Professora (P) – Vamos lá, Grupo 1. Meninas, meninos, deixa eu falar uma coisa para vocês: como que era o experimento de vocês? Todo mundo ouvindo [chama a atenção da classe e pega o material do experimento na mão].</li> <li>2. A – Ambiente aberto.</li> <li>3. A – Molhada.</li> <li>4. A – Com luz solar.</li> <li>5. P - E o que aconteceu com a planta de vocês?</li> <li>6. A (Todos do grupo) – A planta morreu.</li> <li>7. P – E aí?</li> <li>8. A – Sem água.</li> <li>9. A – Ficou muito no sol.</li> <li>10. A – Sem ser molhada.</li> <li>11. P – Até quarta-feira passada, tinha uma de nossas estagiárias que ia molhar para gente. Essa água que está aqui [aponta para o experimento], eu acredito que seja da chuva que caiu ontem. Agora, uma pergunta: vocês acham que a planta morreu por causa de quê?</li> <li>12. A – Sem água.</li> <li>13. A – Por causa do sol.</li> <li>14. P – Água? Então quer dizer que a planta precisava de água para crescer? Quais os fatores que determinam que uma planta vai crescer e desenvolver e se manter viva?</li> <li>15. A - Água, luz solar.</li> <li>16. P - Não é só luz solar, não. Qualquer luz, luz artificial.</li> <li>17. A – Oxigênio.</li> <li>18. P – Então o oxigênio é um fator. Mais o quê?</li> <li>19. A – [Silêncio]</li> <li>20. P – Só isso?</li> <li>21. A – [Silêncio]</li> <li>22. P – Ei, turma. Todo mundo [pede atenção]. Todo mundo tem que participar da aula.</li> <li>23. P – Então, uma planta para se manter viva, eu vou colocar aqui no quadro para a gente fazer relato</li> </ol>

disso. Então, olha pra mim, oh! oh! oh! Então: para se manter viva, vivo, o vegetal precisa de água, luz, oxigênio, e o que mais vocês acham?

24. A – Gás carbônico.

25. P – Gás carbônico? E por que vocês acham isso? E para que serve o gás carbônico?

26. A – Para fermentar.

27. P – Fermentar como?

28. A – A planta pega gás carbônico e faz oxigênio.

29. P – Como?

[A 26 faz um gesto que não sabe como e a professora prossegue]

30. A – Fotossíntese.

31. P – Olha aí, Grupo 1: tem o gás carbônico também.

32. P – A fotossíntese [...], ela [planta] pega, fabrica o oxigênio e a...? [coloca a mão no ouvido]

33. A – Fotossíntese.

34. P – A fotossíntese é o fenômeno.

35. A – O alimento.

36. P – Como é o nome desse alimento, vocês sabem?

37. A – Glicose.

38. P – Glicose!

Nessa situação, temos como *cena* a sala de aula, espaço historicamente construído para desenvolver processos de ensino e de aprendizagem. Os *agentes* são professores e alunos, que ocupam lugares também historicamente definidos: nas relações de ensino, o professor é o responsável por conduzir o ensino do conteúdo e a avaliação da aprendizagem, utilizando recursos e estratégias (*agência*) apropriadas para isso. Com o *propósito* de levar os alunos a compreenderem os fatores envolvidos no processo de fotossíntese, a professora realiza um experimento e, em seguida, discute com os alunos os resultados (o *ato*). Para essa análise, tomaremos como fio condutor o ato, retomando passagens da interlocução entre professora e alunos e refletindo sobre sua participação no desenvolvimento do conceito de fotossíntese.

De início, destacamos a estratégia da professora de utilizar o experimento desenvolvido com os alunos para abordar o conceito de fotossíntese. Lima, Aguiar Júnior e Caro (2011, p. 865) defendem o uso de situações experimentais como recurso para introdução de conceitos científicos. Segundo os autores:

*“Situações experimentais foram também utilizadas como recurso para se introduzirem conceitos. A prática do ensino de ciências usualmente relega aos experimentos a condição de ilustrar uma explicação já dada. Nesse caso, o experimento perde sua dimensão dialógica e seu valor pedagógico. Ao utilizarmos o experimento na introdução de conceitos e modelos científicos, a intenção que temos é a de ir forjando argumentos a partir de evidências que vão sendo apresentadas, de modo a se construir uma explicação científica”.*

Assim, com o objetivo de construir uma explicação científica a partir do experimento, a professora interage com os alunos de modo a desenvolver junto com eles o que Ogborn e colaboradores (1996) chamam de “Estória Científica”. Segundo os autores, as explicações em Ciências são como estórias cujos protagonistas são os conceitos científicos.

No primeiro momento da aula, a professora interage com os alunos perguntando para o Grupo 1 como era o experimento deles e o que aconteceu com a planta. Depois de explicarem as condições de realização da situação 1 do experimento – ambiente aberto, com água e com luz –, os alunos constatam que a planta morreu. Nesse momento, observamos uma *tensão* entre o resultado verificado a partir do experimento (ferramenta cultural) e o resultado esperado (explicação a ser dada pelos agentes, professora e alunos). Andréia, assim como os alunos, esperava um resultado para a situação 1 do experimento que não aconteceu. A expectativa era de que a planta sobrevivesse, por se encontrar nas condições em que todos os fatores necessários para sua sobrevivência estavam presentes.

A partir do planejamento realizado entre a pesquisadora e a professora acerca da situação inesperada do resultado do experimento, foi discutido com os alunos que o trabalho experimental (principalmente quando realizado no contexto escolar) pode levar a resultados não esperados e que isso não se constitui um problema. Ao contrário, essa é uma ótima oportunidade para problematizar a própria objetividade da ciência e entender a provisoriedade do conhecimento. Borges (2002) nos diz que, quando um experimento “dá errado”, geralmente os professores passam a evitar repeti-lo no futuro, porque este não apresentou os resultados esperados, ou seja, o resultado dito certo. Segundo Borges (2002, p. 8): “As

*causas do erro não são investigadas e uma situação potencialmente valiosa de aprendizagem se perde, muitas vezes por falta de tempo. [...] o resultado se torna mais importante que o processo, em detrimento da aprendizagem”.*

O experimento configura-se como o que Wertsch (1999) chama de ferramenta cultural técnica, pois possui uma materialidade objetiva, como um artefato que se pode tocar ou manipular. Essas atividades experimentais, caracterizadas como instrumentos mediacionais, estão sempre em uma tensão irreduzível com os agentes que operam com elas (professores e alunos) porque não há como separar o agente do objeto mediador (experimento). O professor, no ato de ensinar, precisa das ferramentas culturais como recursos mediadores e, ao mesmo tempo, os recursos mediadores não têm uma existência separada ou independente dos agentes que operam com elas. No contexto dessa pesquisa, um dos objetos mediadores (ferramentas culturais ou instrumentos mediacionais) são as atividades experimentais. Como Andréia conduz a discussão nesse ambiente de tensão? A maneira que ela encontra é indagar aos alunos sobre o que eles acham que aconteceu para a planta ter morrido, ao mesmo tempo em que levanta a hipótese da falta de água. A partir disso, as respostas dos alunos remetem à falta de água e ao sol.

A professora aproveita as respostas dos alunos relativas à falta de água e ao sol e interage com eles com o objetivo de que compreendam quais são os fatores e elementos envolvidos no processo da fotossíntese. Entretanto, um imprevisto ocorreu, uma situação de tensão se delineou, demandando uma reorganização do planejamento e da ação mediada. Na sala de aula, o professor está a todo momento fazendo escolhas a respeito do trabalho desenvolvido e essas escolhas dizem respeito a uma série de fatores previstos ou imprevistos no planejamento. Considerando o contexto (cena), e diante do objetivo (propósito) de levar os alunos a entenderem quais são os fatores envolvidos no processo de fotossíntese, a professora opta por uma estratégia (ato) que não implica inicialmente a discussão sobre o fato de a planta não ter sobrevivido.

Assim, a ação mediada parece indicar que, para a professora, a explicação sobre fotossíntese implica, primeiro, delimitar quais são os fatores envolvidos no processo e, diante disso, ela aborda alguns conceitos que darão suporte ao entendimento da formação do conceito de fotossíntese: água, luz solar e luz artificial, gás carbônico e glicose.

Para a formação do conceito de fotossíntese, é necessário que os alunos entendam que a planta precisa captar o gás carbônico do ar e, ao fazer isso, ocorre uma reação química na qual esse gás, na presença de luz e de clorofila, reage com a água que a planta absorve e, em um nível celular, forma-se uma molécula denominada glicose (que é o alimento da planta) e o gás oxigênio. Explicado o processo de fotossíntese, a professora poderia mostrar que esse conceito serviria como um conceito necessário para a formação do conceito de respiração celular; conforme os produtos da fotossíntese – glicose e gás oxigênio – reagissem em um nível celular dentro da planta, produziram novamente gás carbônico e água e, além disso, energia, que seria uma forma diferente da energia do sol.

A professora Andréia conduz sua explicação desenvolvendo a ideia de que existem fatores envolvidos no processo de manutenção da vida de uma planta, como a água, a luz e o gás oxigênio, como mostram os turnos 14 a 23. Em seguida, ela lança uma nova pergunta sugerindo aos alunos que ainda falta algo mais. A pergunta da professora incentiva um aluno a apontar um novo componente para a resposta à questão: o gás carbônico. Diante da resposta, a professora continua sua estratégia de indagar os alunos, perguntando, no turno 25 “E para que serve o gás carbônico?”:

28. A – A planta pega gás carbônico e faz oxigênio.

29. P – Como?

30 A – Fotossíntese.

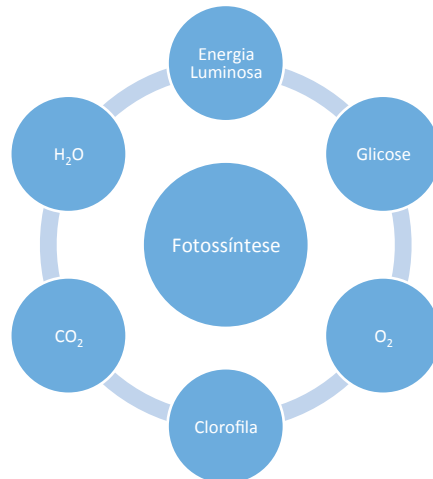
Nesse momento, Andréia fornece o *feedback*, confirmando a informação trazida pelo aluno, e faz uma pergunta que indicaria outro componente envolvido no processo, no caso, o alimento, glicose, conforme indicam os turnos 32 a 38. A professora conduz os alunos à enunciação e à explicitação do termo que ela pretende abordar, que é “glicose”. Para isso, ela retoma a fala de um dos alunos quando ele responde que na fotossíntese se produz “o alimento”. Então, partindo da resposta do aluno, ela pergunta: “Como é o nome desse alimento, vocês sabem?”, e outro aluno diz: “glicose”.

Como pode ser percebido nesse fragmento da interação, a principal estratégia utilizada pela professora, no movimento de interlocução, são as *perguntas de exame* (por exemplo, nos turnos 5, 18 e 29). Wertsch (1999) nos diz que, em sala de aula, geralmente, o discurso é dominado pelo professor e a

maioria das perguntas feitas pelos professores são perguntas de exame, nas quais os alunos devem responder aquilo que o professor deseja ouvir como certo. Esse tipo de discurso é, segundo Wertsch (1999), reflexo de um padrão de interação cercado por forças de autoridade e poder. Questões como “Quem tem o poder da palavra na ação?”, “Quem fala?”, “Quem tem autoridade para falar?” indicam que o domínio de uma ferramenta cultural se relaciona com o poder e a autoridade. O domínio de determinado gênero de discurso, como o científico, nos diz quem domina o discurso, indica uma posição de poder e autoridade. Wertsch afirma que, se, por um lado, as perguntas de exame têm pouco impacto na aprendizagem, por outro, o fato de o discurso ser cercado de perguntas de exame em detrimento de perguntas autênticas (perguntas nas quais o docente não tem uma resposta preestabelecida) não quer dizer que as perguntas autênticas produzem aprendizagem de forma categórica. Wertsch (1999) destaca que talvez o mais importante seja que o professor ajude o aluno a fazer/construir perguntas autênticas. Perguntas que possam fazê-lo pensar e refletir sobre os conteúdos/temas que estão sendo ensinados.

Como o uso de perguntas de exame interfere na interlocução estabelecida entre a professora e os alunos e no propósito de abordar os fatores envolvidos no processo de fotossíntese? Na situação analisada, ainda que a estratégia de interlocução da professora seja trabalhar com perguntas de exame, há um esforço de entremear seus enunciados com aqueles dos alunos, de tal forma que haja certa complementaridade entre esses enunciados. Podemos ilustrar esse esforço, por exemplo, com a sequência dos turnos 23 a 31. No turno 23 a professora retoma os componentes apontados pelos alunos para uma planta se manter viva e incentiva-os a continuar refletindo sobre o tema, por meio de novas perguntas que levam um aluno a mencionar o gás carbônico e a levantar a hipótese de como esse gás atua. Assim, Andréia consegue delimitar a maioria dos conceitos necessários para a formação do conceito de fotossíntese: água, gás carbônico, luz, gás oxigênio e glicose.

A fotossíntese pode ser considerada um conceito com um alto grau de generalidade, o que, segundo Vigotski (2009), é caracterizado assim por possuir uma série de outros conceitos, com os quais ele se encontra em relações determinadas pelo sistema de conceitos. Os conceitos inter-relacionados com o conceito de fotossíntese dentro do sistema de conceitos são: água, gás carbônico, luz, gás oxigênio, clorofila e glicose. Com relação ao conceito de clorofila, Andréia começará a abordá-lo no próximo episódio. O esquema a seguir nos mostra o conceito de fotossíntese no centro do sistema de conceitos.



**Figura 1-** Esquema representando o conceito da fotossíntese situado dentro de um sistema de conceitos

Andréia não chega a explicar cada um desses conceitos neste primeiro episódio, talvez por considerar que eles, de certa forma, são conceitos que os alunos já trazem de suas experiências cotidianas ou de seu processo de escolarização. Diante desse movimento de abordagem dos conceitos necessários à compreensão do conceito de fotossíntese, a professora dá continuidade à explicação e inicia-se um novo episódio (episódio 2 da situação 1) em que o propósito da professora é levar os alunos a compreenderem o processo da fotossíntese. Para isso, começa abordando uma das características da planta utilizada no experimento para, em seguida, chegar ao conceito de clorofila.

#### *Episódio 2 da situação 1 do experimento*

Neste segundo episódio da situação 1 do experimento (quadro 2), ou seja, aquela na qual a planta é colocada em um recipiente aberto, com a terra úmida e em ambiente iluminado, a cena é a sala de aula, o ato é a explicação do processo de fotossíntese pela professora em interação com os alunos (agentes) com



o propósito de levá-los a compreender o processo da fotossíntese. A seguir, apresentamos o Quadro 2 com os diálogos e descrição deste segundo episódio da situação 1 do experimento:

**Quadro 2** - Diálogo e descrição da explicação da segunda parte da situação 1 do experimento

Cena: sala de aula
Agentes: professora e alunos
Ato (episódio 2 - situação 1): explicação do processo de fotossíntese
Propósito: levar os alunos a compreender o processo da fotossíntese
Agência: palavra (discurso), quadro-branco, experimento, desenhos, fórmulas químicas, reações químicas e gestos
<p>Andréia começa introduzindo uma pergunta no sentido de chamar a atenção do aluno sobre como o processo acontece. Para isso, utiliza o quadro-branco fazendo um desenho do experimento e explicando as variáveis envolvidas que podem ter contribuído para a morte da planta do experimento da situação 1</p> <p>1. P – E como que isso acontece? Vamos olhar para o quadro rapidinho. Vocês vão entender que às vezes não foi só o excesso de chuva, excesso de água ou excesso de sol. Olhando isso aqui, vai dar para entender muita coisa [escreve no quadro e desenha o experimento 1]. Tem a garrafa PET aqui, a plantinha aqui dentro. O nome dessa planta que usamos foi a <i>Impaties SP</i> [escreve no quadro o nome da planta, considerando a forma da escrita científica]. São várias espécies de um mesmo gênero que a gente chama vulgarmente, coloquialmente [igual a gente chama goiabeira, jabuticabeira], de beijinho japonês. Então, anota aí. É uma planta que vive bem na sombra; ela não gosta de calor, não; quando coloca muita luz em cima dela, ela não suporta muito calor, não. Então, temos que levar isso em conta no experimento. Atenção [faz gesto pedindo que anotem no caderno], olha o relatório aí. Esta espécie é de sombra, não gosta de muita luz, não. Eu poderia ter escolhido outro tipo de planta, mas eu peguei esta.</p> <p>2. A – Esta planta ficou no sol?</p> <p>3. P – Sim, vocês mesmos fizeram isso.</p> <p>4. P – Então, olhando para mim, por favor [escreve na figura do quadro] o que acontece, vamos pensar aqui. Vamos pegar uma folhinha dessa e analisar [desenha uma folha da planta em tamanho maior]. As folhas de vocês aí, os vegetais em geral, têm que cor?</p> <p>5. A – Verde.</p> <p>6. P – Por quê? O que será que tem nas folhas?</p> <p>7. A – Clorofila.</p> <p>8. P – Clorofila!</p> <p>9. P – O que é esse negócio de clorofila? Que ideia é essa?</p> <p>10. A – [?]</p> <p>11. P – Olha, falaram certinho aqui na frente. A folha é verde porque tem clorofila. Mas nem toda folha é verde, não é, gente? Mas todas têm clorofila. Pode ter folhas de outras cores, mas todas têm clorofila, que é um pigmento essencial para acontecer aquele negócio que vocês falaram aí de...</p> <p>12. A – Fotossíntese.</p> <p>13. P – Que é para suprir...</p> <p>14. A – O alimento da planta.</p> <p>15. P – Que é para suprir o alimento da planta. Já viram por aí alguma planta comendo alguma coisa? Não, né?</p> <p>16. A – [Risos]</p> <p>17. P – Por quê? Porque a planta fabrica o próprio alimento dela. Então, vamos olhar aqui. O que é fotossíntese então? [escreve no quadro] Ela, a planta, precisa de quê?</p> <p>18. A – Luz solar.</p> <p>19. P – Luz. Deixa eu escrever aqui.</p> <p>20. A – Água.</p> <p>21. P – Ela precisa de água? Água? Deixa eu colocar aqui. É isso?</p> <p>22. P – O que mais? Gás carbônico? Deixa eu colocar aqui [e completa os reagentes da fotossíntese: <math>\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}</math>].</p> <p>23. P – Que processo vai acontecer aqui?</p> <p>24. A – [?]</p> <p>25. P – Vai acontecer a reação, o fenômeno da fotossíntese. Que acontece lá onde tem clorofila. Que normalmente é aonde? [aponta lá para fora onde tem uma árvore]. Que lugar da árvore, gente?</p> <p>26. A – Nas folhas.</p> <p>27. P – Nas folhas.</p> <p>28. P – Deixa eu ver uma planta aqui, gente, a de vocês [aponta para um grupo]. O caule dessa planta está verde [pede que os alunos levantem a planta para que os outros possam ver]. Então, o caule jovem, algumas plantinhas, quando germinam têm caules verdes, podem fazer a fotossíntese. Então, a clorofila</p>

fica dentro de compartimentos, chamados de cloroplastos, que estão dentro da folha. A gente vai falar disso depois [aponta para o quadro e mostra a reação]. Então, nessa reação aqui, luz, que não precisa ser solar + água [que a plantinha bebeu a água] + CO<sub>2</sub>, o que é que acontece? Forma o quê?

29. A – O alimento dela.

30. P – O alimento dela que é a... glicose! Olha só a fórmula da glicose [escreve no quadro C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>]. Só isso?

31. A – Oxigênio.

32. P – Isso! + gás oxigênio [escreve no quadro O<sub>2</sub>, gás oxigênio].

33. A – Essa fórmula aqui? [aponta para a fórmula do CO<sub>2</sub>]

34. P – Essa fórmula CO<sub>2</sub> é do gás carbônico [escreve no quadro].

35. A – É a água?

36. P – Água – H<sub>2</sub>O.

37. P – Então, a planta fabrica o próprio alimento dela a partir do fenômeno da fotossíntese. Até aqui deu para entender?

Neste segundo episódio, temos, ainda, como fio condutor de nossa análise o ato em que nos detemos no percurso de interlocução desencadeado pela professora para levar os alunos a compreender o processo de fotossíntese. Nesse sentido, depois de anunciar os elementos envolvidos no processo de fotossíntese no episódio 1, isto é, os conceitos necessários ao entendimento do conceito da fotossíntese, a professora faz uma pergunta que passa a orientar a interlocução com os alunos: “*E como isso acontece?*” (turno 1).

Embora as perguntas de exame ainda se apresentem em grande quantidade no movimento de interlocução, a professora utiliza outros recursos para explicar o processo de fotossíntese: ela fornece explicações sobre as características da planta do experimento, sobre a clorofila e a glicose e também apresenta algumas fórmulas químicas. Nesse percurso, Andréia se empenha em contar aos alunos a estória científica<sup>3</sup> sobre fotossíntese, contextualizando o processo.

Todo seu esforço é no sentido de contextualizar e integrar os assuntos, fornecendo meios e recursos concretos para que os alunos possam entender o conteúdo. Para contar a estória científica aos alunos, ela desenha o experimento no quadro, realiza anotações nesse desenho e situa os estudantes com relação ao tipo de planta utilizado no experimento, no turno 1. Assim, não somente a estratégia de contar a estória científica aos alunos se configura como um instrumento mediacional, mas também o ato de desenhar no quadro, colocar legendas no desenho em forma de texto e fórmulas químicas também são considerados instrumentos mediacionais que auxiliam a professora no desenvolvimento da estória científica.

Ao apresentar a informação sobre a planta utilizada, Andréia retoma os resultados do experimento. Ressalta que essa planta tem como característica viver bem na sombra e que é preciso também levar isso em consideração no resultado do experimento, porque se esperava que a planta sobrevivesse na situação 1, e esse resultado não aconteceu, já que a planta morreu. Com essa informação, Andréia evidencia que não há um resultado único para o problema proposto pela situação 1 do experimento e que existem variáveis que podem influenciar o resultado, por exemplo, o tipo de planta utilizado no experimento. A compreensão de que os experimentos foram realizados na escola, onde as condições objetivas de investigação não são as mesmas de um laboratório, que promove o controle de variáveis, é muito importante. Afinal, existem diferenças entre atividades experimentais feitas na escola e em laboratórios onde pesquisas científicas de ponta são realizadas (Borges, 2002; Marandino; Selles & Ferreira, 2009).

Nesse contexto, é importante considerar a relevância do papel mediador da professora na explicação dos resultados do experimento, porque uma ferramenta cultural, no caso, o experimento, não determina a ação de um modo estático e mecânico, como nos diz Wertsch (1999), pois ela, por si mesma é incapaz de fazer alguma coisa sozinha, ou seja, é necessário um agente que saiba operar com ela de forma hábil para propiciar as explicações necessárias ao processo de entendimento do conteúdo estudado.

Assim, orientada pela perspectiva científica adotada, a professora continua a aula, problematizando sobre a cor das folhas do experimento e a clorofila, nos turnos 4 a 12. Andréia, nesse trecho da interação, conduz a interlocução de maneira a criar a necessidade do conceito de clorofila para, então, nomeá-lo

<sup>3</sup> Conforme mencionado, autores como Ogborn et al. (1996) consideram que as explicações em Ciências são análogas a histórias nas quais os protagonistas são os conceitos científicos. Nesse contexto, essa estratégia é utilizada pela professora como um instrumento mediacional ou ferramenta cultural para explicar os conceitos científicos trabalhados na aula.

dizendo “[...] mas todas têm clorofila, que é um pigmento essencial para acontecer aquele negócio que vocês falaram aí de...”, e um dos alunos responde: “Fotossíntese”.

Ao final desse episódio, a professora retoma brevemente alguns conceitos que ela parece julgar que os alunos já sabem, como a fórmula do gás carbônico e a fórmula química da glicose, que ela chama de alimento da planta, mas sem entrar em maiores detalhes (turnos 33-37).

#### Episódio 1 da situação 2 do experimento

No episódio 1 da situação 2 do experimento (Quadro 3), ou seja, aquela na qual a planta é colocada em um recipiente fechado, com a terra úmida e em ambiente iluminado, a cena da explicação ainda é a sala de aula. O ato é a explicação dos processos de fotossíntese, respiração celular, ciclos do carbono, oxigênio e água pela professora em interação com os alunos (agentes) com o propósito de criar condições para que eles compreendam esses processos. A seguir, apresentamos o Quadro 3 com os diálogos e descrição desse episódio.

**Quadro 3** - Diálogo e descrição da explicação da situação 2 do experimento

Cena: sala de aula
Agentes: professora e alunos
Ato (episódio): explicação dos processos de fotossíntese, respiração celular, ciclos do carbono, oxigênio e água
Propósito: criar condições para que os alunos compreendam os processos da fotossíntese, respiração celular e ciclos do carbono, oxigênio e água
Agência: palavra (discurso), quadro-branco, experimento 2, gestos e analogias
<p>Andréia se aproxima e chega perto do Grupo 2, pega o material do experimento na mão e solicita que um dos alunos explique as condições do seu experimento. Em seguida, pergunta o que eles esperavam que iria acontecer e o que de fato aconteceu. A partir daí, inicia o processo de explicação dessa situação com a ajuda dos alunos.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. P – Todo mundo olhando aqui. Eles vão falando e eu vou mostrando.</li> <li>2. A – Ambiente fechado, luz solar, terra molhada [a professora repete cada uma das palavras].</li> <li>3. P – E o que vocês esperavam que acontecesse?</li> <li>4. A – Que a planta fosse morrer.</li> <li>5. P – Que a planta fosse morrer. Por quê? Todo mundo olhando. Agora é aqui. Depois a gente termina aí, Grupo 1.</li> <li>6. A – Ambiente fechado.</li> <li>7. P – Elas achavam que ia morrer porque o ambiente estava fechado. E a planta não ia conseguir o quê?</li> <li>8. A – Respirar.</li> <li>9. P - E a planta respira?</li> <li>10. A - [Risos]</li> <li>11. A (Todos) – Respira!</li> <li>12. P – Me mostra o nariz dela aqui?</li> <li>13. A – [Risos]</li> <li>14. P – Ela respira?</li> <li>15. A – Respira, Sim!</li> <li>16. P – Ela precisa de nariz para respirar?</li> <li>17. A – Não.</li> <li>18. P – E de pulmão?</li> <li>19. A – Não!</li> <li>20. P – Como ela respira?</li> <li>21. A – Pelas folhas.</li> <li>22. P – Mas o que a folha tem para fazer isso?</li> <li>23. A – [Silêncio]</li> <li>24. P – O que é que todos os seres vivos possuem?</li> <li>25. A – [Resposta inaudível]</li> <li>26. P – Ah é? [a professora brinca dizendo que ela não tem aquilo que o aluno falou]</li> <li>27. A – [Risos]</li> <li>28. P – O que todos os seres vivos possuem? Teoria celular.</li> <li>29. A- [Todos] – Ah!</li> <li>30. A – Células!</li> <li>31. P – Todos os seres vivos possuem células. Então elas respiram pelas próprias células. Tem um nome para isso, nome de uma célula especial, mas eu não vou falar agora, não, vou deixar um pouquinho mais</li> </ol>

para frente. Então, se estivesse tudo fechado, vocês achavam que a planta iria morrer. E ela morreu?

32. A – Não!

33. P – Não! [pede à aluna para mostrar o experimento com a planta viva]

34. P – Então vamos entender: ambiente todo fechado e a nossa planta se manteve viva [vai para o quadro].

35. P – Olhe no quadro lá: quais são os componentes essenciais que uma planta tem? A terra, o material orgânico, nutriente e sais minerais, que são fatores importantes para a planta crescer. Os meninos lá falaram isso. Agora, tinha água, tinha luz?

36. A – Tinha.

37. P – Tinha oxigênio lá dentro?

38. A – Não.

39. A – Ela absorveu todo o oxigênio que tinha lá dentro e usou na respiração.

40. P – Deixa eu fazer uma pergunta então: como a planta fez a respiração?

41. A – Ela pegou o oxigênio, fez a fotossíntese e depois ela...

42. P- [Interrompe a aluna] – Qual a ideia de fotossíntese, gente?

43. P – Faltava oxigênio para ela, gente?

44. A – Não, faltava gás carbônico.

45. P – Faltava gás carbônico?

46. P- [Vai para o quadro] – Olha só, vamos ver aqui. Vamos ver como funciona a respiração celular. Eu falei para vocês que ela vai direto para a célula, que a planta não tem nariz, boca, pulmão e vai direto na célula. É a chamada respiração celular [escreve no quadro]. Nós, animais, também temos respiração celular. Como, professora? Olha só, olha para mim. Olha só, quando a gente respira, o ar entra, vai para o pulmão. O ar entra e entra um monte, mas qual é o principal?

47. A – Oxigênio.

48. P – Oxigênio. O oxigênio entra e vai suprir todas as células do corpo desde a ponta dos pés até nossa cabeça, tudo, porque todo mundo precisa de oxigênio (concorda comigo?). E aí, quando chega dentro da célula, vai ter a chamada respiração celular. Então, todo mundo comigo, que eu preciso de ajuda [escreve no quadro  $O_2$ ]. O oxigênio é utilizado na respiração celular, mas por quê? O que será que uma célula precisa para realizar esse processo de respiração celular? O que ela utiliza mais aqui? [aponta para o quadro, ao lado do  $O_2$ ]. Vou dar um exemplo: o que acontece com um ser humano, vou dar o exemplo de você, que fica mais fácil [dirige-se a um aluno]. Se eu te alimentar e te deixar respirando você vai sobreviver, não vai?

49. A – Vai.

50. P – Mas se eu tirar todo seu alimento e te deixar respirando, você vai sobreviver, não vai?

51. A – Vai.

52. A – Por algum tempo.

53. P – Por algum tempo! Por quê? O que vai ficar faltando?

54. A – O alimento.

55. P – Isso!

56. P – Mas se eu te der comida, todo tipo de comida, e depois tampar seu nariz, boca, para não entrar oxigênio no seu corpo, o que vai acontecer?

57. A – Morrer.

58. P – Então, nós dependemos de quê?

59. A – Oxigênio.

60. P – Oxigênio

61. P – Então, o que está faltando mais ali para ocorrer a respiração celular?

62. A – Oxigênio.

63. P – Então, o que além do oxigênio?

64. A – Glicose.

65. P – Glicose. Que foi produzida onde? [mostra a reação da fotossíntese no quadro]

66. A [Todos] – Fotossíntese.

67. P [Vai para o quadro e escreve e fala] – A glicose entra aqui [reagindo com o  $O_2$ ]...

68. P – O  $O_2$ , quando junta com a glicose, faz uma reação e o resultado da reação produz o quê? [a professora faz a ação de inspirar e expirar]

69. A – Gás carbônico.

70. P – Ah! Então libera  $CO_2$  aqui! Só? Para que se respira? Para produzir o quê? [professora começa a correr na sala]

71. A – Energia.

72. P – Energia! Pra quê? Para correr, pensar, pular! E para a planta? Para se desenvolver, para crescer. Tá dando para encaixar uma coisa com a outra? Então, vai produzir o que aqui também?

73. A -(Todos) – Energia!

74. P – Energia [escreve na reação do quadro] e mais o quê? Tem mais uma coisa que ela produz. Olha para mim [a professora vai até a janela e assopra no vidro, e o vidro fica cheio de vapor de água, embaçado].
75. P – Embaçou o vidro?
76. A – Calor.
77. P – Calor?
78. P – Eu ouvi água? Água!
79. P – Quando o vapor bate no vidro, acontece aquele fenômeno que vocês aprenderam lá atrás... condensação.
80. P – Então, o que a gente libera lá na respiração celular? [aponta para a equação no quadro]
81. P – Vapor de água [escreve na equação da respiração celular no quadro].
82. P – Por que será que o experimento de vocês manteve a planta viva? Precisava estar aberta esta garrafa?
83. A – Não.
84. P – Por que não?
85. A – [?]
86. P – O que já tinha lá dentro?
87. A – Água.
88. P – Sim.
89. P – Tinha CO<sub>2</sub>?
90. A – [Silêncio]
91. P – Produzido na respiração celular.
92. P – E o O<sub>2</sub>? De onde vinha o O<sub>2</sub> para respirar? [aponta para a equação da fotossíntese no quadro] De onde?
93. A – [Silêncio]
94. P – Da fotossíntese, gente, olha aqui. Isso é chamado de um ciclo. Ciclo do carbono, de água e ciclo do oxigênio. Olha que legal. Então, a planta produzia o oxigênio quando fazia a fotossíntese, produzia o alimento que ela precisava. E ela, a planta, pegava o O<sub>2</sub> que ela produzia e a glicose. Interessante! Tá dando para sacar agora que coisa magnífica que é? Então, todo mundo anotando aí para fazer o relatório.

Considerando na análise o foco no ato que perpassa a ação mediada, notamos que a professora Andréia, como membro mais experiente e representante em sala de aula da cultura científica, continua organizando sua aula de uma forma que a estória científica (Ogborn et al., 1996) sobre fotossíntese e respiração celular, que ela conta aos alunos, tenha coerência. Nesse episódio, a argumentação da professora é pautada na ideia de convencimento. Ela usa para isso diversas ferramentas culturais, como fazer perguntas e comparações, dar exemplos, realizar gestos e escrever equações e fórmulas químicas no quadro.

Ao iniciar esse episódio, a professora utiliza as respostas dos alunos acerca de suas hipóteses sobre o que aconteceria na situação experimental 2 (turnos 1 a 6), quando diz que os alunos achavam que a planta ia morrer porque não iria conseguir respirar. A professora desenvolve uma interação com os alunos, provocando uma comparação das plantas com os animais ao perguntar se as plantas têm nariz, conforme indicado nos turnos 7 a 21. A professora utiliza, como estratégia de ensino, uma comparação por meio do conflito de ideias para mostrar que o processo de respiração nas plantas não acontece como nos animais. Ogborn e outros (1996) chamam essa estratégia de “criar diferenças” e apontam para a importância desse momento no processo explicativo. Andréia parece buscar, muitas vezes, causar um estranhamento em relação aos fatos cotidianos, criando ambiente propício para se introduzirem explicações científicas. Segundo os autores, a estratégia de incentivar comparações e identificar diferenças é elemento crucial no processo de ensino e aprendizagem. Esse contexto e modo de perguntar evocam nos estudantes o desejo de uma resposta.

Seguindo a interação, observamos que a professora utiliza perguntas como estratégia para manter a interação, orientar a atenção dos alunos tentando problematizar o experimento (turnos 22 a 31). Nesse trecho, ela procura construir com os alunos a noção de que todos os seres vivos possuem células e que as plantas também são constituídas por células, por serem seres vivos, e é nas células das folhas que ocorre o processo de respiração. No entanto, as perguntas utilizadas inicialmente pela professora para indagar sobre esse fato parecem não ter efeito nas respostas dos alunos, uma vez que eles ficam em silêncio diante dos questionamentos. Somente quando a professora pergunta a eles “*O que todos os seres vivos possuem?*”, e logo em seguida comenta, “*Teoria celular*”, é que os alunos reagem com alívio dizendo: “*Ah!*”. Logo em seguida a professora esclarece que todos os seres vivos possuem células e é pelas células que as plantas respiram.

A seguir, a professora retoma uma das hipóteses dos alunos de que a planta iria morrer por não poder respirar e pergunta: “[...] *Então, se estivesse tudo fechado, vocês achavam que a planta iria morrer. E ela morreu?*”. Os alunos observam a planta e veem que ela sobreviveu. Em seguida, a professora se dirige ao quadro para iniciar explicação do fenômeno (turnos 34 e 35).

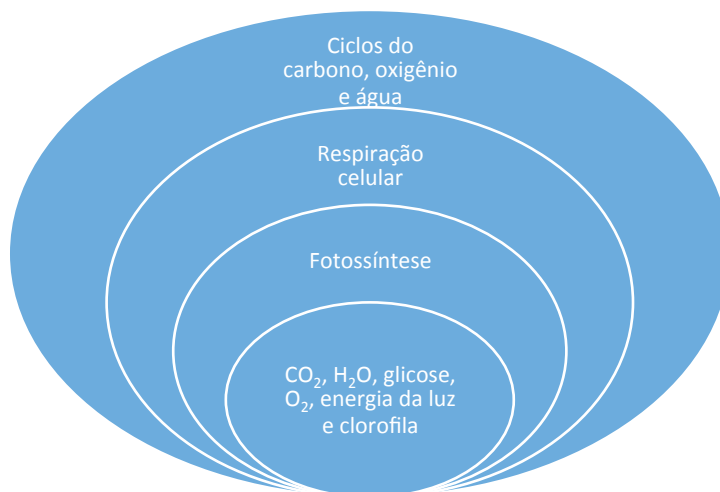
Até esse momento da interação, os alunos compreendem que a planta precisa de nutrientes, da água e da luz, mas, quando indagados sobre a presença de oxigênio dentro da garrafa, eles dizem que a planta absorveu todo o oxigênio na sua respiração. Realmente, o oxigênio produzido é utilizado na respiração celular, mas a resposta de outra aluna é no sentido de que a fotossíntese é a própria respiração da planta: *“Ela pegou o oxigênio fez a fotossíntese [...]”*. A resposta da aluna reflete uma concepção alternativa já relatada na literatura da área de educação em Ciências, na qual os estudantes associam frequentemente a fotossíntese à própria respiração da planta (Stavy; Eisen & Yaakobi, 1987; Seymour & Longden, 1991). Antes que a aluna pudesse concluir, a professora a interrompe e lança perguntas em relação ao conceito de fotossíntese (turno 42-45) e, em seguida, dirige-se ao quadro para fornecer uma explicação sobre a respiração celular (turnos 46 a 48). Nesse fragmento da interação, Andréia tem o objetivo de mostrar aos alunos que, sem o gás oxigênio, os seres vivos morrem. Para isso ela utiliza um exemplo conforme mostram os turnos 48-60.

Em seguida, a professora interage com os alunos nos turnos 61-65 dizendo: *“Então, o que está faltando mais ali para ocorrer a respiração celular?”*, e um dos alunos responde: *“Oxigênio”* e ela replica: *“O quê, além do oxigênio?”* e um dos alunos responde: *“Glicose”*. A partir da resposta do aluno, a professora pergunta onde a glicose foi produzida, mostrando a reação química da fotossíntese escrita no quadro. Todos respondem que a glicose foi produzida na fotossíntese. Logo após, no turno 67, ela escreve no quadro, montando uma nova reação química e dizendo que a glicose reage com o gás oxigênio. No turno 68, ela pergunta sobre o produto da reação, o que exige um nível maior de elaboração de resposta. Um dos alunos responde corretamente dizendo: *“Gás carbônico”*. Andréia confirma a resposta e elabora outras perguntas: *“Só? Para que se respira? Para produzir o quê?”*. Então, para fornecer mais elementos para as elaborações dos alunos, a professora começa a correr e a se movimentar na sala, simulando gestos. Daí uma das alunas diz: *“Energia!”* Andréia confirma e continua a perguntar: *“Pra quê?”* E responde: *“Para correr, pensar, pular!”* Ela retorna à discussão sobre a planta, perguntando: *“E para a planta?”* Ela novamente responde: *“Para se desenvolver, crescer”*. E mais uma vez pergunta: *“Além do CO<sub>2</sub>, vai produzir o que aqui também?”*.

Nos turnos 64 a 74, Andréia desenvolve a ideia de que, a partir da respiração celular, os seres vivos produzem energia para sobreviver. E prossegue questionando se há algo mais que aparece como produto da respiração celular na equação química da respiração celular que está construindo com os alunos (turnos 74 a 81). A partir da interação estabelecida, Andréia, utilizando um exemplo prático, tenta mostrar que ocorre também a produção de vapor de água. Logo em seguida, retoma a problematização da situação 2 do experimento e pergunta aos alunos o porquê de o experimento manter a planta viva. A partir da interação com os alunos (turnos 82 a 94), Andréia tenta mostrar que, dentro da garrafa, tinha gás carbônico (CO<sub>2</sub>) obtido na respiração celular e que o oxigênio estava presente, à medida que a planta utilizava o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e a água (H<sub>2</sub>O) originados na respiração celular para fazer a fotossíntese e produzir o oxigênio e a glicose. Como fechamento da aula, no turno 94, Andréia conclui, mostrando as reações químicas da fotossíntese e da respiração celular, que, dentro da garrafa fechada, estavam ocorrendo os ciclos do carbono, oxigênio e água.

Assim, para a construção do conceito de respiração celular, primeiro a professora criou as condições para que os alunos entendessem o processo da fotossíntese, ou seja, que a planta, a partir da utilização do gás carbônico, da água e da luz, produz o alimento (glicose) e o oxigênio. Em seguida, ela desenvolveu sua explicação de maneira a mostrar que essa glicose produzida na fotossíntese reagiria com o oxigênio, também produzido na fotossíntese, em outro processo celular, denominado respiração celular, e produziria novamente gás carbônico, que seria utilizado juntamente com a água na fotossíntese; e, além disso, haveria produção de energia para que a planta pudesse crescer e se desenvolver. Com esse percurso, a professora buscou abordar diferentes conceitos em jogo na formação do conceito de fotossíntese e da respiração celular. Além disso, integrou esses dois conceitos para explicar um dos conteúdos de ecologia que são os ciclos biogeoquímicos do carbono, oxigênio e da água, que também estavam acontecendo dentro da garrafa fechada a partir dos processos de fotossíntese e respiração celular.

O esquema apresentado a seguir mostra os níveis de generalização para a construção dos conceitos de fotossíntese e respiração celular dentro de um sistema de conceitos que parte de níveis menores de generalização para níveis maiores de generalização.



**Figura 2-** Esquema representando os diferentes níveis de integração e generalização dos conceitos científicos dentro do sistema de conceitos

Fotossíntese e respiração celular são considerados conceitos com alto grau de generalização porque, para se formarem, precisam de uma série de conceitos de menor nível de generalidade. Esses conceitos de menor nível de generalidade são os conceitos de água, luz, clorofila, gás carbônico, gás oxigênio, energia, glicose. Embora haja diferentes níveis de generalidade entre os conceitos, não há relação de hierarquia entre eles, mas sim integração conceitual dentro do sistema de conceitos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de formação/elaboração dos conceitos científicos de fotossíntese e de respiração celular nessa sala de aula de Biologia seguiu uma ação mediada intencional e organizada que considerou os agentes em interação (professora e alunos) e o uso de ferramentas culturais ou mediacionais que propiciaram o desenvolvimento desses conceitos dentro de um sistema, ou seja, dentro de uma rede de outros conceitos que estão associados a eles, abrangendo graus diferenciados de generalidade. A análise evidenciou que os conceitos de fotossíntese e respiração celular possuem um alto grau de generalização e, nesse sentido, demandam uma ação mediada complexa.

Ao enfocarmos a ação mediada na abordagem de conceitos científicos nas aulas de Biologia, consideramos como primordiais os agentes em interação e as ferramentas culturais utilizadas, como o experimento e o desenvolvimento de uma estória científica. O experimento foi usado como uma ferramenta cultural para observação e levantamento de hipóteses sobre duas situações-problema, bem como para a introdução dos conceitos de fotossíntese e respiração celular em sala de aula. Tendo como ponto de partida o experimento, a professora desenvolve uma estória científica com os alunos, utilizando estratégias de ensino, como a de “criar diferenças” e perguntas de exame. Apesar de termos identificado um predomínio das perguntas de exame que, segundo Wertsch, têm pouco impacto na aprendizagem, entendemos que esse instrumento permitiu à professora a condução da dinâmica interativa numa direção favorável ao processo de explicação dos conceitos de fotossíntese e respiração celular, dentro das condições de ensino e de aprendizagem delineadas. Além do experimento, a professora utilizou diversas outras ferramentas culturais para poder contar a estória científica aos alunos sobre fotossíntese e respiração celular, como o uso de gestos, de fórmulas e equações químicas escritas no quadro, exemplos e comparações.

Essa ação mediada indica um caminho explicativo para o processo de formação dos conceitos científicos de fotossíntese e respiração celular em sala de aula, de forma a iniciar o processo de apropriação desses conceitos pelos estudantes. Porém, como ressalta Vigotski (2009), esse processo ainda tem um longo percurso pela frente, pois, 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 e não termina naquele momento, uma vez que a aprendizagem antecede o desenvolvimento do conceito, que apresentará nuances diferenciadas para cada aluno, conforme as experiências vivenciadas dentro e fora da escola.

## REFERÊNCIAS

- Barbier, R. (2002). *A pesquisa-ação*. Brasília, DF: Plano.
- Barker, M. (1995). A plant is an animal standing on its head. *Journal of Biological Education*, 29 (3), 201-208.
- Barker, M., & Carr, M. (1989). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(1), 49-56.
- Borges, A. T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Cañal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception? *International Journal of Science Education*, 21(4), 363-371.
- Carlsson, B. (2002). Ecological understanding 1: ways of experiencing photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 24(7), 681-699.
- Eisen, Y., & Stavoy, R. (1993). How to make the learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education*, 15(2), 117-125.
- Franco, M. A. R. S. (2012). *Pedagogia e prática docente*. São Paulo, SP: Cortez.
- Franco, M. A. S. (2008). Pesquisa-ação e prática docente: articulações possíveis. In Pimenta, S. G. & Franco, M. A. S. (Orgs). *Pesquisa em Educação: possibilidades investigativas/formativas da pesquisa-ação*. (103-138). São Paulo, SP: Edições Loyola.
- Lima, M. E. C. C., Aguiar Junior, O., & Caro, C. M. (2011). A formação de conceitos científicos: reflexões a partir da produção de livros didáticos. *Ciência & Educação*, 17(4), 855-871. doi: [10.1590/S1516-73132011000400006](https://doi.org/10.1590/S1516-73132011000400006)
- Marandino, M., Selles, S. E., & Ferreira, M. S. (2009). *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. São Paulo, SP: Cortez.
- Marmaroti, P., & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' understanding of photosynthesis: a questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28(4), 383-403.
- Medeiros, S. C. S., Costa, M. F. B., & Lemos, E. S. (2009). O ensino e a aprendizagem dos temas fotossíntese e respiração: práticas pedagógicas baseadas na aprendizagem significativa. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 923-935. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART9\\_Vol8\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen8/ART9_Vol8_N3.pdf)
- Mortimer, E. F., & Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Maidenhead, Philadelphia: Open University Press.
- Ogborn, J., et al. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham, Philadelphia: Open University Press.
- Ozay, E., & Oztas, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68-70.
- Sarmento, A. C. H. et al. (2013). Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. *Ciência & Educação*, 19(3) 573-598. doi: [10.1590/S1516-73132013000300006](https://doi.org/10.1590/S1516-73132013000300006).
- Sessa, P. S., & Trivelato, S. L. F. (2011). A ação mediada no ensino de biologia e argumentação: tensões permanentes. In Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Campinas, SP, Brasil. Recuperado de <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0231-2.pdf>
- Seymour, J., & Longden, B. (1991). Respiration: that's breathing isn't it? *Journal of Biological Education*, 25(3) 177-183.
- Souza, S. C., & Almeida, M. J. P. M. (2002). A fotossíntese no ensino fundamental: compreendendo as interpretações dos alunos. *Ciência & Educação*, 8(1), 97-111. doi: [10.1590/S1516-73132002000100008](https://doi.org/10.1590/S1516-73132002000100008)



- Stavy, R., Eisen, Y., & Yaakobi, D. (1987). How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 105-115.
- Vianna, H. M. (2003). *Pesquisa em educação: a observação*. Brasília, DF: Plano.
- Vigotski, L. S. (2009). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo, SP: Martins Fontes.
- Waheed, T., & Lucas, A. M. (1992). Understanding interrelated topics: photosynthesis at age 14, *Journal of Biological Education*, 26(3), 193-199.
- Wertsch, J. V. (1999). *La mente en acción*. Buenos Aires, AR: Aique.
- Ypi, D. Y. (1998). Identification of misconceptions in novice biology teachers and remedial strategies for improving biology learning. *International Journal of Science Education*, 20(4), 461-477.
- Zompero, A. F., & Laburú, C. E. (2012). Implementação de atividades investigativas na disciplina de ciências em escola pública: uma experiência didática. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(3), 675-684. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/181/121>
- Zompero, A. F., & Laburú, C. E. (2011). Significados de fotossíntese apropriados por alunos do ensino fundamental a partir de uma atividade investigativa mediada por multimodos de representação. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(2), 179-199. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/226>

**Recebido em:** 09.03.2016

**Aceito em:** 16.07.2016