

SIGNIFICADOS DE FOTOSÍNTESE APROPRIADOS POR ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL A PARTIR DE UMA ATIVIDADE INVESTIGATIVA MEDIADA POR MULTIMODOS DE REPRESENTAÇÃO

(The meaning of Photosynthesis acquired by Primary School Kids from an investigative activity using multimodal representation)

Andréia de Freitas Zompero [andzomp@yahoo.com.br]

Programa de doutorado de Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina

Carlos Eduardo Laburu [laburu@uel.br]

Departamento de Física da Universidade Estadual de Londrina

Resumo

Este trabalho é resultado de uma pesquisa que analisa os significados elaborados por alunos da quinta série do Ensino Fundamental sobre o conceito de fotossíntese. O conteúdo foi desenvolvido por meio de uma atividade investigativa com a utilização da multimodalidade representacional na forma de texto, imagem, além da interação dialógica via modo oral entre os estudantes e a professora. Os significados produzidos em cada atividade foram analisados com base nas formas de Aprendizagem Significativa. Foi possível verificar que as atividades proporcionaram diferenciação e enriquecimento dos significados iniciais estabelecidos na estrutura cognitiva dos alunos.

Palavras-Chave: aprendizagem significativa; representações multimodos; fotossíntese.

Abstract

This paper is the result of a research which analyses the meanings of Photosynthesis elaborated by students in the fifth grade of Primary School. The content was developed through an investigative activity using the representational multimodality in the text format, image, besides dialogic interaction through oral way between students and the teacher. The meanings, produced in each activity, were analysed based on the Meaningful Learning aspect. It was possible to verify that the activities provided differentiation and enrichment of the initial meanings which were established in the cognitive students' structure.

Keywords: meaningful learning; multimodal representation; photosynthesis.

Introdução

A compreensão dos mecanismos que levam à aprendizagem com base na estrutura cognitiva do aprendiz é um dos aspectos estudados pela psicologia cognitiva, a qual teve sua ascensão a partir da década de 1970. Esse ramo da psicologia se baseia nos processos mentais e se ocupa da produção de significados, da compreensão, transformação, armazenamento e uso das informações envolvidas na cognição (Moreira, 1999). Para a psicologia cognitiva, a aprendizagem envolve a produção de significados. O aluno aprende um conteúdo, um conceito, um determinado procedimento, um valor a respeitar, quando consegue lhe atribuir significados. Quando ele aprende de modo puramente memorístico, não atribui significado ao conteúdo. Nesse caso, é possível que o estudante utilize o conhecimento, sem entender o que está fazendo (Coll, 2002). O mesmo autor salienta que é comum, nos episódios de ensino aprendizagem, o aluno atribuir um significado ao conteúdo, muito diferente daquilo que o professor ensinou. Isso quer dizer que os significados produzidos não são, muitas vezes, coerentes com o conhecimento científico. Para Coll (2002), o ensino deve favorecer aos alunos o aprofundamento e ampliação dos conhecimentos construídos nas situações de instrução.

A produção de significados pode ser analisada na visão de diferentes autores. Ressalta-se que, neste estudo, optou-se pela visão proposta por Ausubel (1980). De acordo com o autor, o significado é um referente que significa algo para alguém. “Quando um determinado referente significa algo para um determinado aluno ele é convencionalmente denominado significado” (Ausubel, 1980, p. 44). Para esse pensador, o significado propriamente dito é um produto do processo de aprendizagem significativa. Portanto, o significado se refere ao conteúdo cognitivo que evoca no aluno um dado símbolo ou grupo de símbolos específicos. Sendo assim, a significação é o elemento central no processo de ensino e aprendizagem. A aprendizagem significativa é um processo que ocorre quando uma nova informação relaciona-se com algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento da pessoa; logo, a nova informação interage com outra, já existente na estrutura cognitiva, a qual Ausubel denomina de subsunçor. Nos eventos de ensino e aprendizagem, os significados iniciais são estabelecidos por signos ou símbolos gradualmente e de modo idiossincrático, pois a atribuição de significados aos materiais de aprendizagem vai depender da estrutura do subsunçor de cada indivíduo. As novas aprendizagens darão origem a significados adicionais a signos ou símbolos e permitem a obtenção de novas relações entre conceitos já anteriormente adquiridos. Ausubel (2000) utiliza como exemplo os significantes: cachorro e vermelho. À medida que esses conceitos se diferenciam, são desenvolvidas novas relações para os conceitos de animal e cor, passando por uma evolução da aprendizagem significativa. O conhecimento prévio é acionado para dar significados aos novos conhecimentos.

Além da estrutura de conhecimento do aluno, outros fatores relevantes para a produção de significados é a apresentação do material de ensino, o qual deve apresentar significado lógico para o estudante e também a disposição que este deve ter para a aprendizagem. Sem esse fator fundamental, ela ocorre de modo mecânico, sem significação.

Em se tratando de estratégias de ensino e aprendizagem, dentre as diversas pesquisas que têm surgido nas últimas décadas, destaca-se uma linha que propõe a utilização de atividades investigativas no ensino, como se pode observar em Gil Perez (1996), Borges (2002), Azevedo (2006), Carvalho (2006) e Sá (2009). Esses pesquisadores defendem o uso de atividades investigativas no ensino, as quais devem partir de um problema, por promover o raciocínio e as habilidades cognitivas dos alunos, como a reflexão, percepção de evidências e a argumentação, por exemplo. As atividades investigativas, de acordo com Carvalho (2006), devem partir de um problema, para o qual os alunos emitem suas hipóteses e realizam atividades para testá-las; isso poderá ser feito por meio prático ou não.

Após a análise do estudo de atividades investigativas na visão de diferentes autores, optou-se pela perspectiva apontada por Bybee (2006), na qual as atividades investigativas devem proporcionar aos alunos os seguintes aspectos: engajamento dos estudantes; observação de evidências; formular explicações para as evidências; conexão das explicações ao conhecimento científico. Os estudantes devem, de alguma maneira – por meio da interação discursiva, produção de pequenos textos ou elaboração de desenhos –, comunicar e justificar suas explicações para o problema inicialmente proposto.

Analisando-se a proposta da realização de atividades investigativas, é possível verificar que elas apresentam significado potencial, isto é, apresentam significado lógico (Ausubel, 2000), de modo a proporcionar ao aprendiz a aprendizagem significativa. No momento em que as atividades vão sendo desenvolvidas, é possível que o aluno tenha acesso a diferentes modos integrados de representação do conhecimento científico, os quais são denominados de representações multimodais. Nesse sentido, Moreira (1997) afirma que a aprendizagem significativa não pode depender do uso exclusivo de determinados signos particulares. O que se incorpora à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas ideias, não as palavras precisas usadas para expressá-las. Isso significa dizer que uma aprendizagem significativa passa a existir quando um mesmo

conceito ou uma mesma proposição conseguem ser expressos de diferentes maneiras, por meio de distintos signos ou de grupos de signos, equivalentes em termos de significados (Ausubel apud Moreira 1999, p 77,78). Por outro lado, a compreensão dos conceitos científicos permanece ligada à extração do significado imanente a diferentes representações, por isso é necessário que os alunos desenvolvam o entendimento dos diferentes modos representativos sem que se tornem dependentes de um único modo (Waldrup, Prain & Carolan, 2010).

É possível relacionar o conceito de substantividade na teoria da aprendizagem significativa com multimodos, pois, se há necessidade de diferentes símbolos para proporcionar a aprendizagem significativa, sugere-se que estes símbolos possam ser expressos por meio de diferentes tipos de representações semióticas. A exclusividade de uma forma representativa produz geralmente uma aprendizagem mecânica, e não significativa.

Conforme o exposto acima, pode-se perceber a relação que existe entre Aprendizagem Significativa e multimodos de representação. Ainda para relacionar multimodos com aspectos que envolvem aprendizagem significativa, Yore e Hand (2010) afirmam que, para aprender com significado, são necessários cinco processos cognitivos: seleção de palavras; organização de palavras; seleção de imagens; organização das imagens; e integração entre palavras e imagens. Nesse caso, a integração entre os modos representacionais: imagens e palavras, isto é, o modo verbal e não verbal, é necessária para a elaboração de significados pelos alunos.

Essas pesquisas com base na ciência semiótica possibilitam um avanço na compreensão dos aspectos fundamentais relacionados às representações e que envolvem o processo de significação (Duval, 2004; Godino, 2003). Estes estudos reconhecem que os alunos precisam não apenas ter acesso a diferentes formas representativas do conhecimento científico, tais como textos, figuras, tabelas, experimentais, como também precisam entender as relações existentes entre esses diferentes modos de representação para que se estabeleça a produção de significados (Prain & Waldrup, 2006; Lemke, 2003). A aprendizagem de conceitos científicos e das representações simbólicas não é um processo que se pode separar, pois não é possível cognitivamente dissociar a forma de representar os conceitos do que eles significam (Tytler, Peterson & Prain, 2007, p. 317; Duval, 2006, p. 112). Consequentemente, ensinar ciência ultrapassa a esfera de preocupação eminentemente conceitual e acaba por envolver simultaneamente a compreensão dos desafios representacionais, pelos quais passam os estudantes.

Aprender ciência envolve, então, compreender sua linguagem. Em relação à utilização das diferentes linguagens da ciência, Lemke (2003) admite que a linguagem científica apresenta uma variedade de recursos semióticos, dentre eles a linguagem visual, dos símbolos matemáticos e das operações experimentais. Para o referido autor, o objetivo da educação científica é dar condições aos estudantes de serem capazes de fazer uso dessas linguagens de modos diversos na condução das atividades científicas. Nesse sentido, a utilização de diferentes linguagens poderá favorecer a Aprendizagem Significativa devido à interação dessas com os conceitos subsunçores.

Conforme o que foi exposto, para os estudantes compreenderem os conceitos científicos e os vários significados de suas representações, é necessário que os alunos desenvolvam um entendimento das diversas formas de representá-lo, ao invés de ficarem dependentes de um modo particular, ligado a um tópico específico.

Com relação aos conteúdos de ensino e aprendizagem de ciências, no ensino fundamental, muitos se apresentam como de difícil compreensão para os estudantes. Dentre esses assuntos, fotossíntese e respiração das plantas têm sido evidenciadas por serem confusas para os alunos, sendo que muitas vezes esses conceitos são considerados como sinônimos. Pesquisas sobre o ensino da Fotossíntese têm sido relatadas na literatura por autores como Souza e Almeida (2002) e Charrier

(2006), os quais apontam dificuldades dos alunos na aprendizagem desses conceitos. Os estudos revelam inúmeras concepções dos estudantes, diferentes daquelas aceitas pela comunidade científica. As pesquisas sobre fotossíntese e respiração têm sido desenvolvidas com alunos desde as Séries Iniciais até a Universidade. Para Charrier (2006), a gênese dessas concepções está relacionada com alguns problemas no ensino desse conteúdo, como propostas muito tradicionais de ensino que promovem apenas a memorização e utilização excessiva de terminologia científica, propostas baseadas na pedagogia do descobrimento, as quais podem ser utilizadas de modo inadequado não ajudando os estudantes na compreensão desse processo, por exemplo; além disso, há também a dificuldade apresentada por eles para entender fenômenos químicos e biológicos.

Em função das dificuldades apresentadas na aprendizagem do conteúdo sobre fotossíntese, é preciso que novas estratégias de ensino sejam realizadas com os alunos e que também seja analisada a significação desenvolvida por eles no decorrer dessas atividades, para que tenhamos clareza quanto à natureza e origem das dificuldades dos alunos na compreensão deste assunto.

Considerando a relevância da utilização de multimodos de representação no ensino dos conteúdos e a realização de atividades investigativas, as quais, segundo pesquisas, proporcionam engajamento e possibilitam aos alunos melhor reflexão sobre o conteúdo, neste estudo, que é parte de um trabalho mais amplo sobre fotossíntese e respiração, objetivou-se investigar quais significados sobre fotossíntese os alunos do ensino fundamental constroem, quando desenvolvem atividade de investigação mediada por multimodos de representação.

Conforme já se ressaltou anteriormente, o significado é um produto emergente do processo de aprendizagem significativa e totalmente idiossincrático. Por isso, os significados produzidos pelos alunos podem ser incoerentes com o conhecimento científico. Para a análise dos significados elaborados pelos alunos, serão utilizadas como referencial analítico as três formas de aprendizagem significativa propostas por Ausubel (2000). De acordo com Moreira (1995), essas formas de aprendizagem se desenvolvem quando o aluno apreende conceitos e representações. O estudo dessas formas de aprendizagem é relevante, uma vez que a estrutura de conhecimento é organizada hierarquicamente e, por isso, esta organização é fundamental para as novas aprendizagens sobre o conteúdo.

Conforme já exposto acima, para que a significação se desenvolva, é necessário que o aluno tenha acesso a diferentes formas representacionais de um mesmo conceito. Os modos representacionais utilizados, além de fornecer informações, têm por finalidade permitir que os alunos consigam fazer a conexão entre essas representações semióticas, para que estes obtenham respostas para o problema proposto na atividade investigativa, além de possibilitar a produção de significados para o conceito de fotossíntese.

De acordo com Ausubel (2000), a produção de significados pelo aluno nos episódios de ensino e aprendizagem promove uma diferenciação de sua estrutura cognitiva, possibilitando novas aprendizagens. Essa diferenciação é denominada pelo autor de *diferenciação progressiva*. Um aspecto relevante a ser considerado é que todas essas formas de significados são produzidas de modo idiossincrático. Sendo assim, espera-se que o ensino promova tal significação em direção aos significados científicos.

Formas de Aprendizagem Significativa segundo Ausubel

Já se enfatizou que a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação ancora-se em subsunçores relevantes já existentes na estrutura de conhecimento do aluno. Isso faz com que os novos significados, os quais emergem na interação dos significados existentes nos

subsunções com o material de ensino, apresentem-se organizados na estrutura de conhecimento do aluno. Desse modo, Ausubel propôs que a aprendizagem significativa ou, ainda, os significados emergentes sejam classificados em três formas: subordinados, sobreordenados e combinatórios (Ausubel, 2000). Segundo o autor, essas são formas hierárquicas de relacionar novas informações com as ideias ancoradas na estrutura de conhecimento do aluno.

Os significados emergentes são classificados como *subordinados*, ou *aprendizagem subordinada*, quando uma nova informação mais específica interage com outra mais geral existente na estrutura de conhecimento. Por exemplo, se o aluno já tem na sua estrutura de conhecimento o conceito de reprodução e precisa aprender os tipos de reprodução, sexuada e assexuada. Neste caso, reprodução é o conceito geral, os tipos são mais específicos. Nessa interação entre os conceitos novos aprendidos e os já existentes, há uma diferenciação do conceito mais geral reprodução; por isso, ocorrem novas significações, análise e diferenciação.

A *aprendizagem sobreordenada* ou *superordenada*, ou ainda *significados sobreordenados*, ocorre quando um conceito mais geral é adquirido a partir de outros mais específicos (Moreira, 1997). Nesse caso, o aluno aprende uma nova proposição mais inclusiva para a qual se podem subordinar várias ideias menos inclusivas já existentes na estrutura de conhecimento. Por exemplo, o aluno tem os conceitos de gato, cachorro, rato que são conceitos mais específicos, e aprende o conceito de mamífero, que é mais geral e abarca os demais. Ocorre a generalização e síntese.

Além dessas duas formas de aprendizagem significativa, há também um terceiro tipo denominado *aprendizagem combinatória* ou *significados combinatórios*, que surge quando a relação não é com conceitos existentes na estrutura cognitiva, mas sim com conteúdos mais amplos. As novas informações relacionam-se com a estrutura cognitiva de um modo geral e não com conceitos específicos. Nesse caso, os novos significados ou a nova aprendizagem denomina-se *combinatória* (Moreira, 1995).

Um exemplo desse tipo de aprendizagem ocorre, por exemplo, quando o aluno já possui significados bem estabelecidos sobre a circulação do sangue e aprende sobre o processo respiratório. Nessa interação, há produção de novos significados em que o novo conteúdo sobre respiração produz significados combinatórios com os referentes à circulação. Sendo assim, há compreensão de que esses dois processos ocorrem simultaneamente no organismo animal.

Procedimentos metodológicos da investigação

A pesquisa foi realizada em uma escola pública central da cidade de Londrina. Participaram do estudo oito alunos da quinta série, sendo quatro meninos e quatro meninas, os quais foram escolhidos pela professora regente da turma por manifestarem interesse em participar da pesquisa. Nenhum desses alunos era considerado com necessidades educativas especiais, ou seja, inclusão.

Os alunos apresentam nível econômico compatível com a classe média, com acesso aos meios de comunicação como internet, jornais e revistas. No momento da realização do estudo, os sujeitos não haviam tido acesso formal ao conteúdo de fotossíntese e respiração das plantas na série em que cursavam, mas sim na anterior, isto é, na quarta-série.

Neste trabalho, divulgam-se apenas os resultados obtidos com uma atividade investigativa sobre o tema fotossíntese. Para a concretização dessa atividade, foram realizados três encontros equivalentes a uma hora cada, com intervalos de uma semana. A atividade desenvolvida foi elaborada, considerando as características da investigação propostas por Bybee (2006).

Inicialmente, a professora proporcionou um momento de interação dialógica entre os alunos, quando responderam algumas perguntas relativas à fotossíntese, partindo da importância da luz solar para as plantas. O objetivo dessa primeira intervenção foi verificar quais significados sobre fotossíntese os alunos apresentavam.

As discussões terminaram com a apresentação do seguinte problema, proposto pela pesquisadora: *como podemos comprovar que a planta precisa mesmo do sol para viver?* A partir dessa questão, alguns alunos deram como sugestão deixar uma planta em local iluminado e outra em local escuro para ver o que poderia acontecer. Sendo assim, o problema para investigação apresentado para os alunos foi: *A planta conseguirá viver em local totalmente escuro? Por quê?*

Apresentado esse problema, foi então colocada uma planta envolvida em um plástico escuro e em local sem iluminação. A outra planta foi deixada exposta na luminosidade. Foi pedido a eles que elaborassem as hipóteses sobre o que poderia acontecer com ambas as plantas.

Na aula seguinte, isto é, na segunda intervenção, realizada após uma semana, inicialmente os alunos observaram as duas plantas. A professora proporcionou outro momento de interação dialógica, em que discutiram os motivos pelos quais as plantas se apresentavam naquelas condições. Os alunos, então, fizeram um registro escrevendo sobre as observações feitas nas duas plantas. Depois, a professora questionou sobre o que as plantas necessitam para fazer a fotossíntese. Os alunos novamente escreveram suas concepções sobre as necessidades da planta para realizar esse processo. Após, foi entregue a cada participante um texto explicativo sobre fotossíntese e pedido que fizessem a leitura; em seguida, os alunos elaboraram um texto sobre o que haviam entendido do assunto. Posteriormente, foi fornecida a eles uma figura esquemática sobre a fotossíntese. Novamente, os alunos elaboraram um texto explicativo com base na figura observada.

O objetivo de proporcionar aos alunos o acesso a esses dois modos foi verificar os significados produzidos pela integração entre eles. Após a elaboração do texto explicativo da figura, realizou-se uma nova interação dialógica acerca do que a planta necessita para fazer a fotossíntese e quais os produtos são elaborados nesse processo. Salienta-se que a interação dialógica mostrou-se fundamental para a verificação dos significados produzidos pelos alunos.

Na terceira intervenção, a qual ocorreu após uma semana, foi solicitado aos alunos que realizassem a conclusão da atividade investigativa, elaborando um desenho representativo das duas plantas e novamente um texto explicativo sobre o que ocorreu com elas, relacionando com as informações que obtiveram a respeito da fotossíntese.

A seguir estão apresentadas, de maneira resumida, as etapas das atividades desenvolvidas neste estudo. Os destaques referem-se às características indicativas da atividade investigativa, baseadas em Bybee (2006).

Fase de engajamento: Interação entre professora e alunos sobre a importância da luz do sol para a vida no planeta. (anotação dos dados).

Problema: As plantas conseguem sobreviver em local totalmente escuro? Por quê?

Hipóteses → alunos anotaram as hipóteses

Experimento → Manter um vaso em local iluminado e outro no escuro. Observar e registrar os dados em tabela por uma semana. (**reconhecimento de evidências**).

Análise dos dados anotados e conclusão → finalização da atividade. Desenho feito pelos alunos sobre as duas plantas. (**divulgação dos resultados**).

A utilização dos multimodos de representação foi introduzida durante o desenvolvimento da atividade investigativa. As formas representativas utilizadas seguem abaixo:

Leitura do texto sobre fotossíntese → Momento em que os alunos tiveram acesso à explicação do conteúdo sobre fotossíntese.

Apresentação da figura explicativa sobre fotossíntese → Os alunos observaram a figura a qual era um esquema indicativo dos elementos utilizados pela planta para realização de fotossíntese, como luz do sol, gás carbônico, água, e dos que são produzidos durante esse processo, como glicose e oxigênio.

Desenho realizado pelos alunos para conclusão da atividade → Os alunos fizeram desenhos demonstrando o resultado das duas plantas: a que ficou no claro e a que ficou no escuro.

Interação dialógica → Realizada entre a professora e os alunos para finalizar a atividade investigativa e discutir os resultados da atividade.

Análise e discussão dos resultados

No primeiro dia, o qual foi denominado como **Intervenção 1**, a professora iniciou as atividades fazendo uma interação dialógica com os alunos sobre a importância da luz do sol para a Terra. Nessa primeira intervenção, foram discutidos os aspectos gerais relativos ao tema fotossíntese, a fim de promover situações em que os alunos pudessem evidenciar os significados existentes na estrutura cognitiva. Identificou-se por P a fala da professora, por A a fala dos alunos, As quando vários alunos responderam ao mesmo tempo e os comentários entre parênteses.

Interação

P: A luz do sol é importante para nossa vida? Por quê?

A1: Por causa das plantas

A2: Para as plantas fazerem fotossíntese

P: Em que série vocês aprenderam sobre fotossíntese?

AS: Na quarta série.

A2: No começo deste ano (quinta-série) como revisão.

A3: Ajuda a regular a temperatura do corpo, também aquece o oceano.

A1: Sol serve pra fazer fotossíntese pra gente respirar o oxigênio.

P: Se não existisse o sol, algum ser vivo conseguiria sobreviver na Terra?

A2: Tudo ia congelar

P: Quem acha que não?

(Todos acham que não)

A3: Não ia ter fotossíntese

P: Mas qual o problema de não ter fotossíntese?

A1: Não ia ter oxigênio pra respirar

A2: As plantas sugam o gás carbônico e soltam o oxigênio

P: O que mais que poderia acontecer?

A5: Não teria alimento para gente comer

P: Mas e a carne dos animais?

A3: Mas não ia ter capim.

P: E o capim faz fotossíntese?

(Nesse instante, houve divergências entre as respostas. Alguns consideraram que o capim faz fotossíntese, outros acharam que não.)

A2: Acho que não.

A4: Eu acho que faz sim.

(A maioria não sabia o que dizer.)

A5: Acho que faz porque ele é um ser vivo.

P: Capim é vivo?

As: É.

P: Por quê?

A6: Porque é verde.

P: Porque é verde?

A2: Eu acho que é, mas não sei explicar.

(Não houve consenso entre eles. Consideravam o capim ser vivo, mas não sabiam explicar.)

A4: Porque ele suga água

P: Mas as esponjas de lavar louça também sugam água. Ela é ser vivo?

(Não houve resposta.)

P: Vamos voltar para a fotossíntese. Quem viveria na Terra se não tivesse luz?

A1: Os vermes, barata, insetos.

A6: Os urubus

P: E as plantas?

(Todos concordaram que não viveriam.)

P: Será que nós podemos fazer algum experimento para mostrar se a planta precisa de luz?

(Nesse momento, os alunos tentaram novamente dar explicações sobre por que as plantas precisam da luz. Não conseguiram entender de imediato que se tratava de um experimento. Após a professora insistir sobre que experimento poderia ser feito, A1, A3 e A4 responderam:)

A1, A3: Deixe uma planta no escuro para ver o que acontece.

A4: Minha mãe tem planta que fica no claro, mas sem sol e não morre.

P: Eu trouxe aqui duas plantas. Uma delas nós vamos deixar no claro e outra no escuro. Depois nós vamos observar e acompanhar o que vai acontecer com as plantas.

(Foram colocadas, então, uma planta no claro e outra em local totalmente escuro, com a ajuda dos alunos. As plantas eram de mesma espécie.)

P: Agora vocês vão colocar no caderno as hipóteses sobre o que acha que irá acontecer com a planta do claro e com a planta do escuro. O que é hipótese?

A3: É uma suposição.

P: Ótimo. É uma suposição do que irá acontecer.

Nessa primeira intervenção, foi possível verificar quais os significados estabelecidos na estrutura de conhecimento dos alunos, isto é, ideias relevantes ancoradas que foram evidenciadas na interação dialógica. Apresenta-se abaixo, no quadro 1, uma síntese das ideias obtidas.

Quadro 1 (síntese): Significados estabelecidos na estrutura cognitiva dos alunos.

1 – Importância da luz do sol para vida	<ul style="list-style-type: none"> • fotossíntese • temperatura do corpo e do planeta
2 – Falta de luz solar no planeta	<ul style="list-style-type: none"> • aquecimento do oceano • congelamento do planeta • falta de alimento • falta de oxigênio
3 – Seres que podem viver na ausência de luz	<ul style="list-style-type: none"> • vermes • baratas • urubus

No final da atividade deste dia, isto é, intervenção 1, os alunos escreveram as hipóteses em uma folha que foi posteriormente recolhida pela professora. É importante ressaltar que duas alunas não responderam a nenhuma das questões. Apenas participaram, inclusive elaborando as hipóteses, mas não se pronunciaram durante a interação. As hipóteses dos alunos seguem abaixo apresentadas o quadro 2.

Quadro 2: hipóteses dos alunos

Aluno	Planta no escuro	Planta no claro
1 Do	Não conseguem viver porque não vai conseguir respirar o gás carbônico e nem soltar seu oxigênio.	Vai sobreviver muito tempo, respirar gás carbônico e soltar o oxigênio.
2 Jo	Não conseguirá realizar a fotossíntese.	Vai respirar e realizar a fotossíntese.
3 Jos	Acho que a planta vai morrer porque não vai fazer fotossíntese.	Acho que vai viver por causa da fotossíntese.
4 La	Não vai viver porque não faz fotossíntese.	Consegue viver porque vai fazer fotossíntese.
5 Ma	A planta vai morrer rápido.	Com a luz do sol e a água vai sobreviver bem e vai crescer mais.
6 Mu	A planta não vai conseguir respirar o gás carbônico e soltar o oxigênio.	Vai viver naturalmente.
7 Ta	Vai ficar muito fraca morrerá mais cedo por causa da falta de gás carbônico.	Vai ficar mais forte que as outras, com mais nutrientes e com mais tempo de vida.
8 Vi	Vai morrer porque vai ficar sem oxigênio, pois ela respira o gás carbônico e solta o oxigênio.	Vai sobreviver porque ela pode respirar.

Com a elaboração de hipóteses pelos alunos, foram evidenciados os seguintes significados iniciais estabelecidos na estrutura de conhecimento dos alunos:

- A luz permite à planta fazer fotossíntese;
- O gás oxigênio é produzido na fotossíntese;
- O gás carbônico é usado para respiração das plantas;
- A planta não vive sem a luz.

A partir dos dados apresentados, é possível verificar que os alunos da quinta série, aqui analisados, conseguem fazer relações coerentes entre presença de luz, fotossíntese, dificuldades de sobrevivência no planeta na ausência de luz. Os significados já existentes na estrutura de conhecimento dos alunos apresentaram-se satisfatórios para essa fase de escolaridade, no momento em que foi realizada a primeira intervenção. No entanto, no que se refere à respiração, percebe-se claramente uma incoerência quando apontam o gás carbônico como responsável pela respiração dos vegetais.

Nessa primeira intervenção, pôde-se notar que os alunos tiveram boa participação nas interações discursivas. Entretanto, a participação das meninas foi bem inferior à dos meninos. Duas alunas não tiveram nenhuma participação dialógica, mas participaram na elaboração das hipóteses, realizadas por meio de representações verbais de modo escrito. Esse fato indica que os alunos apresentam afinidade com certos modos semióticos para expressar suas representações internas, e, por isso, nas situações de ensino e aprendizagem, deve ser possibilitada aos alunos, além do acesso aos diferentes modos semióticos, a oportunidade de expressar suas representações por meio de diferentes modos.

Os alunos demonstraram ter significados prévios claros e bem estabelecidos na estrutura de conhecimento quanto ao conceito de fotossíntese, em aspectos compatíveis para o nível de escolaridade em que estão. No entanto, nota-se claramente que não estabelecem relações precisas entre fotossíntese e cadeia alimentar, ao considerarem os animais que possivelmente poderiam sobreviver na Terra na ausência da luz, conforme identificados na interação ocorrida no início da atividade. O assunto sobre cadeia alimentar é ministrado nas Séries Iniciais, assim como fotossíntese e respiração dos seres vivos. Portanto, verifica-se que, nas Séries Iniciais, os alunos não conseguiram fazer a transferência de conhecimentos, como verificou Ausubel (2000), do assunto fotossíntese, para o assunto sobre cadeia alimentar.

Para o conceito de respiração, evidenciaram-se controvérsias quanto à emissão e obtenção dos gases respiratórios. Nesse caso, o entendimento dos alunos não está de acordo com o significado estabelecido pela comunidade científica. Outro aspecto relevante foi quanto ao conceito de ser vivo. Demonstraram claramente dificuldades em caracterizar um ser vivo, no que se refere às diferenças em relação aos seres abióticos.

Intervenção 2. Neste dia, iniciamos com as observações feitas nas duas plantas: a que ficou no claro e a outra do escuro. A professora colocou ambos os vasos sobre a mesa, ao redor da qual os alunos se sentavam. Importante ressaltar que, no momento em que os alunos chegaram à sala, os vasos já estavam sobre a mesa. Então, questionaram.

P: Qual dos dois vasos estava no escuro?

A6: O da esquerda.

P: Por quê?

A6: Porque parece que não cresceu igual ao outro vaso.

A2: As folhas não estão muito verdes como o outro.

P: E as meninas, o que acham?

A4: Porque as flores não desenvolveram muito.

P: Porque vocês acham que a planta do escuro não se desenvolveu direito?

(A maioria dos alunos respondeu que foi porque ela não fez a fotossíntese.)

A6: Ela não pode fazer a fotossíntese nem respirar.

P: Fotossíntese e respiração são as mesmas coisas?

(Alunos responderam que não.)

A6: Fotossíntese é a alimentação das plantas e respiração...

A2: O caule ajuda a respirar, a folha também.

A3: Ela respira pelo caule

P: No escuro a planta também respira?

A1: Acho que não

A2: Respira sim, mas é menos.

P: E as meninas?

A7: Acho que no escuro ela fez um pouquinho de fotossíntese.

Nesse episódio, foi possível verificar que o modo prático, isto é, a observação direta dos vasos e a situação dialógica proporcionada pela professora favoreceram a reflexão entre os alunos, conforme pode ser verificado nas respostas dadas por eles. Admite-se que esse momento de discussão foi necessário para ativar os processos mentais que possibilitam o raciocínio, sendo este um dos objetivos da atividade investigativa.

Após a interação, a professora pediu aos alunos que escrevessem, isto é, registrassem o que aconteceu com cada planta. Em síntese, as informações que apareceram foram as seguintes:

Planta do claro → as folhas cresceram e estão mais verdes. As flores também se desenvolveram mais.

Planta do escuro → a planta se desenvolveu menos e as flores parecem estar menos desenvolvidas.

Dois alunos deram como sugestão colocar, no claro, a planta que ficou no escuro, para ver o que poderia ocorrer. A professora então acatou a sugestão e disse que iria deixar as plantas assim por mais uma semana para nova observação. Então deixaremos no claro para verificar o que poderá ocorrer. Essa sugestão dos alunos demonstra que a atividade investigativa despertou a curiosidade, levando-os a refletir sobre o ocorrido; não ficaram limitados apenas à observação ou manipulação dos objetos, conforme Azevedo (2006).

Dando sequência às atividades, a professora pediu aos alunos que escrevessem o que as plantas precisam para fazer a fotossíntese e o que elas produzem quando realizam esse processo, observando novamente as duas plantas.

P: Vocês disseram que a planta do escuro ficou assim porque não fez a fotossíntese. Então escrevam o que vocês acham que a planta usa para fazer a fotossíntese. Depois, o que ela produz quando faz a fotossíntese.

(Durante o período em que estavam escrevendo, alguns alunos perguntaram:)

A3: Gás carbônico é a mesma coisa que ar?

A6: *Gás carbônico é fumaça?*

A2 e 1: *Gás carbônico é ar poluído?*

A7: *Gás e ar são as mesmas coisas. Gás carbônico é um ar poluído?*

(Os demais alunos concordaram que o gás carbônico é um “ar” poluído.)

(Na sequência, a professora perguntou:)

P: *Se o gás carbônico é poluído, as plantas, então, utilizam ar poluído?*

(Vários alunos responderam que sim, mas ela purifica esse gás poluído para fabricar o oxigênio.)

Essa discussão demonstra que o resultado dessa atividade investigativa possibilitou a reflexão dos alunos, pois, no momento em que foi pedido para escreverem sobre as necessidades da planta para fazer a fotossíntese, com base na atividade investigativa realizada, os alunos revelaram suas incertezas sobre um determinado conhecimento que até então parecia ser claro para eles, como a discussão iniciada pelo A3. Isso revela que a atividade investigativa proporcionou momentos de conflito cognitivo entre os estudantes. Além disso, o fato ocorrido está de acordo com Yore e Hand (2010), os quais destacam que a escrita ajuda o aluno a clarificar os conceitos científicos confusos que apresentam. Aqui é possível perceber a elaboração de significados subordinados, pois gás carbônico surge como gás poluído e fumaça. Além disso, houve também a elaboração de significado sobreordenado, pois o aluno A7 considerou o gás carbônico como “ar”.

Os resultados sobre a pergunta *O que as plantas utilizam para fazer a fotossíntese?* foram: as plantas precisam de oxigênio, nitrogênio, luz, gás carbônico da folha, ar, água, ar para respirar. Sabe-se que as plantas necessitam, para fotossíntese, da luz do sol, da clorofila, água e gás carbônico. Isso demonstra que os alunos trazem para as situações formais de ensino, conhecimentos incompatíveis com a ciência.

Para explicar o que ocorreu com as duas plantas, os alunos precisam ter acesso às informações. Nesse caso, foram então utilizados dois modos representacionais: texto e figura sobre fotossíntese. Inicialmente, os alunos tiveram acesso ao texto.

Significados produzidos pelos alunos após modo de representação por leitura do texto

Como resultado dessa primeira atividade sobre a leitura do texto, obtiveram-se os seguintes resultados:

A1: *O sol produz energia, mas só um pouco dela chega à Terra. A Terra precisa do sol para poder sobreviver. As plantas precisam da clorofila para absorver a energia do sol e fazer fotossíntese.*

A2: *O produtor (planta) usa as coisas naturais para sobreviver e produz alimentos para nós humanos, como o açúcar. O sol produz a energia e o calor. Só uma parte da energia chega à Terra para ajudar na fotossíntese, e os humanos...*

A3: *Eu entendi que a luz do sol é produtor de energia e a clorofila que faz a planta se desenvolver (fotossíntese).*

A4: *O sol é uma estrela que produz luz e calor para a Terra. Fotossíntese é forma de energia. Usa gás carbônico e solta o oxigênio.*

A5: *A planta precisa de resíduos minerais que se decompõem de restos de folhas e animais que a sustentam além do sol, oxigênio e água. É o caso de uma cadeia alimentar.*

A6: *O sol é uma fonte natural de calor. A planta necessita de luz e calor do sol. A clorofila ajuda a planta a absorver os gases, como o gás carbônico, juntando com a luz do sol e calor.*

A7: O sol é uma estrela que produz energia. A fotossíntese é mais ou menos o alimento da planta. A clorofila das plantas produz açúcar que é um alimento para os animais e seres humanos.

A8: Eu entendi que a planta precisa fazer fotossíntese e ar para viver.

Com a leitura do texto, foi possível verificar que os significados elaborados pelos alunos após a leitura apresentam-se mais diferenciados, em relação aos que foram apresentados no início deste estudo, indicados resumidamente nos quadros 1 e 2. Percebe-se que alguns termos começam a fazer parte do vocabulário dos alunos com mais frequência, como glicose, clorofila, fonte natural de calor, decomposição, resíduos minerais.

Nesse caso, pode-se admitir que os significados expressos por meio do texto apareceram mais diferenciados em relação aos significados iniciais dos estudantes e que foram apresentados no início deste estudo. De acordo com Ausubel (2000), na medida em que constroem significados ou reorganizam os já existentes na estrutura cognitiva, o conhecimento tende a se tornar mais substantivo para o aluno.

Significados produzidos após modo de representação por observação da figura

Após a leitura do texto, os alunos receberam a figura de um esquema da fotossíntese para observarem e explicarem o processo. Essa figura apresenta as informações contidas no texto que foi lido por eles. O objetivo foi verificar os significados sobre fotossíntese elaborados a partir da figura. Os alunos produziram um texto explicativo da imagem. Como resultado obteve-se os resultados abaixo:

A1: A glicose que tem nos galhos da planta é retirada e vai para o solo. Pelo solo as plantas sugam pelas raízes, água e sais minerais. Para fazer fotossíntese ela suga energia solar e gás carbônico.

A2: A planta ao realizar a fotossíntese absorve o gás carbônico e solta o oxigênio. Então ela produz frutos para sobreviver.

A3: A planta usa o gás carbônico e libera o oxigênio, é a glicose que fica no açúcar e os minerais que vêm do animal morto que ajudam as plantas e a luz do sol.

A4: A planta ingere gás carbônico e solta o oxigênio. Com isso a glicose abaixa para o tronco até chegar à raiz, a qual recebe água e sais minerais do solo.

A5: Ela utiliza sais minerais, energia solar e solta o oxigênio e glicose e ajuda as outras plantas e humanos.

A6: A planta necessita de gás carbônico, energia solar e absorve água, sais minerais e produz a glicose e frutos.

A7: A planta recebe água e sais minerais do solo pela raiz e respira gás carbônico e junto com a glicose produz o oxigênio. O sol ajuda a manter o solo e a planta.

A8: O aluno observou a figura, mas não respondeu a atividade.

A observação da figura mostrou que vários estudantes, como A2, A3, A5 e A6, produziram significados coerentes com o conhecimento científico. Foi possível verificar também que com a integração entre os dois modos, os alunos, ao observarem a figura, conseguiram relacioná-la com algumas informações que apareciam apenas no texto, como a decomposição citada por A3 e a produção de alimentos para os demais seres vivos, citada por A2, A5 e A6. Como as informações da figura eram referentes apenas à fotossíntese e não à cadeia alimentar, foi possível verificar que houve a produção de significados combinatórios, pois alguns alunos conseguiram relacionar a cadeia alimentar com aspectos que envolvem a fotossíntese. Um aspecto relevante sobre a figura apresentada aos alunos é que a mesma não continha a palavra *clorofila*, como indicativo de um

elemento para a realização da fotossíntese. Após terminarem a explicação da figura, realizada por meio do texto que produziram, a professora perguntou-lhes:

P: Vocês observaram se nesta figura tem algum elemento que não está presente para a realização da fotossíntese?

Al: A clorofila.

A partir dessa resposta, vários alunos confirmaram essa informação. Isso demonstra que a leitura da imagem foi complementada pela informação contida no texto. No encontro seguinte, os alunos finalizaram a intervenção.

Intervenção 3

Neste último dia, para finalizar a atividade investigativa, os alunos fizeram a conclusão da atividade. Para isso, produziram um desenho representando as duas plantas, a que ficou no claro e a que ficou no escuro, e fizeram uma breve explicação sobre o que ocorreu com elas. As explicações seguem abaixo:

Planta sob luz → evoluiu porque fez fotossíntese; conseguiu ter tudo o que precisava; ficou mais bonita porque ficou na luz e no ar; continuou verde porque fez a fotossíntese.

Planta do escuro → a planta murchou porque faltou luz do sol; faltou ar para a planta; a planta do escuro não conseguiu respirar, não fez fotossíntese porque não tem ar. Faltou adubo para a planta fazer fotossíntese.

Para melhor analisar os significados psicológicos, sobre fotossíntese, produzidos pelos alunos durante essa atividade, desenvolveu-se a análise com base nas formas de significados propostas por Ausubel (2000).

Agrupamento das formas de significados produzidos pelos alunos a partir da atividade investigativa, do texto e da figura

Tendo como base os significados apresentados pelos alunos no primeiro dia de intervenção, quando foi realizada a interação dialógica entre professora e eles e também aqueles apresentados nas hipóteses, foi possível analisar os significados produzidos pelos estudantes, a partir dos modos representacionais, texto, figura esquemática sobre fotossíntese e a atividade investigativa, classificando-os de acordo com as formas hierárquicas da Aprendizagem Significativa, conforme Ausubel (2000). Os resultados obtidos estão abaixo no quadro 3.

Quadro 3: Significados produzidos a partir da atividade investigativa

ATIVIDADE INVESTIGATIVA		
Subordinado	Sobreordenado	Combinatório
<ul style="list-style-type: none"> – Gás carbônico é um gás poluído. – Respiração é feita pelo caule e folhas. – Para se manter verde a planta precisa da luz do sol. 	<ul style="list-style-type: none"> – Fotossíntese precisa de luz do sol. – Respiração precisa da luz do sol. – Para fazer fotossíntese a planta precisa de ar. 	<ul style="list-style-type: none"> – Planta precisa de adubo para fazer fotossíntese .

Quadro 4: Significados produzidos após leitura do texto

Texto		
Subordinado	Sobreordenado	Combinatório
<ul style="list-style-type: none"> – Plantas precisam da clorofila para absorver energia. – Planta produz açúcar que é alimento para os humanos. – Clorofila ajuda a planta absorver gases como o gás carbônico, juntando a luz do sol e calor. – Ela utiliza sais minerais, energia solar e solta o oxigênio e glicose. 	<ul style="list-style-type: none"> – O sol produz energia, mas só um pouco chega à Terra. – Sol é fonte natural de calor. 	<ul style="list-style-type: none"> – Fotossíntese precisa de resíduos minerais como acontece na cadeia alimentar. – Fotossíntese é forma de energia. – Plantas ajudam outras plantas e humanos. – O produtor (planta) usa as coisas naturais para sobreviver e produz alimentos para nós humanos, como o açúcar.

Quadro 5: Significados produzidos após observação da figura

Figura		
Subordinados	Sobreordenados	Combinatórios
<ul style="list-style-type: none"> – Raízes sugam água e minerais. – Planta ao realizar a fotossíntese absorve o gás carbônico e solta o oxigênio. – A glicose que tem nos galhos da planta é retirada e vai para o solo. 	<ul style="list-style-type: none"> – O sol ajuda manter a planta viva. 	<ul style="list-style-type: none"> – Para fazer a fotossíntese precisa de minerais que vem do animal morto (decomposição). – A glicose que fica no açúcar e os minerais que vem do animal morto que ajuda as plantas e a luz do sol. – Planta produz frutos para sobreviver.

Salienta-se novamente que os significados são idiossincráticos e, por isso, podem ser totalmente incoerentes com o conhecimento científico, como aparece claramente em alguns exemplos acima.

Em relação às formas de aprendizagem consideradas subordinadas, admite-se que nesses casos os significados aqui apresentados são mais específicos em relação aos significados iniciais que foram apontados, como estabelecidos na estrutura cognitiva dos alunos, quando se realizou a interação dialógica com os estudantes (quadro 1), e também com base nos significados evidenciados nas hipóteses dos alunos que encontram no quadro 2. É importante ressaltar que, de acordo com a interação realizada na primeira intervenção e as hipóteses formuladas na atividade investigativa, os alunos evidenciaram significados, como: a importância da luz para a fotossíntese; sem luz ela também não conseguiria respirar (significado incoerente com a ciência); fotossíntese é necessária para produzir oxigênio; e alimento para os seres vivos.

Os significados classificados como subordinados são mais diferenciados do que os apresentados inicialmente nos quadros 1 e 2, aparecendo, por exemplo, outros elementos necessários à fotossíntese, como a clorofila e o gás carbônico e a necessidade da luz para a planta se manter verde. Os produtos da fotossíntese também aparecem, como a produção de glicose,

oxigênio. Nos significados subordinados, observa-se a *diferenciação progressiva* pelo fato de os significados apresentarem maior especificidade.

De acordo com Ausubel (2000), a subordinação é uma forma de aprendizagem mais comum em se tratando de retenção de proposições significativas, como ocorreu com a leitura do texto.

As formas consideradas sobreordenadas foram assim classificadas por serem significados mais gerais, em relação aos que foram apontados como existentes na estrutura de conhecimento dos alunos, conforme quadro 1 e 2. Nesse caso, o significado inicial estabelecido era que o sol é necessário para a sobrevivência das plantas e para fazer a fotossíntese. Os significados sobreordenados que aparecem após utilização dos modos representacionais são o sol como fonte de calor; parte da energia solar não chega à Terra; a sobrevivência da planta é mantida pela luz do sol; planta utiliza ar para fazer fotossíntese. Ressaltamos que a luz solar é o processo desencadeador da fotossíntese e precisa ser deste modo entendida pelo aluno, como conhecimento elementar para a ocorrência da fotossíntese. O conceito de ar é mais geral do que gás carbônico, por isso a ideia de que a planta precisa de ar para a fotossíntese foi classificada como significado sobreordenado. Aqui se percebe pouca diferenciação dos significados, após leitura do texto e da figura, pois alguns já faziam parte da estrutura de conhecimento de alguns alunos. No entanto, foi possível perceber que esses significados foram enriquecidos.

Os significados classificados como combinatórios foram assim denominados em função da combinação existente entre conhecimentos mais amplos aplicados ao processo de fotossíntese e seu envolvimento com a cadeia alimentar, decomposição e nutrição das plantas, os quais foram identificados quando o aluno evidencia que a planta produz fruto para sobreviver, conforme aparece no quadro 5, relacionando o metabolismo da planta, produção de frutos e sua sobrevivência, portanto relacionando fotossíntese e nutrição.

Ao analisar a natureza dos significados produzidos pelos alunos, verificou-se que alguns deles classificados como combinatórios – como: para fazer a fotossíntese precisa de minerais que vem do animal morto; a glicose que fica no açúcar e os minerais que vem do animal morto que ajuda as plantas e a luz do sol – ocorreram porque no texto que foi entregue a eles havia informações detalhadas sobre o processo de fotossíntese, porém em nenhum momento o texto referia-se à cadeia alimentar. No entanto, logo abaixo da parte escrita aparece uma figura sobre cadeia alimentar, mostrando resíduos orgânicos e processo de decomposição, mas essas informações não faziam parte do corpo do texto, o qual explicava apenas o processo de fotossíntese. Esse dado revela que a observação da imagem proporcionou uma construção mais efetiva dos significados sobre a fotossíntese, quando utilizado junto com o texto (Palacios; Javier, 2006).

Esses dados são relevantes porque demonstram a integração ocorrida entre a leitura do texto e a observação da imagem para a construção das representações mentais dos alunos. Os significados combinatórios entre fotossíntese e cadeia alimentar foram produzidos por dois alunos A3 e A5 que participaram do estudo. Outro aspecto relevante sobre a imagem ocorreu quando um aluno relata que a glicose dos galhos foi para o solo. Na figura apresentada aos estudantes, havia algumas setas posicionadas no sentido descendente, indicando que a glicose desce das folhas para as raízes. O aluno A1 atribuiu às setas o significado que a glicose desce para o solo, sendo, portanto, incoerente cientificamente.

Os dados acima apresentados são sustentados por Yore e Hand (2010), quando enfatizam sobre os cinco processos necessários para que se desenvolva a significação, para a qual deve ocorrer a seleção de palavras, imagens e a integração entre elas. Segundo esses autores, a integração dessas duas modalidades, com base nas teorias cognitivistas, resultam em processos mais elaborados para

decodificar da informação. Ambos os modos trabalham em paralelo para produzir representações mentais. Porém, verificou-se que a integração estabelecida entre os modos representacionais aqui utilizados levou o aluno a produzir significados, mas nem sempre coerentes do ponto de vista científico.

Muitos significados incoerentes, como *a glicose sai das folhas e vai para o solo*, conforme citado por A1, demonstram que os alunos fazem leituras incorretas sobre as imagens, e os significados gerados a partir desses podem comprometer a compreensão do assunto. Esse aspecto é relevante para o ensino porque, segundo Ausubel (2000), esses significados serão base para a produção de outros novos significados; por isso, o aluno não terá uma aprendizagem coerente com a científica.

Considerações Finais

Conforme o que foi exposto, com os resultados da atividade investigativa, verificou-se que os alunos relacionaram a sobrevivência da planta com as necessidades apresentadas por ela para a realização da fotossíntese. A presença da luz foi claramente relacionada com fotossíntese. No entanto, para a planta do escuro, foi possível identificar que os alunos atribuíram à presença do plástico escuro que envolveu a planta o significado de que a mesma não conseguiu respirar, e que não fez a fotossíntese porque faltou ar. Esses significados são compatíveis com aqueles inicialmente identificados na estrutura cognitiva dos alunos, os quais não apresentaram evolução do ponto de vista científico. Admite-se que nesta atividade os alunos não tiveram compreensão dos aspectos que envolvem a respiração. Os materiais apresentados a eles, como texto e imagem, não tinham este objetivo, por isso não continham as informações necessárias para que os estudantes construíssem significados sobre a respiração das plantas. Para proporcionar situações de conflito cognitivo e possibilitar o raciocínio dos alunos, considera-se que outras atividades deverão ser desenvolvidas, como a confecção e observação do terrário, por exemplo, por ser uma prática em que podem ser explorados conceitos como fotossíntese e respiração ao mesmo tempo, os quais serão abordados em pesquisas posteriores.

A atividade investigativa favoreceu o engajamento dos alunos e possibilitou-lhes, por meio da utilização de diferentes modos de representação, conectarem as evidências observadas na atividade com o conhecimento científico, permitindo aos estudantes a elaboração de significados.

Este estudo confirma que os significados produzidos nas atividades multimodais e investigativas são totalmente idiossincráticos. A ideia da integração entre os modos é possibilitar maior riqueza e diferenciação entre os significados produzidos, em direção aos significados científicos. Com utilização de atividades investigativas para promover raciocínio e o conflito cognitivo, e de multimodos de representação, verificou-se que houve em parte uma apropriação satisfatória pelos alunos dos significados da ciência, quanto ao assunto sobre fotossíntese.

Ressalta-se que as modalidades aqui utilizadas não incluíram aulas expositivas, nas quais o professor faz uma explicação do assunto. Os significados dos alunos aqui demonstrados foram produzidos somente com a utilização dos modos de representação como texto, figura e experimental.

O estudo aponta que, além dos problemas identificados por Charrier (2006) em relação à fotossíntese, apresentados na introdução deste estudo, outro aspecto que ficou claro é quanto à interpretação dos textos e de figuras pelos alunos, ocasionando significados incoerentes com o conhecimento científico.

Admite-se que novas atividades de ensino poderão ser propostas para reconciliar discrepâncias entre os significados combinatórios apresentados pelos estudantes entre cadeia alimentar e fotossíntese, e fotossíntese e respiração das plantas, o qual é parte da continuidade desta investigação.

Referências

- Ausubel, D. P. (2000). *Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano.
- Ausubel, D. P., Novak, J., & Hanesian, H. (1980). *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro, Interamericana.
- Azevedo, M. C. P. S. (2006). Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In A. M. P. de Carvalho (Org.), *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática* (pp. 19-33). São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- Borges, A. T. (2002, dezembro). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro. Ensino de Física*, 19(3), 291-313.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science implications for teaching, learning, and teacher education*. Dordrecht: Springer.
- Carvalho, A. M. P. (2006). Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. In M. Q. Gatica, & A. Adúriz-Bravo (Eds.), *Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: Retos e propuestas*. Santiago: Universidad Católica de Chile.
- Charrier, M., Pedro, M.C, & Maximo, R.V. (2006). Las concepciones de los estudiantes sobre la fotosíntesis y la respiración: una revisión sobre la investigación didáctica en el campo de la enseñanza y el aprendizaje da la nutrición de las plantas. *Enseñanza de las ciencias*, 24(3), 401-410.
- Coll, C. (2002). *Aprendizagem escolar e construção de conhecimentos*. Porto Alegre, Artmed.
- Duval, R. (2004). *Semiosis y pensamiento humano: Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*, Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61, 103-131.
- Gil Perez, D., & Castro, V. P. (1996) La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las ciencias*, 14(2).
- Godino, J. D. (2003). *Teoría de las funciones semióticas: Un enfoque ontológico-semiótico de la cognición e instrucción matemática*. Trabajo de Investigación presentado para optar a la Cátedra de Universidad de Didáctica de la Matemática de la Universidad de Granada.
- Moreira, M. A. (1997). Conferência feita no Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa. Burgos, Espanha, 15 a 19 de setembro. *Actas*. Burgos: Services de publicaciones de la Universidade de Burgos, 17-43.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias cognitivas da aprendizagem*. São Paulo, EPU.
- Lemke, J. L. (2003). *Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions*, Acesso em 1 mar, 2009, <http://www-personal.umich.edu/~jaylemlke/papers/barcelon.htm>.
- Palacios, P., & Javier, F. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 13-30.

- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science, *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843-1866.
- Sá, E. F. de. (2009). *Discursos de professores sobre ensino de ciências por Investigação*. (Tese de Doutorado). Belo Horizonte: UFMG/FaE.
- Souza, S. C., & Almeida, M. J. P. M. (2002). A fotossíntese no Ensino Fundamental: compreendendo a interpretação dos alunos. *Ciência & Educação*, 8(1), 97-111.
- Tytler, R., Peterson, S., & Prain, V. (2007). Picturing evaporation: learning science literacy through a particle representation, *Teaching Science*, 52(1), 12-17.
- Yore, L. D., & Hand, B. (2010). Epilogue: Plotting a Research Agenda for Multiple Representations, Multiple Modality, and Multimodal Representational Competency, *Research in Science Education*. 40(1), 93-101. DOI: 10.1007/s11165-009-9160-y.
- Waldrip, B., Prain, V., & Carolan, J. (2010). Using multi-modal representations to improve learning in junior secondary science, *Research in Science Education*, 40(1), 65-80. DOI: 10.1007/s11165-009-9157-6.

Recebido em: 23.02.11

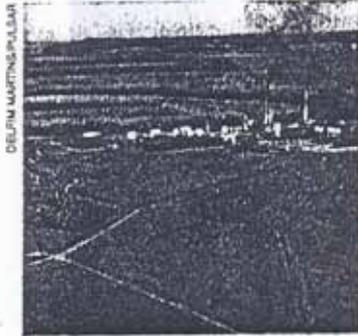
Aceito em: 11.10.11

Anexo 1 – Texto sobre a fotossíntese



O Sol e a energia

A maior parte da energia luminosa e do calor da superfície e da atmosfera terrestre vem da energia fornecida pelo Sol. Sem a luz e o calor não haveria vida no planeta Terra.



Canavial com usina de açúcar ao fundo, em Leme (SP).

Clorofila

Pigmento verde, responsável pela captação de energia luminosa realizada pelos vegetais.



Detalhe do canavial.

O Sol é fonte de energia

O Sol é a única estrela do sistema solar. Essa estrela, por meio de vários processos, produz uma enorme quantidade de energia. A luz e o calor são exemplos de formas de energia.

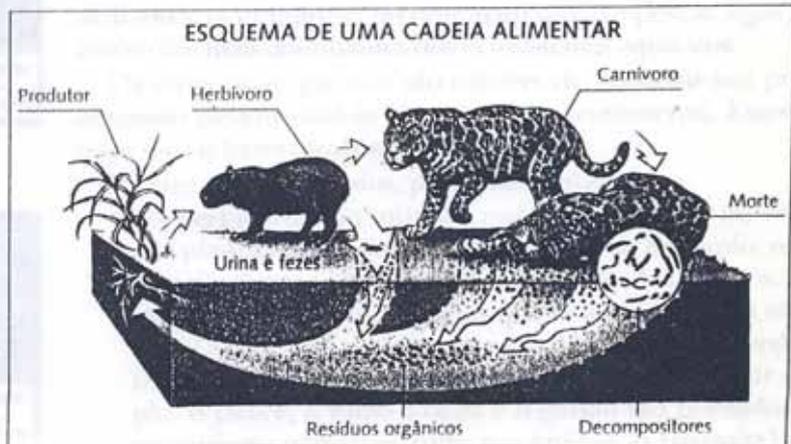
Apenas uma pequena parte da energia produzida pelo Sol chega à Terra, na forma de luz e de calor.

Os vegetais e a energia solar

A maioria dos vegetais tem em suas células uma substância chamada **clorofila**. Por meio da clorofila, os vegetais são capazes de absorver a energia luminosa do Sol. Essa energia luminosa absorvida pelo vegetal é utilizada, produzindo açúcar, que é um tipo de alimento. Para a produção do açúcar são necessários o gás carbônico do ar, que é absorvido pelas folhas, e a água, que é absorvida pelas raízes das plantas. Essa produção de alimento é chamada de **fotossíntese**.

O açúcar produzido pelos vegetais é utilizado de várias maneiras, sofrendo muitas transformações. Por exemplo: a cana-de-açúcar é um vegetal que, na presença da luz solar, faz fotossíntese e produz uma grande quantidade de açúcar. Uma parte desse açúcar é utilizada pela planta e outra fica armazenada em seu caule.

Os vegetais junto com outros seres fotossintezantes, são a base da cadeia alimentar, pois deles depende a sobrevivência dos animais herbívoros, que, por sua vez, servem de alimento para os animais carnívoros.



Fonte: GIORGI, Claudio G. *Curso de Science per la scuola media*, 2. ed. Bologna: Zanichelli, 1994. (Representação sem escala. Cores-fantasia.)

Anexo 2 – Figura esquemática sobre a fotossíntese

