



ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS: UTILIZANDO A ENERGIA ENVOLVIDA NAS REAÇÕES QUÍMICAS PARA O DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS

INQUIRY LABORATORY WORK: USING THE ENERGY INVOLVED IN THE CHEMISTRY REACTIONS TO THE DEVELOPMENT OF COGNITIVE SKILLS

Rita de Cássia Suart¹
Maria Eunice Ribeiro Marcondes²
Miriam Possar do Carmo³

^{1,3} Mestre em Ensino de Química / e-mail: rsuart@iq.usp.br

²Departamento de Química Fundamental / Instituto de Química / Universidade de São Paulo

RESUMO

As atividades experimentais investigativas têm sido consideradas por diversos pesquisadores uma estratégia de ensino e aprendizagem que pode contribuir para a argumentação e o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos. Partindo desses pressupostos, esta pesquisa investigou as habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa sobre a energia envolvida nas transformações químicas. Foi desenvolvida e executada uma atividade que promovesse momentos de discussão e interações dialógicas, a fim de investigar se essas atividades promovem a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem como elaboração de hipóteses. Também foi analisado o nível cognitivo das questões propostas pela professora e a maneira pela qual ela conduzia a discussão. Os resultados mostram que os alunos manifestaram respostas de alta ordem cognitiva e participaram ativamente das discussões. Também foi observado que a conduta da professora interfere na resposta do aluno, evidenciando a necessidade de permitir maiores momentos de diálogo e reflexão para os alunos.

Palavras-Chave: atividades experimentais investigativas, habilidades cognitivas, mediação do professor

ABSTRACT

Inquiry laboratories works have been considered by several researchers a strategy of teaching and learning that may contribute to the argumentation and the development of cognitive skills in the pupils. This study investigated the cognitive skills shown by pupils of the secondary chemistry education in an experimental investigative work. There was developed and executed an activity that promoted moments of discussion and dialogic interactions in order to investigate if these activities promote the manifestation of higher order cognitive skills as development of hypotheses. Also there was analyzed the cognitive level of the questions proposed by the teacher and the way which the discussion was guided. The results show that the pupils expressed higher order cognitive answers and participated actively of the discussions. Also it was observed that the conduct of the teacher interferes in the answer of the pupil, showing the necessity of allowing more moments of dialog and reflection for the pupils.

Key-Words: investigative laboratory works, cognitive skills, teachers' mediation

INTRODUÇÃO

As pesquisas em ensino de Química vêm crescendo nos últimos trinta anos, e um tema muito abordado e discutido é a utilização do laboratório como estratégia de ensino. Algumas destas pesquisas mostram que a experimentação ainda é pouco utilizada por professores de Química do ensino médio e quando empregada é de maneira acrítica e deficiente, indicando uso de metodologias fundamentadas na concepção indutivista e valorizando aspectos como manipulação de materiais, demonstração e comprovação de teorias. (HODSON 1994; GIL-PÉREZ; VALDÉS CASTRO, 1996; WATSON; PRIETO; DILLION, 1995).

As atividades experimentais investigativas podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, uma vez que a ação do aluno não se limita ao trabalho manipulativo ou de observação. Os estudantes têm a oportunidade de participar de todas as etapas de investigação, como por exemplo, propor suas hipóteses para o problema, coletar dados, analisá-los e elaborar conclusões baseadas nas proposições levantadas, participando da construção de um conceito ou conhecimento científico.

Assim, partindo desses pressupostos, a presente pesquisa investigou as habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química ao resolverem um problema experimental investigativo relacionado à idéia de transformação química e a energia envolvida neste processo, considerando a liberação e absorção de calor. Foram analisadas também, as questões propostas pela professora durante as discussões pré e pós-laboratório, avaliando o tipo de questão e a forma pela qual foram conduzidas.

Partiu-se da premissa que: se a atividade for elaborada e executada de forma a permitir a fala e a ação dos alunos durante a resolução do problema, e se a professora mediar as discussões de forma a permitir essas interações, os alunos serão capazes de propor hipóteses, analisar os dados e propor soluções para o problema, manifestando habilidades cognitivas de alta ordem necessárias para a construção do conhecimento científico.

AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INVESTIGATIVAS E O ENSINO DE QUÍMICA

A experimentação é um recurso pedagógico que contempla diversas habilidades, principalmente as cognitivas, mas muitos professores ainda as utilizam de maneira inadequada, desvalorizando seus aspectos cognitivos e privilegiando muitas vezes somente seu caráter motivador.

Para Hodson (1990), muitos professores utilizam o laboratório experimental sem uma adequada reflexão, acreditando que o experimento possa ensinar aos estudantes sobre o que é a ciência e sua metodologia. Alguns professores preocupados com a aprendizagem de seus alunos utilizam o trabalho prático como solução para os problemas do processo de ensino, e muito do que poderia ser substancial para o desenvolvimento e evolução conceitual do aluno pode ser ignorado. Muitas vezes o professor está preocupado com o produto e não com o processo, enfatizando os resultados e desmerecendo os processos de coleta e análise dos dados.

As atividades experimentais investigativas são declaradas por diversos autores como uma estratégia capaz de promover as interações dialógicas e o desenvolvimento e manifestação de habilidades cognitivas.

Tamir (1977) argumenta que o trabalho experimental investigativo apresenta as seguintes características: (1) deve ser um meio para explorar as idéias dos alunos e desenvolver a sua compreensão conceitual; (2) deve ser sustentado por uma base teórica prévia informadora e orientadora da análise dos resultados; (3) deve ser delineado pelos alunos para possibilitar um maior controle sobre sua própria aprendizagem, sobre as suas dificuldades e de refletir sobre o porquê dessas atividades, para ultrapassá-las.

Para Carvalho et al. (1999), as atividades de caráter investigativo buscam uma questão problematizadora que ao mesmo tempo desperte a curiosidade e oriente a visão do aluno sobre as

variáveis relevantes do fenômeno a ser estudado, fazendo com que eles levantem suas próprias hipóteses e proponham possíveis soluções.

Suart e Marcondes (2008) investigaram as habilidades cognitivas manifestadas por alunos do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa para o desenvolvimento do conceito de densidade. Após analisar as falas dos alunos e da professora na sequência de aulas, as pesquisadoras verificaram que a atividade permitiu a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem, como elaboração de hipóteses e análise das variáveis, entretanto o número de respostas de baixa ordem, como aplicação de algoritmos prevaleceu. Para as autoras, esses resultados podem ser explicados pelo nível de exigência requerido para a classificação nas categorias elaboradas e também pela mediação da professora, uma vez que o nível cognitivo das respostas dos alunos estava, na sua maioria, relacionado com a exigência cognitiva da questão proposta pela professora.

Entretanto, diferentes alunos podem resolver um problema utilizando estratégias diferentes. Enquanto alguns alunos, por exemplo, necessitam de fórmulas para estabelecer relações proporcionais, outros utilizam o raciocínio lógico para sua resolução. Segundo Zoller (1993), os níveis de demanda cognitiva podem ser definidos em duas categorias: as habilidades cognitivas de baixa ordem (LOCS: Lower Order Cognitive Skills) caracterizadas por capacidades tais como: conhecer, recordar a informação ou aplicar conhecimento ou algoritmos memorizados; e as de alta ordem (HOCS: Higher Order Cognitive Skills), referidas como aquelas capacidades orientadas para a investigação, resolução de problemas (não exercícios), tomada de decisões, desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo (ZOLLER, 1993; ZOLLER; PUSHKIN, 2007).

Desta forma, torna-se evidente a necessidade de desenvolver e executar atividades experimentais que contribuam para um melhor entendimento dos processos científicos, dando a oportunidade aos alunos de se envolverem em um problema e procurar suas possíveis soluções com o auxílio do professor.

O PAPEL DA MEDIAÇÃO DO PROFESSOR

Diante do que foi exposto, torna-se notória a necessidade de o professor criar um ambiente em sala de aula que favoreça a argumentação e o diálogo dos alunos. Conhecer a forma pela qual os professores mediam as interações discursivas em sala de aula é essencial para que as habilidades argumentativas e cognitivas dos alunos sejam desenvolvidas. Entretanto, há diferentes formas pelas quais os professores interagem com seus alunos, e essas interações fazem parte do processo de construção do conhecimento científico escolar. Conforme argumentam Capecchi et al. (2002, p. 3):

Um grande obstáculo para o desenvolvimento de tarefas que proporcionem discussões em sala de aula é a dificuldade do professor em organizá-las, desde a administração da gradativa adaptação dos alunos ao processo de ouvir os colegas, até o direcionamento de suas questões para uma sistematização de idéias, que leve a conclusões.

A fim de compreender as interações dialógicas em sala de aula, pesquisadores utilizam categorias para interpretar a maneira pela qual o processo discursivo ocorre no ensino (TEIXEIRA; MONTEIRO, 2004; CAPECCHI et al., 2002).

O discurso do professor pode ser distinguido entre “dialógico” e “autoridade” (WERTSCH, 1991¹ apud MORTIMER; SCOTT, 2002). No primeiro, o professor considera o que o aluno tem a dizer, ou seja, as suas idéias são valorizadas podendo expressar mais de um ponto de vista. No segundo, o professor considera apenas o ponto de vista do discurso do

¹ Wertsch, J.V. **Voices of the mind. A sociocultural approach to mediated action.** Harvester Wheatsheaf, 1991.

conhecimento científico escolar que está sendo construído, assim, não há inter-animação de idéias (MORTIMER; SCOTT, 2002).

Em pesquisa realizada por Teixeira e Monteiro (2004) foi verificado que os diálogos dos professores investigados eram guiados por seus roteiros mentais e não pelos dizeres de seus interlocutores, evidenciando a dificuldade dos docentes em superar suas concepções de ensino. Também, os discursos apresentados por eles concentraram-se nas posturas discursivas retóricas, que caracteriza a ação docente independente de uma participação ativa do aluno; e socráticas, a qual o discurso do professor visa conduzir os alunos a determinadas conclusões que ele julga corretas, inibindo, assim, uma maior participação dos alunos e impossibilitando uma construção argumentativa mais elaborada. Ainda, os pesquisadores atentam que as argumentações apresentadas pelos alunos se mostraram dependentes da postura discursiva dos professores.

Assim, é importante que o professor crie um ambiente de discussões em sala de aula de forma a mediar as idéias dos alunos, tornando-se um articulador, influenciando na dinâmica discursiva ao dar oportunidade para que os alunos pensem e argumentem sobre os fenômenos químicos, e não limitando a possibilidade destes criarem suas próprias explicações.

O ESTUDO DAS TRANSFORMAÇÕES E O ENVOLVIMENTO DE CALOR

É sabido que as transformações químicas envolvem a formação e a quebra de ligações acompanhadas de absorção (transformação endotérmica) ou liberação de energia (transformação exotérmica), e o cálculo desta energia (entalpia/calor) liberada ou absorvida pode estar baseado no balanço energético das quebras e formações de ligações.

No entanto, estudos sobre este tema evidenciam que os alunos possuem dificuldades na abstração dos conceitos de calor e temperatura, utilizando os mesmos como sinônimos. Ainda, os alunos apresentam dificuldades na classificação de transformações endotérmicas e exotérmicas e também em compreender os fenômenos em uma visão microscópica. Os alunos entendem a energia como uma substância que pode ser armazenada, liberada ou consumida; e também estabelecem pouca relação entre a energia térmica com transformação química e associam que a energia é liberada quando uma ligação química é quebrada e absorvida quando é formada (COHEN; BEN-ZVI, 1992; AGUIAR JÚNIOR, 1990; BOO, 1998). Estas concepções dificultam a aprendizagem dos alunos em relação ao conhecimento científico sobre a energia envolvida nas transformações químicas.

Segundo Zambom (2005), os alunos precisam entender as transformações químicas em termos de rompimento de ligações nos reagentes e formação de novas ligações nos produtos, bem como devem ter a idéia de que ligações ao serem formadas liberam energia e, para serem rompidas necessitam de energia. Assim, a idéia do saldo energético para explicar a liberação ou absorção de energia seria melhor compreendida. Ainda, no seu estudo, Zambom destaca que, as atividades em grupo favorecem a aprendizagem e que quanto mais discussões levando em conta as idéias prévias dos alunos sobre um determinado conceito forem realizadas, maior a possibilidade de ocorrer reestruturação destas.

Assim, para minimizar tais dificuldades de aprendizagem é preciso que o professor propicie ao aluno momentos de discussão e diálogo para que este exponha suas concepções e elabore explicações aos fenômenos observados.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Baseando-se nos pressupostos que norteiam essa investigação, as pesquisadoras elaboraram uma atividade experimental investigativa que pudesse contribuir para os alunos construírem a idéia de que nas transformações químicas a liberação ou absorção de calor tem relação com a quebra e a formação de ligações. Assim, o ensino elaborado e executado em uma

abordagem investigativa possibilitaria identificar as habilidades cognitivas manifestadas pelos alunos e também como essas interações dialógicas estão relacionadas com as questões e mediação do professor.

Elaboração e Aplicação da proposta

Os encontros foram planejados e discutidos previamente pelas pesquisadoras com o propósito de promover diálogos e reflexões pelos alunos, mediados pela professora, sobre idéias do conceito de transformação química e o envolvimento de absorção ou liberação de calor durante esse processo. O estudo contou com a participação de 25 alunos da 1ª série do E.M de uma escola da rede particular de ensino, situada na cidade de São Bernardo do Campo em São Paulo, com idade variando de 14 a 15 anos. Também, é importante relatar que uma das pesquisadoras era professora da classe que participou da pesquisa e ministrou a seqüência de aulas para essa investigação.

Para a execução da proposta foram previamente planejadas seis aulas de cinquenta minutos cada, divididas em três encontros, conforme descrito abaixo:

- Primeiro encontro: os alunos respondem individualmente um questionário com questões sobre o assunto em estudo. Uma discussão foi iniciada pela professora a partir das idéias explicitadas pelos alunos, e então, a seguinte questão problema foi proposta pela professora: “De onde vem o calor envolvido nas transformações químicas?”. Com a mediação da professora, os alunos poderiam estabelecer relações sobre transformação química, energia e calor.

Ainda, dois experimentos² foram realizados pelos alunos, para eles perceberem a elevação e diminuição da temperatura envolvida em uma transformação.

Com esses experimentos, a professora poderia questionar os alunos sobre a relação do calor com a transformação ocorrida.

- Segundo encontro: A aula se inicia com a retomada e reflexão das idéias dos alunos sobre a questão problema proposta na aula anterior e, depois, dois experimentos³ investigativos são propostos para os alunos realizarem.

Um protocolo foi entregue para auxiliar os alunos na execução do experimento. Este continha questões para que os alunos pudessem descrever suas previsões.

Após a realização do experimento pelos alunos, foi realizada uma discussão sobre os resultados dos experimentos obtidos e a confrontação das previsões propostas por eles a fim de contribuir para o entendimento e proposição de explicações para a questão problema

- Terceiro encontro: A professora retoma idéias manifestadas anteriormente e, também, propõe novas questões que pudessem auxiliar os alunos na organização de suas idéias de forma a compreenderem que o calor absorvido ou liberado nas transformações é uma consequência de recombinações de partículas que envolvem ganho ou perda de energia na forma de calor, contrariando a idéia inicial de que o calor liberado é proveniente da quebra de ligações.

Coleta dos Dados e Instrumentos de Análise

As aulas foram gravadas em áudio e vídeo por uma das pesquisadoras, que também anotava as observações que considerava necessárias para a análise dos dados e possível mudança na conduta da aula. É importante salientar que os responsáveis pelos alunos autorizaram as gravações das aulas para utilização em pesquisa.

As aulas foram transcritas e, posteriormente realizou-se a análise das falas dos alunos e da professora utilizando categorias propostas por Suart e Marcondes (2008, 2009)⁴.

² Sistema 1: $\text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ elevação da temperatura ; Sistema 2: $\text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ diminuição da temperatura.

³ Experimento 1: adição de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ em água ; Experimento 2: NH_4SCN em água.

Essas autoras utilizaram três categorias denominadas P1, P2 e P3, para interpretar o nível de exigência cognitiva das questões propostas pelo professor. No nível P1 as questões propostas pelo professor requerem que o aluno apenas recorde uma informação partindo dos dados obtidos. No nível P2 as questões exigem que os alunos comparem e apliquem leis para a resolução do problema, e as de nível P3 exigem dos alunos a proposição de hipóteses e avaliação de condições.

Para as respostas dos alunos, Suart e Marcondes (2008, 2009) propuseram três categorias principais de habilidade cognitivas manifestadas, denominadas ALG, LOCS e HOCS. Quando um aluno não compreende o problema ou utiliza para sua resolução apenas dados memorizados, suas respostas são dimensionadas na categoria N1 (ALG). Quando o aluno reconhece a situação problemática e identifica variáveis, mas ainda apresenta pouca demanda cognitiva em suas respostas, essas são classificadas como N2 (LOCS).

Na categoria N3 (LOCS) o aluno identifica variáveis e processos de controle (LOCS). Na categoria N4 (HOCS) o aluno apresenta respostas que envolvem elaboração de hipóteses e pensamentos mais complexos para a resolução de um problema; e um nível maior de complexidade, N5 (HOCS), é considerado quando o aluno consegue ultrapassar a situação atual e abordá-la em outros contextos (SUART; MARCONDES, 2008, 2009).

Para a análise da conduta interativo-dialógica (ID) da professora foram elaboradas, para essa pesquisa, categorias a posteriori advindas da leitura das transcrições das aulas, conforme mostra a tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Nível interativo-dialógico da professora

Nível	Descrição
ID1	Aceita o que o aluno fala, questiona a resposta, solicita exemplos, mas parece buscar apenas a memória sobre a questão solicitada, não coloca novas situações que estimulam a reflexão.
ID2	Aceita o que o aluno fala, questiona a resposta, solicita exemplos, mas não organiza a idéia e muda o foco (parece haver um “corte no raciocínio do aluno”).
ID3	Aceita o que o aluno fala, retoma idéias anteriores, mas direciona para o propósito que deseja, antecipando algumas conclusões.
ID4	Aceita o que o aluno fala, questiona a resposta, estimula o aluno a pensar e utiliza a idéia para novas reflexões.
ID5	Aceita o que o aluno fala, estimula o aluno a pensar sobre a questão, mas o professor não consegue aproveitar as idéias que surgem para a reflexão da questão proposta.

Para a análise das falas dos alunos e professora durante as aulas, foram selecionados episódio de ensino, que são “momentos extraídos de uma aula, onde fica evidente uma situação que se quer investigar”, para a análise (CARVALHO, 2006).

ANÁLISE DOS DADOS

Pré-Laboratório

A transcrição do primeiro encontro foi dividida em 30 episódios para análise.

Inicialmente a professora motiva os alunos a manifestarem suas idéias a respeito de como o homem atua sobre a natureza para melhor atender suas necessidades. Assim, ela esperava que idéias sobre transformações e o envolvimento de energia fossem manifestadas pelos alunos. Pode-se observar que Habilidades Cognitivas de Baixa Ordem são manifestadas neste momento da aula, evidenciando exigências como recordar/relembrar as informações memorizadas. Também, pode-se perceber a relação entre a pergunta proposta e o nível

⁴ Maior detalhamento do dimensionamento das categorias pode ser encontrado em Suart e Marcondes (2008, 2009).

interativo-dialógico da professora, que se mostrou de baixa ordem cognitiva, não possibilitando a elaboração de respostas de maior grau de cognição pelos alunos.

O episódio abaixo exemplifica a análise anterior⁵:

[...] P. E o que é o fogo pra vocês?

P. Hein?

Am. Energia.

P. Então... Para que o homem atue, ele precisa...?

A. De energia.

P. De energia. Mais alguma coisa?

A. Calor.

P. Calor. Que mais? Bom, já que a gente tá falando em calor e energia, vocês conhecem algum tipo de energia?

Af. Cinética.

A. Elétrica.

P. O que é energia cinética pra você?

Af. Que movimentação [...]⁶

Em seguida a professora estimula os alunos a novas reflexões, o que pode ter contribuído para a elaboração de hipóteses, aplicação de conhecimentos, comparações, uma vez que o nível das questões e da interação dialógica da professora exigia maior reflexão pelos alunos, conforme mostra o exemplo abaixo:

P. Tudo aquilo que ocupa espaço é matéria! Então olha só onde nós já chegamos. O homem atua sobre a matéria na natureza. Né? E precisa de quê? Que vocês tão falando aí.

A. Energia.

P. Energia. E aí citaram...

A. Calor.

P. O calor. E aí vem a grande questão da nossa... dos nossos encontros agora. Eu gostaria que vocês toda a aula refletissem para responder a essa questão que eu vou levantar: De onde vem esse calor envolvido nessas mudanças que acontecem aí com a matéria, nessas transformações. Dá onde vem esse calor? Né? Alguém sabe me responder? Alguém gostaria de falar?

Aml. Eu acho que quando acontece uma reação libera calor. Energia. Há liberação de energia.

P. É? E onde tava esse calor? Você sabe?

Aml. Eu acho que tá contido na substância. Eu acho que toda substância tem um pouco de energia.

P. E essa energia contida... você acha que acontece o que com ela? E por quê?

Aml. Ah, eu acho que quando acontece a reação eu acho que acaba sendo liberada esse energia de algum jeito. Não sei como. [...]

A professora, neste momento, explora os exemplos citados pelos alunos e aproveita a idéia de energia explicitada por eles para estabelecer relações entre essas e o conceito de

⁵ Af, Aml, A. 2. 3, A. 5.2, por exemplo, foram utilizados pelas pesquisadoras para não informar os verdadeiros nomes dos alunos. Cada número refere-se um aluno; Al se refere ao aluno ou alunos que não foram identificados. P refere-se à professora.

⁶ Alguns trechos dos episódios precisaram ser desconsiderados por falta de espaço, entretanto o entendimento do manuscrito não foi prejudicado por esse fato.

transformações, motivando-os a refletirem sobre a origem desta energia. Assim, neste momento, a seguinte questão problema foi proposta: “De onde vem o calor envolvido nas transformações?”

O episódio abaixo mostra que a mediação parece ter contribuído para que os alunos explicitassem suas idéias manifestando habilidades cognitivas de alta ordem, conforme mostra o episódio abaixo

[...]P. Tudo bem, calor é uma energia em transito, mas da onde vem esse calor pra ele estar em transito?

Ab. Da agitação dos elétrons?

P. Como?

Ab. Da agitação de elétrons

P. Agitação...

Ab. Porque quando eles falaram que os elétrons se movem nas camadas em volta, libera energia. Por essa agitação dos elétrons libera uma energia. Uma liberação de energia.

P. Mas será que toda transformação eu fui lá provocar uma agitação? Porque a gente fez aquele teste, você forneceu energia, né? Para as substâncias, não foi? Você não aqueceu na chama?

Ab. Aqueci

P. E se eu não aquecesse?

Ab. Não haveria energia.

P. Como é que eles se agitam, se transformam, né Ab?

Amt. Aí entra em choque entre elas.

Am. Não eles mesmos [...]

O episódio acima mostra o predomínio de questões de nível P3 e de interação dialógica ID4, o que requereu por parte dos alunos maior exigência cognitiva, com respostas elaboradas entre os níveis N3 e N4. Isto implica que possibilitar ao aluno participar expondo suas idéias e confrontando-as, pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades de alta ordem.

Da análise de um total de 30 episódios foi possível verificar que o nível das questões propostas pela professora foram, na grande maioria, categorizada no nível P1, o que implicou por parte da professora uma maior exploração da recordação de fatos do que a reflexão por parte dos alunos de suas próprias idéias.

Entretanto, é importante salientar que, em alguns momentos da aula foi possível verificar que a professora poderia ter aproveitado as idéias dos alunos, orientando a visão destes sobre as variáveis relevantes que possibilitariam elaborações mais consistentes por eles. Pode-se inferir também, que faltou à professora propor uma seqüência de questões para guiar o diálogo com os alunos.

Pós-Laboratório

No início da aula, a professora questiona os alunos sobre a previsão proposta por eles durante a execução do experimento realizado na aula anterior e conduz a discussão a explicações plausíveis, para que os alunos relacionem essas hipóteses com os dados obtidos. O episódio abaixo mostra essa interação:

P. Uhum. E aí vocês constataram que nesse experimento que houve o quê? O que que ocorreu nessas duas atividades que vocês fizeram?

A.1.1. Variação da temperatura.

P. Variação de temperatura. E por que que essa temperatura variou?

A.2.1. Por causa do movimento das partículas, não é? Porque com uma nova substância fez uma maior variação, assim, fazendo com que as partículas se movimentassem. Sei lá.

P. Então, você acha que esse calor veio...

A.2.1. Ele é a partir dos movimentos das partículas.

A.1.1. É que quando tá menos quente, assim, as partículas se movimentam menos. Quando tá mais quente, elas ficam mais agitadas.

P. Todo mundo concorda ou discorda? Quer questionar a colega. Como que é? Elas deram uma sugestão aí de onde veio esse calor, não foi? Nessa transformação. Bom, a gente falou muito de transformação, não foi? A aula anterior.

A.2.1. É.

Observa-se nesse episódio e elaboração de uma hipótese pelo aluno para explicar a variação de temperatura verificada no experimento, permitindo a classificação dessa resposta no nível N4 de cognição. Entretanto, no final do episódio selecionado, a professora não estimula uma discussão que pudesse gerar mais hipóteses e mais subsídios para os alunos elaborarem suas respostas ou novas proposições. Pelo contrário, ela direciona a discussão para o conceito de transformação, ou seja, no assunto que ela queria discutir, não questionando as respostas dos alunos ou conduzindo a novas argumentações (Nível ID2 de interação dialógica).

Em seguida a professora questiona os alunos sobre o “por quê” do esfriamento ou aquecimento das transformações:

P: O que você acha que tá acontecendo aí quando você colocou os dois juntos, o que que você observou?

A.5.1. Que esfriou.

P. Que esfriou, tá? O sistema esfriou pra todos isso? Por que que esfriou?

A.1.3. Talvez, professora, pra você juntar as duas substâncias, talvez elas precisaram liberar o calor delas, pra elas... Não pra liberar, talvez elas precisaram absorver o calor, pra elas ficarem mais frias pra elas poderem reagir.

A.2.5. Eu não acho que foi necessário o resfriamento. Eu acho que o resfriamento foi o resultado da junção. Não foi a necessidade.

A.5.2. Eu acho que foi necessário o calor pra elas se juntarem. Elas absorveram o calor e o meio de fora ficou mais frio.

P. Bom, então A.5.2, o que que você achou aqui? É... vamos tentar ver que tipo de produto isso poderia dar? Vocês acham que aí está ocorrendo uma transformação? Vai ter uma interferência das partículas aí? Elas vão deixar de ser o que elas eram?

A.1.1. Não, não vão.

P. Ocorreu o que? Se recombinaaram. Vocês me ajudariam a ver essa recombinação através dessa equação?

Novamente observa-se um momento de elaboração de hipóteses por parte dos alunos, que selecionaram informações relevantes para encontrar uma solução para o problema, evidenciando a manifestação de habilidades cognitivas classificadas no nível N4 de cognição. As questões propostas pela professora foram classificadas no nível P3, pois requerem que o estudante utilize os dados obtidos para propor hipóteses e fazer inferências. A conduta discursiva da professora nesse momento se diferencia do episódio anterior, pois ela questiona as respostas dos alunos, estimulando-os a refletirem sobre suas idéias.

Perto do final da aula, após a professora ter recordado alguns dos conceitos elaborados nas aulas anteriores, e de discutir os resultados do experimento para fomentar a elaboração de respostas à questão problema, ela começa a direcionar a discussão para a conclusão, ou seja,

encaminha o pensamento do aluno a fim de alcançar uma explicação plausível para o problema proposto no início da seqüência de aulas. Por mais que os alunos tenham elaborado suas hipóteses e sugerido respostas para a questão, nesse momento foi preciso que a professora interviesse para propor a solução do problema, uma vez que as respostas dos alunos muitas vezes se apresentam incompletas ou não são suficientes para explicar a questão.

Assim, embora os alunos continuem explicitando suas idéias, a professora começa a concluir, e suas questões foram na sua maioria, nessa etapa da aula, classificadas no nível P3 de cognição, pois são questões que exigiam dos alunos a proposição de conclusões. A sua conduta foi classificada no nível ID2, pois ela aceitava o que o aluno falava, retomava idéias anteriores, mas direcionava para o propósito que desejava, antecipando algumas conclusões. Poucas respostas dos alunos são verificadas, entretanto, foram classificadas nos níveis N3 ou N4 de habilidade cognitiva.

No final da aula, os alunos, com a mediação da professora, utilizam as idéias construídas nas aulas e as novas informações fornecidas pela professora para elaborar suas respostas, conforme mostra o episódio abaixo:

P: Aí que vem a minha pergunta: de onde vem o calor das transformações? Agora você tem condições de responder. Vamos lá A.5.3, tá doido pra falar.

A.5.3. Da recombinação. Quando recombinau formou outro produto. Daí se você conseguiu mais calor do que você precisava pra quebrar os reagentes, vai sobrar o calor e vai esquentar.

P. Que mais que vocês concluíram disso, A.2.4?

A.2.4. Que essa liberação de calor, ela veio do fato de ter que combinar os átomos. Pois daí você tinha que aplicar uma energia pra separar e depois quando você juntasse tinha que ter um saldo. Então, ou liberava pro meio essa energia ou absorvia do...

A.1.1. Do meio.

P. Quem mais quer falar?

A.2.4. E aí esquentava.

Neste episódio, os alunos aproveitam as idéias uns dos outros para complementarem a resposta, entretanto é importante salientar que a postura da professora nesse momento foi de fundamental importância para não impedir o raciocínio dos alunos e orientá-los a respostas mais elaboradas.

A análise da aula pós-laboratório mostrou que o nível cognitivo das respostas elaboradas pelos alunos estão relacionadas com o nível cognitivo das questões propostas pela professora, ou seja, quando a professora exigia dos alunos propor hipóteses ou fazer inferências (P3), as respostas dos alunos foram classificadas em maior número nos níveis N3 ou N4. Entretanto, quando a professora exigia habilidades de baixa ordem cognitiva, como comparar ou recordar uma informação, as respostas dos alunos apresentavam habilidades que contemplam as categorias N1 ou N2.

Ainda, é importante relatar que a maneira pela qual a professora conduz a discussão em sala de aula, também influencia na resposta do aluno. Assim, quando a professora aceitava o que o aluno falava, o questionava e o estimulava a pensar e utilizar a idéia para novas reflexões, este ou os colegas apresentaram respostas mais elaboradas, classificadas na grande maioria no nível N4 de cognição. No entanto, quando a professora não promovia momentos de reflexão e maior participação discursiva do aluno, intervindo na sua resposta, os alunos apresentaram respostas que foram classificadas nos níveis de baixa ordem cognitiva.

CONCLUSÃO

Esse estudo evidencia que a atividade elaborada e desenvolvida apresenta as características de uma atividade experimental investigativa, uma vez que os alunos puderam participar do processo de elaboração de hipóteses, de análise dos dados, proposição de conclusões, confronto de idéias para a construção do conhecimento científico escolar (CARVALHO et al., 1999; SUART; MARCONDES, 2008).

As atividades experimentais investigativas também têm o potencial de aumentar as relações sociais, atitudes e o crescimento cognitivo. O ambiente mais informal do laboratório, se comparado com a sala de aula, contribui para interações mais construtivas entre os alunos e estes com o professor, criando um ambiente de aprendizagem mais positivo (HOFSTEIN; LUNETTA, 2004). A liberdade dada pela professora ao permitir que os alunos participassem ativamente das discussões contribuiu para a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem.

Com relação ao nível interativo-dialógico da professora durante o decorrer do ensino houve oscilações entre o nível ID1 e ID4, o que nos leva a inferir que a professora transitou entre momentos que exigiam dos alunos baixa e alta habilidade de cognição, pois em alguns momentos as questões eram pontuais, e em outros os auxiliavam através de sua mediação a refletirem sobre a questão problema estabelecida com maior exigência.

Embora as autoras tivessem se atentado e discutido previamente o encaminhamento da proposta, talvez tenha faltado maior experiência por parte da professora na condução de atividades dessa natureza. Também, é importante considerar que, embora a aula estivesse cuidadosamente planejada, alguns fatores podem interferir nos objetivos almejados, como por exemplo, afetividade, motivação e segurança por parte dos alunos, uma vez que esta atividade era nova para eles e pode ter gerado certa desconfiança e medo em realizar algo não condizente com os objetivos do professor (STAMOVLASIS et al., 2005; SUART; MARCONDES, 2009).

Entretanto, é importante considerar que após o primeiro encontro, as pesquisadoras discutiram que a condução da professora poderia ter contribuído para uma maior manifestação de habilidades cognitivas pelos alunos, evidenciando a necessidade de a professora valorizar a proposição de argumentos com maior exigência cognitiva e a fala do aluno, à medida que estes manifestavam suas respostas. Segundo Suart e Marcondes (2008) a exigência da professora favorece o nível das respostas dos alunos, os quais podem apresentar habilidades de alta ordem cognitiva para a formulação de suas respostas.

Assim, pode-se verificar que na condução dialógico-interativa da professora no pós-laboratório, embora a frequência do nível ID4 tenha se mantido, o nível ID1 diminuiu significativamente, o que mostra uma mudança na sua postura mediadora. É importante, também, relatar que o nível ID3 foi maior no pós-laboratório em relação ao pré-laboratório, dada a necessidade de organização das idéias dos alunos para uma solução à questão problema que estivesse de acordo com a linguagem científica escolar.

Por fim, verifica-se nesse trabalho que uma atividade elaborada e executada de forma a permitir que o aluno manifeste suas idéias sobre o fenômeno em estudo de forma interativa, este pode elaborar idéias com níveis de cognição superiores na construção de conhecimentos. Entretanto, é importante que o professor esteja preparado pedagogicamente e conceitualmente para mediar as situações que surgirão em atividades dessa natureza. Assim, fica evidente a necessidade de se investir na execução de atividades investigativas nas escolas, bem como na formação inicial e continuada de professores para a melhoria da qualidade do ensino e aprendizagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar Júnior. O. O Calor e Temperatura no Ensino Fundamental: Relações entre o Ensino e a Aprendizagem numa Perspectiva Construtivista . **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 4 (3), 1999.

- Boo, H.K. Students' Understandings of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Bonds and the Energetics of Chemical Reactions. **Journal of Research in Science Teaching**, 35 (5), 569-581, 1998.
- Capecchi, M.C.V.M.; Carvalho, A.M.P.; Silva, D. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. **Ensaio - Pesquisa e Educação em Ciências**, 2(2), p. 1-15, 2002.
- Carvalho, A.M.P. **Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula**. In: Santos, F.M.P.; Greca, A. pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias. 1a. edição. Ijuí; Editora Unijuí, 2006, p13-48.
- Carvalho, A. M. P. et al. **Termodinâmica: Um ensino por investigação**. 1ª. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação, 1999. v. 1. 123 p.
- Cohen, I, Ben-Zvi,R. Improving student achievement in the topic of chemical energy. By implementing new learning material and strategies. **International Journal of Science Education**, 14, p. 147-156, 1992.
- Gil-Pérez, D; Valdés Castro, P. La orientacion de Las Prácticas de Laboratorio con Investigacion: Um Ejemplo Ilustrativo. **Enseñanza de Las Ciências**, 14(2), p.155-163, 1996.
- Hodson, D. Hacia um Enfoque más critico del Trabajo de laboratorio. **Enseñanza de Las Ciências**, 12(3), p.299-313, 1994.
- Hodson, D. A critical look at practical work in school science. **School Science Review**, 71, p. 33-40, 1990.
- Hofstein, A.; Lunetta, V. The laboratory in science education: foundations for twenty-first century. **Science Education**, 88, p.28- 54, 2004.
- Mortimer, E.F.; Scott, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em ensino de Ciências**, 7 (3),p. 283-306, 2002.
- Stamovlasis, D.; Tsaparlis, G.; Kamilatos, C.; Papaoikonomou, D.; Zarotiadou, E. Conceptual understanding versus algorithmic problem solving: Further evidence from a national chemistry examination. **Chemistry Education Research and Practice**, 6(2), 104-118, 2005.
- Suart, R.C.; Marcondes, M.E.R. As habilidades cognitivas manifestadas por alunos de ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, 2008.
- Suart, R.C.; Marcondes, M.E.R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Revista Ciências e Cognição**, v. 14 (1), p. 50-74, 2009.
- Tamir, P. How are the laboratories used? **Journal of Research in Science Teaching**, 14 (4), p. 311-316, 1977.
- Teixeira, O.P.B.; Monteiro, M.A.A. Uma análise das interações dialógicas em aulas de ciências nas séries iniciais do ensino fundamental. **Investigações em Ensino de Ciências**, 9 (3), p. 243-263, 2004.
- Watson, R.; Prieto, T.; Dillion, J. S. "The Effect of Practical Work on Students Understanding of Combustion". **Journal of Research in Science Teaching**. 32 (5), p. 487-502, 1995.
- Zambom, D.M. **Energia térmica envolvida nas transformações químicas endotérmicas e exotérmicas – idéias de um grupo de estudantes de ensino médio**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, USP, São Paulo, 2005.
- Zoller, U.; Pushkin, D. Matching higher-order cognitive skills (HOCS) promotion goals with problem-based laboratory practice in a freshman organic chemistry course. **Chemistry Education Research and Practice**, 8 (2), p. 153-171, 2007.
- Zoller, U. Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. **Journal of Chemical Education**, 70 (3), p.195-197, 1993.