

# Aplicando o Método Inverso na caracterização da aprendizagem de conceitos químicos em um ambiente virtual de aprendizagem

**Adriana Posso<sup>1\*</sup>(PQ); Marcelo Giordan<sup>2</sup>(PQ)**

*\*adriana.posso@ufms.br; giordan@usp.br.*

*Palavras-Chave: Método Inverso, aprendizagem de conceitos químicos, ambiente virtual de aprendizagem*

**RESUMO:** Neste trabalho apresentamos uma proposta de investigação do processo de aprendizagem de conceitos químicos utilizando o “Método Inverso”, metodologia de investigação da gênese do desenvolvimento humano sugerida por Vygotsky e inspirada no método marxista. Utilizamos essa metodologia para reconstruir o processo de construção de significados que aconteceu durante a aplicação de um ambiente virtual de aprendizagem estruturado a partir do problema que ficou conhecido como Caso Celobar<sup>®</sup>. Seis estudantes que participavam do Programa Pré-Iniciação da Científica da USP participaram do projeto entre os anos de 2008 e 2009. Com a aplicação do Método Inverso (metodologia da análise dos significados das palavras e a identificação dos níveis de internalização), conseguimos caracterizar como os conceitos científicos foram sendo significados em busca da resposta a um problema: “O que aconteceu com a amostra do medicamento que intoxicou os pacientes?”.

## INTRODUÇÃO

A partir da Teoria Sociocultural entendemos que é possível ter acesso aos significados construídos pelos estudantes, na sala de aula, quando eles utilizam os conceitos científicos para executar ações planejadas pelo professor; ou ações em que o próprio estudante reconhece a validade do conceito e o aplica.

Para que possamos ter acesso aos significados produzidos no decorrer do processo de ensino, é preciso desenvolver estratégias que favoreçam a produção e a externalização desses significados, ambos mediados pelo uso das ferramentas culturais (WERTSCH, 1999).

Para investigarmos o processo de produção de significados para os conceitos químicos, desenvolvemos uma sequência didática virtual que contemplou o estudo de uma rede de conceitos associados à solubilidade dos materiais. A sequência foi planejada para promover a interação entre alunos, alunos com o professor, alunos com os conceitos, alunos com as ferramentas mediadas pelo computador. Dessa forma, proporcionamos situações distintas para a significação dos conceitos e para construção de uma cadeia enunciativa (BAKHTIN, 2000), na qual os alunos negociaram significados relativos aos conceitos e construíram novos significados para os conceitos. Essa atenção à promoção do fluxo enunciativo decorre do papel mediador que a linguagem exerce entre os processos externos e internos, e da importância da análise das interações verbais para caracterização dos significados relacionados às palavras.

Quando concebemos a aprendizagem como um processo de significação e a avaliamos da mesma forma, devemos buscar estratégias de investigação que possibilitam a análise de diferentes momentos do processo e não apenas o começo e final de uma intervenção didática, porque esta estratégia não permite reconstruir o processo que pode ter levado à aprendizagem. Foi na tentativa de caracterizar a construção dos significados que utilizamos o Método Inverso, proposto por Duarte (2000), para caracterizar os estágios de desenvolvimento da aprendizagem dos conceitos químicos.

Neste trabalho apresentaremos nossa experiência de aplicação do Método Inverso no projeto de Mestrado (POSSO, 2010). Discutiremos os resultados obtidos ao

caracterizarmos diferentes momentos do processo de aprendizagem ocorrido da aplicação de uma sequência de aulas, em um ambiente virtual de aprendizagem, sobre a solubilidade dos materiais.

## REVISÃO DA LITERATURA

As pesquisas sobre a aprendizagem do conceito de solubilidade acompanham a tendência das pesquisas no Ensino de Ciências. Na década de 70 e começo da década de 80, foram divulgadas pesquisas que focavam a identificação e a avaliação dos “*misconceptions*”, “*alternatives frameworks*”, “*children’s science*” e “*preconceptions*”, em uma tentativa de buscar os obstáculos para a aprendizagem dos conceitos científicos.

Baseadas nos erros conceituais e nas concepções prévias dos alunos sobre o conceito de solubilidade e outros conceitos relacionados, as pesquisas foram se organizando para transformar um conceito inadequado, do ponto vista teórico, em um conceito compatível ao conceito cientificamente aceito, promovendo assim uma mudança conceitual (EBENEZER, 2001; ÇALÝK; AYAS, 2005a; ÇALÝK; AYAS, 2005b). Uma característica da divulgação de pesquisas que se sustentam na perspectiva da mudança conceitual é que, ao final do processo de ensino, detecta-se que parte dos alunos não mudou de um conceito cientificamente inadequado para um o conceito aceito cientificamente, mesmo com todo o esforço dos professores e dos pesquisadores e com a adesão do alunado às atividades propostas. Para superar os problemas descritos na literatura ou em experiências próprias, os pesquisadores têm buscado recursos didáticos que possibilitem a aprendizagem e superação de erros conceituais muito comuns em situações em que os alunos devem articular o processo de solubilização com a representação no nível submicroscópico (OLIVEIRA; GOUVEIA; QUADROS, 2009; EBENEZER, 2001; ECHEVERRÍA, 1996; GABEL, 1993; GABEL; SAMUEL; HUNN, 1987).

Carmo, Marcondes e Martorano (2010) investigaram a evolução dos modelos explicativos para os conceitos de solução e de processo de dissolução e apresentaram um instrumento analítico utilizado para identificar essa evolução conceitual. O estudo foi desenvolvido em três etapas: levantamento de ideias prévias; intervenção pedagógica (planejada a partir dos dados das concepções prévias) com atividades problematizadoras que tinham o objetivo de promover a reelaboração conceitual; e diagnóstico das concepções dos estudantes. O que diferencia esse estudo de outros exemplos de pesquisas que focam a mudança conceitual é a construção de instrumento que identificou e interpretou a evolução dos conceitos científicos entre os alunos investigados. Essa análise baseou-se em uma teoria de evolução conceitual, que interpreta as respostas dos alunos em dois planos: plano observável e não observável da cognição. Dos relatos desse estudo podemos inferir que o processo de elaboração dos conceitos e das relações entre conceitos exigem a intervenção do professor, a participação dos alunos e tempo (para a reestruturação cognitiva aconteça), porque a aprendizagem é um processo mediado, que necessita da interação entre os agentes e que acontece ao longo do tempo. Disso decorre uma necessidade de superação da concepção de que a aprendizagem decorre da mudança de conceitos não científicos em conceitos científicos e que se avalia a ocorrência da aprendizagem como um produto de uma intervenção, sem se caracterizar o processo que levou os alunos a modificarem, ou não, a forma de conceber os conceitos.

Nossa proposta de pesquisa se enquadra num contexto de compreensão do processo de formação dos conceitos científicos que acontece nas aulas de Química e

superação de propostas de investigação que avaliam o emprego do conceito construído pelos estudantes em relação ao conceito cientificamente correto. Nossas intenções de pesquisa vão em direção à caracterização da produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem, que subsidie e crie contextos favoráveis à produção de significados.

## REFERENCIAIS TEÓRICOS

### VYGOTSKY E O MÉTODO INVERSO

As palavras e seus significados evoluem ao longo do processo de desenvolvimento do pensamento. Acreditando nessa afirmação, Vygotsky investigou a evolução do significado dos conceitos científicos em crianças da idade da pré-escola à adolescência, e caracterizou as diferentes fases de desenvolvimento dos conceitos. Entre suas conclusões temos que a criança que ingressa na escola traz consigo conceitos espontâneos, que permitem a descrição empírica de fenômenos. Ao longo do processo de escolarização, os conceitos evoluem para estágios mais desenvolvidos que permitem explicar e abstrair o conceito, em um processo de generalização e descontextualização que leva à formação dos conceitos científicos. No processo de formação dos conceitos, a palavra assume a função de signo “que em princípio tem um papel de meio na formação de um conceito e, posteriormente, torna-se o seu símbolo” (VYGOTSKY, 2005, p.70 *apud* GEHLEN, 2009, p. 42).

Ao analisar a formação de conceitos nos adolescentes, Vygotsky afirmou que o processo de formação de conceitos não pode ser reduzido em funções psicológicas, tais como, associações, pensamento, representação, volição, juízo; embora estas participem obrigatoriamente do processo de formação dos conceitos. A questão principal desse processo está no

[...] emprego funcional do signo ou da palavra como meio através do qual o adolescente subordina ao seu poder as suas próprias operações psicológicas, através do qual ele domina o fluxo dos próprios processos psicológicos e lhes orienta a atividade no sentido de resolver os problemas que tem pela frente. (VYGOTSKY, 2001, p.169)

Ora, se a principal questão do processo de formação dos conceitos está no emprego do significado da palavra, porque esse é o meio utilizado pelo adolescente para subordinar e dominar suas operações psicológicas e para orientar essas ações no sentido da resolução de problemas. Então, temos que a resolução de problemas passa a ser uma atividade importante para o estudo da significação dos conceitos, pois “a formação dos conceitos surge sempre no processo de solução de algum problema que se coloca para o pensamento do adolescente. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito” (VYGOTSKY, 2001, p. 237).

Sendo assim, o problema caracteriza-se como um recurso de grande potencial para promover a produção de significados na sala de aula. No entanto, o estudo e a caracterização do processo de significação requerem uma metodologia afinada com o nosso referencial teórico e que seja factível, dadas as nossas condições de investigação.

Vygotsky foi um teórico preocupado com o método e essa preocupação se manifestou em suas publicações, como no livro *Teoria e Método em Psicologia* (2004). O método marxista foi utilizado por Vygotsky como referência para propor uma metodologia de investigação para a Psicologia, que ele pensava em inaugurar na Rússia pós-Revolução de 1917.

Partindo de uma metáfora de Marx, a qual expressa que “*a anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco*”, Vygotsky propôs o Método Inverso para estudar a

gênese do desenvolvimento humano. Newton Duarte (2000) interpretou a frase de Marx pela perspectiva de Vygotsky da seguinte maneira:

Em termos metodológicos, a afirmação de que ‘a anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco’ significa que a pesquisa deve partir da fase mais desenvolvida do objeto investigado para então analisar sua gênese e, depois da análise dessa gênese, retornar ao ponto de partida, isto é, à fase mais evoluída [...] (DUARTE, 2000, p. 102)

No contexto de nosso estudo, a caracterização do processo de significação dos conceitos em sequência didática problematizadora sobre caso Celobar<sup>®</sup>, parafraseamos Marx e obtivemos a seguinte sentença: *a resposta elaborada pelos alunos para o problema do caso Celobar<sup>®</sup> é chave para caracterizar o processo de significação do problema*. Para aplicarmos esse método foi preciso eleger a unidade analítica que conservaria a essência do fenômeno investigado, a significação dos conceitos químicos. Essa unidade deveria conservar “as características essenciais da totalidade (da resolução do problema) [...], ela é objetivamente parte de um todo e o processo de conhecimento deve caminhar da análise abstrata dessa unidade para a síntese concreta do todo no pensamento” (Ibidem, p. 89). A unidade de análise eleita por nós foi o significado do conceito, pois os significados produzidos para resolver o problema do caso Celobar<sup>®</sup> conservam a essência do processo de significação e permitem que seja feita uma análise da gênese dos conceitos utilizados pelos estudantes na resolução do problema. Para fazermos a análise do significado do conceito buscamos a contribuição dos estudos de Mikhail Bakhtin sobre a análise dos significados das palavras na interação verbal e as contribuições de James Wertsch para analisar os níveis de significação dos conceitos.

### **BAKHTIN E O SIGNIFICADO DAS PALAVRAS**

Se o significado da palavra é nossa unidade de análise, a análise das interações discursivas é o meio pelo qual podemos ter acesso a esses significados, pois a interação discursiva é a expressão verbal contextualizada histórica e socialmente, e sua análise está vinculada às noções de dialogismo e enunciado.

O dialogismo é o princípio constitutivo da linguagem e a condição de sentido do discurso (MARQUES, 2002), todo discurso é dirigido ao outro e se constitui a partir de discursos anteriores. Segundo Brocado e Pinto, “todo discurso dialoga com outro discurso, manifestando-se em enunciados” (BROCADO; PINTO, 2007, p. 4). Os enunciados são unidades da língua e surgem em resposta a um enunciado anterior e incitam a resposta que inicia um novo enunciado, em um processo ininterrupto caracterizado pela alternância de enunciados.

É na interação contínua e permanente com os enunciados individuais dos outros que a experiência individual do homem se forma e evolui (BAKHTIN, 2000). Nessa experiência entramos em contato com a fala do outro, assimilamos suas palavras e essas palavras passam a fazer parte de nossos futuros enunciados. É dessa forma que nos apropriamos dos enunciados alheios e dos significados das palavras.

O contexto da experiência com o outro determina o significado da palavra. No entanto, o significado de única palavra pode variar de acordo com os diferentes contextos em que a palavra se apresenta (BAKHTIN/VOLOSHINOV, 1997). O significado de um conceito químico está relacionado à forma de conceber e interpretar os fenômenos naturais e ao gênero de discurso que é aprendido na escola, ou seja, aprender Química é, também, “aprender a falar em um novo gênero discursivo” (SANTOS, 2004, p. 16). Essa aprendizagem acontece dentro de fluxos enunciativos e

nestes os significados são compartilhados e negociados ativamente entre os interlocutores – professores, alunos e material didático.

Para que possamos caracterizar os significados dos conceitos químicos, teremos que fazer a análise das cadeias enunciativas desenvolvidas ao longo da sequência de aulas, buscando os significados que os estudantes construíram para os conceitos em um dado contexto, porque a mudança de contexto promovida pela sequência didática ou pelos participantes pode indicar um novo significado para o mesmo conceito científico.

### **WERTSCH E OS NÍVEIS DE INTERNALIZAÇÃO**

James Wertsch analisou criticamente as teorias de Vygotsky e Bakhtin e propôs um método de investigação que considera a ação mediada como unidade analítica de processo de produção de significados. A análise proposta por Wertsch procura interpretar como o indivíduo age por meio de ferramentas culturais, como: computadores, linguagens, sistemas numéricos, tabelas, gráficos, formas enunciativas etc. Todas essas ferramentas são reconhecidas como mediadoras das ações humanas e o uso que os agentes (sujeitos) fazem da ferramenta na execução de atividades, em um dado contexto histórico e social, é utilizado para identificar/caracterizar os significados associados à ferramenta. Sendo assim, o significado que decorre de um processo interativo entre o agente e seu grupo social “se dá por meio de ferramentas que ele empresta do seu grupo social para utilizá-las em situações variadas, de acordo com funções específicas que elas possam desempenhar” (GIORDAN, 2008).

Para que possamos caracterizar e analisar esses níveis de internalização ou significação é preciso organizar atividades de ensino que permitam verificar a habilidade de uso das ferramentas culturais e quais ferramentas foram eleitas para a realização das atividades. Além disso, é preciso desenvolver metodologias de registro que permitam coletar as ações dos alunos no processo de produção de significados no ambiente educacional.

A produção de significados na sala de aula requer um ensino planejado e organizado para promover a internalização das ferramentas culturais próprias da esfera escolar com o objetivo de ampliar o horizonte conceitual dos estudantes. Por isso reconstruímos o contexto do caso Celobar<sup>®</sup>, propusemos aos alunos a investigação dos casos de intoxicação e acompanhamos a construção das explicações para o caso.

### **METODOLOGIA**

#### **O AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM**

Para caracterizar o processo de formação dos significados, desenvolvemos um ambiente virtual de aprendizagem (AVA) que consiste em uma sequência didática problematizadora e investigativa. O problema central dessa sequência é a intoxicação causada pela contaminação de carbonato de bário em amostras de um contraste radiológico à base de sulfato de bário, o caso Celobar<sup>®</sup>.

No início da sequência didática apresentamos uma pergunta que traz consigo mais do que um problema. A pergunta “O que aconteceu com a amostra do medicamento que intoxicou os pacientes?” é o elemento organizador da sequência de ensino, que justificou o estudo dos conceitos químicos e a realização das atividades desenvolvidas ao longo da sequência didática.

Todo o ambiente virtual foi desenvolvido no Laboratório de Pesquisa em Ensino de Química e Tecnologias Educativas da Faculdade de Educação da Universidade de

São Paulo (LAPEQ-FEUSP) podendo ser acessada no endereço eletrônico: <http://www.lapeq.fe.usp.br/ava/>.

Além das atividades no AVA, os alunos produziram vídeos de divulgação científica que abordavam situações cotidianas que envolviam conceitos químicos escolares. Neste caso, os alunos – divididos em dois grupos de três alunos – escolheram os temas de interesse, pesquisaram, discutiram e produziram animações sobre a ação do detergente na remoção das gorduras e a ação do cafezinho na facilitação do processo de digestão. Os vídeos foram disponibilizados no YouTube®.

### **PARTICIPANTES DA PESQUISA**

Tivemos a colaboração de seis alunos do Programa de Pré-Iniciação Científica da USP (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2009), que estudavam em duas escolas da Rede Estadual de Ensino localizadas nos municípios de Santo André e de São Paulo. Uma aluna cursava o primeiro ano do Ensino Médio e os outros cinco alunos cursavam o 2º ano do Ensino Médio. O projeto transcorreu no intervalo de sete meses em encontros semanais, entre os anos de 2008 e 2009.

Os estudantes foram divididos em duplas para que houvesse a interação entre eles. Todas as atividades foram desenvolvidas no LAPEQ e a pesquisadora, e desenvolvedora da sequência didática, conduziu a aplicação das atividades de ensino assumindo os papéis de tutora no ambiente virtual e de professora nas atividades presenciais.

### **REGISTRO DE DADOS**

Como necessitávamos do registro das interações discursivas dos alunos, fizemos, basicamente, dois tipos de registro de dados: registramos em vídeo os alunos e a tela do computador durante a aplicação do ambiente virtual de aprendizagem (AVA) e registramos os textos enviados ao banco de respostas do AVA. Os vídeos registraram as interações entre os alunos das duplas e as interações das duplas com a professora, além das interações das duplas com computador. O banco de respostas nos forneceu os textos e as imagens produzidas pelos alunos, além dos comentários da tutora às respostas enviadas pelas duplas.

As duplas foram organizadas em três estações de trabalho compostas por um computador portátil conectado à internet, uma *webcam* e um microfone. As duplas foram identificadas por seus usuários: Helio, Hidrogenio e Litio (sem acento).

No registro das interações utilizamos a técnica da captura sincronizada (GOIS; GIORDAN, 2005). A técnica que consiste no registro simultâneo da tela do computador e das interações dos usuários durante a execução de atividades diante do computador. Esse tipo de registro exige o uso de dois softwares, o Camtasia® e Helix®<sup>1</sup>, um arquivo programado para iniciar os dois softwares e um arquivo *html*, que permite a visualização dos vídeos da tela do computador e dos usuários.

### **TRATAMENTO DOS DADOS**

Para que pudéssemos aplicar o Método Inverso, sugerido por Vygotsky e descrito na seção dos Referenciais Teóricos, iniciamos o tratamentos dos dados depois

---

<sup>1</sup> O programa Camtasia Studio4® faz a captura da tela do computador e o Helix Producer® recebe os dados da tela, faz a captura das ações dos usuários (via *webcam* e um microfone) e gera dois vídeos – usuário e tela – no formato *rm* (*real movie*).

que os alunos concluíram a sequência virtual respondendo à questão: “O que aconteceu com a amostra do medicamento que intoxicou os pacientes?”.

De posse dos registros em vídeo, analisamos e recortamos o episódio em que os estudantes chegaram à resolução do problema. Buscamos naquele episódio os conceitos utilizados e a forma como os alunos organizaram suas ações fazendo uso desses conceitos como ferramentas mediadoras do processo de resolução do problema. Os conceitos encontrados foram considerados unidades de análise para o processo de significação que ocorreu ao longo da aplicação do AVA. Este processo foi a primeira etapa de tratamento dos dados: buscar no estágio mais elaborado das unidades de análise no processo de significação. Os conceitos encontrados foram: a solubilidade de sais em água e em água; a reação ácido-base; a reação de neutralização; a acidez estomacal e a intoxicação por bário.

Na segunda etapa, retomamos todos os registros das interações em vídeo e das respostas enviadas ao banco de dados e buscamos os episódios que caracterizam os significados atribuídos aos conceitos utilizados na resolução do problema. Retomamos a sequência didática, do primeiro ao último módulo, nove ao todo, e selecionamos os episódios que caracterizaram o processo. Os episódios do banco de respostas foram copiados para o editor de texto, enquanto os registros em vídeo foram transcritos.

Depois da seleção, os episódios foram organizados de forma a reconstruir o histórico do processo de significação dos conceitos e passamos às análises.

## ANÁLISE DOS DADOS

Quatro perguntas orientaram a análise dos episódios:

- i) Quais conceitos foram apresentados no episódio?
- ii) Quais significados foram atribuídos ao(s) conceito(s)?
- iii) Qual o contexto de uso da ferramenta? (contextualizado ou descontextualizado)
- iv) Qual o nível de internalização da ferramenta cultural? (domínio ou apropriação)

Essas perguntas foram desenvolvidas para permitir a identificação e a caracterização dos conceitos como ferramentas culturais capazes de executar ações, que são organizadas em contextos criados na interação entre os agentes que participaram da ação. A escolha da ferramenta (pergunta i), de que forma é utilizada (pergunta ii), o contexto (pergunta iii) e a habilidade de uso das ferramentas nos forneceram informações que permitiram caracterizar o nível de internalização ou significação da ferramenta (pergunta iv).

Wertsch (1999) propõe dois níveis de internalização das ferramentas culturais, o domínio e a apropriação. Como nos propusemos a fazer essa caracterização no contexto da aplicação do AVA, consideramos que o domínio se caracteriza quando o agente (o estudante) utiliza a ferramenta (o conceito) com habilidade e executa ações em um contexto criado pela sequência didática, atendendo aos propósitos do professor e guardando semelhanças com o contexto em que a ferramenta foi significada. A apropriação se caracteriza quando o agente toma para si a ferramenta, reconhece o seu valor e a elege como instrumento que possibilitará a organização de suas ações e a realiza em uma atividade e um contexto diferente daquele em que a ferramenta foi significada.

Ao final da análise do episódio que caracterizava um momento do processo de significação, indicamos os conceitos, os significados externalizados (nas respostas enviadas ao banco de respostas ou nas transcrições dos vídeos), apresentamos o contexto de significação e analisamos o nível de internalização dos conceitos. Dessa

maneira, fomos reconstruindo o histórico do processo de significação que levou à resolução do problema.

## RESULTADOS

A utilização do Método Inverso necessitava de uma análise do momento mais desenvolvido do processo de significação, ou seja, o momento em que os alunos resolveram o problema.

Esse momento aconteceu no último módulo do AVA de solubilidade, os alunos realizaram atividades experimentais para explicar o que aconteceu com a amostra do medicamento. Primeiro, os estudantes receberam uma amostra que simulava o medicamento, depois tiveram que lançar hipóteses, propuseram um procedimento experimental, testaram-no e o analisaram.

Os estudantes acreditavam que a amostra fora contaminada por um sal de bário solúvel em água. Essa hipótese culminou em procedimentos experimentais de identificação e caracterização do suposto sal. No primeiro experimento, os alunos tentaram identificar um sal solúvel em água em temperatura ambiente, no segundo tentaram identificar um sal solúvel em água aquecida a 37°C; as duas hipóteses foram refutadas. Os estudantes sugeriram então que a mostra havia sido contaminada por um sal solúvel em solução ácida e, ao elaborar o terceiro procedimento experimental, os alunos conseguiram chegar à resposta do problema e ao estágio que caracterizamos como mais evoluído do processo de significação. Antes de realizar o experimento, os estudantes propuseram as etapas da dissolução do carbonato de bário<sup>2</sup> em solução ácida e organizaram o procedimento experimental. A análise do episódio da elaboração da 3ª atividade experimental nos indicou os conceitos utilizados para resolver o problema. No quadro 1 temos um trecho desse episódio.

**Quadro 1: Trecho do episódio da elaboração da 3ª atividade experimental**

<i>Turnos</i>	<i>Falantes</i>	<i>Enunciados<sup>3</sup></i>	<i>Descrição dos gestos</i>
58	M	116. coloca um sal/ uma base	(M volta a fazer anotações no papel)
59	L	117. na solução	
60	M	118. mais/ pera / vai ficar "ene cas"/ 119. "cas" o quê? / 120. cloreto de sódio vai ficar e água/ 121. a gente trabalha com ácido 122. clorídrico/ o ácido do estômago// 123. meu deus ninguém respondeu	(M para e olha para cima) (M se dirige a F) (M solta o lápis, pensa e olha para a professora) (M olha para as colegas)
61	L	124. o ácido clorídrico/ o carbonato é 125. solúvel em ácido/ ele não 126. solubilizou na água mas solubilizou 127. no ácido do estômago e 128. contaminou	(L sorri)
62	M	129. é verdade!	(M comemora)

Nesse episódio, os alunos tentam propor as etapas da dissolução do carbonato de bário (BaCO<sub>3</sub>) em solução ácida para depois elaborar o procedimento experimental. Enquanto eles buscavam respostas para questões como “o que fazer para neutralizar o ácido da solução?”, eles chegam ao nome de um sal (cloreto de sódio), que remeteu os alunos ao ácido clorídrico, ácido presente no estômago e responsável pela

<sup>2</sup> Os estudantes tinham uma lista de sais de bário, carbonato de bário era um exemplo de sal muito pouco solúvel em água e solúvel em ácido.

<sup>3</sup> As respostas e os enunciados produzidos pelos alunos e não sofreram correções de nenhuma natureza.

solubilização do medicamento, que estava contaminado por carbonato de bário (linhas 120 a 128 dos turnos 61 e 62). Assim o problema foi solucionado e experimentação comprovou a hipótese dos estudantes.

O episódio da elaboração da 3ª atividade foi classificado com a fase mais desenvolvida do processo de significação e foi a partir de sua análise que identificamos os conceitos que se tornaram as unidades de análise do processo de significação: *solubilidade de sais em água e em água; reação ácido-base; a reação de neutralização; a acidez estomacal e a intoxicação por bário.*

Feita a análise da fase mais desenvolvida, partimos para a segunda fase do Método Inverso, analisamos a gênese do processo, assim o fizemos retomando cada um dos nove módulos do AVA em busca dos episódios que indicavam a externalização dos significados que encontramos na fase mais desenvolvida do processo. Caracterizamos cada momento e reconstruímos a história do processo até chegarmos ao nosso ponto de partida, a fase mais desenvolvida. Ao voltarmos à análise do episódio da elaboração do 3º experimento, retomamos os significados construídos e interpretamos o episódio da seguinte maneira:

Quando os estudantes tentaram explicar as etapas do processo de solubilização do carbonato de bário em solução ácida, eles desconheciam as equações das reações químicas. Mesmo assim, eles tentaram utilizar os modelos de íons e moléculas como ferramentas capazes de materializar o pensamento e de executar ações, como descrever um processo da solubilização do carbonato em água, esquematizar uma reação de neutralização e descobrir qual o sal seria produzido na reação de neutralização. Apesar de o cloreto de sódio não ser o sal produzido na reação entre o ácido clorídrico e o carbonato de bário, esse sal foi utilizado como modelo para o estudo do processo de solubilização de sais em água e acabou servindo como disparador de uma reação muito rápida de correlações entre significados, que levou à resolução do problema.

Os contextos criados a partir do problema apresentado no AVA promoveram a produção de significados para os conceitos utilizados pelos alunos na resolução do problema, mas esses contextos não foram os únicos que conseguimos identificar. Em paralelo às atividades do AVA, nossos alunos também participaram da produção de dois vídeos que tratavam de conceitos químicos escolhidos por eles: a ação do detergente sobre as gorduras e o efeito do cafezinho na digestão. O segundo filme necessitou de uma pesquisa para entender como a cafeína interfere na digestão e os alunos tiveram que estudar o processo digestivo, as reações químicas que ocorrem em diferentes etapas do processo, a função do ácido clorídrico no estômago etc. Os conceitos significados na produção do filme sobre o cafezinho foram relacionados aos significados dos conceitos estudados no AVA e, juntos, forneceram as ferramentas necessárias para resolver o problema do Celobar®. No quadro 2, temos a síntese da análise desse episódio.

**Quadro 2: Síntese do episódio da resolução do problema**

<i>Alunos</i>	Quais conceitos foram apresentados?	Quais significados são atribuídos ao(s) conceito(s)?	Qual contexto deu origem ao uso da ferramenta?	Qual o nível de internalização da ferramenta cultural?
<i>F, L, M</i>	Solubilidade de sais em água e em água	O sulfato de bário é muito pouco solúvel em água e ácido. O carbonato de bário é muito pouco solúvel em água, mas solubiliza em ácido.	O problema	Domínio
	Reação ácido-base	Os ácidos reagem com bases e foram sal e água.	O problema	Domínio

Reação de neutralização	A adição de uma base neutraliza o ácido.	O problema	Domínio
Acidez estomacal e intoxicação por bário	O ácido clorídrico presente no estômago solubilizou o carbonato de bário do medicamento e liberou o bário que contaminou os pacientes.	O problema e o filme do cafezinho	Apropriação

A identificação do carbonato presente na amostra aconteceu quando os alunos realizaram os experimentos e a professora demonstrou o teste de identificação de carbonato, adicionando pequena quantidade de carbonato de bário em uma solução de ácido clorídrico concentrada. O desprendimento de gás caracterizou a reação entre esses materiais e a presença do íon carbonato. A professora explicou as reações que ocorreram entre o ácido clorídrico e o carbonato de bário.

## CONCLUSÕES

Quando desenvolvemos o projeto de Mestrado para caracterizar a significação de conceitos químicos relacionados à solubilidade dos materiais, sabíamos que seria necessário planejar uma sequência didática que atendesse aos nossos propósitos de investigação e que fosse compatível com nossa concepção de ensino e aprendizagem. Essa sequência de ensino foi planejada a partir de uma premissa básica, a aprendizagem é um processo de construção de significados que decorre da interação social, do compartilhamento de significados e do uso consciente de ferramentas culturais, e que ocorre ao longo do processo histórico de cada pessoa. Sendo assim, ao investigarmos a aprendizagem não podemos nos limitar ao antes e depois da intervenção pedagógica. Por isso, tivemos que registrar as interações dos nossos estudantes ao longo de toda a aplicação da sequência de ensino mediada pelo computador. Esse registro nos forneceu os dados que permitiu a reconstrução do processo de significação dos conceitos utilizados pelos alunos.

O Método Inverso proposto por Marx, apresentado por Vygotsky e retomado por Duarte (2000) foi crucial para a caracterização dos significados construídos durante a aplicação do AVA solubilidade. Por meio de sua aplicação, conseguimos caracterizar como os conceitos científicos foram sendo significados em busca da resposta a um problema, que determinou o norte do AVA e das ações dos alunos. Contudo, essa análise não seria possível sem a análise das interações discursivas que nos permitem inferir sobre os significados das palavras e os conceitos científicos trocados nos enunciados. Também não seria possível caracterizar a significação dos conceitos sem os considerarmos como ferramentas mediadoras das ações humanas e que carregam significados construídos na interação social.

Esperamos que a divulgação de nossa experiência de pesquisa possa encorajar os pesquisadores que tenham interesse em investigar como o processo de aprendizagem ocorre na sala de aula e que queiram utilizar o Método Inverso como metodologia de análise do processo que leva à construção dos conceitos científicos na sala de aula de Química e de outras disciplinas.

## REFERÊNCIAS

BAKHTIN, M. **A Estética da Criação Verbal**. Trad. Paulo Bezerra, 4ª edição, São Paulo: Martins Fontes, 2000.

BAKHTIN, M. (VOLOSHINOV, V.). **Marxismo e filosofia da linguagem**. 8 ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

BROCADO, S. M. D.; PINTO, M. V. R. **Leitura e dialogismo: múltiplas vozes discursivas**. In: 16º COLE - Congresso de Literatura do Brasil, Unicamp, v. 1, 2007.

ÇALÝK, M.; AYAS, A. An analogy activity for incorporating student's conceptions of types of solutions. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, vol.6, issue 2, article 6, p. 1-3, 2005a.

\_\_\_\_\_. A cross-age study on the understanding of chemical solutions and their components. **International Education Journal**, vol. 6, n. 1, p. 30-41, 2005b.

CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R.; MARTORANO, S. A. A. Uma interpretação da evolução conceitual dos estudantes sobre o conceito de solução e processo de dissolução. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, vol. 9, n. 1, p. 35-52, 2010.

DUARTE, N. A anatomia do homem é a chave da anatomia do macaco: A dialética em Vigotski e em Marx e a questão do saber objetivo na educação escolar. **Educação & Sociedade**, Campinas, ano XXI, n. 71, p. 79-115, 2000, jul.

EBENEZER, J. V. A Hypermedia Environment to Explore and Negotiate Students' Conceptions: animation of the Solution Process of Table Salt, **Journal Science Education an Technology**, vol. 10, n. 1, p. 73-91, 2001.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, p. 15-18, 1996, mai.

GABEL, D. L. Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. **Journal of Chemical Education**, vol. 70, n. 3, p. 193-194, 1993.

GABEL, D. L.; SAMUEL, K. V.; HUNN, D. Understanding the particulate nature of matter. **Journal of Chemical Education**, vol. 64, n. 8, p. 695-697, 1987.

GEHLEN, S. T. **Função do problema no processo ensino aprendizagem de Ciências**: contribuições de Freire e Vygotsky. 2009, 254f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GIORDAN, M. **Computadores e linguagens nas aulas de ciências**: Uma perspectiva sociocultural para compreender a construção de significados. Ijuí: Editoria da UNIJUÍ, 2008.

GOIS, J.; GIORDAN, M. Captura sincronizada de vídeo para o ensino de ciências. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, V, Bauru, 2005. **Anais...** Bauru: V ENPEC, 2005, p. 325.

MARQUES, M. C. S. Vozes bakhtinianas: breve diálogo. **Primeira Versão**, Porto Velho, ano I, vol. 3, n. 36, jan., 2002. Disponível em: <<http://www.primeiraversao.unir.br/artigo36.html>>. Acesso em: 20 julho 2009.

OLIVEIRA, S. R.; GOUVEIA, V. P.; QUADROS, A. L. Uma reflexão sobre Aprendizagem Escolar e o uso do conceito solubilidade/miscibilidade em situações do cotidiano: concepções dos estudantes. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, p. 23-30, 2009, fev.

SANTOS, F. M. T. A criação e manutenção da intersubjetividade na sala de aula de Química. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, vol. 9, n. 3, p. 315-335, 2004.

POSSO, A. **A produção de significados em um ambiente virtual de aprendizagem:** utilizando a teoria da ação mediada para caracterizar a significação dos conceitos relacionados à solubilidade dos materiais. 2010, 183 f.. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Programa de Pré-Iniciação Científica. Pró-Reitoria de Pesquisa da USP. Disponível em: <[http://www.usp.br/prp/arquivos\\_pdf\\_doc\\_xml/preic/folder.pdf](http://www.usp.br/prp/arquivos_pdf_doc_xml/preic/folder.pdf)>. Acesso em: 17 julho 2009.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. 3 ed. Trad. Jefferson Luiz Camargo. São Paulo: Martins Fontes, 2005.

\_\_\_\_\_. **Teoria e método em psicologia**. São Paulo: Martins Fontes, 2004.

\_\_\_\_\_. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

WERTSCH, J. V. **La mente en acción**. Buenos Aires: Aique, 1999.