

Significados de fotossíntese produzidos por alunos do ensino fundamental a partir de conexões estabelecidas entre atividade investigativa e multimodos de representação

Andréia de Freitas Zompero¹ e Carlos Eduardo Laburú²

¹Departamento de Ciências Biológicas, Universidade Norte do Paraná, (Unopar), Brasil. ²Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, (UEL), Brasil. E-mail: andzomp@yahoo.com.br, laburu@uel.br

Resumo: Este artigo apresenta um estudo dos significados de fotossíntese produzidos por alunos do 6^o ano do ensino fundamental. Utilizou-se uma atividade investigativa na abordagem de Bybee (2006), a qual foi desenvolvida a partir de um problema proposto para os alunos. Para a resolução do problema os estudantes tiveram acesso às representações semióticas verbais como o texto, e não verbais como uma figura representativa de fotossíntese. Para cada modo semiótico utilizado, os sujeitos elaboraram um pequeno texto evidenciando os significados atribuídos em cada modo utilizado. Ao final da atividade investigativa os mesmos sujeitos produziram um desenho indicando os elementos necessários para a planta realizar a fotossíntese e os elementos produzidos neste processo. A partir dos desenhos dos estudantes, foi-nos possível verificar as conexões, isto é, redes de significados que eles estabeleceram entre os modos representacionais utilizados ao desenvolverem a atividade investigativa, mediada por esses modos de representação.

Palavras-chave: fotossíntese, atividade investigativa, multimodos de representação, significados.

Title: The meaning of photosynthesis produced by Fundamental School Students from the established connections between investigative activities and multimodal representations

Abstract: This article presents a study about the meaning of photosynthesis produced by 6th years fundamental students. An investigative activity is used in the Bybee (2006) approach. This approach presented a problem for the students. In order to solve the proposed problem in the investigative activity, the students had access to verbal semiotic representations such as a text, and non-verbal such as a representative picture of photosynthesis. For each semiotic representation, the subjects elaborated a small text highlighting the given meanings in each one, using modal drawing. In the end of the investigative activity the same students produced a drawing indicating the necessary elements the plant needs to produce photosynthesis and the elements in this process. From these drawings, it was possible to check the connections, that is, the network of meanings that they established among the representational modals used when developing the investigative activity, through these multimodal representations.

Keywords: photosynthesis, investigative activity, multimodal representations, meanings.

Introdução

A disciplina de Ciências no ensino fundamental aborda muitos conteúdos de difícil compreensão para os alunos. Vários desses assuntos são considerados relevantes e fundamentais para o entendimento, por exemplo, das diferenças entre seres bióticos e abióticos, fenômenos biológicos relacionados com as condições para a manutenção da vida no planeta, obtenção e transferência de energia, cadeia alimentar e fotossíntese. Entre os assuntos citados, a fotossíntese é considerada básica para a compreensão dessas relações que se estabelecem na biosfera.

Desde as Séries Iniciais, conforme orientação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1997), é necessário ensinar aos estudantes assuntos relativos às plantas, à importância da luz do sol para a vida na Terra, à fotossíntese e à cadeia alimentar. No entanto, várias pesquisas têm apontado problemas na compreensão desses conceitos básicos por estudantes de diversos níveis de escolaridade e também nas relações que se estabelecem entre esses conceitos. O processo da fotossíntese é um desses conceitos que se apresenta de difícil compreensão para os alunos da educação básica de modo geral.

Em pesquisas direcionadas a conhecer as concepções de alunos sobre fotossíntese em vários níveis de ensino, Charrier et al. (2006) aponta, como um dos problemas, a metodologia puramente expositiva utilizada por muitos professores. Essa não estimula o raciocínio ou a atividade intelectual do aluno, como também não promove o seu engajamento. Neste sentido, as pesquisas a respeito da realização de atividades investigativas no ensino de ciências têm mostrado que esta metodologia pode ser mais satisfatória para a aprendizagem, por promover tanto a atividade intelectual como o engajamento, e assim, o interesse do aluno. A utilização de atividades investigativas no ensino é defendida por pesquisadores como Gil Perez e Valdes Castro (1996); Borges (2002); Azevedo (2006); Carvalho (2006); Sá (2009), Tropia (2009). Para eles estas atividades devem partir de um problema, por promover o raciocínio e as habilidades cognitivas dos alunos, além de possibilitar-lhes o desenvolvimento da argumentação.

É preciso enfatizar que não há um consenso na literatura quanto ao termo investigação. Conforme salienta Sá (2009), existe polissemia em relação ao significado do termo *investigação*, mesmo em países onde essa proposta de ensino é consolidada. Com base em estudos anteriormente realizados acerca das diferentes abordagens dadas ao termo Atividades Investigativas, por diversos autores, como Watson (2004); Newman et al. (2004); Azevedo (2006); Carvalho (2006); Duschl (2009), foi possível concluir que existem algumas características comuns apontadas por eles quanto a essa metodologia de ensino. São elas: (i) o engajamento dos alunos para realizar as atividades, as quais são realizadas a partir de um problema; (ii) a emissão de hipóteses, em que é possível a identificação dos conhecimentos prévios dos mesmos; (iii) a busca por informações, tanto por meio dos experimentos, como pela bibliografia que possa ser consultada por eles para ajudá-los na resolução do problema proposto na

atividade; (iv) a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala, refletindo dessa maneira um momento de grande importância na comunicação do conhecimento, tal como ocorre na Ciência.

Ainda a respeito das atividades investigativas encontramos o documento intitulado National Research Council (2000, apud Bybee 2006), o qual enfatiza que as atividades investigativas devem proporcionar aos alunos os seguintes aspectos; (i) engajamento dos estudantes; (ii) observação das evidências; (iii) formulação de explicações para as evidências; (iv) conexão das explicações ao conhecimento científico. Os estudantes devem, de alguma maneira, por meio da interação discursiva, produzir pequenos textos ou elaborar desenhos, (v) comunicar e justificar suas explicações referentes ao problema inicialmente proposto.

Outro aspecto a ser considerado quanto às pesquisas na educação científica é uma tradição de pesquisa de orientação cognitiva que tem se consolidado com base na ciência semiótica. Elas possibilitam um avanço na compreensão dos aspectos fundamentais relacionados às representações e que envolvem a aprendizagem de conceitos (Duval, 2004; Godino, 2006). Nas atividades de ensino e aprendizagem das ciências há uma grande variedade de representações semióticas. As representações semióticas, conforme os autores citados acima, são gráficos, os textos, esquemas, figuras, explicação oral. Os textos e o modo oral são considerados verbais e as demais não verbais. Diversos estudos, realizados na educação científica, apontam que a aprendizagem de conceitos científicos implica a compreensão de diferentes modos de representações semióticas como os tipos indicados acima.

Uma linha de investigação que caminha em paralelo com as citadas se preocupa com o emprego de uma multiplicidade de modos de representação durante o ensino. Essas investigações reconhecem nesses modos uma condição fundamental para o aprimoramento da aprendizagem, na medida em que os estudantes precisam entender e ligar, dentro de uma integrada totalidade discursiva, diferentes modos representacionais científicos, tais como formas gráficas, verbais, matemáticas, cinestésicas, experimentais, diagramáticas etc. (Prain e Waldrip, 2006; Lemke, 2003).

Neste estudo temos por objetivo investigar os significados sobre fotossíntese elaborados por alunos do 6º ano do ensino fundamental, ao desenvolverem uma atividade de investigação mediada por multimodos de representação, bem como as conexões que os estudantes estabelecem entre estes modos de representação utilizados, como texto e figura sobre fotossíntese. Para desenvolver a atividade investigativa, tomamos por base a abordagem do National Research Council (apud Bybee, 2006), a qual possibilita uma ampla aproximação com a utilização de multimodos de representação.

Esta pesquisa tem bases na psicologia cognitiva para a qual 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.

Marco teórico

De acordo com Ausubel et al. (1980), 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 et al., 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 de maneira não arbitrária 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, tornando-se assim relevante para o aprendiz.

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 et al. (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 cognitiva 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 esses fatores fundamentais, esta última ocorre apenas de modo mecânico, sem significação.

Multimodos de representação e aprendizagem de conceitos

A linha de pesquisa em multimodos de representações vem atualmente sendo destacada como instrumento de instrução na educação científica. Representação multimodal, ou multimodos, refere-se à integração no discurso científico de diferentes modos de representar o raciocínio, processos e descobertas científicas, com o objetivo de que os alunos apropriem o significado dos conceitos, conforme forem relacionando, isto é, compreendendo as diferentes formas representacionais (Tytler et al., 2007; Prain & Waldrip, 2006). Concretamente, para o ensino de ciências isso consiste em submeter os alunos a diferentes modos de representação,

sejam verbais, gráficos, tabulares, figurativos, diagramáticos, fotográficos, analógicos, metafóricos, cinestésicos como experimentos, maquetes (3-D) e gestos, matemáticos, filmicos etc.

Os significados dos conceitos e proposições científicas não surgem simplesmente pela adição ou justaposição das representações, mas sim da combinação integrada dos modos representacionais.

Conforme afirma Lemke (2003), a integração entre os diferentes modos de representação é a chave para a compreensão dos conceitos científicos. O autor afirma que os alunos precisam de três a quatro experiências com o mesmo conceito, isto é, precisam ter acesso a diferentes tipos de representação de um mesmo conceito para consolidar a aprendizagem. O mesmo autor complementa que a ação progressiva do que o professor fala, escreve, utiliza experimentos, desenhos, equações e demais modos é que promove a significação. Para Lemke (2003), a semiótica, admite estas práticas como algo que aprendemos a fazer como membros de uma comunidade. Ainda referindo-se a semiótica o autor complementa que a própria linguagem é o sistema mais abrangente de recursos semióticos, bem como as diferentes maneiras pelas quais os cientistas usam linguagens especializadas. Cada palavra é rica de significados que se acumulam como encontramos em muitos contextos diferentes.

Coutinho e Soares (2010) afirmam que para promover a significação no ensino de conceitos da ciência, a utilização de texto e imagens e principalmente o uso de imagens aliados aos textos verbais são fundamentais. Conforme os autores, diversos estudos realizados por Mayer e Moreno (2002), demonstram que os alunos aprendem melhor por meio de palavras e imagens do que apenas por palavras. Os seres humanos se engajam ativamente nos processos de cognição para construir representações mentais coerentes com a experiência prévia. Por isso, estes processos envolvem atenção, organização da informação e integração destas as outras áreas do conhecimento (Mayer e Moreno, 2002). As pesquisas de Mayer e Moreno (2002) são compatíveis com as ideias de Ausubel et al. (1980) quanto ao material de aprendizagem. Segundo Ausubel et al. (2000), nos processos de aprendizagem há percepção e cognição. Inicialmente o aluno tem a percepção do material, por exemplo, uma figura ou texto, e na segunda etapa que o autor considera como cognição, ocorre a significação.

De acordo com Mayer (2005), para a aprendizagem de texto e imagem o aluno emprega cinco processos cognitivos: 1) seleção de palavras relevantes para o processamento na memória operacional; 2) seleção de imagens relevantes para o processamento da memória visual; 3) organização de palavras selecionadas em um modelo verbal; 4) organização de imagens selecionadas em um modelo visual; 5) integração das representações verbais e visuais com o conhecimento prévio. O aluno, então, constrói uma representação mental a partir de alguns detalhes da imagem ou do texto, e não uma cópia exata do material apresentado.

Ainda de acordo com Mayer (2005), estes processos não ocorrem em uma ordem linear, mas os alunos devem coordená-los. O mesmo autor salienta que para o entendimento de textos o leitor constrói uma representação proposicional. Na compreensão de imagens o leitor cria uma

representação imagética, a partir da imagem que lhe foi mostrada. O passo seguinte é construir uma conexão entre o modelo baseado na imagem e outro baseado na figura. A construção de conexões, leva à significação (Steinbring, 2006).

As representações mentais são de dois tipos principais: proposicionais e analógicas. As representações proposicionais são representações mentais abstratas semelhantes a linguagem. Captam o conteúdo abstrato, a ideia. As representações analógicas tendem a ser imagens que podem ser visuais, táteis, olfativas e auditivas (Eysenck e Keane, 1994).

Schnotz (2002) defende um modelo integrado para processamento de imagens e textos. Este autor ressalta que para compreensão da imagem é necessário que o aluno tenha inicialmente uma percepção visual da mesma.

Conforme o que foi exposto, para os estudantes compreenderem os conceitos científicos e os vários significados de suas representações é necessário que os mesmos desenvolvam um entendimento das diversas formas de representá-lo, em vez de ficarem dependentes de um modo particular, ligado a um tópico específico. Lemke (apud Jaipal 2009) argumenta que cada modalidade individual expressa muito pouco significado. O significado global dos conceitos é possível por meio do uso simultâneo de modalidades semióticas. Portanto, para ocorrer a significação é necessário que o leitor seja capaz de interpretar diferentes modalidades semióticas em conjunto com o texto e a escrita, fala, gráficos. Em um episódio de ensino os alunos têm acesso a diferentes linguagens, sejam elas descritivas (verbal, gráfica, tabular, diagramática, fotográfica, por mapas, por cartas etc.), experimentais, matemáticas, por gestos corporais, entre outras possíveis.

Conforme salienta Jaipal (2009), a significação envolve também selecionar e adaptar a informação através dos modos, e os interesses pessoais. Neste caso, o conhecimento cotidiano e principalmente, os interesses pessoais citados pelo autor, podem estar relacionados com a ideia de engajamento necessário ao processo de aprendizagem.

Metodologia

O trabalho foi realizado em uma escola pública central da cidade de Londrina. Participaram do estudo sete alunos do sexto ano, sendo quatro meninos e três meninas. O número reduzido de alunos foi necessário para atingir o objetivo proposto neste estudo, de investigar os significados produzidos pelos estudantes, bem como as conexões por eles estabelecidas quando submetido a diferentes modos representacionais. Os alunos foram escolhidos por conveniência pela professora regente da disciplina de ciências. As intervenções foram realizadas pela professora pesquisadora no mesmo horário de aula dos alunos. No momento da realização do estudo, 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, atual quinto ano.

Com base no objetivo deste estudo de verificar os significados de fotossíntese e as conexões estabelecidas entre os modos representativos textos e figuras utilizadas durante a atividade investigativa, desenvolvemos,

então, a atividade investigativa com base na abordagem do National Research Council (apud Bybee, 2006) a qual deve proporcionar aos alunos os seguintes aspectos: engajamento; observação das evidências; formulação de explicações para as evidências; conexão das explicações ao conhecimento científico e conclusão da atividade. Para a realização dessa atividade foram realizadas quatro intervenções sendo uma por semana. Consideramos cada dia como momento de intervenção.

No primeiro dia de intervenção, para dar início à atividade investigativa, realizou-se uma interação discursiva entre os alunos e a pesquisadora, sobre as condições necessárias à existência de vida em nosso planeta, ressaltando a importância do sol. Ao final da interação a pesquisadora apresentou o seguinte problema aos alunos: *A planta conseguirá viver em local totalmente escuro. Por quê?* O intuito deste problema foi levar os alunos perceberem a necessidade da luz para a sobrevivência das plantas. Para isso foram apresentadas duas plantas aos alunos de mesma espécie. Uma delas foi deixada em local iluminado e a outra, em um armário fechado. Ambas recebiam periodicamente a mesma quantidade de água.

Os alunos elaboraram e anotaram suas hipóteses. Acompanharam o desenvolvimento das plantas durante quinze dias, para observação das evidências, conforme a abordagem proposta pelo National Research Council (apud Bybee, 2006). Fizeram duas vezes o registro das condições em que elas se encontravam.

No segundo dia de intervenção, após uma semana, os alunos observaram novamente as duas plantas e fizeram os registros das condições em que ambas se encontravam, completando uma semana para a investigação. Neste mesmo dia, apresentamos aos alunos um texto verbal explicativo de fotossíntese com linguagem própria para o nível de escolaridade em que se encontram, extraído de Cruz (2006), um livro didático de Ciências para o Ensino Fundamental. Foi solicitado que relatassem por escrito o que entenderam do texto, ressaltando os elementos necessários para realização da fotossíntese e os produzidos neste processo.

No texto havia uma pequena imagem da cadeia alimentar para explicar a importância da planta como produtora de matéria orgânica. Para dar sequência à atividade, entregamos a cada aluno uma figura não verbal, retirada do Google imagens, representativa de uma planta realizando fotossíntese. Na imagem apareciam os produtos necessários ao processo e os produzidos pela planta. Na figura não aparecia indicativo da clorofila. Apesar de faltar este elemento essencial à fotossíntese, a figura foi escolhida para que fosse possível verificar se os estudantes iriam conseguir estabelecer conexões entre a clorofila citada no texto que lhes foi entregue, com a imagem de fotossíntese, na qual não havia este elemento.

O texto e a figura forneceram aos alunos informações suficientes para que pudessem ajudá-los a entender o problema levantado e possibilitaram a conexão ao conhecimento científico, conforme a proposta do National Research Council (apud Bybee, 2006). Após observação da figura os alunos produziram também um texto expondo os significados de fotossíntese que elaboraram após sua observação. O intuito da produção do texto pelos estudantes foi conhecer os significados elaborados por eles, a partir da leitura da imagem.

No terceiro dia de intervenção, ocorrido na semana seguinte, os alunos fizeram a última observação das plantas e finalizaram a atividade com a conclusão representando em desenhos o que ocorreu com as duas plantas e explicando o ocorrido por meio da elaboração de um pequeno texto. Para constatar os significados produzidos pelos alunos durante a atividade investigativa, leitura do texto e da figura de fotossíntese, pedimos a eles, no quarto e último dia da intervenção, que fizessem um desenho indicando nele os elementos necessários para a planta fazer a fotossíntese e os produtos deste processo. Por meio dos desenhos elaborados pelos alunos e com base nos significados produzidos por eles, após leitura do texto e análise da figura de fotossíntese, como também do texto que elaboraram na conclusão da atividade investigativa, procuramos verificar a conexão estabelecida entre a atividade investigativa e os modos semióticos texto e figura.

Apresentação e discussão dos resultados

Iniciamos a pesquisa com os alunos fazendo uma interação discursiva entre eles para proporcionar-lhes engajamento na atividade. A pesquisadora inicia a discussão. Indicamos por *P* a fala da pesquisadora, *A* dos alunos e *AS*, quando muitos alunos responderam juntos à pergunta. Cada encontro com os alunos foi denominado intervenção.

1ª Intervenção - Engajamento

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 repostas. Alguns consideravam que o capim fazia fotossíntese, outros achavam 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: Por que 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 elas não viveriam.

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

Neste momento os alunos tentaram novamente dar explicações sobre porque as plantas precisam da luz. Não conseguiram entender de imediato que se tratava de um experimento. Após a pesquisadora insistir sobre que experimento poderia ser feito, um aluno respondeu:

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.

Apresentação do problema

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 elas.

(Foram colocadas, então, uma planta no claro e outra em local totalmente escuro, um armário fechado, com a ajuda dos alunos.

P: Agora vocês vão colocar no caderno as hipóteses sobre o que acha que ira 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.

Nesta primeira intervenção foi possível fazer um levantamento dos significados estabelecidos previamente na estrutura de conhecimento dos alunos, isto é, as ideias relevantes ancoradas que foram evidenciadas na interação dialógica. Assim, para a importância da luz do sol no planeta os alunos relacionam com fotossíntese, aquecimento do oceano e temperatura do corpo. Quanto à falta de luz no planeta, associam com falta de oxigênio, falta de alimento e congelamento, mostrando coerência nas afirmações apresentadas.

No final da atividade desse dia, isto é, na intervenção 1, os alunos escreveram as hipóteses em uma folha que posteriormente recolhemos. É importante ressaltar que duas alunas não responderam nenhuma das questões. Apenas participaram, inclusive elaborando as hipóteses, mas não se pronunciaram durante a interação. As hipóteses dos alunos seguem na tabela 1.

Os alunos mostraram interesse em realizar a atividade. Esse aspecto pode ser entendido como o engajamento proposto na abordagem do National Research Council (apud Bybee, 2006). A emissão de hipóteses permite que os alunos tomem consciência de suas próprias ideias, como afirma Pozo (1998) quanto à resolução de problemas pelos estudantes.

A partir da elaboração de hipóteses pelos alunos foram evidenciados os seguintes significados iniciais estabelecidos na estrutura de conhecimento dos estudantes: a luz permite a planta fazer fotossíntese; gás oxigênio é produzido na fotossíntese; gás carbônico é usado para respiração das plantas; a planta não vive sem a luz.

Com base nas hipóteses elaboradas pelos estudantes é possível verificar que os alunos da quinta série, aqui analisados, conseguem fazer relações coerentes entre a necessidade de luz para a planta sobreviver, fotossíntese, dificuldades de sobrevivência no planeta na ausência de luz. Os significados já existentes na estrutura de conhecimento deles apresentaram-se satisfatórios para esta fase de escolaridade, no momento em que foi realizada a primeira intervenção.

Ressaltamos que muitos dos significados estão incoerentes com o conhecimento científico, como quando citam os seres vivos que poderiam sobreviver na ausência de luz no planeta. No entanto, os alunos mostram que conseguem estabelecer relações entre a presença de luz e a

necessidade de manutenção da vida no planeta. Porém, no que se refere à respiração, percebemos claramente incoerências quando apontam o gás carbônico como um elemento responsável para a realização da respiração dos vegetais.

Aluno	Planta no escuro	Planta no claro
1 Doug	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 J V	Não conseguirá realizar a fotossíntese.	Vai respirar e realizar a fotossíntese.
3 J L	Acho que a planta vai morrer porque não vai fazer fotossíntese.	Acho que vai viver por causa da fotossíntese.
4 Lar	Não vai viver porque não faz fotossíntese.	Consegue viver porque vai fazer fotossíntese.
5 May	A planta vai morrer rápido.	Com a luz do sol e a água vai sobreviver bem e vai crescer mais.
6 Mur	A planta não vai conseguir respirar o gás carbônico e soltar o oxigênio.	Vai viver naturalmente.
7 Vit	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.

Tabela 1.- Hipóteses dos alunos - Elaboração das hipóteses.

Nesta primeira intervenção notamos que os alunos participaram satisfatoriamente nas interações discursivas, respondendo as perguntas feitas pela pesquisadora e também fazendo novas perguntas a ela, refletindo o engajamento dos estudantes. Duas alunas não tiveram nenhuma participação dialógica, mas demonstraram empenho 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 expressarem suas representações internas, conforme apontado por Perales Pallacios (2006).

Durante as interações discursivas foi possível verificar que os estudantes mostraram ter significados claros e bem estabelecidos na estrutura de conhecimento quanto ao conceito de fotossíntese, em aspectos compatíveis ao nível de escolaridade em que estão. Percebemos que eles não estabelecem conexões entre os conceitos, fotossíntese e cadeia alimentar. Outro aspecto relevante foi quanto ao conceito de ser vivo. Demonstraram claramente dificuldades em caracterizar um ser vivo, no que se refere às diferenças com seres abióticos.

2ª Intervenção

Observação e explicações das evidências

A observação das plantas para verificar seu desenvolvimento, levou os alunos a perceberem evidências sobre a necessidade da luminosidade. Nesse dia, que corresponde à segunda intervenção, iniciamos com as observações das duas plantas: a que ficou no claro e a outra do escuro. Colocamos ambos os vasos sobre a mesa, na qual os alunos sentavam ao

redor. Importante ressaltar que no momento em que os alunos chegaram à sala, os vasos já estavam sobre a mesa.

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: Por que 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.

Nesta intervenção 2, foi-nos possível verificar que o modo prático, isto é, a observação direta dos vasos, na qual os estudantes puderam comprovar evidências, e a situação dialógica proporcionada favoreceu a reflexão entre os alunos, conforme pudemos constatar nas suas respostas. Admite-se que esse momento de discussão foi necessário para ativar os processos mentais que possibilitam o raciocínio, sendo este também um dos objetivos da atividade investigativa.

Após a interação, pedimos aos alunos que registrassem por meio da escrita o que aconteceu com cada planta. Este momento da atividade investigativa é importante para que eles percebam, novamente, as evidências para resolverem o problema proposto. 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. Este fato confirma o engajamento dos alunos na atividade investigativa, sendo uma das características necessárias apontadas pelo National Research Council (apud Bybee, 2006). Acatamos a sugestão e dissemos que iríamos deixar as plantas nos respectivos lugares por mais uma semana para nova observação. Essa sugestão dos alunos confirma que a atividade investigativa despertou a curiosidade, levando-os a refletir sobre o ocorrido, não ficando limitados apenas à observação ou manipulação dos objetos, conforme (Azevedo, 2006).

Dando sequência às atividades, pedimos 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.)

Aproveitando a discussão, a pesquisadora perguntou:

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

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

Essa discussão mostra, novamente, que o resultado da atividade investigativa possibilitou aos alunos a reflexão e a argumentação, conforme afirmam Carvalho (2006) e Azevedo (2006), pois no momento em que foi pedido para escreverem sobre as necessidades da planta para fazer a fotossíntese, com base na atividade investigativa realizada, eles revelaram suas incertezas sobre um determinado conhecimento que até então parecia ser claro para eles, como a discussão iniciada pelo A3. Esse fato também revela que a atividade investigativa proporcionou momentos de conflito cognitivo entre os estudantes. Além disso, o fato ocorrido está de acordo com o verificado por Yore e Hand (2010), os quais destacam que a escrita ajuda o aluno a clarificar conceitos científicos que ainda estão confusos.

As respostas à 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.

Conexão das evidências ao conhecimento científico

Para explicar as evidências obtidas no experimento e o que ocorreu com as duas plantas, como o problema apresentado a eles na atividade investigativa, os alunos precisam ter acesso ao conhecimento científico. Nesse caso, foram então utilizados dois modos representacionais: texto e figura sobre fotossíntese. Inicialmente tiveram acesso ao texto. Após a leitura, pedimos-lhes para escreverem o que entenderam a respeito do texto.

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

Como resultado dessa primeira atividade sobre a leitura do texto, obtivemos 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.

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 nas tabelas 1 e 2. Percebemos que alguns termos começam a fazer parte do vocabulário dos alunos com mais frequência, como glicose, clorofila, fonte natural de calor, decomposição, resíduos minerais. De acordo com Ausubel (2000), à medida que constroem significados ou reorganizam os já existentes na estrutura cognitiva, o conhecimento tende a se tornar mais substantivo para eles.

Um dado importante aparece em A5 quando o aluno salienta que a planta precisa de resíduos minerais e exemplifica a cadeia alimentar. No texto entregue aos estudantes havia 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 relativos à fotossíntese, quando utilizada junto com o texto (Perales Pallacios, 2006). Na figura não aparecia o elemento clorofila necessário à realização da fotossíntese. Os textos elaborados pelos alunos mostram que eles utilizaram detalhes do texto e não produziram uma cópia exata do material utilizado, conforme (Mayer, 2005).

Significados produzidos após modo de representação por observação da figura

Após a leitura do texto, os alunos receberam a figura com esquema representativo da fotossíntese para observarem e explicarem o processo. Essa figura apresenta as informações contidas no texto que foi lido por eles, porém não havia na imagem o elemento clorofila. O objetivo foi verificar os significados sobre fotossíntese elaborados a partir da figura. Para a leitura da imagem os alunos constroem uma representação mental analógica da mesma (Eysenck e Keane, 1994). Os estudantes produziram um texto explicativo por meio do qual expressaram suas representações mentais. Obtiveram-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.

O estudo dos significados produzidos pela observação da figura mostrou que vários estudantes, como A2, A3, A5, A6, elaboraram 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, A6. Isso demonstra que ao fazer a leitura da imagem os alunos transferiram para ela os significados que elaboraram inicialmente com a leitura do texto.

Os dados acima apresentados são sustentados por Mayer (2005) e 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 a 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. Notamos que muitos alunos fizeram uma interpretação equivocada da imagem ao considerarem que a glicose desce ao solo, como A1, que a planta ingere gás carbônico, como A4 e que respira gás carbônico conforme A7.

Outro aspecto relevante sobre a imagem ocorreu quando um aluno relatou 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 erroneamente às setas o significado que a glicose desce para o solo. Colin et al. (2002) salientam que a utilização de flechas em figuras pode ser um obstáculo ao entendimento do leitor, pois o mesmo ao fazer a leitura da imagem poderá atribuir significados incoerentes aos científicos.

Com relação à figura apresentada aos alunos é que a mesma não continha a palavra clorofila, como indicativo de um elemento para a realização da fotossíntese. A clorofila não foi citada em nenhuma das respostas dos alunos. Após terminarem a explicação da figura, por meio do texto que produziram, perguntamos-lhes:

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

A1: A clorofila.

Vários alunos confirmaram a resposta de A1. Isso mostra que a leitura da imagem foi complementada pela informação contida no texto e que os estudantes conseguiram fazer conexões entre as informações do texto e as da figura, mas no caso específico para a clorofila, foi possível apenas com a mediação feita pela pesquisadora. Esses dados são sustentados por Schnotz (2002), o qual afirma que nas leituras de imagem o aluno tem uma noção superficial da mesma, seleciona as informações contidas na imagem e constrói uma representação mental do tipo analógica. Sendo assim, o elemento clorofila não foi citado por nenhum aluno. A clorofila não fazia parte do vocabulário dos alunos quando iniciamos as interações. Tal fato pode ser verificado quando perguntamos a eles na segunda intervenção o que a planta utiliza para fazer a fotossíntese e obtivemos como resposta oxigênio, nitrogênio, luz, gás carbônico da folha, ar, água. Esse dado é sustentado por Mayer (2005). Segundo o autor, as representações mentais produzidas pelos alunos ao realizarem leituras de textos e imagens, são

posteriormente integradas aos seus conhecimentos prévios. No caso da clorofila, além da imagem não fazer menção e este elemento, também não foi verificada nos conhecimentos prévios dos alunos, apesar de ter aparecido no texto para leitura.

Os textos elaborados pelos alunos, tanto a partir da leitura do texto de fotossíntese, quanto a partir da figura representativa deste processo, mostram que os estudantes utilizaram apenas detalhes do texto e da figura, não produziram uma cópia exata do material utilizado e estão de acordo com os estudos de Mayer e Moreno (2002). No encontro seguinte os alunos finalizaram esta atividade.

3ª Intervenção

Iniciamos esta intervenção fazendo uma nova interação entre os alunos a professora pesquisadora.

P: O que nós estamos estudando em Ciências?

A2: Plantas, flores.

A3: Fotossíntese

A7: Luz solar

P: Isso que vocês falaram tem alguma coisa em comum?

A5: Estão relacionadas porque a planta não faz fotossíntese sem a luz.

Para verificar sobre os produtos da fotossíntese, indagamos os alunos sobre a glicose.

P: O que é glicose?

A2: É um material que a planta produz. É açúcar. A planta usa glicose para fazer fotossíntese.

A6: Ela produz a glicose no caule

A1 : É nos galhos, desce e vai para o solo, igual estava no desenho

A3 : Ela vem das folhas, vai para o caule e desce para raiz

A7: É um ingrediente que vai para a fruta.

P: Onde fica a glicose na planta?

A6: Fica na fruta

A4: Fica na fruta

P: Porque no desenho ela estava descendo para a raiz?

A1: A glicose tem que ir para terra para a planta usá-la.

P: Para que nós usamos a glicose?

A3: Ela vai para nosso sangue

(Não conseguiram avançar na discussão).

Nesse último dia, para finalizar a atividade investigativa, os alunos fizeram a conclusão. Para isso, produziram um desenho que representava

as duas plantas, a que permaneceu no claro e a que ficou no ambiente escuro e fizeram uma breve explicação sobre o que ocorreu com elas. As explicações seguem abaixo. De acordo com o National Research Council (apud Bybee, 2006), é o momento da comunicação dos resultados.

Conclusão (comunicação dos resultados)

Os alunos elaboraram um desenho explicativo para cada planta seguido de um pequeno texto. Os resultados seguem abaixo.

A1→ A planta do claro conseguiu ter tudo o que ela precisava para sobreviver. A planta do escuro não conseguiu respirar e pegar o gás carbônico e a luz solar.

A2→ A planta do claro ficou mais bonita porque recebeu luz do sol e ar. A do escuro não conseguiu as coisas que a do claro conseguiu.

A3→ A planta do claro conseguiu sobreviver porque recebeu luz e a do escuro não

A4→ A planta do escuro não conseguiu fazer fotossíntese, pois não tinha sol e faltou ar. A planta do claro conseguiu fazer fotossíntese.

A5→ A planta do claro evoluiu mais e fez fotossíntese por causa dos raios solares. A do escuro não evoluiu, portanto, não fez fotossíntese por não ter recebido a luz solar.

A6→ Planta do claro fez fotossíntese e está verde. A do escuro não fez a fotossíntese e está murchando, pois a luz do sol faltou para ela fazer a fotossíntese.

A7→ A planta do claro fez fotossíntese porque tinha luz. A do escuro ficou murcha sem nutrientes porque ficou sem luz solar e não pode fazer a fotossíntese.

Pelas respostas elaboradas pelos alunos nas conclusões, nota-se que poucos conseguiram estabelecer conexões entre as evidências observadas no experimento com os significados elaborados, a leitura do texto e a figura, pois mantiveram-se atentos apenas ao resultado do experimento. No entanto, conseguiram estabelecer relação de causa e efeito entre presença de luz solar e atividade fotossintética, para a interpretação dos resultados. O estabelecimento dessas relações refletem o desenvolvimento de habilidades cognitivas as quais são objetivos das atividades de investigação, conforme Azevedo (2006) e Carvalho (2006). A necessidade de luz para a planta realizar a fotossíntese foi claramente observada pelos alunos nesta atividade. Os alunos A1 e A4 relacionaram a ausência de ar com o fato da planta não ter sobrevivido. A elaboração do significado sobre a necessidade do ar para sobrevivência da planta pode ter ocorrido pelo fato da planta ter ficado dentro do armário. As explicações destes alunos mostram que fotossíntese e respiração são fenômenos confusos para eles, sugerindo que a ideia de lugar fechado não permite a respiração, a exemplo do que ocorre nos animais. No entanto, sabemos que as plantas podem sobreviver em local fechado, porém iluminado como na situação de um terrário. Além disso, A1 ressalta a falta de gás carbônico para a respiração da planta, sendo este uma concepção incoerente com a ciência, pois assim como os animais, a planta também respira oxigênio.

A aluna A7 fez uma importante relação entre fotossíntese e nutrientes para as plantas, ao indicar que o vegetal sem luz não produziu nutrientes. Salientamos que no texto lido pelos alunos o autor apresentou a relação entre fotossíntese e nutrição orgânica pela planta. Ressaltamos novamente, conforme Ausubel (2000) que os significados são idiossincráticos e, por isso, podem ser totalmente discordantes do conhecimento científico, como aparece claramente em alguns exemplos acima.

Nesta mesma intervenção, entregamos uma folha em branco aos alunos e pedimos a eles que desenhasssem uma planta indicando o que ela utiliza e o que ela produz quando faz fotossíntese. Analisamos os desenhos feitos pelos alunos para verificar a partir deles os possíveis significados provenientes da atividade investigativa, leitura do texto, leitura da imagem estabelecendo-se, dessa maneira, as conexões entre estes modos semióticos.

A tabela 2 apresenta sinteticamente as conexões estabelecidas entre significados produzidos após modo de representação por leitura de texto, por observação da figura e pela atividade investigativa, expressos nas representações dos alunos, isto é, nos desenhos produzidos por eles.

Um aspecto a ser considerado é que no texto lido pelos alunos, Cruz (2006) não utiliza a palavra glicose, mas sim açúcar. No entanto, durante a interação ocorrida na 3ª intervenção, foi possível verificar que alguns alunos, já anteriormente indicados, conseguiram estabelecer relações entre glicose e açúcar. Salientamos que nesta intervenção os alunos já haviam tido acesso à imagem representativa da planta realizando fotossíntese, na qual constava a palavra glicose. Mas, esse conceito é ainda confuso para a maior parte deles. Esse fato é demonstrado pela resposta do aluno A3, quando apresentou os significados da leitura do texto, ao afirmar que a glicose fica no açúcar e A2 quando aponta em seu desenho que a planta usa glicose para fazer fotossíntese.

O aluno A3 relacionou em seu desenho a necessidade da presença dos microrganismos decompositores para a realização da fotossíntese. Ressaltamos que esse significado é proveniente da figura que havia no texto lido pelos alunos. Este fato indica que a figura foi relevante para o aluno na atribuição de significados, estando de acordo com Mayer (2005) ao afirmar que o aluno em uma situação de ensino aprendizagem processa a imagem na memória operacional visual. Também a clorofila aparece apenas no texto e não no desenho que os alunos analisaram, mas os alunos A1, A2 e A5 conseguiram expressar em suas representações, isto é, em seus desenhos, a necessidade da clorofila para a fotossíntese.

Esse fato mostra que os estudantes conseguiram transferir os conhecimentos de um modo representacional para outro, bem como conseguiram entender o uso coordenado desses modos, Prain e Waldrip (2006) conforme apresentado nos desenhos. Também selecionaram palavras relevantes, neste caso a clorofila apresentada somente no texto, para a o processamento da memória verbal.

Alunos	Significados expressos pela leitura do texto	Significados expressos pela atividade investigativa	Significados expressos pela leitura da figura	Comentários
A1	Presença de clorofila nas folhas. Utilização de gás carbônico, água e minerais pelas raízes para fazer a fotossíntese.	Necessidade de luz para a fotossíntese.	Utilização de gás carbônico e de água e minerais pelas raízes para a fotossíntese. Produção de oxigênio. Glicose vai para o solo.	Predominância de Significados elaborados a partir da figura da fotossíntese.
A2	Planta utiliza a luz do sol para fazer fotossíntese. Presença de clorofila na planta. Absorve gás carbônico e libera oxigênio.	Luz do sol para fazer fotossíntese.	Planta absorve o gás carbônico e libera oxigênio. Utiliza água e sais minerais do solo e glicose para fazer fotossíntese.	Aluno indica no desenho que a planta utiliza glicose para fazer fotossíntese.
A3	Luz do sol é necessária à fotossíntese. Microrganismos decompositores auxiliam a fotossíntese.	Necessidade de luz para a fotossíntese.	Necessidade de luz para a fotossíntese. Glicose armazena-se nos frutos.	Aluno apresentou conexões entre texto e figura da cadeia alimentar que havia no texto.
A4	Sol produz luz e calor para a fotossíntese. Planta produz oxigênio, absorve gás carbônico.	Necessidade de luz para a fotossíntese.	Planta absorve gás carbônico e solta oxigênio. Utilização de glicose para fazer fotossíntese e desce à raiz.	Predominância de Significados elaborados a partir da figura da fotossíntese.
A5	Planta precisa de água, luz do sol. Relacionou a clorofila com a fotossíntese.	Necessidade de luz para fazer a fotossíntese.	Planta produz glicose. Absorve gás carbônico e água.	Equilíbrio entre os significados elaborados a partir da figura e do texto da fotossíntese.
A6	Planta necessita de luz do sol, gás carbônico e água.	Necessidade de luz para a fotossíntese.	Planta produz glicose. Absorve água. Necessidade de luz do sol para a fotossíntese.	Indicou a glicose descendo às raízes das plantas.
A7	Luz solar e gás carbônico necessários à fotossíntese. Produção de oxigênio.	Necessidade de luz para a fotossíntese.	Planta absorve água e sais minerais do solo. Absorve gás carbônico e libera oxigênio.	Predominância de significados produzidos a partir da figura.

Tabela 2.- Conexões estabelecidas pelos alunos entre leitura do texto, figura e atividade de investigação durante a última intervenção.

O desenho dos alunos é a expressão de suas representações mentais. Dos sete analisados, cinco fizeram seus desenhos muito parecidos e utilizando as setas, como A1, A4, A5, A6 e A7, conforme a figura que lhes foi apresentada sobre fotossíntese. Cada desenho apresentado por eles teve

suas características próprias. Esse fato está de acordo com Mayer (2005) e Schnotz (2002) quando afirmam que os estudantes ao lerem figuras e textos, fazem uma seleção das palavras e imagens, e as integram aos seus conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva. No caso de A2, o aluno apresentou em seu desenho a glicose como sendo necessária para a produção de fotossíntese. Essa mesma afirmação já havia sido feita pelo aluno quando iniciamos a interação 2.

Para os estudantes que indicaram a presença de clorofila em seus desenhos nota-se que com a leitura do texto, o qual constava a necessidade de clorofila para planta, eles além de fazerem a seleção das palavras para construir suas representações mentais, foram capazes de transferir esse conhecimento para o desenho que realizaram sobre a fotossíntese. Esse fato ocorreu também com os alunos que indicaram a glicose em seus desenhos, pois ao fazerem a leitura da figura conseguiram selecionar a glicose como uma substância que faz parte do processo fotossintético.

A figura apresentada foi importante para a elaboração dos significados sobre fotossíntese. Não houve indícios nos desenhos dos alunos de que os significados apresentados fossem provenientes apenas da leitura do texto ou apenas da imagem ou da atividade investigativa. No entanto, há uma predominância no desenho de alguns estudantes, de significados elaborados a partir da figura. Esses dados são sustentados por Perales Pallacios (2006), ao afirmarem que as imagens são mais facilmente compreendidas que os textos quando apresentadas a alunos que ainda não têm uma boa compreensão do conteúdo. Esse fato pode ser comprovado pelo desenho dos alunos por mostraram-se muito parecidos com a figura representativa de fotossíntese que lhes foi entregue. No entanto, é importante ressaltar que as imagens não são autoexplicativas, e os alunos podem interpretá-las de maneira equivocada como no caso do aluno que entendeu a glicose descendo até o solo, devido à posição das setas indicadas no desenho.

A conjugação da atividade investigativa com multimodos de representação contribuiu para os alunos perceberem as evidências de que as plantas necessitam de luz para a realização da fotossíntese, porém, a utilização de textos e imagens trouxe aos estudantes muitas informações sobre o processo de fotossíntese e permitiu-lhes construir rede de significados favorecendo a compreensão do processo.

Conclusões

A compreensão pelos alunos de conceitos científicos para os quais não se tem um referente concreto, como é o caso do conceito de fotossíntese, pode ser facilitada pela elaboração de atividades pelo professor que proporcione a maior atividade mental do aluno, como por exemplo, as atividades investigativas, para as quais os alunos observam as evidências de um determinado fenômeno e a possibilidade de melhor refletir sobre ele.

No entanto, conforme os dados apresentados, os estudantes precisam ter acesso ao conhecimento científico para resolverem os problemas propostos nas atividades, pois não estão fazendo nenhuma descoberta. Sendo assim, a mediação dos modos semióticos tanto a linguagem verbal como a não verbal são necessárias para ajudá-los na apropriação e compreensão dos conteúdos.

Esta pesquisa mostrou, conforme Ausubel (2000), que os significados elaborados nas situações de ensino e aprendizagem, assim como na utilização de diferentes modos de representação como a linguagem verbal do texto e não verbal das figuras, são idiossincráticos e por isso, muitas vezes discordantes dos significados da ciência que estão sendo apresentados pelo professor em uma situação de ensino e aprendizagem. Sendo assim, para as situações de sala de aula há necessidade de o professor verificar como está se desenvolvendo a compreensão dos alunos, por meio dos significados que vão elaborando durante as atividades que são desenvolvidas, para que a aprendizagem se efetive de maneira satisfatória.

Admitimos que a pesquisa apresenta algumas implicações consideráveis para o ensino no que diz respeito à aprendizagem de conceitos científicos. Assim, é necessário que o professor, visando a aprendizagem de conceitos pelos estudantes, utilize diferentes modos de representação do conhecimento, pelos quais os alunos terão mais oportunidades de estabelecerem redes de significados. Conforme apresentado nos dados, as conexões produzidas entre os modos enriquece a significação durante as atividades de ensino e aprendizagem.

Referências bibliográficas

Alvarenga, G. (2010). A Memória de Trabalho (2010). Em <http://www.galenoalvarenga.com.br/publicacoes-livros-online/homem-animal-de-duas-cabecas/a-memoria-de-trabalho>.

Ausubel, D.; Novak, J. e H. Hanesian (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.

Ausubel, D. (2000). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano.

Azevedo, M.C.P.S. (2006). Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. Em A.M.P. Carvalho (Org.), *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática* (pp. 19-33). São Paulo: Thomson.

Brasil. Secretaria de Educação Fundamental (1997). *Parâmetros Curriculares Nacionais*. 3º e 4º ciclos. Apresentação em Temas transversais. Brasília: MEC.

Bybee, R.W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. Em L.B. Flick e N.G. Ledreman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science. Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 1-14). Norwell: Kluwer Academic Publishen.

Borges, A.T. (2002). Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro. Ensino de Física*, 19, 3, 291-313.

Carvalho, A.M.P. (2006). Las prácticas experimentales en el proceso de enculturación científica. Em M.Q. Gatica e A Adúriz-Bravo (Eds.), *Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos y propuestas*, (pp. 75-89). Santiago: Universidade Católica do Chile.

Charrier, M.; Pedro, M.C. e R.V. Maximo (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.

Colin, P.; Chauvet, F. e L. Viennot (2002). Reading images in optics: students' difficulties and teachers' views. *International Journal of Science Education*, 24, 3, 313-332.

Coll, César (2002). *Aprendizagem escolar e construção do conhecimento*. Porto Alegre, Artmed.

Coutinho, A.F. e A.G. Soares (2010). Restrições cognitivas no livro didático de biologia: um estudo a partir do tema "ciclo do nitrogênio". *Ensaio*, 12, 2, 137-150.

Cruz, J.L.C. (2006). *Projeto Araribá*. São Paulo, Moderna.

Duschl, A. R. (2009). *The HS Lab Experience: Reconsidering the Role of Evidence, Explanation and the Language of Science*. Em http://www7.nationalacademies.org/bose/RDuschl_comissioned_paper_712_04_HSLabsMtg.pdf.

Duval, R. (2004). *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales*, Universidad del Vale, Instituto de Educación y Pedagogía. Santiago de Cali, Colombia.

Eysenck, M.W. e M.T. Keane (1994). *Psicologia Cognitiva: um manual introdutório*. Porto Alegre. Artes médicas.

Gil Perez, D. e P. Valdes Castro (1996). La orientación de las practicas de laboratorio como invetigagación: un ejemplo ilustrativo. *Enseñanza de las ciencias*, 14, 2, 155-163.

Godino, J.D. (2006). *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. Universidad de Granada.

Jaipal Kamini (2009). Meaning Making Through Multiple Modalities in a Biology Classroom: A Multimodal Semiotics Discourse Analysis. *Science Education*, 94, 1, 48-72.

Lemke, J.L. (2003). *Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions*. Em <http://www-personal.umich.edu/~jaylemke/papers/barcelon.htm>.

Mayer, R.E. e R. Moreno (2002). Animation as an Aid to Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 14, 1, 87-99.

Mayer, R.E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. Em R.E. Mayer, *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31-49). New York: Cambridge University Press.

Newman Jr., W.J.; Abell, S.K.; Hubbard, P.D.; McDonald, J.; Otaala, J. e M. Martini (2004). Dilemmas of teaching inquiry in elementary science methods. *Journal of Science teacher education*, 15, 4, 257-279.

Perales, F.J. e J.D. Jiménez (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 3, 369-386.

Perales Pallacios, F.J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 1, 13-30.

Pozo, J.I. (1998). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed.

Prain, V. e B. Waldrip (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. (2009). *Discursos de professores sobre ensino de ciências por Investigação*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais/FAE, Belo Horizonte.

Silva, F.K.M. e M. Compiani (2006). Las imágenes geológicas y geocientíficas en libros didácticos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 2, 207-218.

Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14, 1, 101-120.

Steinbring, H. (2006). What makes a sign a mathematical sign? An epistemological perspective on mathematical interaction. *Education Studies in Mathematics*, 61, 133-162.

Trópia, G. (2009). *Relações dos alunos com o aprender no ensino de biologia por atividades investigativas*. Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Tytler, R.; Prain, V. e S. Peterson (2007). Representational issues in students learning about evaporation. *Research Science Teaching*, 37, 313-331.

Yore, L.D. e B. Hand (2010). Epilogue: plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. *Research in Science Education*, 40, 1, 93-101.

Watson, F. Road (2004). Student's discussions in practical scientific inquiries. *International Journal Science education*, 26, 1, 25-45.