



## **O uso dos conceitos de elemento e substância por estudantes do ensino fundamental: uma perspectiva de análise sociocultural**

The use of the concepts of element and substance by secondary school students: a socio-cultural approach

**Nilma Soares da Silva**

Universidade Federal de Minas gerais  
nilmasoares@yahoo.com.br

**Orlando Aguiar**

Universidade Federal de Minas gerais  
orlando@fae.ufmg.br

### **Abstract**

This paper discusses the use of the concepts of substance and chemical element by eight grade students in a private school in Belo Horizonte. Data comes from classroom episodes, in different moments of a teaching sequence recorded in video, in which we identify an evolution in the use by the students of such concepts. The reason of this research is the difficulty in giving an understandable definition of such concepts in elementary level and the evidence that students do not discriminate them properly, even in high school. In addition, these two concepts give grounds for students' initiation in the chemical way of talking and thinking. Supported by Vygotsky and Bakhtin we examine the process of conceptual development as mediated construction of meanings. The aims of this paper is to analyze how 8<sup>th</sup> grade students comes to appropriate of such concepts in a socio-constructivist teaching approach. The analysis reinforces the importance of alternating dialogic and authoritative discourse for the conceptual development of the students.

**Keywords:** conceptual development; language and cognition; chemical teaching

## Resumo

Esse artigo examina o uso dos conceitos de substância e elemento químico por estudantes de 8º ano do nível fundamental de uma escola da rede particular de ensino. Os dados analisados são extraídos de episódios de ensino, em diferentes momentos de uma seqüência de ensino gravada em vídeo, por meio da qual se indica uma evolução nos usos, por parte dos estudantes, desses conceitos. A pesquisa é motivada pela dificuldade em se oferecer uma definição compreensível de tais conceitos a nível elementar e pela constatação de seu uso indiscriminado pelos estudantes, mesmo no ensino médio. Além disso, esses conceitos são essenciais e oferecem marcos para iniciar os estudantes nos modos de pensar e falar da química. Apoiados em Vygotsky e Bakhtin, examinamos esse processo de construção e uso de conceitos enquanto produção mediada de sentidos. Pretendemos, assim, analisar como e em que medida os estudantes do 8º ano do ensino fundamental vão se apropriando desses conceitos em abordagem de ensino sócio-construtivista. A análise permite afirmar a importância da alternância entre discurso dialógico e discurso de autoridade para o processo de elaboração conceitual.

**Palavras chave:** formação de conceitos; linguagem e cognição; ensino de química.

## Introdução

O uso indiscriminado dos termos elemento químico e substância pelos estudantes dos níveis fundamental e médio tem mostrado que a compreensão destes não tem ocorrido de maneira adequada na educação básica. Como conceitos estruturadores do pensamento químico (Lima e Silva, 2005), elemento e substância são de difícil definição em nível elementar, pois qualquer tentativa de definir tais conceitos é carregada de uma teoria que compartilha a compreensão de significados abstratos. Desenvolver a compreensão a respeito de materiais não envolve apenas tomar consciência da ampla gama de diferentes materiais, mas também tomar consciência de que todos eles são constituídos por um conjunto limitado de elementos combinados em diferentes proporções.

As questões centrais que orientam esta pesquisa são: Como os estudantes de 8º ano do ensino fundamental vão se apropriando dos conceitos de elemento químico e substância, mesmo sem contar com a definição operacional dos mesmos? Quais as contribuições da teoria sociocultural para estudos sobre formação dos conceitos de elemento químico e substância em sala de aula de ciências?

## Referencial teórico

Partimos da distinção entre a apresentação de uma definição e o processo, mais rico e complexo, de conceituação. Estudos sobre formação de conceitos científicos (OLIVEIRA, 1999; DRIVER et al, 1994; LIMA, AGUIAR e MARTINS, 2005), indicam que as definições constituem uma etapa tardia no desenvolvimento de conceitos e que o desenvolvimento de conceitos científicos envolve o reconhecimento, pelos estudantes, dos contextos que demandam seu uso para o entendimento do mundo. Considera-se, ainda, que o processo de formação de conceitos científicos consiste no desenvolvimento de formas específicas de falar sobre e com o mundo, modos de dizer que carregam significados e relações com outros conceitos.

Compartilhamos com Vygotsky (1991), a idéia de que o desenvolvimento do significado das palavras exige o desenvolvimento de funções mentais superiores, tais como atenção voluntária, memória lógica, abstração e capacidade para comparar e diferenciar. Dessa forma, argumenta Vygotsky, o significado das palavras é socialmente construído. Como consequência para o ensino parece ser importante propiciar interações sociais que favoreçam a discussão dos conceitos e a inserção dos mesmos em sistemas mais amplos de relações (FURLANI, 2003). Apoiamos-nos também nas contribuições de Bakhtin (1997) sobre o uso da linguagem em ambientes socioculturais específicos. Tal abordagem permite tratar a produção discursiva como função dos contextos sociais, imediatos ou mais distantes. Dessa forma, o uso da linguagem cotidiana e científica na sala de aula nos coloca diante dessas diferentes “vozes”, expressando diferentes linguagens sociais.

Vygotsky (1991) inaugura uma tradição de pesquisa sócio-interacionista na psicologia da aprendizagem e do desenvolvimento com fortes implicações para a educação. Segundo esta tradição, os conceitos científicos são construídos quando os indivíduos se engajam socialmente em conversações e atividades sobre problemas e tarefas nas quais tais conhecimentos se mostram necessários, num processo dialógico em que estão presentes, com muita frequência, outros modos de dizer e pensar sobre o mundo. Amparados nessa tradição, Driver e colaboradores (1994) afirmam que o desafio para a educação em ciências está em ajudar os estudantes a se apropriarem dos modelos científicos, reconhecendo os seus domínios de aplicabilidade e o modo de usá-los. Para esses autores, uma maneira importante de introduzir os estudantes em uma comunidade de conhecimentos é através do discurso no contexto de tarefas relevantes.

## Metodologia

É nesse contexto de construção social de significados que se situa essa pesquisa, na qual se pretende examinar o uso dos conceitos de elemento químico e substância entre estudantes do 8º ano do ensino fundamental enquanto construção mediada de sentidos. Numa perspectiva histórico-cultural do desenvolvimento humano, consideramos o processo de conceitualização como uma prática social mediada pela palavra e pelo outro (FONTANA, 2000). Dessa forma, procuramos identificar como a prática educativa escolar mediatiza as elaborações conceituais dos estudantes e o seu desenvolvimento. Para isso, adotamos como referencial teórico-metodológico as idéias defendidas originalmente por Vygotsky e Bakhtin, interpretadas e ampliadas por muitos outros autores contemporâneos (WERTSCH, 1998; MORTIMER e SCOTT, 2003; FONTANA, 2000).

## Caracterização da amostra

A pesquisa foi realizada em escola da Rede Particular de Ensino e na sala de aula de um professor que constrói um ambiente de aprendizagem compatível com os referenciais teóricos aqui adotados e que, portanto, apresenta um estilo de ensino que favorece as discussões e participação dos estudantes em inúmeras atividades. O livro didático adotado (APEC, 2003) é uma coleção inovadora no campo da educação em ciências e o professor faz o uso refletido e comprometido das inúmeras atividades que apresenta, além da mediação nas leituras em sala de aula. A escola adota a coleção desde 2004, sendo que a turma de 8º ano escolhida para a coleta de dados a utiliza desde o 6º ano. Nessa turma, os estudantes têm entre 12 e 13 anos. A escola mantém estreitos vínculos com a Universidade na medida em que permitiu anteriormente a entrada de outros pesquisadores em sala de

aula e tem atendido com frequência estagiários de cursos de licenciatura e pedagogia. A participação da pesquisadora é intencionalmente uma parceria que pretende auxiliar o professor e ao mesmo tempo obter dados para a pesquisa. O professor é licenciado em Física pela UFMG em 1999 e vem trabalhando com ciências no nível fundamental há sete anos.

A escolha em acompanhar, nesta pesquisa, a sala de aula de uma turma de 8º ano se deu devido à concentração de atividades que lidam com os conceitos de substância e elemento químico na coleção didática adotada. Acompanhamos a unidade “As transformações dos materiais” composta de dois capítulos - “Os Minerais e a Vida” e “Compreendendo as reações químicas”. O estudo dos minerais na nutrição serve como contexto para a introdução do conceito de elemento químico e das relações entre elementos químicos e substâncias. Para tanto, discute-se a presença de alguns elementos químicos no nosso corpo e como passam a fazer parte dele, introduzindo o ciclo do cálcio e de outros elementos químicos. Por sua vez, o estudo das reações químicas oferece rico contexto de aplicação e desenvolvimento desses conceitos, além da discussão sobre a ocorrência e caracterização de reações químicas.

## Referencial Adotado na Análise dos Dados

Para a análise dos dados adotamos o conceito de abordagem comunicativa (Mortimer e Scott, 2003) que fornece a perspectiva sobre como o professor trabalha as intenções e o conteúdo do ensino por meio das diferentes intervenções pedagógicas. Nesta abordagem os autores caracterizam a abordagem comunicativa através do discurso estabelecido entre alunos e professor e entre alunos. Esse discurso então pode se constituir em duas dimensões: discurso dialógico ou de autoridade e discurso interativo ou não interativo. De acordo com esses autores:

*“ (...)quando esse trabalho é desenvolvido, a abordagem do professor pode ser caracterizada ao longo de duas dimensões. A primeira pode ser caracterizada como um contínuo entre dois pólos extremos: o professor considera o que os estudantes têm a dizer do ponto de vista do próprio estudante; ou o professor considera o que o estudante tem a dizer apenas do ponto de vista da ciência escolar. A primeira dessas posições é chamada de abordagem comunicativa dialógica – mais de um ponto de vista é considerado e idéias são exploradas – e a segunda, abordagem comunicativa de autoridade – apenas um ponto de vista é considerado.” (MORTIMER E SCOTT, 2003)*

A segunda dimensão de análise dos autores se volta para a interatividade, definida em termos da participação dos estudantes na interação verbal com professores. O discurso é considerado interativo quando mais de uma pessoa participa de sua elaboração e não-interativo quando apenas uma pessoa o produz.

Em nossa análise caracterizamos o discurso nos episódios escolhidos indicando a perspectiva de como o professor trabalha com os estudantes para desenvolver as idéias na sala de aula de ciências. O quadro a seguir mostra as combinações possíveis entre as dimensões dialógica e de autoridade e interativo e não interativo, que podem gerar quatro classes de abordagem comunicativa. Estas abordagens podem se relacionar ao papel do professor ao conduzir o discurso da classe, mas também podem se aplicar para caracterizar as interações que ocorrem apenas entre estudantes.

<b>DISCURSO</b>	<b>INTERATIVO</b>	<b>NÃO-INTERATIVO</b>
<b>DIALÓGICO</b>	<i>Interativo / Dialógico</i>	<i>Não-interativo / Dialógico</i>
<b>DE AUTORIDADE</b>	<i>Interativo / de autoridade</i>	<i>Não-interativo/ de autoridade</i>

Quadro 1: Quatro classes de abordagem comunicativa (Mortimer e Scott, 2003)

## Descrição e análise dos dados

A coleta de dados ocorreu durante três meses com a frequência de três aulas de ciências por semana. Ao todo foram filmadas trinta e seis aulas referentes à unidade 1 da coleção didática. Alunos e professor receberam nomes fictícios e os trechos escolhidos para análise se destacaram devido ao papel que desempenham na seqüência de ensino. Esses trechos foram transcritos e a análise foi realizada juntamente com a ajuda das imagens, o que nos ampliou as possibilidades de obter informações sobre as dinâmicas discursivas estabelecidas nesta sala de aula.

Para esse artigo, escolhemos analisar duas passagens de aulas diferentes. As aulas 4 e 5, iniciando o capítulo 1 e as aulas 18 e 19, nas quais o professor retoma as idéias do capítulo e corrige uma prova. Nessas aulas, o mesmo estudante (Rafael<sup>1</sup>) expõe suas idéias acerca da possibilidade da ingestão de ferro metálico (retirado do pé de uma cadeira) para suprir as necessidades desse mineral no nosso organismo. Nas aulas 1, 2 e 3 o professor abriu o capítulo discutindo com os estudantes o ciclo do fósforo, representado através de um esquema ilustrado no livro didático, em que se apresentam as variadas ocorrências desse elemento químico nos ambientes e cadeias alimentares. Na primeira aula aqui analisada (quarta aula da seqüência), os estudantes levaram os resultados de uma pesquisa solicitada pelo professor em que deveriam verificar, nos rótulos dos alimentos industrializados que eles consomem, a presença dos componentes listados nas questões propostas. Na aula anterior, o professor havia levado vários rótulos de alimentos e os estudantes foram solicitados a analisá-los buscando dados para responder às mesmas questões propostas. Os estudantes, em grupos, fizeram parte da atividade em sala e a concluíram em casa individualmente. O episódio analisado refere-se à discussão coletiva dessa mesma atividade.

As questões propostas na tarefa foram:

1. Anote a composição do produto indicada no rótulo.
2. Verifique se o rótulo indica a presença de carboidratos, proteínas, gorduras e vitaminas.

<sup>1</sup> Adotamos nomes fictícios para referir aos alunos.

3. Verifique se o rótulo indica a presença de sais minerais, tais como cálcio, ferro, fósforo, sódio e potássio.
4. Discuta com seus colegas: quais seriam as funções dos sais minerais em nosso organismo?

Cabe destacar que a terceira questão dessa atividade pode reforçar a indiferenciação entre elemento químico e a forma pela qual esse elemento se encontra nos sais minerais presentes nos alimentos que ingerimos. A pergunta deveria se referir “a presença de sais minerais de cálcio, ferro, fósforo, sódio e potássio”. Lembramos que o conceito de elemento químico não havia sido ainda apresentado e a atividade pretendia justamente fornecer contexto para seu desenvolvimento. No desenrolar da atividade em sala de aula, o professor não manifestou estranheza com relação ao enunciado da questão 3.

### O primeiro episódio: o ferro do pé da cadeira

Apresentamos aqui parte da transcrição<sup>2</sup> que compõe o primeiro episódio analisado, na qual alunos e professor participam de uma discussão sobre o ferro presente nos alimentos. Algumas questões envolvem a discussão sobre a origem do ferro dos alimentos e em qual forma ele é ingerido e absorvido pelo nosso organismo. O episódio registrado a seguir é um momento dessa discussão, que ocorre com intensa participação dos estudantes que, muitas vezes, falam ao mesmo tempo. O professor tenta organizar o debate e destaca, para discussão com a classe, o comentário feito pelo aluno Rafael, sobre a ingestão de terra como meio de obter sais minerais.

- 1.Rafael: *Professor, eu acho que se comer terra faz bem. ((muitos falam ao mesmo tempo, mas a fala do aluno se destaca entre as demais))*
- 2.P: *Vamos explorar essa idéia. Eu acho que na aula passada eu devo ter falado alguma coisa assim, sais minerais compõem o solo, não falei?*
- 3.Alunos: *falou!*
- 4.P: *Gente então a idéia do Rafael não é tão ruim assim, será que se a gente comer terra resolve a nossa necessidade de sais minerais? ((os alunos riem))*
- 5.A?: *Eu já comi terra. ((inaudível, vários alunos falam ao mesmo tempo))*
- 6.P: *Vocês estão falando dos micro-organismos que estão no solo, as bactérias podem fazer mal? Mas será que é só isso então, que se eu só comesse terra resolvia meu problema de sais minerais?*
- 7.Geraldo: *((inaudível, ele tenta explicar mas há muito ruído na sala, pois outros alunos respondem ao mesmo tempo))*

---

2 Para os dois episódios analisados, utilizamos os símbolos **P**, para professor, **A?** para aluno não identificado, **Alunos**, quando muitos falam e, para alunos específicos, nomes fictícios. Apresentamos a transcrição por turnos de fala que estão numerados e alternam entre professor e alunos. Acrescentamos, ainda, comentários contextuais entre duplo parêntesis e itálico.

- 8.P: *Mas a planta tem essa capacidade, e a gente não tem não?*
- 9.Geraldo: *Temos só que menor, eu acho que tipo, menor quantidade.*
- 10.P: *Mas olha só o Geraldo está falando o seguinte: A planta tem a capacidade de pegar os sais minerais do solo e pegar o que ela precisa e o que ela não precisa, eu tô perguntando para ele, será que nós, humanos, temos essa capacidade de comer terra e aproveitar...?*
- 11.A?: *não, comer terra não. ((intensa participação da classe, vários alunos falam e outros levantam a mão))*
- 12.P: *Calma, vou ouvir todos, primeiro a Luana;*
- 13.Luana: *Mas a planta pega só o que precisa, a gente não teria essa capacidade, de pegar as coisas boas. ((muitos alunos tentam explicar ao mesmo tempo))*
- 14.P: *Mas isso é uma coisa que tem que ser analisada, por exemplo, vocês sabem que o pé dessa mesa é feito de ferro, e o ferro é um dos sais minerais que a gente listou no alimento? ((o professor mostra o pé da mesa))*
- 15.A?: *É.*
- 16.P: *Será que se eu comer um pedacinho de pé de mesa eu resolvo meu problema de ferro?*
- 17.A?: *Não!!! Tem que estar de forma comestível.*
- 18.P: *De forma comestível? Explica isso.*
- 19.Rafael: *se você fizer poeirinha com isso e comer aí não vai ser tão duro.*
- 20.P: *Ahhh! Se eu raspasse esse pé aqui e comesse esse pé raspado... Como é que é? Esse pé aqui da mesa não saiu da terra não? ((o professor mostra novamente o pé da mesa))*
- 21.A?: *Acho que não.*
- 22.P: *O que vocês acham? Esse ferro aqui não saiu da terra?*
- 23.A?: *Saiu sim! Saiu da onde então?*
- 24.Geraldo: *É uma coisa que a gente já está adaptado a comer.*
- 25.P: *Você está falando que o organismo está adaptado a algumas substâncias e a outras não. Então o ferro, esse ferro de pé de mesa não? Mas e o ferro que estava lá na torrada, desculpa, o que que tinha ferro? Fala pra mim.*
- 26.A?: *Pipoca de microondas.*
- 27.P: *Pipoca de microondas? Feijão preto? Mas será que este ferro que está no feijão ou na pipoca é diferente desse ferro aqui? ((o professor mostra novamente o pé da mesa))*
- 28.A?: *((inaudível, muitos alunos tentam responder))*

- 29.P: *Quem acha que é o mesmo ferro?*
- 30.Rafael: *É mas eu acho que é em menor quantidade.*
- 31.P: *Ok, está em menor quantidade. Muita pergunta e pouca resposta, né?*
- 32.Luana: *De onde vem esse ferro daqui? O ferro dos alimentos. ((a aluna mostra o caderno no qual fez as anotações dos rótulos de alimentos))*
- 33.P: *Vamos tentar responder a pergunta da Luana.*
- 34.Samuel: *do milho*
- 35.Luana: *Não to falando do ferro não só da pipoca, porque tem outros alimentos com ferro. ((a aluna fala para o Samuel))*
- 36.A?: *Ué, do solo.*
- 37.Samuel: *o milho nasceu da terra...*
- 38.Luana: *como é que o ferro ia nascer assim do chão sei lá. ((todos prestam atenção na Luana))*
- 39.Samuel: *Vem do animal morto que cai na terra.*
- 40.A?: *Risos.*
- 41.P: *O ferro tem um ciclo semelhante aquele do fósforo. Você está lembrada? Então ele está presente no solo, aí a planta acaba absorvendo, esse ferro que vai parar lá no milho, o grão de milho vira pipoca e então a Luana vai comer a pipoca. Aí o ferro passa a fazer parte da Luana.*
- 42.A?: *Ai a Luana vira defunto e...*
- 43.A?: *Risos.*
- 44.P: *É um jeito de o ferro voltar para o solo.*
- 45.Luana: *então ferro é o que? Sei lá, é um pozinho? Um liquidinho?*

No episódio, o discurso do professor é dialógico e a participação dos estudantes marca um modo característico desse professor interagir com seus alunos. Muitas perguntas e poucas respostas são uma característica da aula, propositalmente conduzida desta forma, pelo fato de ser uma aula de início do capítulo. Nela o professor pretendia buscar, nas falas dos estudantes, idéias e formas de raciocínio a respeito do assunto que seria foco das aulas posteriores. Portanto, o propósito do professor, nessa aula é o de problematizar o conteúdo e explorar as visões que os alunos têm a respeito dele.

Podemos reconhecer nesse primeiro episódio, aspectos apontados por Scott et al (2006) como representativos da abordagem comunicativa interativa e dialógica, tais como: alto grau de interanimação de idéias, debate livre na sala de aula, espaço aberto para a exposição de idéias, trabalho cooperativo, iniciações e perguntas feitas por estudantes, relações mais simétricas entre os participantes e a inexistência de comentários avaliativos



por parte do professor. Tal caracterização é bastante evidente, sobretudo no início do episódio (turnos 1 a 12).

Algumas idéias são desenvolvidas nesse trecho da aula, dentre as quais se destaca a idéia de ciclo. Inicialmente, a participação do aluno Rafael é marcante, pois inicia a discussão sobre a forma com que o ferro, identificado como um sal mineral importante para o nosso organismo, passa a fazer parte da constituição do nosso corpo. O professor dá voz ao aluno, considerando a importância da discussão, pois o conceito de elemento químico e de substância poderia começar a fazer parte do vocabulário dos estudantes.

Além da idéia de ciclo, os estudantes questionam sobre a forma de absorção do ferro pelas plantas e pelo homem. Alguns acreditam na capacidade que as plantas têm de absorver do solo somente o que é necessário para a sua nutrição, mas não conseguem estabelecer uma comparação com o modo de nutrição humano. Outros parecem acreditar também que tudo que está no solo é sal mineral e que comer solo poderia fazer bem, pois esse seria fonte de ferro, o mineral em questão.

No turno 16, o professor introduz a questão sobre a possível diferença entre o ferro que constitui o pé da mesa e o ferro presente no solo. Esta é uma importante discussão que fundamenta a compreensão sobre a natureza da matéria e as propriedades apresentadas por ela quando formada por diferentes substâncias. A pergunta do professor é intencional, para promover a discussão sobre as diferentes formas de se encontrar o ferro, ou seja, a questão proposta aos estudantes é: o ferro metálico é o mesmo ferro presente no solo? A intenção é de que os estudantes compreendam que o elemento químico é o mesmo, mas apresenta-se na forma metálica ou, ainda, combinado a outros elementos formando as substâncias presentes nos alimentos.

No turno 19, o estudante Rafael apresenta uma hipótese de que a forma comestível para o ferro pode ser obtida transformando-o em uma “poeirinha”, provavelmente por ser considerada mais própria para a ingestão. Mais uma vez, o professor questiona sobre a forma em que se encontra o ferro nos alimentos (turno 20) contrapondo com o ferro do pé da mesa. Os estudantes participam da discussão (turnos 21 a 30) buscando respostas, apresentando suas idéias e refletindo sobre colocações dos colegas. No turno 30, após a insistente pergunta do professor sobre a comparação entre o ferro do pé da cadeira, metálico, e o ferro presente nos alimentos, o estudante Rafael retoma a sua idéia de igualdade, mas acrescenta que, nos alimentos, o ferro se encontra em menor quantidade.

O episódio termina com a discussão sobre ciclo e com a insistente busca por respostas pela estudante Luana, que, nessa aula, ainda não se deu por satisfeita, apesar da tentativa do professor em responder às suas solicitações (turno 41). O professor retoma a idéia de ciclo discutida inicialmente, buscando reformular algumas respostas dos estudantes e conferir legitimidade e autoridade à discussão. Embora predominantemente dialógica, vemos ao final do episódio a tentativa do professor em legitimar uma linha de raciocínio e um certo ponto de vista dentre aqueles que foram apresentados pelos estudantes ou introduzidos pelo ensino (como o ciclo do fósforo, citado por ele).

Os conceitos de elemento e substância não aparecem explicitamente neste episódio. Tal fato se justifica por ser esta uma aula introdutória, cujo propósito principal era de explorar e problematizar as idéias iniciais dos estudantes sobre os minerais presentes nos alimentos a partir da leitura dos rótulos de composição alimentar. Isso explica ainda a ausência de definições previamente estabelecidas ou introduzidas pelo professor e, ainda, a ausência de um fechamento dos temas tratados nessa aula.

## Segundo episódio: revisão e correção da prova

Este episódio foi extraído das aulas 18 e 19. Nessas aulas o professor faz uma revisão do conteúdo trabalhado até então. Nas aulas entre os dois episódios aqui analisados, ocorreram discussões sobre o ciclo do cálcio e de outros minerais, a presença e a carência de minerais no organismo humano, introdução à tabela periódica e evidências de reações químicas. Nessas aulas o professor utilizou-se de estratégias de ensino que variaram entre aulas expositivas, execuções e correções de exercícios, atividades práticas em grupos, atividades demonstrativas, atividades com massinha, atividades de interpretação de texto em duplas e uma prova.

A decisão pela revisão se deu devido à identificação das dificuldades apresentadas pelos estudantes ao responderem às questões da prova aplicada. O professor preparou slides com modelos de partículas para mostrar a constituição de diferentes substâncias. O propósito dessa aula era sistematizar a diferença entre elemento, substância e mistura considerada insatisfatória pelo professor nas respostas dadas pelos estudantes às questões da prova.

- 1.P: *A coisa do ferro, Geraldo. ((o professor retoma uma pergunta feita anteriormente pelo aluno)) E as substâncias metálicas? O que eu estou chamando de substâncias metálicas, ferro metálico, cobre metálico, zinco metálico, aço, latão, etc., nessas substâncias um ou mais elementos estão ilustrados em estruturas como eu vou mostrar a seguir: ((o professor mostra slides com modelos de partículas, reproduzidas no telão para toda a classe)) Olha como os cientistas imaginam que é o pé da cadeira de vocês, diversos átomos de ferro empilhados e organizados. Vamos fazer uma diferenciação aqui, lá ((nos slides anteriores)) tem substâncias que chamamos de substâncias moleculares eu pegava, um oxigênio, outro oxigênio e formava uma molécula, mas tem uma diferença para o pé da cadeira, no pé da cadeira não tem uma estrutura que eu possa chamar de molécula, é um tanto de átomos do mesmo tipo todos enfileirados, empilhados, formando o ferro.*
- 2.Rafael: *Mas professor...*
- 3.P: *Aí não tem jeito de eu falar molécula de ferro, molécula do pé da cadeira, cadê molécula? Os átomos estão todos empilhados.*
- 4.Rafael: *Você não vai poder falar que esta molécula tem tantos de ferro, tantos e tantos de negócio, agora tem um tanto de átomos.*
- 5.P: *Certo, agora o que pode acontecer é como o aço, o aço é uma mistura de átomos de ferro com átomos de carbono, então o desenho não seria muito diferente não, mas entre um átomo de ferro e outro, tem um átomo de carbono, isso é o aço. Deu para entender? Muito bem.*
- 6.P: *Então, Geraldo e o resto da turma, tinha uma questão na prova assim: por que não podemos comer o pé da cadeira pra resolver o problema de ferro ou pra suprir as necessidades diárias de ferro?*
- 7.A?: *iii, já erreí.*

- 8.P: *O nosso organismo, e o texto falava sobre isso, consegue absorver o ferro presente nas substâncias, mas se eu comer um pedaço de ferro o organismo não vai conseguir absorver esse ferro, esse ferro metálico, ou esse ferro organizado desta maneira.*
- ((Terminam os slides e o professor entrega a prova))*
- 9.Luana: *Deixa eu ler?*
- 10.P: *Deixo, espera só um pouquinho Valéria, atenção a Valéria vai ler a questão dois e a gente vai conversar um pouquinho sobre a questão, Valéria pode ler:*
- 11.Valéria: *((lê a questão da prova em voz baixa)) É possível meu organismo obter um elemento que eu não obtive na minha alimentação? ((o professor lê novamente a questão em voz alta))*
- 12.A?: *Não*
- 13.P: *Por que não?*
- 14.A?: *Porque elementos formam substâncias.*
- 15.P: *Porque elementos formam substâncias, mas onde eu consigo elementos?*
- 16.A?: *Na natureza.*
- 17.P: *Na natureza, explica melhor.*
- 18.A?: *((Inaudível, todos falam ao mesmo tempo))*
- 19.P: *Peraí, Geraldo leia a sua resposta.*
- 20.A?: *((Geraldo começa a ler, em voz alta, sua resposta à questão)): os elementos não podem ser criados em outros que não foram absorvidos pelo organismo, cada elemento tem seu ciclo e pode se misturar com outros elementos, mas não formam outros elementos.*
- 20.P: *Ótimo, me empresta aqui Geraldo.*
- 21.P: *Resposta dois. (( o professor lê novamente a resposta do Geraldo)): Os elementos químicos - resposta do Geraldo: os elementos não podem ser criados em outros que não foram absorvidos pelo organismo, cada elemento tem seu ciclo.*
- 22.P: *No livro, a gente viu isso, no livro tinha o ciclo do fosfato, o cálcio também tem no livro, então cada elemento tem seu ciclo, então o organismo não pode criar esse elemento do nada, ele tem que conseguir na alimentação. Eu tenho que pegar esse elemento em algum ponto do ciclo do elemento, tudo bem?*
- 23.P: *Vamos para a questão 3: É possível o organismo produzir novas substâncias a partir de elementos presentes nas substâncias que compõem os alimentos?*
- 24.P: *Vamos deixar a Luana tentar, Geraldo. Muito bem, o organismo não pode produzir elementos, ele tem que adquirir em outro lugar,*

*da alimentação, mas e substâncias? O organismo pode criar novas substâncias? Sim? Não?*

- 25.A?: *Pode.*
- 26.P: *Pode? Quem dá um exemplo? Tem muitos exemplos aí ((o professor mostra o livro)) escritos, é só vocês lerem o que está aí. Olha, se eu quebro um osso do meu braço, esse osso depois de um tempo não vai crescer novamente? E fechar a fratura?*
- 27.A?: *Vai.*
- 28.P: *Vai né? Então eu não formei mais osso? Então eu formei uma nova substância a partir do cálcio que eu peguei no leite. Então pronto, o organismo consegue formar substâncias para formar osso.*
- 29.A?: *Depende do quebrado, se você deslocar muito ele não vai conseguir voltar mais.*
- 30.P: *É claro, nem precisa quebrar o osso, a gente não nasce deste tamanho e hoje não estou deste tamanho? Meus ossos cresceram, e onde meu organismo conseguiu mais cálcio para fazer mais osso?*
- 31.A?: *No cálcio*
- 32.P: *Nos alimentos que eu comi. Não só o cálcio, mas também outros.*  
*((os alunos perguntam sobre notas e o professor explica; trecho não transcrito da aula))*
- 33.A?: *((O aluno lê outra questão da prova))O ferro, zinco e o cobre são encontrados na natureza de forma apropriada para construir ferramentas?*  
*Justifique sua resposta.*
- 34.P: *Então se sair por aí, eu vou achar pedacinhos de ferro, zinco ou cobre, prontinho para fazer cadeira, martelo ou fio elétrico?*
- 35.A?: *Não.*
- 36.P: *Não. Muito bem André, o que que eu acho na natureza então?*
- 37.A?: *Minério.*
- 38.P: *Isso, eu acho minério de ferro, minério com cobre, minério com alumínio, e assim por diante, então eu tenho que pegar esse minério e fazer o material metálico. Tenho que pegar esse minério de ferro e fazer ferro metálico. Como é que está o ferro metálico? É só voltar no slide aqui olha ((o professor volta ao slide que apresenta o modelo de partículas para o ferro metálico)). Estão lembrados do átomo de ferro né? Eu não acho átomos de ferro organizadinhos assim, eu tenho o minério de ferro, por exemplo:  $Fe_2O_3$ , é o minério de ferro, está vendo que eu falei uma fórmula? Então, eu estou me remetendo a uma substância, que substância é essa? Não é um elemento. Que substância é essa? Então tem ferro e oxigênio, lá na indústria metalúrgica o que eles vão fazer é pegar só o ferro do*

*Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e fazer isto aqui (( mostra novamente o slide)) para fazer o pé da cadeira, deu para entender?*

39. *Rafael: Professor faço idéia de quantos Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> são necessários para fazer o pé da cadeira.*
40. *P: Não é, quantas substâncias de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> existem para fazer tanta cadeira.*
41. *P: É... bom, leia a B, que a gente vai responder.*
42. *Samuel: ((o aluno lê a questão)) Podemos suprir nossas necessidades de ferro comendo um pedaço da cadeira?*
43. *P: O que você respondeu?*
44. *Samuel: Não, pois nosso organismo não precisa de tanto ferro.*
45. *P: Não é bem isso.*
46. *Samuel: Não é totalmente certo, mas a idéia era essa.*
47. *P: Não é por isso que eu não posso comer um pedaço de ferro.*
48. *Rafael: Não, da maneira que o ferro está ((no pé da cadeira)) não permite que nosso organismo absorva ele.*
49. *P: Exato. No finalzinho do texto tinha uma frase assim: O organismo não absorve o ferro metálico, o organismo só consegue absorver outras substâncias que contêm ferro, substâncias que estão presentes na nossa alimentação. Então se meu organismo não consegue absorver o ferro metálico, não adianta eu comer um pedaço de ferro.*

Neste episódio o uso dos termos átomo, molécula, elemento e substância é bastante explorado pelo professor. Esse uso intensificou-se a partir do primeiro episódio descrito nesse artigo, o que representa a intenção do professor em fazer com que os estudantes utilizem esses conceitos adequada e progressivamente.

O aluno Rafael participa da aula e mostra um outro nível de compreensão em relação ao primeiro episódio enquanto que outros alunos ainda apresentam dificuldades em relacionar a constituição do material com a presença de átomos, elementos, substâncias ou moléculas. No turno 4, Rafael acompanha o professor e a sua fala indica a compreensão sobre a diferença entre um material constituído por moléculas e outro, como o ferro metálico, constituído por átomos.

No turno 11, o professor corrige uma questão da prova sobre a possibilidade do nosso organismo obter um elemento que não existe em nossa alimentação. Os estudantes afirmam que não é possível, pois os elementos formam as substâncias que passam a fazer parte do nosso organismo. O professor dá continuidade e pergunta de onde vêm os elementos. Os estudantes afirmam que vêm da natureza. A idéia de ciclo aparece novamente, fato que indica uma boa utilização do conceito. O professor retoma a resposta dada por um estudante (turno 21) e a repassa para a turma considerando-a uma boa resposta. Cabe ressaltar aqui que, para a pergunta que aparece no turno 11, esperava-se mesmo uma resposta negativa, desconsiderando, nesse momento da discussão, a

possibilidade de absorção de elementos químicos ou substâncias por outros meios, como através da respiração, por exemplo.

No turno 22, o professor dá um fechamento lembrando os ciclos já estudados e passa para a próxima questão na qual a discussão gira em torno da possibilidade do organismo produzir novas substâncias a partir de elementos químicos presentes nas substâncias que compõem os alimentos. O professor retoma a conclusão anterior da impossibilidade de criar novos elementos químicos, mas, agora, pergunta se isso não seria possível no que se refere às substâncias (turno 24). Os estudantes respondem e concordam com a possibilidade de formar novas substâncias e o professor prossegue (turnos 26 a 32) pedindo exemplos. Volta então ao ciclo do cálcio e usa, como exemplos, a reconstituição de fraturas e o crescimento de ossos.

Uma outra questão é discutida (turno 33), relativa ao modo como se encontram na natureza os elementos químicos ferro, zinco ou cobre. “*Eles já estão prontos para fazer cadeira, martelo ou fio elétrico?*” Os alunos consideram que não é possível encontrar pedaços de metais prontos para a confecção de objetos. A discussão prossegue com a identificação da origem desses metais a partir do minério, presente na natureza (turno 37). O aluno Rafael faz um comentário a partir da explicação do professor considerando o quanto seria necessário usar de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  para fazer o pé da cadeira. Ressaltamos aqui a participação desse aluno, interessado desde o primeiro episódio na constituição do pé da cadeira. Percebemos que há um avanço na compreensão que ele faz da constituição do pé da cadeira e também da origem do ferro metálico (turno 39).

A pergunta final nos remete ao início do primeiro episódio, e novamente os alunos são questionados sobre a possibilidade de o organismo suprir as necessidades de ferro com a ingestão do ferro do pé da cadeira. O aluno Samuel lê a sua resposta (turnos 42 a 47) na qual considera que não é possível porque o nosso organismo não precisa de tanto ferro. Esta resposta indica a não compreensão da diferença entre o ferro metálico e aquele que faz parte das substâncias ingeridas a partir da alimentação. O professor indica que a resposta não é satisfatória e o aluno Rafael, mais uma vez responde indicando que da maneira que o ferro está no pé da cadeira, não é possível que o nosso organismo o absorva (turno 48).

Ao contrário do primeiro episódio, o professor assume um tom mais assertivo, centrado na perspectiva científica que foi desenvolvida nas aulas anteriores. Assim, além de oferecer estímulos para que os alunos apresentem seus argumentos (turnos 13 e 17) o professor organiza o debate propondo questões, marca idéias-chave (turnos 1, 22, 26, 38 e 49) e avalia sistematicamente a correção dos estudantes segundo a perspectiva científica (turnos 5, 20, 32, 36, 38, 40, 45 e 49). Trata-se, portanto, de uma abordagem comunicativa interativa e de autoridade, mas não autoritária.

## Conclusões e implicações

Retomando as questões que orientam esta pesquisa podemos refletir sobre a abordagem característica dos dois episódios apresentados e o desenvolvimento e a evolução do uso dos conceitos de elemento químico e substância pelos estudantes de 8º ano do nível fundamental investigados.

Os conceitos de elemento químico e substância fazem parte de um grande número de conceitos que apresentam sentidos variados no uso diário e até mesmo no uso científico.

Dessa forma, não se espera que a construção de sentidos únicos e inequívocos possa ser um ponto de partida do ensino e aprendizagem em ciências. A concepção de aprendizagem que ignora essa realidade está associada a um modelo de ensino por transmissão que se assenta na lógica da explicação acabada e que procura transferir conhecimentos prontos e cristalizados por meio de definições. Consideramos a complexidade da abordagem desses conceitos, nos níveis fundamental e médio, um fator que atribui dificuldades tanto para o professor quanto nas apresentações em livros didáticos.

No processo de ensino e aprendizagem é comum a memorização de definições, o que não garante a compreensão dos conceitos nelas envolvidos e muito menos de suas relações. Na verdade, os estudantes utilizam operacionalmente as definições introduzidas precocemente e não utilizam os conceitos de modo adequado. A definição, que deveria ser uma síntese, geralmente se torna o ponto de partida, o que compromete a aprendizagem dos conceitos.

Para Vygotsky, a palavra é instrumento para a formação de conceitos. A linguagem é o meio fundamental do pensamento e é indissociável da forma mais elaborada de pensamento: o pensamento verbal. Desse modo, de acordo com Vygotsky, estamos considerando que a construção de sentidos se dá na relação com os outros em ambientes sociais.

Acreditamos que a constituição de um ambiente de sala de aula caracterizado pelo espaço de socialização de idéias contribui para as atitudes dos estudantes diante do conhecimento escolar. Novos conceitos e idéias científicas estão em constante conexão com os interesses, experiências e conhecimentos dos estudantes. O professor procura focalizar as perguntas e falas dos estudantes no lugar de apenas respondê-las. Acreditamos que essa postura do professor pode auxiliar os estudantes no entendimento da ciência como empreendimento histórico e cultural (portanto, social) do homem.

Nesse contexto, o papel do professor torna-se determinante. Ao interagir com o educador, o estudante vai, aos poucos, internalizando o que é construído nas relações, de forma ativa, utilizando o seu próprio referencial. Inicialmente, palavras são repetidas, para mais tarde tornarem-se palavras próprias, o seu próprio ponto de vista (BAKHTIN, 1997). Para compreendermos essas relações, lançamos mão do conceito de mediação e da relação dialética entre linguagem e pensamento, discutidos por Vygotsky.

Nos episódios analisados identificamos dois contextos: no primeiro episódio, uma aula introdutória com a intenção, por parte do professor, de buscar nas respostas dos estudantes idéias representativas da presença de sais minerais nos alimentos e sobre a forma com que esses sais se apresentam e são absorvidos pelo organismo. Para o professor, as manifestações dos estudantes foram ativadoras para as discussões que predominaram nas próximas aulas. Já o segundo episódio é caracterizado pelo uso dos conceitos em um contexto em que as idéias científicas começam a fazer parte da linguagem dos estudantes.

Muitos estudantes continuam com as idéias iniciais, que indicavam a crença de que o ferro metálico presente no pé da mesa não seria adequado para a ingestão, devido à grande quantidade do elemento químico. Já outros, como o Rafael, desenvolvem uma compreensão mais sofisticada da constituição desse material e da impossibilidade de o organismo absorver o ferro na forma metálica.

Esta pesquisa ganha importância na medida em que pode auxiliar os professores no entendimento da dinâmica discursiva e as alternâncias entre discurso dialógico e de autoridade, evidenciados nos dois episódios examinados. O fato da questão introduzida

pelo aluno no primeiro episódio ser retomada em vários outros momentos da seqüência de ensino mostra o potencial desse tipo de participação na construção de sentidos no ensino de ciências (AGUIAR e MORTIMER, 2006) e, particularmente, na construção e uso de conceitos estruturadores, como elemento químico e substância.

O referencial teórico-metodológico utilizado nesta pesquisa caracteriza os episódios analisados dentro de uma dinâmica que considera a construção dos conceitos como um processo sócio-cultural, e, portanto histórico, ou seja, um processo interativo em que o professor atua como mediador no desenvolvimento do estudante na medida em que constrói com ele os conhecimentos científicos.

## Agradecimentos

Agradecemos ao CNPq, à escola, ao professor e aos alunos que permitiram a realização da pesquisa.

## Referências

- AGUIAR, O. G. MORTIMER, E. F. . As perguntas dos estudantes e seus desdobramentos no discurso das salas de aula de ciências. In: **X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2006, Londrina. Anais do X EPEF. v. 1.
- APEC. **Construindo Consciências**. São Paulo: Editora Scipione, 2003.
- BAKHTIN, M. **Estética da criação verbal**. São Paulo: Martins Fontes, 1997.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E. e SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v.23,n.7,p.5-12, 1994.
- FONTANA, R. C.. **Mediação pedagógica na sala de aula**. Campinas, SP: Autores associados,2000.
- FURLANI, J. M. S. **A apropriação de um novo currículo de química na prática de sala de aula**. Belo Horizonte: UFMG/ FaE, 2003.
- LIMA, M E C. C., SILVA, N. S. **A química no ensino fundamental: uma proposta em ação. 28 RASBQ: Propostas atuais de ensino de química na Educação Básica do Brasil**. Workshop da Divisão de Ensino da SBQ. Poços de Caldas, 2005.
- LIMA, M.E., AGUIAR, O. MARTINS, C.M. O processo de formação de conceitos no ensino de ciências: reflexões a partir da concepção e elaboração de uma coleção de livros didáticos. Anais do **V Encontro Nacional de Educação e Pesquisa em Ciências**,2005.
- MORTIMER, E.F. and SCOTT, P.H. **Meaning making in secondary science classrooms. Maidenhead**. Open University Press, 2003.
- MORTIMER, E.F. **Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte. Editora UFMG, 2000.



OLIVEIRA, M. K. Três questões sobre desenvolvimento conceitual. In: OLIVEIRA, M.B. e OLIVEIRA, M.K. **Investigações Cognitivas**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1999. p. 55-64.

SCOTT, P.H.; MORTIMER, E.F.; AGUIAR, O.G. The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. **Science Education**, 90: 605-631, 2006.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

WERTSCH, J. **Mind as Action**. New York , Oxford University Press, 1998.

**Recebido em julho de 2008, aceito em outubro de 2008.**