

**Maria Inês de Freitas P. dos Santos Rosa**

**A EVOLUÇÃO DE IDÉIAS DE ALUNOS DE 1º ANO  
DO ENSINO MÉDIO SOBRE TRANSFORMAÇÃO  
QUÍMICA EM UM PROCESSO DE ENSINO  
CONSTRUTIVISTA**

Tese apresentada à Comissão de Pós-graduação como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Educação na Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas

**Orientadora: Profa. Dra. Roseli Pacheco Schnetzler**

**Campinas - SP**

**1996**

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA	R.71e
V.	Ex.
TOMBO BC	27758
PROC.	667/96
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	R\$ 11,00
DATA	22/05/96
N.º CPD	CM.00038773-9

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA  
PELA BIBLIOTECA DA FE/UNICAMP**

R71e

Rosa, Maria Inês de Freitas Petrucci Santos.

A evolução de idéias de alunos do 1º ano do ensino médio sobre transformação química em um processo de ensino construtivista / Maria Inês de Freitas Petrucci S. Rosa. -- Campinas, SP : [s.n.], 1996.

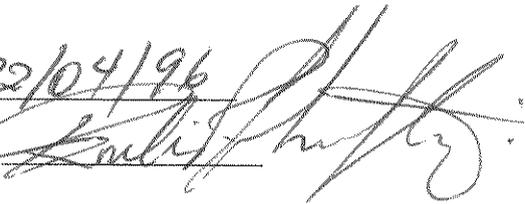
Orientador : Roseli Pacheco Schnetzler.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação.

1. Construtivismo ( Educação). 2. Aprendizagem. 3. Química - Estudo e ensino. I. Schnetzler, Roseli Pacheco. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação. III. Título.

Este exemplar corresponde à  
redação final da Dissertação  
defendida por Maria Inês de Freitas  
Petrucci dos Santos Rosa e  
aprovada pela Comissão  
Julgadora.

Data: 22/04/96

Assinatura: 

Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do Título de MESTRE em EDUCAÇÃO na Área de Concentração: Metodologia de Ensino à Comissão Julgadora da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas, sob orientação da Profa. Dra. Roseli Pacheco Schnetzler.

Comissão Julgadora:

*Rosely Puffly*

*Blavato Bmanelli*

*Edelragar*

*ÀS MINHAS FILHAS, CAROLINA E CAMILA,  
QUE MUITAS VEZES TIVERAM QUE "CONVIVER COM  
A MINHA AUSÊNCIA"... AO DERVAL, UM GRANDE  
COMPANHEIRO NESTE TRAJETO ... AOS MEUS PAIS  
QUE SEMPRE VALORIZARAM O ESTUDO E O  
TRABALHO...*

*A TODOS AQUELES QUE ENVEREDARAM  
PELOS CAMINHOS DE ENSINAR, OFEREÇO A MINHA  
HUMILDE CONTRIBUIÇÃO...*

## AGRADECIMENTOS:

À Roseli, minha querida orientadora, pela amizade, pelo entusiasmo e pelo carinho com os quais sempre recebeu a mim e ao meu trabalho. Construir novos conceitos com a ajuda da sua mediação constituiu uma experiência muito enriquecedora para mim.

À Rosália M. R. Aragão, minha primeira professora construtivista, que me mostrou esta estrada bonita e, ao mesmo tempo, desafiadora .

Aos meus alunos da primeira série A do ano de 1993 que protagonizaram esta obra, e que me proporcionaram momentos importantes de amadurecimento com a sua força adolescente e a sua boa vontade .

À Maria Teresa, Luís Otávio, Maldaner e outros colegas que não citarei, mas que sem dúvida, contribuíram com seu companheirismo, críticas e sugestões .

À tia Heloísa , à M. Luiza e à M.Sílvia pelo apoio dado em várias fases deste trabalho.

“Sei que nada será como antes,  
amanhã...  
Amanhã ou depois de amanhã,  
resistindo na boca da noite  
um gosto de sol...”

**(Nada será como antes,  
Milton Nascimento e Ronaldo Bastos)**

## SUMÁRIO

### RESUMO

#### CAPÍTULO 1 - O OBJETIVO DA PESQUISA E OS CAMINHOS TRAÇADOS PARA ALCANÇÁ-LO..... 1

\* A evolução do meu “olhar” sobre o processo ensino-aprendizagem.....2

\* Concepções alternativas de alunos sobre Transformação Química .....14

\* Planejando o processo de ensino sobre transformação química. ....23

#### CAPÍTULO 2 - PERCORRENDO UM LONGO CAMINHO NA TENTATIVA DE CONSTRUIR O CONCEITO DE "TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA " .....35

\* A escola e os alunos - o contexto da pesquisa.....35

\* As fases do processo:.....37

Fase 1 : Explicitação das idéias prévias .....37

Fase 2 : Planejando o passo seguinte para a emergência da categoria *formação de nova substância* .....47

Fase 3 - Tentando desmitificar a idéia de *mistura* .....51

Fase 4 - Abordando o conceito substância para conceitualizar T.Q. como um processo onde há *formação de novas substâncias*.....65

Fase 5 - Penetrando no microscópico - o nível dos modelos .....72

* A última aula... o balanço do processo... a avaliação feita pelos alunos.....	93
CONSIDERAÇÕES FINAIS : .....	96
* As "armadilhas da linguagem" .....	96
* Objeto real e objeto teórico da ciência.....	99
* Perfil conceitual de transformação química. ....	102
* Professora-pesquisadora.....	106
ABSTRACT .....	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109

## RESUMO

Neste trabalho investiga-se um processo de ensino-aprendizagem de Transformação Química desenvolvido junto a 37 alunos de primeiro ano do ensino médio, onde a professora atuou como pesquisadora. No estudo de caso realizado, procurou-se analisar a evolução das idéias dos alunos sobre T.Q. à luz de influências do processo de ensino, desenvolvido segundo pressupostos construtivistas. Neste sentido, as atividades de ensino procuraram promover evolução das concepções alternativas dos alunos em direção a concepções cientificamente aceitas, através de atividades que propiciaram intercâmbio de idéias, negociação de significados e de exposições por parte da professora, enquanto representante do conhecimento científico.

Os dados desta investigação foram extraídos das transcrições das gravações das aulas e dos textos escritos pelos alunos. Elaborou-se um sistema de categorias relativo a concepções de T.Q. a partir das próprias idéias dos alunos a fim de analisar a evolução das mesmas, a qual se caracterizou pelo movimento de concepções de *simples mistura e modificação de aspectos visuais* para idéias mais sofisticadas como *formação de novos materiais e noções envolvendo partículas*.

No entanto, tal movimento apresentou-se como um “vai e vem” de concepções na medida em que a exposição de elementos perturbadores e de contra-exemplos no processo de ensino provocou, também, o fortalecimento de concepções prévias dos alunos.

A análise do processo evidenciou que a construção de novas idéias não significa a negação ou a substituição de idéias anteriores. Neste sentido, contribuições teóricas decorrentes de modelos de mudança conceitual baseados na instauração e superação de conflitos cognitivos

cedem lugar à noção de perfil conceitual (Mortimer, 1994), configurando a existência de vários níveis de conceitualização, que se mostram dependentes do contexto. Nesta perspectiva, são essenciais a negociação de significados em sala de aula, o papel mediador do professor enquanto representante do conhecimento científico e a função da linguagem na formação de conceitos.

## **CAPÍTULO 1 - O OBJETIVO DA PESQUISA E OS CAMINHOS TRAÇADOS PARA ALCANÇÁ-LO.**

Neste trabalho, nossa preocupação se volta para a sala de aula, onde ocorrem interações, conflitos, exposições e construções de idéias, que fazem parte do processo ensino-aprendizagem constituído por seus três elementos básicos: professor, alunos e conteúdo escolar. (Hyman, 1974)

A vivência de professora de química na escola média, acostumada ao cotidiano escolar, à complexidade das interações que ocorrem em sala de aula, à constatação da ausência de aprendizagem significativa dos alunos ao considerarmos processos tradicionais de ensino, às minhas próprias dificuldades na definição do meu papel enquanto professora, fizeram-me buscar caminhos que indicassem melhores perspectivas para o processo de ensino-aprendizagem de Química.

Ao ingressar no programa de pós-graduação da Faculdade de Educação da UNICAMP, encontrava-me com a mente repleta de questionamentos e indagações acerca dos resultados de aprendizagem tão precários dos meus alunos. Aspirava descobrir as causas deste fracasso, traduzido pela falta de interesse dos alunos pela Química e, também, pelo elevado número de notas baixas produzidas pelas minhas avaliações formais.

Assim, como parte das buscas oriundas dessas minhas indagações, tomei contato com abordagens construtivistas para o processo ensino-aprendizagem, o que, levou-me inicialmente, a retomar os modelos psico-pedagógicos anteriores àquelas abordagens a fim de “re-conhecê-los”. Isto porque, em maior ou menor grau, eu talvez estivesse imitando a prática pedagógica de meus professores, a qual, geralmente, foi

marcada pelos modelos de transmissão-recepção e pela aprendizagem por descoberta dirigida.

*\* A evolução do meu "olhar" sobre o processo ensino-aprendizagem.*

Para "re-conhecer" os modelos pedagógicos anteriores ao construtivista, iniciei uma revisão bibliográfica partindo do ponto onde a comunidade pedagógica passou a se orientar por uma tradição intelectual comum - o ensino por transmissão que é propiciado pelas exposições do professor. Neste modelo, assume-se o professor como transmissor de idéias, atribuindo para si o papel de porta-voz da ciência, enquanto o aluno as arquiva de forma seqüencial na sua mente. Assim, o professor é detentor do saber e imprime lições aos "arquivadores de conhecimentos" que, inclusive, ficariam aptos a reproduzir as informações quando lhes fosse solicitado.

Este modelo de aprendizagem assume, então, a noção epistemológica de que o conhecimento é algo fora de nós e que, aprendê-lo é um ato que se faz escutando seu conteúdo com atenção. Dentro deste esquema, podemos encontrar concepções sobre o erro como elemento negativo, a idéia de avaliação como aferição de conhecimentos e a imposição de uma rotina de aprendizagem com base memorística .

A crise da tendência da aprendizagem por recepção ocorre em meados do nosso século, com o acúmulo de anomalias, críticas externas à comunidade pedagógica e resultados pobres no que se refere à aprendizagem. No pós-guerra, é atribuída à Pedagogia a responsabilidade pela formação de uma juventude acrítica, que aceita passivamente idéias que lhe são impostas, ideologia esta marcada pela desumanidade.

À esta passividade, contrapôs-se uma nova tendência, apoiada em princípios da epistemologia empirista, ainda com o traço marcante do conhecimento como algo exclusivamente externo, que deve ser assimilado pelo sujeito que aprende. Neste modelo de aprendizagem por descoberta dirigida, o conhecimento não é mais um produto

pré-fabricado, mas sim o conjunto de fatos da vida real, presentes na observação da natureza. O centro não é mais o professor, agora é a natureza.

O que ocorreu dentro da comunidade pedagógica foi a aceitação rápida deste tipo de pensamento já que, como afirma Bachelard (1983), o empirismo é a nossa filosofia natural. A percepção imediata do mundo se configura no pensamento vulgar, ou seja, no conhecimento do senso comum, que é imediato e sistematizador natural de dados sensoriais.

Dentro deste conjunto de crenças, pensava-se que o aluno pela observação da natureza, geraria conceitos e "faria" ciência a partir disso. Era a intenção de fazer do sujeito que aprende um projeto de cientista, fazendo com que ele percorresse os estágios do método científico, concebido como um procedimento asséptico de observação experimental. Pressupunham-se, então, a neutralidade do observador e a ausência da teoria na interpretação dos dados. (Chalmers,1993)

Apoiados neste paradigma, surgem na década de 60, os grandes projetos americanos para a área de Ciências: CHEM (Chemical Education Material Study), PSSC (Physical Science Study Committe), BSCS (Biological Science Education Studies), que foram, na sua maioria, reações manifestas ao grande espanto que o lançamento do satélite soviético Sputnik causou, detonando um processo de avaliação e de críticas aos currículos americanos vigentes considerados pobres e incapazes de gerar cientistas.

Em combate a perspectiva empirista que embasava aqueles projetos, os racionalistas afirmam que todo dado está "carregado de teoria", pois este não pode ser considerado um dado científico, se não estiver participando de uma construção da razão .

"Na perspectiva racionalista, o método científico já não é entendido como um método universal, linear, seqüencial, uniforme, perene e pacífico, mas como o caminho para idéias cada vez mais racionais, mais repensadas, mais abstratas e gerais. É um método que renuncia à tentação de pensar o sujeito como espectador passivo da natureza. Incita-o, pelo contrário, a forçar, ativamente, a natureza a

responder às suas questões, a não se deixar manobrar por ela. Não obstante, evita, escrupulosamente, todo o recurso, explícito ou implícito, a certezas absolutas." (Santos e Praia, 1992, p.22)

Além desta assepsia empirista, o modelo de aprendizagem por descoberta dirigida trazia no seu bojo outra concepção que também contribuiu para a crise desta tendência depois de algum tempo. Não se levava em consideração as idéias que o aluno já possui, oriundas de experiências da sua vida. Continuava a suposição, como na aprendizagem por recepção, que a mente do sujeito é uma "tábula-rasa", uma "caixa preta vazia", onde o conhecimento vai sendo depositado, cumulativamente, durante a aprendizagem.

Emergindo como uma nova tendência pedagógica, as abordagens construtivistas se perfilam com as teorias desenvolvidas pela psicologia cognitivista, que aparecem atuantes na segunda metade do séc. XX, na voz de Piaget e, de uma certa forma, também na de outros, como Ausubel. Enfatiza-se agora o que ocorre dentro da "caixa preta", como funciona a estrutura cognitiva do sujeito. Procura-se estudar os processos internos pelos quais o sujeito passa ao aprender .

Ausubel (1968) traduz seu pensamento na seguinte máxima famosa: "... determine aquilo que o sujeito sabe e ensine-o de acordo.", considerando que no topo da estrutura cognitiva estão as idéias mais inclusivas que, progressivamente, subsumem proposições mais diferenciadas.

Ainda, neste período, foi semeado o que se transformaria na emergência de um novo conceito - o modelo de mudança conceitual. A aprendizagem passa a ser entendida como uma mudança de concepções qualitativamente diferentes, o que envolve alterações de estruturas. O sujeito é considerado como um sujeito em construção, constituinte, que se auto-transforma.

Esta nova assunção dispara, no final da década de 70, o movimento das concepções alternativas (MCA), que constituiu uma linha de pesquisa voltada à investigação e análise das idéias que os alunos trazem para a sala de aula sobre conceitos e fenômenos científicos abordados durante os cursos de Ciências.

Para se ter uma idéia do crescimento do número de pesquisas nesta área, Matthews (1994) relata o fato de que no primeiro congresso internacional sobre este tema, em 1983, foram apresentados sessenta trabalhos, enquanto que no segundo o número subiu para cento e sessenta. Além disso, podem ser encontradas revisões de trabalhos nesta área em Driver e Easley (1978), Gilbert e Watts (1983) e Pfundt e Duit(1991), sendo que o levantamento bibliográfico realizado por Duit em 1991 aponta a existência de cerca de duas mil pesquisas neste campo, até então.

Baseando-se nestas pesquisas, projetos foram desenvolvidos visando configurar processos de ensino que facilitassem mudanças conceituais nos alunos, seguindo pressupostos de substituição das idéias prévias pelas científicas, ou amalgamação das idéias anteriores às novas apresentadas. Dentre tais projetos, podemos citar o *Children's Learning in Science* (Driver, 1978, 1983, 1989) e o projeto da Universidade de Waikato (Osborne e Freiberg, 1985).

Todavia, muitos pesquisadores pertencentes ao MCA constataram que o processo de mudança conceitual parece não ser tão fácil de ser promovido, já que a resistência das idéias prévias dos alunos, mesmo após período de ensino, se coloca como obstáculo importante nesta transformação. Por isso, White e Gunstone (1989) chegaram a sugerir uma expressão mais adequada para refletir a complexidade e as dificuldades implícitas neste processo - "mudança de crença" - .

Dentro do MCA, um dos artigos que mais repercutiram nas idéias sobre mudança conceitual foi o de Posner e col. (1982), onde algumas condições são propostas

para que tal mudança ocorra: a insatisfação do aluno com a sua concepção prévia e que a nova concepção lhe seja inteligível, plausível e frutífera na solução de novos problemas.

Subjacente a estas quatro condições, parece existir a pressuposição da destruição das pré-concepções prévias dos alunos pelo processo de ensino. Será isto mesmo possível? Muitos trabalhos na literatura apontam a resistência das idéias alternativas dos alunos. Sendo assim, será que a desestabilização dessas idéias, com subsequente substituição pelos conceitos científicos se configuram um processo previsível e possível de ocorrência?

Colocando a questão sobre outra ótica, até que ponto podemos garantir que idéias antigas, menos explicativas, possam ser substituídas por outras, novas, de caráter científico, sem considerarmos o papel do contexto social em que o indivíduo vive?

Ainda nesta perspectiva, quando se objetiva a substituição de idéias alternativas por conceitos científicos, parece estar-se pressupondo a superioridade do conhecimento científico em relação a outros tipos de conhecimento. Será que o ser social, no seu dia-a-dia, precisa sempre lançar mão de conceitos científicos para atuar melhor no mundo que vive? E mesmo os cientistas, será que o fazem de forma natural? Se a estas questões parece difícil elaborar respostas afirmativas, por que então tentar levar o aluno obrigatoriamente a um modelo de substituição / mudança conceitual?

Além dessas questões, a suposição de um caráter idiossincrático para a aprendizagem permeando o modelo de Posner e col. não leva em conta a dinâmica social da sala de aula na construção de conhecimentos pois, o aluno é também um ser socialmente constituído, que interage com seus pares e com o professor, estabelecendo negociações de significados.

Com relação a tal negociação, Santos (1991) critica as posições de Posner e col., quando afirma: "um cientista que pretende demonstrar a significância de um novo paradigma a

outros cientistas encontra menos dificuldades no âmbito da linguagem (conhece o sentido da linguagem usada no paradigma anterior) do que o professor que pretenda estimular uma mudança conceitual no aluno (este ignora, freqüentemente, o sentido que o aluno atribui a determinadas palavras)." (Santos ,1991, p.185)

Para entendermos como o ser humano aprende conceitos, torna-se necessário considerarmos o papel da linguagem ou da palavra como agente mediador das interações sociais. Segundo Luria , "toda palavra tem um sentido, que depende da tarefa que o sujeito tem diante de si e da situação concreta em que emprega a palavra" (in Vygotsky, 1991). O processo de emprego real da palavra é a escolha do sentido adequado entre todos os possíveis significados da palavra, quando existe um sistema de escolha que funcione com precisão, com o realce do sentido adequado e a inibição de outras alternativas.

A evolução do significado da palavra ocorre processualmente nas diferentes fases do desenvolvimento. Desta forma, o conteúdo encerrado na representação pode mudar na sua essência conforme outras experiências vão sendo vivenciadas pelo aprendiz, através da interação com o outro que, no caso da sala de aula, se concretiza com os colegas e, principalmente, com o professor.

Por sua vez, a não negociação de significados em sala de aula pode instaurar inúmeros problemas no processo de ensino-aprendizagem, como os apontados por Schnetzler (1994) ao se referir às aulas de Química:

"Como professores e alunos têm diferentes experiências e conhecimentos acumulados, usualmente, atribuem às mesmas palavras, significados distintos, os quais, além de causarem problemas de comunicação e, portanto, de entendimento mútuos, podem gerar a construção de idéias errôneas por parte dos alunos ." (Schnetzler, 1994, p.22). Como exemplo disso a referida autora menciona o emprego da palavra *partícula* que, para os alunos, significa algo muito pequeno, minúsculo, mas ainda concreto, como um grão de areia ou de açúcar ou, ainda, quando o

professor acaba passando a idéia de *reagente principal* nas transformações químicas ao expressar uma reação de A **com** B, e não **entre** A e B. Assim, o emprego da palavra, por parte do professor, não pode ocorrer desprovido da consciência de que *aquilo que o aluno entende, nem sempre é aquilo que ele (professor) quis dizer.*

O cuidado com a linguagem em sala de aula implica, também, que o professor esteja atento em não se contentar com qualquer idéia construída pelos alunos. Isto porque o professor como representante do conhecimento científico, tem o dever social de viabilizar o acesso dos alunos a uma outra cultura, a científica, instaurando em sala de aula, a enculturação, proposta por Edwards e Mercer (1987), e que Mortimer (1994) detalha para o processo de ensino-aprendizagem de Química.

“O papel das aulas de química ou de ciências é introduzir o aluno na cultura científica, uma cultura que tem história, métodos de trabalhos e estruturas conceituais complexas. Apesar de ser possível construir conhecimentos em sala de aula, isso é altamente dirigido e orientado para os conceitos, teorias e fatos experimentais já conhecidos e utilizados pela comunidade científica.” (Mortimer, 1994, p.258)

Em outras palavras, isto significa situar o aluno em um outro contexto, o científico, propiciando-lhe conhecer e entender um outro ponto de vista, o da Ciência (Química) que, por ser geralmente distinto daquele que ele atribui aos fenômenos e eventos que experiencia na sua vida cotidiana, não implica em descarte ou substituição de suas concepções.

A contextualização das idéias por parte do professor constitui uma importante mediação para a tomada de consciência dos alunos com relação às novas idéias científicas e às suas próprias concepções prévias. Segundo Vygotsky (1991), esta tomada de consciência faz parte do processo de construção de um novo conceito na medida em que possibilita um controle de uma função que era previamente exercida pelo aluno de uma forma inconsciente e espontânea.

Conforme sugerido por Mortimer (1994), a tomada de consciência por parte do aluno pode lhe propiciar o conhecimento do seu próprio perfil conceitual para um determinado conceito, perfil este proposto pelo referido autor a partir da noção de perfil epistemológico de Bachelard (1974).

O perfil epistemológico de Bachelard para um conceito é diferente de um indivíduo para outro e é influenciado pelas diferentes experiências que cada pessoa possui. Este perfil é constituído de diferentes zonas que representam os diferentes níveis de conceitualização que uma pessoa pode atribuir a um determinado conceito. Por exemplo, o conceito de massa pode compor um perfil epistemológico que possui, pelo menos, quatro diferentes zonas: a realista, a empirista, a racionalista clássica e a racionalista moderna.

Com exceção da primeira zona que é pré-científica, a configuração das demais baseia-se nas correntes filosóficas e históricas da Ciência e para o referido conceito, as zonas do perfil epistemológico podem ser explicitadas da seguinte maneira e em ordem crescente de abstração e racionalidade:

- zona realista: atribui massa àquilo que é pesado.
- zona empirista: envolve a operacionalização criteriosa de técnicas de medida, como a utilização da balança. Nesta zona, o conceito é sólido, mensurável e claro.
- zona racionalista clássica: a massa é definida como um quociente entre força e aceleração (Newton). A relação entre massa, força e aceleração é analisada pelas leis racionais da aritmética.
- zona racionalista moderna: a massa é função da velocidade (teoria da relatividade). A massa de um objeto é relativa ao deslocamento do mesmo (Einstein).

Desta forma, o perfil epistemológico do conceito massa vai apresentar diferenças com relação aos níveis de suas zonas se considerarmos, por exemplo, dois indivíduos diferentes: uma pessoa ligada ao senso-comum e um físico (Mortimer, 1994). A

primeira apresentará, segundo este modelo, um nível maior de utilização de idéias ligadas à zona realista, enquanto que o físico lançará mão de concepções situadas na zona racionalista clássica ou moderna.

Mortimer (1994) adotou esta noção de perfil epistemológico para propor a de perfil conceitual na tentativa de sugerir um modelo que descrevesse as concepções individuais resultantes de um processo de ensino.

Considerando a noção de perfil conceitual, o processo de ensino-aprendizagem passa a ser considerado sob um novo ângulo. Torna-se possível ensinar um conceito até um certo nível sem se referir a ele num nível menos elevado, desde que estas duas zonas do perfil conceitual sejam epistemologicamente e ontologicamente diferentes. O novo conceito não precisa ser necessariamente dependente das concepções prévias, (componentes da zona realista) se ele for aplicado em uma diferente zona do perfil. Assim, somente quando aquelas concepções constituem obstáculos epistemológicos ou ontológicos à construção de uma nova zona científica, é que se torna importante levar em conta esta contradição.

Bachelard define como obstáculos epistemológicos as idéias baseadas em dados sensoriais oriundas do “inconsciente do espírito científico” (Santos,1992) . São conhecimentos subjetivos relacionados a aspectos intuitivos e imediatos, a experiências iniciais e ao empirismo.

À luz da epistemologia bachelardiana, as concepções alternativas que os alunos apresentam no processo de ensino podem ser vistas como obstáculos epistemológicos.

O animismo representa um grande empecilho na construção de idéias próximas ao conhecimento científico, porque infantiliza a visão que se tem da Ciência ao atribuir vida ou propriedades antropomórficas a objetos inanimados. Contribuem para esta

concepção ingênua expressões como, por exemplo: “aparelhos elétricos são *alimentados* por eletricidade” ou “o fogo *come* o ar”.

O substancialismo carrega idéias de que partículas possuem características físicas semelhantes a corpos materiais como dilatação, fusão e ebulição. Esta concepção também abrange atributos de substância a formas de energia como o calor.

Por fim, o conhecimento pragmático representa um obstáculo epistemológico à medida que passa uma visão utilitária de um fenômeno como forma de explicação do mesmo. Neste sentido, o conhecimento pragmático é traduzido em expressões como: “o ar é sopro da vida” ou “as moscas possuem asas para voar”.

Na construção do perfil conceitual, é fundamental considerar ainda a superação dos obstáculos ontológicos. O átomo, por exemplo, como um objeto quântico não pertence à mesma categoria ontológica do átomo clássico, um espécie de bloco básico que constrói a matéria. Assim zonas diferentes do perfil, muitas vezes, implicam em categorias ontológicas diferentes para um mesmo conceito. (Mortimer,1994)

Para planejar o ensino de acordo com o modelo de perfil conceitual, o professor pode explorar as diferentes zonas deste perfil e identificar os obstáculos epistemológicos e ontológicos que os alunos apresentam sobre o conceito. Diferentes conceitos apresentarão diferentes perfis com peculiaridades relativas às suas zonas, não havendo uma regra geral ou seqüência de passos que possa ser aplicada a qualquer conceito para construir o seu perfil.

Nas palavras de Mortimer (1992), a consideração deste perfil

“permite a descrição de um sujeito individual no qual as noções estão distribuídas por um espectro em que cada região se refere a um determinado domínio de aplicação da noção. Neste sentido, ao propormos que o aluno tome consciência de suas concepções alternativas e de seu domínio, e a partir daí construa novas noções, científicas, estamos, de fato, tentando mudar o seu perfil epistemológico. Assim, o

sujeito epistemológico descrito pelo perfil é muito próximo aos nossos sujeitos reais em processo de evolução conceitual” (Mortimer, 1992, p.243)

Se as considerações apresentadas nestas poucas páginas iniciais podem, de certa forma, refletir a minha própria evolução sobre a compreensão do processo ensino-aprendizagem, necessário se faz, então, que eu relate como fui construindo esse meu perfil conceitual.

Se, em 1992, ao iniciar o curso de mestrado em Educação na FE-UNICAMP eu compreendia aquele processo como transmissão-recepção, as angústias geradas pela sua adoção na minha prática pedagógica, aliadas à minha “apresentação” ao construtivismo no ensino de Ciências através de disciplinas e discussões com colegas, levaram-me a construir uma outra zona no meu perfil conceitual do processo ensino-aprendizagem, onde a ênfase concentrou-se na adoção de modelos de mudança conceitual.

Assim, passei a conceber que o papel do ensino era promover tal mudança, principalmente através da instauração de conflitos cognitivos nos alunos. Isto significa que, naquela época, apoiei-me substancialmente nas idéias de Posner e col.(1982) para planejar e desenvolver o processo de ensino-aprendizagem aqui investigado.

No entanto, à medida em que fui assumindo cada vez mais o papel de pesquisadora do processo pedagógico que, como professora, conseguira realizar com meus alunos, fui, também, tomando contato com novas contribuições teórico-metodológicas que passaram a surgir na literatura específica sobre Educação em Ciências. Estas, nestes últimos três anos, passaram a incorporar idéias centrais da corrente sócio-histórica e a explorar a natureza do conhecimento científico e sua distinção com relação ao conhecimento do senso-comum. Assim, a consideração dessas contribuições é que me abriram os olhos e a mente para o papel da linguagem e das interações em sala de aula, para a mediação do professor, para a negociação de significados, para as noções de enculturação

e de perfil conceitual. Se esse meu novo olhar constitui, presentemente, mais uma nova zona de conceitualização do meu perfil conceitual do processo ensino-aprendizagem, impossível me é ocultá-la, concentrando-me exclusivamente em contribuições teórico-metodológicas do movimento construtivista no Ensino de Ciências até 1992 para analisar e discutir o processo aqui investigado.

Por isso, em vários momentos deste trabalho essas duas zonas do meu perfil estão presentes para refletir, também, a riqueza da minha própria evolução.

Isto posto, situo novamente o meu caminhar no ano de 1992, quando julguei ser necessário, conhecer as concepções alternativas sobre conceitos químicos que adolescentes na faixa etária dos meus alunos possuem. Do levantamento bibliográfico realizado, chamou-me a atenção o quadro que se configurou para o conceito TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA (T.Q. ), por dois principais motivos:

1º. o conceito é fundamental no ensino de Química. Afinal,

"a atividade central do químico é compreender as transformações (reações) químicas e delas tirar proveito. Às vezes, seu interesse está em produzir uma transformação, outras vezes, em evitá-la. Em todos os casos, ele deseja compreender e controlar as transformações químicas que podem ocorrer ." (Chemical Education Material Study,1972, in Schnetzler,1980)

2º. as idéias alternativas de alunos sobre T.Q. distanciam-se substancialmente das concepções cientificamente aceitas.

### \* *Concepções alternativas de alunos sobre Transformação Química*

Dentre as pesquisas revisadas sobre concepções alternativas de alunos sobre *transformação química*, uma das mais significativas é a de Andersson (1990) que analisa as concepções de estudantes de 11 a 17 anos, identificadas nos seguintes trabalhos: Andersson e Renstrom (1981, 1983a, 1983b), Pfundt (1982), Shollum (1982), Andersson (1984,1986), Méheut e col. (1985) e De Vos e Verdonk (1985a,b, 1986, 1987a,b).

Na sua análise, Andersson configura cinco categorias de idéias dos alunos sobre transformações químicas, a saber: **(a)** desaparecimento, **(b)** deslocamento, **(c)** modificação, **(d)** transmutação, **(e)** interação química.

As características da categoria **(a)** denotam que este tipo de concepção envolve a idéia que durante uma transformação química o que ocorre é o mero **desaparecimento** de alguma(s) substância(s). Andersson e Renstrom (1983) formularam a seguinte questão a 2800 alunos de 12 a 15 anos: "Um carro pesa 1000 kg. Ele é abastecido com 50 kg de combustível. O carro é dirigido até que o tanque de combustível fica vazio. O carro volta a pesar 1000 kg. Aproximadamente qual é a massa de gases de escape expelido durante a perda de peso do carro?"(p.56). Cerca de 15% dos alunos responderam que o combustível usado no carro simplesmente desapareceu, sem fazer qualquer suposição sobre a massa perdida ou sobre a transformação ocorrida.

Na categoria **(b)**, a idéia de **deslocamento** exprime a noção de que durante uma transformação química pode ocorrer mudança de espaço físico da substância, isto é, ela pode desaparecer de um dado lugar simplesmente porque se deslocou. Shollum (1982) entrevistou estudantes de 11 a 17 anos sobre transformação química e obteve vários exemplos de respostas. Nesta categoria ao lhes pedir explicações sobre a ferrugem formada em um prego: "*Ferrugem é uma espécie de química. Ela surge na umidade e*

*fica no ar todo o tempo, e quando algum metal é umedecido, ela se propaga e o ataca . É uma espécie de fungo.*" ( in Andersson,1986, p. 553). Esta resposta expressa a idéia de que a ferrugem está no ar e se desloca para o prego porque ele está úmido.

Na categoria (c), a concepção de **modificação** revela a conotação de mudança de estado físico ou de forma durante a transformação, como foi constatado por Andersson numa das respostas obtidas por Meheut e col. (1985) com relação à combustão do álcool : "*Quando o álcool queima, há vapor de álcool ... quando você aquece água em um prato, há vapor de água.*" ( in Andersson,1990, p.56)

Na categoria (d) , **transmutação** representa uma série de transformações "proibidas" na Química como por exemplo : energia se transformando em matéria ou vice-versa, ou mesmo , matéria se transformando em outro tipo de matéria , o que é permitido nas leis químicas. Assim, por exemplo, naquele problema sobre os gases de escape já citado, alguns alunos responderam: "*...parte do petróleo se transformou em calor e energia cinética.*"

A categoria (e), **interação química**, do ponto de vista do processo de ensino-aprendizagem é a mais desejável, indicando uma concepção dinâmica e corpuscular da matéria por parte dos alunos. Todavia, na maioria dos trabalhos analisados por Andersson, somente cerca de 15% dos alunos expressaram a idéia de transformação química desta forma. Em alguns casos, apenas 2% das respostas pertenciam a esta categoria mesmo após os alunos terem sido submetidos ao ensino de T.Q. (Andersson e Renstrom , 1981,83).

É interessante notarmos, ainda, um outro tipo de concepção sobre T.Q. entre estudantes secundaristas, a qual foi detectada por Andersson e Renstrom (1986) com 10% dos participantes da pesquisa ao responderem que **transformação química**

ocorre com certos materiais porque *"é natural ou esperado que seja assim"*. (*"It is just like that"*).

Os mesmos autores constataram que mesmo após terem tido aulas de Química poucos alunos empregam os conceitos de átomo e molécula em seus raciocínios sobre transformação química. Muitos concebem o nível atômico-molecular como se fosse uma extrapolação do nível fenomenológico. Em outras palavras, o que se aplica ao macro, também se aplica ao micro.

Esta extrapolação que os estudantes fazem do nível macroscópico (fenomenológico) para o microscópico (teórico, conceitual) foi também constatada por De Vos & Verdonk (1985,a). Estes autores, investigando alunos holandeses (14-15 anos) iniciantes no currículo de Química, identificaram as seguintes noções sobre o comportamento das substâncias, suas transformações e a natureza de suas partículas:

- há a idéia de que existem "moléculas quentes" e "moléculas frias".
- um metal é bom condutor de calor porque cada átomo é bom condutor de calor.
- nos líquidos, as moléculas são pequenas e em forma de pequenas gotas.
- a expansão de objetos ocorre por causa da expansão das moléculas.
- uma substância "macia" não pode ser feita de moléculas "rígidas".
- a transparência de algumas substâncias deve-se ao fato das suas moléculas serem transparentes.
- substâncias que tem cheiro são cercadas por uma "aura de cheiro" esférica.
- a cola funciona devido a uma fina camada adesiva que a própria substância possui.
- em organismos vivos as moléculas estão vivas, exceto em cabelos e dentes.

Ainda Ben-Zvi, Eylon e Silberstein (1987), investigando 337 alunos israelenses com idade entre 13 e 15 anos, constataram que eles apresentavam grande dificuldade em mudar seus raciocínios do campo fenomenológico para o nível atômico-molecular pois, por exemplo, atribuíam propriedades como cor e fase a átomos e moléculas individuais. Neste sentido, foram encontradas manifestações do tipo: *"Ouro é dourado porque possui átomos de cor dourada e a água é líquida porque é composta de moléculas líquidas."*

Cachapuz (1988) também identificou a mesma tendência com relação às idéias de alunos secundaristas portugueses sobre o que ocorre durante a cocção de um ovo. Respostas do tipo: *"...quando aquecemos um ovo ele se torna maior ... o tamanho das partículas aumenta e elas se tornam mais compactas..."*, foram encontradas. Na mesma pesquisa foi constatada, ainda, a noção de "reagente principal" em uma transformação química. Segundo o autor, esta idéia é considerada uma versão contemporânea da dualidade entre os princípios do enxofre e do mercúrio, usados pelos alquimistas do século XIII, para explicar fenômenos naturais. Assim, as transformações químicas ocorreriam tendo sempre um material "mais importante" que é transformado por causa da ação de outros reagentes. Segundo o referido autor, o "reagente principal" seria sempre um sólido, pois é maciço, visível, ou um ácido, porque é forte, contrariando, por exemplo, com o gás oxigênio que não é importante nas reações de combustão porque é invisível, evidenciando que nessas concepções há uma influência clara de experiências vividas pelos alunos no cotidiano.

As influências que as mudanças visuais exercem na construção de idéias dos alunos, e que se manifestam de forma extensiva ao nível microscópico, já haviam sido também notadas por Shollum (1982) ao investigar 35 estudantes na Nova Zelândia sobre cinco eventos do cotidiano envolvendo *transformações químicas*. As considerações feitas

por estes alunos mostraram que qualquer mudança (forma, cor ou estado) é considerada transformação química, implicando uma confusão muito grande entre transformação química e mudanças de estado.

Além desta concepção de T.Q. como simples mudança visual ou de estado, Aragão e col. (1991) apontam outra idéia que aparece entre alunos de 1º ano do ensino médio brasileiro: *transformação química* como uma simples *mistura*. Outro resultado desta investigação aponta que após o processo de ensino, somente 49% dos alunos passaram a conceber T.Q. como uma transformação onde há formação de novo(s) material(is), enquanto 20% continuaram presos à concepção de simples mistura. Estes resultados foram atribuídos à ausência de discriminação entre *transformação química* e *mistura* no processo de ensino-aprendizagem investigado.

Também Stravidou e Solomonidou (1989) constataram que estudantes gregos se expressam sobre T.Q. num nível de “concretude” restrito à manifestações externas visuais de mudanças da matéria. Mais uma vez, as autoras constataram que todos os atributos de T.Q. expressos pelos estudantes restringiram-se ao nível macroscópico, não havendo referência a nenhum atributo microscópico.

Esta ausência de limites entre o observável (fenomenológico) e o nível explicativo ou interpretativo (nível atômico-molecular) parece ser atribuída a dificuldades dos alunos compreenderem o papel dos modelos teóricos na interpretação de fenômenos e a deficiências na construção de outros conceitos fundamentais do conhecimento químico como, por exemplo, o de *substância*. Vogelezang (1987), estudando o desenvolvimento deste conceito em cursos secundários, constatou que o conceito *transformação química*, definido como o aparecimento de novas substâncias, não leva necessariamente os estudantes a aceitarem esta visão. Eles assumem, pelo menos inicialmente, que em uma reação química o material é conservado e apenas adquire novas propriedades. Neste caso,

uma substância é considerada como uma "fonte" de propriedades. Assim, pode-se ouvir os estudantes falando sobre conservação de substância em reações químicas com frases do tipo: "X se torna Y" onde X é uma substância e Y uma propriedade. Um exemplo é: "*Cobre se torna preto se é posto na chama.*" Esta expressão pode ser interpretada como implicando a conservação da substância cobre, que passa a ser preta.

Segundo Driver (1989), é possível que os alunos assimilem conceitos sobre átomos e moléculas e suas representações do modo pretendido nas aulas de ciências mas, quando se encontram diante de um fenômeno que tenham que explicar, apresentam a tendência de considerar relevantes não as noções que lhes ensinaram mas, sim, as idéias intuitivas próprias, das experiências de cada um.

Parece ser consenso entre os pesquisadores que a manifestação de concepções de alunos afastadas da visão cientificamente aceita torna-se acentuada devido à ausência de discussões sobre Ciência nas aulas, à ênfase na visão empiricista do conhecimento e à falta de relacionamento explícito entre os níveis micro e macroscópico do conhecimento químico em processos de ensino tradicionais. Neste caso, não são enfatizadas as relações existentes entre teorias (modelos) que tentam explicar a natureza da matéria e os fenômenos observáveis. Aliás, há 20 anos atrás, Haight já havia dito, que a fonte de confusão na Química reside no fato dos estudantes terem que articular dois mundos diferentes: o macroscópico e o microscópico. Herron, quase na mesma época, identificou um terceiro mundo: o simbólico (in Bodner, 1992). Estes níveis do conhecimento químico, Johnstone (1982) explicitou da seguinte forma :

a) nível descritivo e funcional (*macroscópico*): é o campo onde pode-se ver e manusear materiais, analisar e descrever as propriedades das substâncias em termos de densidade, ponto de fusão, etc. e observar e descrever suas transformações.

b) nível simbólico (*representacional*): é o campo onde representamos substâncias químicas por fórmulas e suas transformações por equações. É a linguagem sofisticada do conhecimento químico.

c) nível explicativo (*microscópico*): é o nível onde invocamos átomos, moléculas, íons, estruturas, que nos dão um quadro mental para racionalizar o nível descritivo mencionado acima.

Por isso, Nakhleh (1992) afirma:

"se o aluno não souber como explicar a Química utilizando-se de ferramentas ideacionais no nível microscópico, ele efetivamente não aprendeu Química".

Considerando tal assertiva e a revisão bibliográfica das concepções alternativas dos alunos sobre T.Q., podemos perceber o quanto estas se encontram distantes da citação acima. Notadamente, podemos constatar o fato dos estudantes expressarem idéias pautadas em aspectos observáveis, revelando, também, um fraco entendimento do modelo corpuscular da matéria como uma construção mental explicativa para vários fenômenos abordados em Ciências. Com relação a isso, Romanelli (1992) aponta que:

"A construção de modelos mentais complexos que possam fundamentar a explicação de fenômenos como o da dissolução do açúcar em água ou da constituição da matéria, exige um considerável esforço por parte do aluno de construir "entidades abstratas" e de usar certos parâmetros, descrevendo as suas inter-relações, através de idéias. O foco do aluno nas percepções sensoriais concorre para criar uma barreira ao pensamento abstrato generalizado." (Romanelli, 1992, p.35)

Neste contexto de idéias, Yaroch (1985), trabalhando no nível representacional, já havia constatado que para os estudantes o ato de escrever uma equação química significa fazer um "exercício algorítmico", onde corretamente balanceiam a equação sem, no entanto, conseguirem elaborar um diagrama de partículas para a mesma equação.

Hesse e Anderson (1992) publicaram uma investigação realizada com estudantes americanos que já haviam recebido instrução sobre *transformação química* mas, que apesar disto, revelaram dificuldades em três níveis epistemológicos: conhecimento químico, raciocínio de conservação e idéias explicativas.

Os autores concluíram que a conservação de matéria nas transformações químicas é muito mais complexa de ser entendida pelos alunos do que normalmente o professor supõe. Ainda mais, se o aluno não consegue entendê-la, torna-se praticamente impossível aceitar e compreender modelos microscópicos que a expliquem. Esta dificuldade de aceitar a conservação de matéria aparece, principalmente, quando se trata de reações de combustão, onde os alunos costumam pensar que as substâncias se tornam mais leves depois de queimadas, e que parte do material envolvido é perdido em forma de fumaça.

As dificuldades relatadas por estes autores, assim como os obstáculos que surgem na construção de modelos que expliquem a constituição da matéria, são elementos de uma configuração de idéias onde é marcante a não aceitação pelos alunos do modelo corpuscular. Mortimer e Miranda (1995) nos relatam que apesar da maioria dos estudantes adolescentes representar os materiais através de partículas, continua sendo inadmissível para eles aceitarem a idéia de que entre as partículas existam espaços vazios. Esta concepção se apóia na idéia de que “a natureza abomina o vazio”. Assim, por exemplo, ao sugarem o ar que está dentro de uma embalagem de papelão vazia, a tendência é que eles digam que o vácuo é que puxa as paredes da caixa, e não que a pressão atmosférica exterior empurra estas paredes.

O que depreendemos dessas idéias é que os alunos podem até entender o modelo científico, mas tem dificuldades para aceitá-lo, já que cultivam a noção de que “a natureza abomina o vazio”. Assim, para eles os átomos são pequenos grãos de matéria que podem dilatar, contrair, mudar de estado, como qualquer outra porção de matéria.

Entre os alunos aparece, ainda, uma outra maneira de explicar as transformações químicas, que é a forma “animista”. Esta característica é atribuída às substâncias como se fossem seres vivos e tivessem “vontade” de se combinar. Mortimer e Miranda (1995) relatam um exemplo desta situação onde as idéias dos alunos durante uma experiência de combustão foram investigadas. Esta experiência é bastante utilizada em livros de Ciências e consiste em fixar uma vela num prato, ao qual se adiciona um pouco de água. Quando a vela é acesa e se coloca um copo sobre ela, o fogo se apaga em pouco tempo e o nível da água, dentro do copo, fica mais alto. Um aluno, ao observar isto, afirmou que “o fogo puxa a água do prato sobre o qual está o copo *na esperança* de encontrar oxigênio, pois dentro desse o oxigênio acabou.”

A conclusão desta revisão ampla a respeito de concepções alternativas de alunos sobre **transformação química**, configurou para mim um quadro composto, principalmente dos seguintes problemas:

- a concepção de continuidade da matéria constitui para os alunos um obstáculo importante na construção do conceito T.Q.
- as explicações dos alunos sobre T.Q. concentram-se no nível macroscópico, isto é, no campo fenomenológico.
- a transferência de aspectos observáveis no nível macroscópico para o nível microscópico impede que os alunos construam modelos explicativos coerentes que se aproximem mais dos modelos científicos.

*\* Planejando o processo de ensino sobre transformação química.*

Terminada a revisão bibliográfica sobre as concepções alternativas de T.Q., pareceu-me interessante investigar se os problemas citados também estariam presentes nas concepções dos meus alunos. Tratando-se de estudantes da mesma faixa etária, será que eles conceberiam transformações químicas da mesma forma? E, se realmente pensassem assim, como eu poderia desenvolver um processo de ensino que possibilitasse a construção do conceito T.Q. de uma forma mais próxima ao cientificamente aceito? Nesse sentido, quais atributos deste conceito mereceriam ser inicialmente enfatizados no meu ensino?

Sobre tal conceito sabemos que a utilização de transformações químicas pelo Homem é muito antiga e comum a quase todos os povos: o fogo, a extração de pigmentos, a fermentação alcoólica, a cerâmica, a metalurgia são alguns exemplos. Nos dias de hoje, essa utilização chega a atingir proporções enormes, o que pode ser avaliado pela imensa quantidade de "produtos químicos" que utilizamos. Contudo, seu estudo, dentro de uma perspectiva científica, parece ter sido iniciado há apenas cerca de duzentos anos, com os trabalhos de Antoine Laurent Lavoisier (1789).

É comum, na França, atribuir a Lavoisier (1743-1794), o papel principal na constituição da química moderna, ou seja, no estudo sistemático das transformações químicas. Os anglo-saxões tendem a atribuir este papel a Cavendish (1731-1810), enquanto outros ressaltam as atuações de Scheele (1742-1786) e de Berthollet (1827-1907). Todavia, o mais importante é que apenas nos últimos trinta anos do século XVIII o estudo das transformações químicas passou a constituir as bases do que hoje chamamos de química contemporânea.

Sem dúvida as contribuições de Lavoisier são relevantes. Ele que era um homem rico, coletor de impostos, teve possibilidades de introduzir técnicas de

experimentação e de medição na Química que depois foram aperfeiçoadas pelos físicos, como a utilização sistemática de balanças, de termômetros, de calorímetros, etc. Em 1776, Lavoisier aquece mercúrio por muito tempo em um balão fechado cheio de ar. O mercúrio se oxida, isto é, reage com oxigênio do ar (o “ar vital” de Lavoisier). Ele reconstitui em seguida o ar aquecendo o mercúrio oxidado, o que provoca a liberação do oxigênio absorvido. A partir daí, e contra a opinião de todos os químicos do seu tempo, ele rejeita a teoria do flogístico afirmando o papel de um constituinte do ar, desse “ar vital” nas combustões cuja presença ele demonstrou.

Outras diferentes experiências ajudaram a confirmação das idéias de Lavoisier, como o caso da síntese da água, realizada por Cavendish, a partir da mistura de oxigênio e hidrogênio na qual o físico inglês produz uma faísca elétrica. A experiência é retomada por Lavoisier e Laplace que chegam à seguinte conclusão: “A água não é uma substância simples, ela é composta peso por peso de ar inflamável e de ar vital”. (in Rosmorduc, 1988). “Ar inflamável” seria o hidrogênio e “ar vital”, o oxigênio.

Os avanços no estudo das transformações químicas levaram a uma sistematização no nível das representações em Química. As expressões utilizadas na descrição dos fenômenos começam a ser substituídas por outras que refletem a função da substância designada e, mesmo, de sua composição:

“É assim que o líquido se chamará daqui em diante “ácido sulfúrico” não será mais o “óleo de vitriolo”... Do mesmo modo, perder-se-à o hábito, pouco a pouco, de falar do espírito de Libavius (cloreto estânico) ou do de Vênus (ácido acético), do açafraão de Marte (óxido de ferro), da lã filosófica (óxido de zinco), dos cristais da Lua (nitrato de prata) ou de Chipre (sulfato de cobre). Sem dúvida o poeta não ganhará nada com isso, mas, com certeza, daí o químico saberá tirar proveito”. escreve Massain (1966) ,(in Rosmorduc, 1988, p. 104).

## ERRATA

Algumas razões me levaram a escrever este E-mail. Em primeiro lugar escrevo para expressar preocupação com relação ao meu trabalho. Em segundo lugar para relatar a existência de alguns erros de digitação que acreditava terem desaparecido com a última revisão. Em terceiro lugar por constatar que a leitura em alguns casos tornou-se mais tortuosa face à remanescência dos mesmos, seja na forma, seja no conteúdo. Muito embora a idéia principal do texto não tenha sido afetada ou desvirtuada em nenhum momento.

Outrossim, gostaria de informar também que por crê na correção integral que sugeri, despreocupeime. Obviamente que o cansaço (stress mental e físico) e minhas atividades cotidianas também me afastaram um pouco da dissertação. Entretanto com o concomitante fim da greve aí em São Paulo e o início da paralisação dos servidores federais aqui em Teresina, retornei a leitura e, para meu desespero, alguns erros de digitação permaneciam incólumes.

Um outro motivo desta é solicitar desculpas pelos erros e os efeitos que eles provocaram na leitura do texto. Minha preocupação se justifica exatamente porque busquei apresentar o melhor material possível para o exame final como exige uma defesa. Assim, peço antecipadamente e agradeço a sua tolerância para com o conjunto do trabalho, para tanto segue logo abaixo uma errata.

Um forte abraço,  
Ricardo.

## ERRATA

- PÁGINA 29: 2.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê PROMOVEM, leia-se PROMOVEU;  
PÁGINA 51: 1.º parágrafo, 2.ª linha: onde se lê MAIS DE UM MILHÃO, leia-se QUASE;  
PÁGINA 52: 1.º parágrafo, 3.ª linha: onde se lê EM 1998, leia-se EM 1986;  
PÁGINA 59: 1.º parágrafo, 1.ª linha: desconsiderar a palavra CERTO;  
PÁGINA: 61: 2.º parágrafo, última linha: desconsiderar as palavras POLÍTICA DE;  
PÁGINA 94: 4.º parágrafo, 4.ª linha: desconsiderar a palavra PIAUIENSES;  
PÁGINA 98: 3.º parágrafo, 1.ª linha: desconsiderar a palavra DOIS;  
PÁGINA 99: 4.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê ORGANOGRAMA QUATRO, leia-se SETE;  
PÁGINA 106: 3.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELA 1, leia-se TABELA 12; no mesmo parágrafo a partir da 5.ª linha desconsiderar a frase "COMO MOSTRA A TABELA 2, A SEGUIR. AS MÉDIAS ETÁRIAS DOS PARTIDOS EM";  
PÁGINA 107: 1.º parágrafo, 2.ª linha e 2.º parágrafo na 7.ª linha: onde se lê TABELA 2, leia-se TABELA 13;  
PÁGINA 108: 1.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELA 3, leia-se TABELA 14;  
PÁGINA 114: 2.º parágrafo, 10.ª linha: onde se lê TABELA 5, leia-se TABELA 16;  
PÁGINA 115: 2.º parágrafo, 6.ª linha: onde se lê TABELA 5, leia-se TABELA 16  
PÁGINA 116: 1.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELA 6, leia-se TABELA 17;  
PÁGINA 116: 2.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELAS 5 e 6, leia-se TABELAS 16 e 17;  
PÁGINA 123: na 3.ª linha: onde se lê TABELA 9, leia-se TABELA 20;  
PÁGINA 123: 1.º parágrafo, 3.ª linha: onde se lê A MAIORIA DOS DEPUTADOS É FORMADA EM DIREITO SEGUIDA DE MEDICINA, leia-se A MAIORIA DOS DEPUTADOS É FORMADA EM MEDICINA SEGUIDA DE DIREITO;  
PÁGINA 123: 2.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELA 9, leia-se TABELA 20;  
PÁGINA 123: 2.º parágrafo, 5.ª linha: onde se lê 02,5% leia-se 2,5%;  
PÁGINA 129: na tabela 21, os deputados sem experiência em 1982 eram 12 e não 11;  
PÁGINA 129: 1.º parágrafo, 2.ª linha: onde se lê TABELA 1, leia-se TABELA 21;  
PÁGINA 129: 1.º parágrafo, 4.ª linha onde se lê DOS 10 DEPUTADOS, leia-se 12 DEPUTADOS;  
PÁGINA 130: 2.ª linha onde se lê MANTEVE 18 REPRESENTANTES, leia-se 17;  
PÁGINA 130: 2.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELA 1 e 18 DEPUTADOS, leia-se TABELA 21 e 17 DEPUTADOS;  
PÁGINA 131: DESCONSIDERAR todo o PRIMEIRO PARÁGRAFO;  
PÁGINA 132: na tabela 22 a taxa de permanência para a Assembléia em 1994 é de 56,5% e não de 65,5% ;

PÁGINA 132: 2.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELA 2, leia-se TABELA 22;  
PÁGINA 134: 2.º parágrafo, 2.ª linha: onde se lê TABELA 3, leia-se TABELA 23;  
PÁGINA 134: 3.º parágrafo, 2.ª linha: onde se lê 11,2 leia-se 10,7;  
PÁGINA 134: 3.º parágrafo, 3.ª linha: DESCONSIDERAR o ano de 1986;  
PÁGINA 135: 2.º parágrafo, 5.ª linha: onde se lê 8 HERDEIROS, leia-se 7 HERDEIROS;  
PÁGINA 135: 3.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELA 3, leia-se TABELA 23;  
PÁGINA 135: 3.º parágrafo, 3.ª linha: onde se lê 21 DEPUTADOS, leia-se 22;  
PÁGINA 136: 1.º parágrafo, na 1.ª e 3.ª linhas: onde se lê TABELAS 5 e 6, leia-se TABELAS 25 e 26, respectivamente;

PÁGINA 136: 3.º parágrafo, 1.ª linha: onde se lê TABELA 6, leia-se TABELA 26;  
PÁGINA 141: DEVE-SE DESCONSIDERAR o parágrafo 1 a partir da 4.ª linha: onde se lê "... A MAIOR PARTE ..." até a 3.ª linha do 2.º parágrafo onde se lê "... ACREDITA-SE AQUI QUE ...".

Dessa forma, haverá a fusão de ambos parágrafos e nova redação será a seguinte:

"A hegemonia do PFL e a manutenção da hierarquia partidária provoca uma espécie de institucionalização, embora, em si, seja enviesada, em primeiro lugar, em razão de localmente os partidos converterem-se em agregados sociais ancorados no personalismo de lideranças, à frente das máquinas políticas. Em segundo lugar, devido a que [fusão] os vínculos com os partidos sejam, portanto, muito frágeis e, sobretudo, sem uma clara identificação de classe ou que se mantenha na base da ideologia, que é um elemento que fortalece o desenvolvimento partidário. Assim, a referida institucionalização partidária é, em si, resultado muito mais da ação predatória e pragmática das práticas oligárquicas e clientelistas, das alianças políticas puramente eleitoreiras, da cooptação de lideranças que marcam o panorama local, e menos da criação de raízes e da identificação entre o eleitorado e as instituições de representação política existentes"

Ciente de que erros sempre acompanham trabalhos finais, no entanto, reconhecendo minha falha de o Ter corrigido em tempo hábil antes de enviá-lo à banca, creio que após a apresentação dessa ERATA, o texto ganha mais agilidade e compreensibilidade (desculpe a má palavra) na sua leitura. Mais uma vez peço desculpas e compreensão de sua parte.

Um abraço,  
Ricardo Arraes.

Embora os princípios fundamentais desta nomenclatura ainda vigorem, seu conteúdo variou. Lavoisier (1789) define “elemento” todo aquele que o químico, mesmo utilizando todos os meios a sua disposição, não consegue decompor.

“A química caminha em direção a seu objetivo e para sua perfeição dividindo, subdividindo e re-subdividindo ainda e ignoramos qual será o termo de seus sucessos. Nós não podemos portanto assegurar que o que olhamos como simples hoje, o seja na realidade; tudo que podemos dizer é que tal substância é o termo atual ao qual chega a análise química, e que ela não pode mais se subdividir além dele, no estado atual de nossos conhecimentos “. ( in Rosmorduc, 1988, p.104)

A partir disso, Lavoisier desenvolve uma teoria em que todos os ácidos contém oxigênio, inclusive o ácido clorídrico, considerado o ácido mais oxigenado, batizado como “ácido muriático oxigenado”. Estes erros começam a desaparecer com os progressos da química a partir do fim do século XVIII e início do XIX. Em 1789, o *Tratado elementar de química* parece marcar definitivamente o nascimento da química moderna.

Também a descoberta da eletricidade estaria ligada, no início, ao fenômeno das transformações químicas. Galvani já teria constatado casualmente, por volta de 1780, o que chamou de “eletricidade animal”. Em um experimento, ele amarrou as pernas de uma rã sem pele a um balcão de ferro. Quando as pernas tocavam o balcão, elas se agitavam em convulsões, como o efeito que uma máquina eletrostática produziria. Volta tomando conhecimento das experiências de Galvani atribui a produção de eletricidade ao contato de dois metais. Colocando a língua entre duas rodela de metais diferentes, ele constata que, segundo a ordem dos metais, o leve gosto sentido é ácido ou alcalino. Da mesma forma, tocando com a língua os pólos de uma máquina eletrostática, o gosto é alcalino se o pólo é positivo, ácido se ele é negativo.

Através de uma investigação da qual não se tem registros, Volta tem a idéia de empilhar discos de cobre e de zinco separados por rodela de cartão embebidas em água

salgada e constata, a partir disso, fenômenos como os observados nas pernas de rã. A primeira “pilha elétrica” é assim construída, sistema capaz de gerar eletricidade a partir de uma transformação química.

A eletrólise é produzida a seguir, quando Carlisle e Nicholson (1807) mergulham em um recipiente cheio de água dois fios metálicos ligados às extremidades de uma pilha. Eles observam que um dos fios se oxida e que o hidrogênio é liberado em contato com o outro, o que provoca a decomposição da água, outra transformação química ligada à eletricidade.

As investigações em torno das transformações químicas, nesta época, ainda contribuíram para fortalecer as teorias dos partidários da tese da descontinuidade da matéria. A “lei das proporções definidas” foi “pressentida” desde 1799 por Joseph Louis Proust e, também, por J.B. Richter. Nesta época, Berthollet se opõe à idéia, utilizando-se de um estudo de ligas metálicas que, na verdade, são misturas e não produtos de transformações químicas obtendo, assim, resultados que contradiziam a idéia de proporções definidas nas reações. Esta polêmica entre Berthollet e Proust faz com que este último só consiga publicar sua teoria em 1806:

“Nas reações químicas, os elementos só se unem entre si para formar uma combinação dentro das proporções de peso absolutamente definidas.” (in Rosmorduc, 1988, p.107). Desta forma, por exemplo, na formação da água, a 2 gramas de hidrogênio só podem se unir 16 gramas de oxigênio, ou múltiplos destas duas massas: 4 g e 32 g , ou 8g e 64 g , etc.

Em seguida, Dalton (1808), discípulo de Proust, publica sua idéia de que cada substância seja formada por partículas idênticas, extremamente pequenas e indivisíveis - os “átomos” - que se combinariam em proporções definidas nas transformações químicas. Algumas das concepções de Dalton se apoiavam sobre dados experimentais, outras não, o que explica, em parte, o fato de Perrin (1913) ter qualificado a teoria de Dalton de

“intuição genial” por ter dado uma interpretação lógica à lei de Proust e por ter aberto um caminho para uma teoria única que explicaria com abrangência as transformações químicas.

De fato, ainda hoje, o trabalho do químico é estudar estas transformações que ocorrem com os materiais e que dependem de inúmeros fatores como situação energética, quantidade de reagentes, condições adequadas do ponto de vista cinético, etc. A ciência Química tem uma história pelo menos tão longa, complicada e interessante como a Física. Contudo, como já mencionei, a atividade de misturar *A* com *B* e ver *o que* acontece, é mais antiga do que as tentativas de explicar *porque* acontece.

Por trás dos *porquês* vem, então, o racionalismo da Química como ciência, onde a construção de modelos se justifica pela tentativa de explicar e de prever as transformações químicas. Por isso, os químicos procuram discutir o conceito dentro de parâmetros microscópicos, afirmando que reações químicas são processos que envolvem a formação e a quebra de ligações.

"Se considerarmos uma reação química como uma transformação que forma ou quebra ligações entre átomos, então, quase tôdas as transformações que observamos, envolvem reações químicas."  
(Campbell, 1965, p.3)

As considerações sobre T.Q. até aqui expostas encerram múltiplos aspectos: os níveis macroscópico e microscópico do conhecimento químico, a inclusividade do conceito T.Q., sua estreita relação com o conceito de substância, com o princípio de conservação de matéria e com tantos outros conceitos da Química, de tal modo que a abordagem de tal conceito constitui uma tarefa ampla e complexa, já que T.Q. configura o próprio objeto de estudo e de investigação da ciência Química.

Um dos aspectos essenciais das transformações químicas diz respeito à conservação da matéria. Tal princípio proposto por Lavoisier (1789) no seu "*Traité Élémentaire de Chimie*", explicita a idéia de que a soma das massas das substâncias

reagentes envolvidas numa transformação é igual à soma das massas dos produtos obtidos.

Do ponto de vista microscópico, o número de átomos de cada elemento não se altera .

O estabelecimento da conservação de partículas durante as transformações químicas foi um dos principais caminhos para relacionar os aspectos microscópicos e macroscópicos da matéria. Para os químicos a faceta mais interessante do conceito científico é representada pelas teorias, modelos, elementos do mundo microscópico que tentam explicar e prever os fenômenos químicos. Assim, Campbell afirma ao discorrer sobre como ocorrem as reações químicas:

"As reações ocorrem somente quando as moléculas (1) colidem, (2) estão com uma configuração adequada no momento da colisão e (3) colidem com energia suficiente para fornecer a energia de ativação . Todas as reações químicas precisam satisfazer esses três critérios , mas os critérios não nos permitem afirmar com facilidade porque certas reações ocorrem e outras não. Os critérios interpretam, sem dúvida, as velocidades da reação. Eles indicam que as reações se processam lentamente quando ocorrem poucas colisões moleculares, se existem requisitos estritos de orientação, ou se a energia de ativação é muito alta e a temperatura é baixa ..." ( Campbell, 1965, pp.45-46)

A maioria dos químicos acredita que a preocupação em construir modelos e teorias se deve à necessidade de explicar o mundo visível sensorial. Chagas (1989) faz afirmações neste sentido quando diz : "As provas e evidências da veracidade da Teoria Molecular são todo o conjunto enorme de fatos experimentais que formam o conhecimento químico atual." (p.33)

Todavia, no âmbito do ensino médio, alguns livros didáticos brasileiros de Química trazem conceitualizações sobre **transformação química** que parecem reforçar certas categorias de idéias que se distanciam, por vezes, do conceito científico, como as que se seguem:

*"Uma transformação é química quando a estrutura da substância se altera. Nesse caso, a substância é destruída e se originam novos tipos de substância."*  
(Nehmi, 1993, p.31)

Até que ponto a afirmação de que uma "substância é destruída" não impediria os alunos de entenderem o princípio da conservação da matéria durante um processo químico?

*"Fenômeno químico é aquele em que as moléculas e/ou íons de pelo menos uma substância participante sofrem alteração, transformando-se em moléculas e/ou íons diferentes. Como regra, são permanentes, isto é, cessada a causa permanece o efeito ."*  
(Carvalho, 1995, p.160)

*"... O fenômeno não é mais "passageiro", isto é, ..., não é possível recuperar o material inicial (dizemos também que o fenômeno é irreversível). Essa é uma transformação , fenômeno ou reação química"* (Feltre, 1994, p.35)

Por que afirmar que o fenômeno químico "não é mais passageiro " ou " é permanente" se a reversibilidade é outro atributo das transformações químicas ?

Lopes (1995) aponta que alguns livros didáticos ainda permanecem com uma classificação antiga das transformações químicas, distinguindo os fenômenos em reversíveis (físicos) e irreversíveis (químicos). "Essa diferenciação mostra-se equivocada, porque a reversibilidade não é um critério científico de distinção dos diferentes fenômenos. Dobrar uma barra de ferro ou rasgar uma folha de papel, por exemplo, não são atos que impliquem na constituição de novas substâncias e tampouco são reversíveis." (Lopes, 1995, p.7)

Além disso, a forma como se trabalha as transformações químicas no ensino fundamental e médio baseia-se numa concepção de Berzelius (1812), influenciada pelo mecanicismo newtoniano, que comparava a força da afinidade química com a força mecânica. Assim, tal concepção relacionava as afinidades dos elementos nas substâncias com os princípios das forças mecânicas. Nesta linha, ensinam-se até hoje, as usuais classificações das reações em síntese, análise, dupla troca e simples troca (deslocamento). Berzelius desenvolveu seu sistema dualístico para os compostos químicos visando uma

concepção de ligação química como tendo natureza elétrica, e as substâncias sendo representadas por pares em que uma das partes é carregada positivamente e a outra negativamente. Assim, explica-se, por exemplo, as reações de dupla troca e de deslocamento. Mas, por que basear-se nesta concepção antiga se a grande maioria das reações ocorre em meio aquoso? Sendo assim, conclui-se que não há “trocas” ou “deslocamentos” quando tratamos de íons em solução.

Esta inadequação de definições presentes nos livros didáticos brasileiros me reporta à de minha atuação profissional no passado onde, como todo(a) professor(a) tradicional, procurava ensinar aos meus alunos os conceitos químicos pautando-me no conteúdo dessas fontes. E não se passou muito tempo, até eu perceber que a aprendizagem dos meus alunos era muito pobre.

No breve resgate histórico do conceito T.Q. anteriormente apresentado, pode-se constatar que alguns de seus atributos criteriais parecem ser fundamentais para iniciar o processo de seu ensino - conservação de matéria, propriedades físicas das substâncias, o modelo corpuscular da matéria a noção de partículas e de interação entre elas - . No entanto, pode-se constatar, também, que os livros didáticos brasileiros, que estão sendo usados por milhares de professores de Química no ensino médio, muitas vezes não contemplam tais atributos. É o caso, por exemplo, do modelo corpuscular da matéria conforme apontado por Mortimer (1992):

“Essa noção é básica para se desenvolver uma abordagem clássica e moderna da teoria atômica. O fato do ensino tradicional não considerá-la tem dado origem a uma lacuna no pensamento do aluno (...) para explicar transformações físicas e químicas “ (Mortimer,1992, p.247)

Considerando o desafio a que me propus - promover evolução conceitual nos meus alunos sobre T.Q. - e as contribuições das pesquisas já referidas, algumas

questões precisam ser destacadas para especificar e delimitar o foco de investigação do presente trabalho:

- Em que medida poderiam ser aprofundadas as noções dos alunos, fazendo-os ampliar suas explicações sobre transformação química, desmitificando a idéia de que neste tipo de transformação o que ocorre é simplesmente uma mistura de materiais?

- Que situações poderiam fazê-los perceber que evidências visuais decorrentes de modificações no material inicial não são asseguradoras de ocorrência de transformação química?

- Como abordar o conceito de substância a fim de que os alunos compreendam que em uma transformação química ocorre a formação de novos materiais?

- E, por fim, como introduzir os alunos no mundo ideacional do conhecimento químico, aprofundando suas explicações no nível microscópico, através da consideração de partículas, ligações interatômicas e rearranjo destas interações para explicarem as transformações químicas ?

Eu já havia constatado na literatura que apesar das inúmeras pesquisas relativas a concepções alternativas de alunos sobre T.Q., quase não existiam sugestões de como promover evolução das mesmas. A única exceção, neste sentido, são os trabalhos publicados por De Vos e Verdonk (1985 a, b, 1986, 1987 a, b).

Em vista disso, iniciei e desenvolvi um planejamento de ensino apoiando minhas idéias nestes trabalhos e, também, em algumas outras atividades que compõem o *Projeto de Ensino de Química para 2º Grau - PROQUIM* (Schnetzler e col., 1986).

Em termos metodológicos, esta pesquisa se coloca como qualitativa, como um estudo de caso relativo ao meu processo de ensino e ao movimento das concepções dos meus alunos sobre T.Q.. Bogdan e Biklen (1982) apontam algumas características básicas das pesquisas qualitativas. Entre aquelas, ressaltam o fato de que a

ênfase é muito maior no processo do que no produto. Desta forma, o foco desta pesquisa é muito mais dirigido às atividades, procedimentos e interações que ocorreram *durante* o processo que compreendeu 12 aulas duplas ( 45 minutos cada ). Assim, as transcrições das gravações dessas aulas e as produções escritas dos alunos constituem as fontes principais de dados tanto para a investigação da evolução das idéias dos alunos - aprendizagem - como para a sua promoção - processo de ensino.

Em termos específicos, a investigação da evolução das idéias dos alunos compreendeu a análise das suas falas e das 05 (cinco) produções por eles escritas durante o processo.

Quanto à análise do processo de ensino e à sua potencialidade para promover, ou não, a evolução conceitual das idéias dos alunos sobre T.Q., procurei explorar tanto as razões que me levaram a selecionar e a planejar as atividades de ensino desenvolvidas, como o discurso que utilizei nas aulas e as interações que nestas estabeleci com meus alunos.

Apesar de tal exploração ser ainda muito preliminar, uma vez que este trabalho não se situa como uma investigação do discurso em sala de aula ou do papel mediador do professor, julgo que tal esforço possa, pelo menos, apontar a relevância de se pesquisar a própria prática.

Neste sentido, Kyle (1991) afirma que a importância de se investigar o processo de ensino-aprendizagem, dentro da sala de aula, tem sido cada vez mais reconhecida, assim como a constatação de que professores possuem uma riqueza de conhecimento e discernimento que possibilita a interpretação de tais pesquisas de forma mais realista, confiável e generalizável.

Segundo Moreira (1989), no ensino de Ciências, grande parte da pesquisa que é feita dedica-se à investigação em ensino de laboratório, ou sobre conceitos

alternativos dos alunos acontecendo, muitas vezes, em situações absolutamente artificiais. "Professores, por outro lado, trabalham diariamente em situações reais de sala de aula, com soluções de problemas, aulas de laboratório e com concepções contextualmente errôneas dos alunos. Por que então não coletar dados sobre esses fenômenos?" (p.93). Para reforçar tal sugestão, cita idéias de Erickson (1986):

"O professor, como pesquisador de sala de aula, pode aprender a formular suas próprias questões, a encarar a experiência diária como dados que conduzem a respostas a essas questões, a procurar evidências não confirmadoras, a considerar casos discrepantes, a explorar interpretações alternativas. Isso, pode-se argumentar, é que o verdadeiro professor deveria fazer sempre. A capacidade de refletir criticamente sobre sua própria prática e de articular essa reflexão para si próprio e para os outros, pode ser pensada como uma habilidade essencial que todo professor bem preparado deveria ter." (in Moreira, 1989, p. 94)

São estas idéias que me permitem, também, ressaltar a intensidade de momentos de auto-análise que me foram proporcionados neste trabalho, o que, sem dúvida, promoveu uma evolução conceitual significativa em mim, como professora .

No capítulo 2, a seguir, passo a descrever e a analisar o processo de ensino-aprendizagem aqui investigado, que ocorreu em uma sala de aula de primeiro ano do ensino médio - 1º A - com um grupo inicial de 51 alunos ( faixa etária de 15 a 17 anos), numa escola particular de Campinas. Este grupo foi diminuindo no decorrer do processo (n = 37), por causa de transferências de alunos para outras escolas, causadas, principalmente, pelo fato das mensalidades do curso serem caras, da carga horária ser grande e da formação ser voltada para a área técnica de informática.

Esta classe foi escolhida para a pesquisa sem que houvesse nenhum critério *a priori*. Na verdade, naquele ano, -1993- me foram atribuídas as aulas de cinco primeiros anos: três do curso de Processamento de Dados e dois do curso de Técnico em Eletrônica. As classes de Eletrônica eram masculinas, por isso não me interessei em colocar

alguma delas como objeto da pesquisa. Não gostaria que este trabalho tivesse alguma conotação do tipo : "*Meninos aprendem melhor quando...*" Por isso, centrei minha escolha nas classes mistas , que eram três. Logo no início do ano, não conhecia nenhum aluno destas salas. Sendo assim, resolvi optar por aquela que tinha as duas primeiras aulas do período, supondo que, desta maneira, eu conseguisse estar com eles no momento em que estavam mais descansados. Desta forma, iniciei a pesquisa na classe do 1º A, cujo processo de ensino-aprendizagem é descrito e analisado a seguir .

## **CAPÍTULO 2 - PERCORRENDO UM LONGO CAMINHO NA TENTATIVA DE CONSTRUIR O CONCEITO DE "TRANSFORMAÇÃO QUÍMICA "**

### *\* A escola e os alunos - o contexto da pesquisa*

A escola onde a pesquisa foi realizada tem como características principais o caráter confessional, sendo mantida por uma congregação de padres e freiras, e o fato de oferecer duas modalidades de cursos técnicos no ensino médio: Informática Industrial (Mecatrônica) e Processamento de Dados. A estes cursos convergem alunos de muitas escolas da cidade e da região, sendo que em cada sala de primeira ano, geralmente, estão alunos oriundos de aproximadamente vinte escolas diferentes.

A infra-estrutura da escola é bastante adequada, pois conta com laboratórios de informática, eletrônica, química e biologia, oficinas, anfiteatro, quadras de esporte, capelas, teatro, bibliotecas, videotecas, redação de jornal, gráfica, etc.

Geralmente as salas comportam 50 alunos ou até um pouco mais, onde as aulas são caracterizadas por exposições dos professores e a avaliação dos alunos restrita à aplicação de provas escritas.

No primeiro dia de aula, após me apresentar aos alunos, expliquei a eles que as nossas aulas seriam diferentes daquelas a que estavam acostumados. Sendo professora nesta escola já há alguns anos, tinha consciência de que a prática pedagógica da maioria dos meus colegas se apoiavam no modelo transmissão-recepção, por isso afirmei aos alunos que as nossas aulas seriam diferentes. Esclareci que isto aconteceria porque iriam fazer parte de uma pesquisa, na qual eu colocava as minhas crenças em relação a um ensino melhor. No final, perguntei a eles se concordariam em participar.

A esta indagação mostraram-se resabiados e foram logo perguntando como seria calculada a nota e quando seriam as provas. Expliquei a eles que um processo de ensino diferenciado teria uma avaliação também diferenciada, ou seja, processual, onde eles seriam avaliados pela participação durante as discussões e por suas produções durante o curso, sem a preocupação com respostas “certas” ou “erradas”.

Esta dicotomia "certo/errado", teria que ser abordada porque os alunos estavam inseridos num contexto escolar onde esta distinção era muito enfatizada. Assim, configurava-se mais uma tarefa para mim: tentar alterar esta concepção dos alunos ancorada numa visão de escola bastante tradicional.

Perguntei aos alunos em quais escolas haviam concluído o ensino fundamental e constatei que eram provenientes de mais de vinte escolas.

Finalmente, concordaram em participar deste processo de ensino que seria pesquisado. Mas, muitas vezes, durante o curso, as preocupações com notas, com o "certo" e com o "errado" voltaram a rondá-los.

Propus aos alunos que, se organizassem em grupos, pois isto facilitaria a realização e as discussões de atividades experimentais nas aulas. Estes grupos não foram fixos, sendo que em várias aulas as discussões aconteceram em grande grupo.

*\* As fases do processo:*

**Fase 1 : Explicitação das idéias prévias**

Nas três primeiras aulas, realizei o levantamento das idéias prévias dos alunos sobre o conceito *transformação* e, a partir deste, sobre *transformação química*. As razões que fundamentaram tal sequência provêm da teoria da aprendizagem significativa. Segundo Ausubel (1968), o desenvolvimento do conteúdo é facilitado quando elementos mais gerais, mais inclusivos são introduzidos inicialmente para depois serem apresentados detalhes e especificações. A isto ele denomina *diferenciação progressiva* e a justifica levando em consideração as seguintes suposições:

"a) é mais fácil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas;

b) a organização do conteúdo de uma certa disciplina na mente do indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as idéias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados." (in Moreira e Masini, 1982, p.21 ).

Por sua vez, a organização do conteúdo através da diferenciação progressiva de conceitos facilita o processo de subsunção. Este termo carrega o significado de "ancoragem" do novo conceito na estrutura cognitiva do aluno, implicando a idéia de relacionabilidade do que ele aprende com aquilo que ele já sabe. A este tipo de aprendizagem, Ausubel dá o nome de aprendizagem significativa .

Os conceitos subsunçores possuem características específicas entre elas: a inclusividade, a generabilidade e a relacionabilidade. A inclusividade contribui por ser um

aspecto que inclui inseribilidade, abrangência, amplitude de compreensão e implicabilidade do novo conceito. Além disso, possibilita o estabelecimento de relações entre as idéias apresentadas, assim como a conciliação das mesmas.

A facilitação de aprendizagem que a diferenciação progressiva proporciona se apoia, também, na existência de diferenças entre significado lógico e significado psicológico. O significado lógico de um corpo de conceitos é o que se atribui a ele da forma como se apresenta, isto é, de acordo com a sua sequência "normal", sem que se preocupe com a significação potencial dos conceitos. Já o significado psicológico respeita a interação que é possível ocorrer entre o conteúdo a ser apresentado e idéias já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Desta forma, os novos conceitos são apresentados levando-se em conta os significados que lhes podem ser atribuídos, pelo que o aluno já sabe.

A partir destes pressupostos, o princípio de diferenciação progressiva pode explicar este início do processo de ensino pois a abordagem de conceitos mais inclusivos antes dos mais específicos revela a consideração do significado psicológico que o aluno poderá atribuir a estes conceitos.

Não se trata aqui de adotar todo o referencial ausubeliano para fundamentar o processo de ensino, mas no que se refere ao aspecto da inclusividade, pareceu-me pertinente abordar o conceito *transformação*, mais geral e inclusivo, antes do conceito específico de *transformação química*. Assim, para o levantamento de idéias prévias dos alunos, foi proposta a realização da seguinte atividade extraída do Proquim (Projeto de Ensino de Química - elaborado por Schnetzler e col. (1986), pp. 4-5) :

**Título: Observando Transformações**

"As transformações que ocorrem diariamente são tantas e tão frequentes que você talvez ainda não tenha observado cuidadosamente muitas delas. Você já pensou sobre como reconhecer a ocorrência de uma determinada transformação, por exemplo, o apodrecimento de um fruto?"

Nesta atividade, você será convidado a refletir sobre transformações que ocorrem na sua vida diária. Dentre elas relacione no máximo dez na tabela I-1 e anote, também, como você pode reconhecer que se tratava realmente de uma transformação. Selecione uma das transformações que você relacionou para constar do quadro geral da classe ( tabela I-2) .

Reproduza em seu caderno tabelas semelhantes aos modelos, com espaço suficiente para suas anotações.

**TABELA I-1**

TRANSFORMAÇÃO	COMO VOCÊ PODE RECONHECÊ-LA?

**TABELA I-2**

TRANSFORMAÇÃO	COMO FOI RECONHECIDA?

Com esta atividade tentei identificar as concepções que os alunos possuíam sobre *transformação* e sobre *transformação química*, oriundas de seu cotidiano e/ou do

ensino fundamental. Estas manifestações se constituíram o Texto 1, onde os alunos escreveram suas idéias e, a partir disso, conduzi a discussão em sala de aula. As produções escritas dos alunos foram por mim analisadas posteriormente.

Os alunos citaram vários exemplos de transformações e quando eu quis saber qual a comunalidade entre eles, um aluno respondeu: "*O estado do início é diferente do final.*", idéia com a qual o restante da classe pareceu concordar .

A partir daí, pedi a eles que identificassem quais exemplos de transformações poderiam ser chamadas de *transformação química* (Tabela I-2). Surgiram exemplos como: *fazer um bolo, fazer café, o apodrecimento de um fruto, produção de ácido sulfúrico, o nascimento de uma árvore, ferrugem*. É interessante notar que apesar deles caracterizarem *transformação* como tendo dois estados (inicial e final), quando falaram sobre *transformação química* indicaram, em alguns casos, apenas o produto da transformação.

Ao perguntar a eles quais critérios estavam usando para caracterizar estes exemplos como transformações químicas, alguns alunos responderam que para haver uma transformação química é preciso "*mudar a substância, a cor, o cheiro, enfim, as propriedades.*"

Depois de ler várias vezes os textos produzidos pelos alunos nesta atividade inicial, tentei "enxergar", nas entrelinhas, a natureza das suas idéias sobre T.Q. e pude perceber que estas apresentavam alguns "padrões de comunalidade" que poderiam ser expressos em cinco categorias, a saber: *mistura, irreversibilidade, modificação, formação de nova substância e microscópica*.

A idéia de *mistura* aparece como a concepção mais simplista de transformação química, já que para os alunos sempre que dois materiais forem misturados, ocorrerá uma T.Q.

*“Uma transformação ocorre com a mistura dos ingredientes.”*

*“Uma transformação química acontece quando é acrescentado alguma coisa ao material.”*

A concepção de *irreversibilidade* parece provir da dicotomia *transformação física* (reversível) / *transformação química* (irreversível), chavão muito repetido na escola, principalmente no nível fundamental. Assim, alunos que expressam tal concepção compreendem T.Q. como *“uma transformação onde o material não volta a ser o que era.”*

*“Dizemos que é uma transformação química porque não dá para separar, ou seja, os componentes da mistura não voltam a ser o que eram antes.”*

A idéia de *modificação* aparece quando os alunos se manifestam conceituando *transformação química* como um processo onde ocorreriam alterações visuais ou de estado no material envolvido, sem que isto implique numa noção de modificação estrutural do mesmo, por exemplo:

*“Numa transformação química, muda a forma, muda a cor...”*

A categoria *formação de nova substância* indica a identificação por parte do aluno, do aparecimento de um novo material, com propriedades distintas daquele que existia no estado inicial, como por exemplo:

*“Numa transformação química, ocorre a formação de um novo material, que por sua vez tem outras propriedades...”*

A categoria *microscópica*, foi assim denominada por representar idéias de alunos que incluem palavras como *átomo*, *molécula*, *partícula*, como por exemplo, quando um dos alunos colocou:

*“... as moléculas de hidrogênio em contato com as de enxofre e oxigênio, formam o ácido sulfúrico.”*

Embora, na sua totalidade, as idéias dos alunos classificadas nesta categoria expressassem significados substancialistas<sup>1</sup> a estas palavras, isto é, longe ainda do significado cientificamente aceito, considereei que elas representariam um certo avanço se comparadas com as categorias anteriores pois, segundo Vygotsky (1991), o emprego da palavra é uma condição importante na direção da construção do conceito.

Nas manifestações iniciais dos alunos sobre *transformação química*, produzidas no Texto 1, predominaram concepções dentro da categoria *modificação* (65 % dos alunos), onde os critérios adotados basearam-se em mudanças de estado físico, de cor ou aspecto externo, como indicam os exemplos abaixo:

*"fazer bolo, porque a massa líquida virou sólido"*

*"o amadurecimento de uma fruta, pela cor, pelo cheiro, pelo formato..."*

*"o apodrecimento de um fruto, quando a fruta está com uma cor diferente e/ou mole"*

Apareceram com menor intensidade, (20% dos alunos), idéias classificadas na categoria *mistura*, como refletem os exemplos a seguir:

*"fazer pão, porque é uma mistura de ingredientes"*

*"fazer pudim, com a mistura dos ingredientes houve uma transformação química"*

Além disso, 5 % dos alunos manifestaram idéias de *formação de nova substância* (FNS) e, ainda, 10% deles expressaram concepções dentro da categoria *microscópica* pois, ao chegarem ao 1º ano do ensino médio, os alunos vem usando uma série de termos como átomo, molécula, reações, carregados de conotações distantes das concepções científicas, como já apontaram Romanelli (1992) e De Vos e Verdonk (1987).

<sup>1</sup> Segundo MORTIMER(1995), o "substancialismo" é uma concepção que atribui propriedades macroscópicas das substâncias, como dilatar e mudar de estado, aos átomos e moléculas.

Durante esta primeira atividade, já comecei a perceber que trabalhar com uma proposta construtivista acaba sendo uma tarefa bastante complexa quando se tem uma sala com cerca de cinquenta alunos. No início, minha meta era memorizar os nomes dos alunos e tentar conhecer um pouquinho de cada um para que eu pudesse captar, com mais sensibilidade, o movimento das idéias do grupo atendo-me, também, à sutileza das idéias individuais.

Muitas vezes, havia momentos de silêncio entre uma indagação e outra, o que me fazia sentir muito incomodada, com a sensação de que não tinha feito a pergunta de forma adequada.

*Profa. : "O que estes exemplos têm em comum, que os levaram a ser chamados de transformações químicas?"*

*Aluno: "Alguma coisa mudou?"*

*Profa.: "O que mudou?"*

*Silêncio...*

*Aluno: "O estado do início é diferente do final."*

*Profa. : "Mas por que vocês escolheram estes exemplos e não outros casos de transformação?"*

*Silêncio...*

*Profa.: "O que vocês acham que é necessário para haver uma transformação química?"*

*Silêncio longo...*

*Aluno: "É preciso mudar a substância."*

A renúncia ao modelo tradicional de transmissão fazia-me, por vezes, radicalizar uma postura que não incluía minhas respostas. Assim, a minha fala era pontuada por questões e, quase nunca, por assertivas. Portanto, nesta fase inicial, dois problemas se

somavam: a dificuldade de registrar a fala de cada aluno e o receio de que eles se desmotivassem devido à falta de exposições por parte da professora.

Pouco a pouco, fui conhecendo melhor o grupo mas, infelizmente, alguns meninos quase que me passaram despercebidos na sala de aula. Só não o foram mais, porque eu estava num exercício permanente de captar, pelo menos, as expressões fisionômicas de cada um. São exemplos os irmãos Rogério e Leandro, alunos repetentes e, conseqüentemente, com um grau de desmotivação significativo pois tinham uma postura definida de recusa em participar de qualquer discussão.

A situação destes irmãos me leva a pensar sobre as interações professor-aluno no processo de construção do conhecimento. Coll (1991) considera que a atribuição de sentidos e a construção de significados são processos muito impregnados e orientados pelas formas culturais, configurando-se um contexto de relação e comunicação interpessoal que transcende a dinâmica interna das formas de pensar dos alunos. Neste sentido, o processo de construção de conhecimento passa a ser um compartilhamento de significados por parte do professor e do aluno. Contudo, neste compartilhamento, definem-se duas posições: a do professor que, a princípio, já detém o conhecimento e orienta o processo educativo, e a do aluno, que possui um esquema conceitual diferente do científico, que supostamente seria o do professor. A consciência destas duas posições por parte do aluno pode, em alguns casos, servir como reforçador de uma situação que parece definida para ele, ou seja, a condição de saber "menos", de não saber os conceitos científicos, o que em termos práticos, nos meios escolares, acaba se configurando através de vários mecanismos, inclusive o da reprovação na mesma série.

Assim, se poderia entender as atitudes dos irmãos que se recusavam, durante a maior parte do tempo, em participar e manifestar suas idéias. Por outro lado, alunos que pareciam ter uma história de sucesso escolar posicionavam-se sempre, definindo

e defendendo suas idéias e pareciam, às vezes, querer mesmo me argüir. Por exemplo, em uma ocasião mais adiante, no processo, Bruno, considerado um “bom aluno” pelos outros professores, perguntou:

*Bruno: “ Profa. qual é o ponto de fusão do ouro?”*

*Profa.: "ahn... Não me lembro agora. Bom, eu vou consultar um livro e na próxima aula , eu digo para você."*

*Bruno: "Você não sabe decor?"*

*Profa.: "Não, claro que não... Ainda mais um valor numérico que existe tabelado. O que eu sei é que os metais possuem ponto de fusão elevado, não tão elevado como os compostos iônicos, mas altos o suficiente para serem sólidos a temperatura ambiente, com exceção do mercúrio. Valores que existem em tabela não são decorados por professores de química ou por químicos, eles são pesquisados ou consultados."*

*Os alunos me olharam com uma expressão de estranheza.*

Este episódio reflete que os alunos carregam uma imagem de professor como aquele que personaliza a cultura científica ou, até mais do que isso, aquele que deve ter na mente uma espécie de arquivo de dados científicos que podem ser colocados à disposição, a qualquer momento, durante o tratamento de conteúdos em sala de aula.

Dá para se perceber de novo o poder social do professor enquanto figura que representa o conhecimento científico no processo de ensino. Este poder tem efeitos múltiplos: em alguns, como Rogério e Leandro, reforça a desnivelção das suas idéias em relação as da professora, enquanto noutros (como é o caso de Bruno), gera uma expectativa de sempre obterem respostas imediatas do professor para qualquer tipo de questão.

Retomando a discussão na segunda aula, ao perguntar aos alunos o que ocorre numa *transformação química*, muitos responderam enfaticamente: *muda a*

*substância* ... O conceito *substância* desempenha um papel fundamental neste processo de ensino, já que um dos atributos básicos da *transformação química* é justamente o de gerar o aparecimento de nova(s) substância(s) a partir de outras reagentes. Conforme apontam Vogelezang (1987), Stravidou e Solomonidou (1989), Mortimer (1995), os conceitos *substância* e *transformação química* são interdependentes e se ligam diretamente às idéias de *materiais e transformações*.

Quando se diz que a Química é o estudo dos materiais e suas transformações, cria-se uma estrutura de relações estreitas entre os conceitos *substância* e *transformação química*, já que para se definir uma reação química como um processo de transformações de substâncias, faz-se necessário que se defina o que é *substância*. Por isso, quando os alunos manifestaram que "*numa transformação química, muda a substância*", comecei a indagar sobre quais características atribuíam para *substância*.

*"Como vocês distinguem uma substância da outra?"*

*Alguém respondeu: "Pelas suas propriedades."*

*Profa.: "E o que são essas "propriedades"?"*

*Aluno: "Cor, cheiro..."*

Escrevi na lousa cinco nomes de substâncias (sal de cozinha, álcool etílico, água, acetona e açúcar) e pedi aos alunos que escrevessem as características de cada um. Ao solicitar que as diferenciassem, manifestações ligadas a observações organolépticas continuaram a aparecer:

*"Posso distinguir o sal do açúcar pelo gosto, um é salgado, o outro é doce..."*

*"Água, acetona e álcool podem ser diferenciados pelo cheiro..."*

Analisando estas falas e considerando que as produções iniciais dos alunos sobre T.Q. basearam-se predominantemente na categoria *modificação* (65% dos alunos),

resolvi promover o aparecimento de idéias em torno da concepção de T.Q. como formação de nova(s) substância(s). Desta forma, um novo desafio se colocava:

- Que caminho poderia ser percorrido para fazer com que aqueles alunos que pensavam T.Q. como uma simples modificação de materiais mudassem suas concepções e passassem a incorporar a idéia de formação de novos materiais ? Como desestabilizar a concepção vigente entre eles de conservação de substância?

### **Fase 2 : Planejando o passo seguinte para a emergência da categoria *formação de nova substância***

A idéia de que um processo químico envolve apenas uma modificação aparente nos materiais parece ser bastante comum entre alunos iniciantes no aprendizado da Química (Andersson, 1983). Assim, comecei a planejar uma atividade que potencialmente viesse a contribuir para enfraquecer esta idéia, além de promover a emergência de novas concepções mais próximas à cientificamente aceita, isto é, a de que em uma T.Q. , nova(s) substância(s) é(são) formada(s).

Colocar os alunos diante de uma situação onde a interação entre dois materiais produzisse visivelmente uma nova substância, talvez os ajudassem a perceber que as transformações químicas são fenômenos mais profundos, que envolvem a formação de novas substâncias .

Com tal perspectiva, propus a eles uma atividade experimental baseada em trabalho publicado por De Vos e Verdonk (1985, b). Neste, os autores afirmam que a idéia de conservação de substância constitui uma "pedra de tropeço no caminho para o entendimento das reações químicas ". Sendo assim, a experiência proposta tenderia a abalar

esta concepção conservadorista. O roteiro da atividade que foi fornecido aos alunos é transcrito a seguir:

**Atividade experimental**

**Material necessário:**

2 vidros de relógio

2 almofarizes

2 pistilos

nitrito de chumbo (chamado para os alunos de sólido I)

iodeto de potássio (chamado para os alunos de sólido II)

**Procedimento:**

Cada grupo recebe dois almofarizes vazios com seus pistilos e dois vidros de relógio, cada um com alguns gramas de um pó branco ( sólidos I e II) .

Coloque metade de um dos sólidos em um almofariz e a metade do outro sólido no outro almofariz. Feitas as transferências, triture cada pó separadamente com o respectivo pistilo. Observe e anote o que ocorre.

Despeje o conteúdo de um dos almofarizes no outro e continue triturando. Observe e anote o que ocorre.

**Resposta:**

1. Ao triturar os sólidos separadamente, o que você pensa que aconteceu com eles?
2. Ao juntá-los num único almofariz , que tipo de transformação ocorreu? Explique sua resposta com detalhes.

Nesta aula, pude perceber nos alunos aquela preocupação inicial quanto à expressão de idéias "certas "ou "erradas". Tentavam quase que adivinhar o que se passava na minha cabeça enquanto eu os ouvia, solicitando uma definição da minha parte, com relação ao "acerto" das suas respostas.

Esta situação espelha, novamente, a posição controladora do discurso do professor dentro da sala de aula. Como o professor sempre formula questões de que,

supõe-se, sabe as respostas, isto o coloca numa posição de avaliador constante, pois respostas diferentes das do seu padrão, usualmente, são por ele consideradas erradas. "Em outras palavras, o professor está numa posição de controle do discurso, definindo os assuntos apropriados para se conversar sobre e, podendo agir como um árbitro do conhecimento válido." (Edwards e Mercer, 1987, p.47)

Esta concepção, por parte dos alunos, com relação ao papel do professor constitui um obstáculo na construção de uma relação de negociação em sala de aula. Nesta construção, o papel do professor deveria ser o de "scaffolding" (andaime) para os primeiros passos dos alunos dentro de sua cultura a caminho de um conhecimento comum, compartilhado dentro da sala de aula. Assim, a figura do avaliador permanente não deve ter mais lugar na sala, se o que se deseja é promover a ocorrência de um processo de partilha de conhecimentos.

Analisando as transcrições, parece-me que foi nesta aula que consegui catalisar o início de um exercício mental nos alunos para desmitificarem a idéia do professor como detentor do saber e de ser aquele que dá a última ( e correta ) palavra. É o que podemos depreender do seguinte diálogo ocorrido naquele dia:

*Profa.: "O que vocês acharam que aconteceu quando juntamos os dois sólidos no almofariz?"*

*Daniella: " Ai, profa. eu tenho até medo de falar..."*

*Profa.: " Por quê?"*

*Daniella: " Porque a profa. vai falar: ' ai que burra!'"*

*Profa.: " Não existe isso aqui, Daniella. Eu quero conversar com vocês sobre aquilo que vocês sabem, não estou preocupada em "dar nota" ou descontar pontos de vocês por respostas erradas. Eu já pedi isso e volto a dizer: esqueçam esta história de certo e errado."*

*Daniella ( ainda hesitante): " Não sei.. "*

Analisando as respostas dos alunos às duas questões propostas no roteiro desta atividade e escutando suas manifestações, constatei que eles não atribuíram nenhum tipo de transformação à trituração dos sólidos separados. Ao misturarem os dois sólidos no almofariz e prosseguirem a trituração, com o aparecimento da cor amarela do iodeto de chumbo, aconteceram manifestações calorosas causadas pelo impacto visual da experiência. Prontamente, muitos deles atribuíram o aparecimento daquela cor a uma *transformação química*.

No entanto, a análise das produções escritas dos 36 alunos que participaram desta atividade, evidenciou que suas idéias sobre *transformação química* situaram-se nas categorias *mistura* (47%), *modificação* (25%) , *formação de novas substâncias* (14%) e *irreversibilidade* (14%) .

É possível perceber que as manifestações dos alunos acerca dos fenômenos observados prendem-se ao campo visual. Assim, ao invés de reforçar a concepção de formação de novos materiais, a atividade experimental baseada em De Vos e Verdonk (1985,a) pareceu enfatizar para os alunos os aspectos mais concretos e observáveis que, neste caso, se materializaram no ato de misturar os sais.

Pareceu-me ser adequado naquele ponto proporcionar aos alunos o contato com contra-exemplos que desestabilizassem suas concepções em torno da categoria predominantemente manifestada. A produção de uma situação de conflito onde as suas idéias não pudessem mais dar conta de explicar a ocorrência de T.Q. parecia ser uma saída para tentar diminuir a freqüência das idéias em torno da categoria *mistura* .

Planejei, assim, levar os alunos a perceberem que as suas concepções eram casos particulares que não dariam conta de explicar um número expressivo de situações.

Isto implicaria em colocá-los em conflito com suas próprias idéias, de tal modo, que eles percebessem a insatisfatoriedade delas.

A comparação entre atividades que confrontassem as concepções deles e certas observações permitiria aos alunos tomar distância com relação às suas representações iniciais e, pouco a pouco, eu esperava que estas fossem evoluindo. O conflito os obrigaria a justificar o que diziam e, num segundo momento, a imaginar observações ou outros experimentos que confirmassem suas novas suposições. Eu, enquanto professora, poderia intervir, mediando as opiniões contrárias ou inclusive propondo novas situações contraditórias às explicações alternativas por eles apresentadas. Com este propósito, propus-me a prosseguir na próxima fase, como descrito a seguir.

### **Fase 3 - Tentando desmitificar a idéia de *mistura***

Para desmitificar esta idéia, parecia-me bastante conveniente colocar os alunos diante de vários testes onde materiais seriam misturados, podendo ou não ocorrer transformação química. O Proquim (Schnetzler et col., 1986, p. 6-7) sugere uma atividade deste tipo que me pareceu bastante adequada por explorar que evidências visuais são insuficientes para assegurar a ocorrência de transformações químicas.

A seguir é apresentada a transcrição do material escrito distribuído aos alunos:

#### **Atividade Experimental**

##### **Introdução:**

A cada instante que passa ocorrem transformações à nossa volta. É um fruto que apodrece, é a água dos rios e dos mares que se transforma em nuvens, é o nosso próprio organismo, que transforma os alimentos. Muitas destas transformações são reações químicas, muitas outras não o são. Então, como é possível identificar as reações químicas?

É possível reconhecer a ocorrência de uma transformação qualquer-por exemplo, o enferrujamento de um portão - comparando as características do portão antes e após o enferrujamento, isto é, pela comparação dos estados final e inicial deste sistema. Mas será que esta comparação pode nos fornecer dados que permitam distinguir as reações químicas entre a infinidade de transformações que observamos no nosso dia a dia?

Neste experimento, você investigará vários sistemas com o objetivo de identificar quais propriedades dos mesmos facilitam o reconhecimento da ocorrência de reações químicas, permitindo distingui-las de outros tipos de transformações.

**Material necessário:**

10 tubos de ensaio

1 estante para tubos de ensaio

1 almofariz e pistilo

1 espátula

1 pinça de madeira

1 bico de Bunsen

enxofre em pó

açúcar

cabelo

sal de cozinha

ferro em limalhas

ferro (prego)

magnésio em raspas

água

solução aquosa de sulfato de cobre II

solução aquosa de hidróxido de sódio

solução aquosa de ácido clorídrico

solução aquosa de nitrato de chumbo II

solução aquosa de iodeto de potássio

**Procedimento:**

1. Aquecimento de cabelo - execute o procedimento descrito a seguir:

a) coloque alguns fios de cabelo num tubo de ensaio limpo e seco

b) observe e descreva na tabela de dados as características do material que constitui o sistema no estado inicial

c) proceda ao aquecimento do material contido no tubo de ensaio seguindo as instruções dadas pelo professor

d) observe e anote na tabela de dados as características do material após o aquecimento, isto é, as características do sistema no estado final

2. Aquecimento do açúcar - repita o procedimento descrito no item 1 colocando uma ponta de espátula de açúcar no tubo de ensaio em vez de cabelo.

3. Aquecimento de água - repita o procedimento do item 1, colocando água no tubo de ensaio até cerca de 2 cm de altura, em vez de cabelo.

4. Aquecimento de enxofre em pó - repita o item 1, colocando uma ponta de espátula de enxofre em pó no tubo de ensaio, em vez de cabelo.

5. Adição de ferro a enxofre em pó - siga o procedimento descrito abaixo:

a) observe as características do ferro em limalhas e do enxofre em pó separadamente e anote-as na tabela de dados

b) coloque uma ponta de espátula de ferro em limalhas no almofariz

c) acrescente igual quantidade de enxofre em pó, triture e anote suas observações na tabela de dados

d) reserve o material triturado para o próximo teste.

6. Aquecimento da mistura ferro-enxofre - execute o procedimento descrito a seguir:

a) transfira a mistura ferro-enxofre do almofariz para um tubo de ensaio

b) aqueça o tubo até a incandescência

c) anote suas observações na tabela de dados.

7. Adição de sal de cozinha à água - execute o procedimento descrito a seguir:

a) observe as características da água e do sal de cozinha e anote na tabela de dados

b) coloque água em um tubo de ensaio limpo até cerca de 2 cm de altura

c) adicione uma ponta de espátula de sal de cozinha à água contida no tubo de ensaio, agite e anote suas observações na tabela de dados.

8. Adição de ferro à solução aquosa de sulfato de cobre II - repita o procedimento descrito no item 7, substituindo os materiais utilizados anteriormente por solução de sulfato de cobre II e um prego de ferro.

9. Adição de magnésio em raspas à solução aquosa de ácido clorídrico - repita o procedimento descrito no item 7 substituindo os materiais utilizados anteriormente por solução de ácido clorídrico e raspas de magnésio.

10. Adição de solução aquosa de ácido clorídrico à solução aquosa de nitrato de chumbo II - execute o procedimento descrito a seguir:

a) observe as características das duas soluções separadamente e anote-as na tabela de dados

b) coloque num tubo de ensaio limpo uma quantidade da solução de ácido clorídrico suficiente para atingir cerca de 1 cm de altura

c) adicione uma quantidade igual da solução de nitrato de chumbo II e agite

d) anote suas observações na tabela de dados.

11. Adição de solução aquosa de iodeto de potássio à solução aquosa de nitrato de chumbo II - siga o procedimento descrito para o teste 10.

12. Adição de solução aquosa de hidróxido de sódio à solução aquosa de ácido clorídrico - siga o procedimento descrito para o teste 10.

13. Adição de solução aquosa de hidróxido de sódio à solução aquosa de sulfato de cobre II - siga o procedimento descrito para o teste 10.

Tabela de Dados

TESTE	SISTEMA	ESTADO INICIAL	DURANTE A TRANSFORMAÇÃO	ESTADO FINAL	COMPARAÇÃO
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					

**Análise de dados:**

1. Em qual (quais ) teste (s) você observou:

- a) mudança de cor
- b) mudança de forma
- c) liberação de gás
- d) aparecimento de um novo estado físico
- e) formação de precipitado
- f) mudança de odor
- g) liberação de calor
- h) alteração de quantidade de material
- i) outras mudanças

i) outras mudanças

2. Quais dos itens acima podem ser considerados como evidências (indicações ) de formação de novo(s) material (materiais) ?

3. Em qual (em quais) critério(s) você se baseou para responder à questão 2?

4. No que você se baseou para concluir que não houve formação de novos materiais em algum (ou alguns) do(s) sistema(s)?

Nesta aula, eu já estava mais familiarizada com os alunos, sabendo identificar quase todos pelo nome. Eles se reuniram em grupos, e eu fui assessorando cada equipe para verificar como os seus membros respondiam às questões propostas nesta atividade, estimulando que expressassem suas idéias, ao lhes propor perguntas do tipo: *"que evidências a gente tem de que aconteceu a formação de novos materiais?"* ou *"Vocês acham que o aparecimento de um novo estado físico indica que mudou o tipo de material?"*

Além dessas, outras perguntas surgiam em decorrência do que os alunos falavam. Começaram a surgir algumas contradições nas idéias que manifestavam e, por isso, comecei a explorá-las.

*Carolina vem mostrar no caderno a sua resposta à questão n.2: " Em quais dos testes você acha que há evidências que houve a formação de novos materiais?"*

*Profa.( após ler o caderno) : "Você acha que em nenhum dos testes que a gente fez se formou novo material?..."*

*Carolina: " É..."*

*Profa. : "Você escreveu assim: 'não se pode provar que houve alteração em todas as substâncias pelo simples fato de ter mudado o estado físico, cor...' Então, como se poderia ter certeza que se formou uma nova substância?"*

*Carolina diz: "Ai, meu Deus... tem que acrescentar outro tipo de substância? "*

*Profa.: "Para surgir outro material? "*

*Carolina: "É..."*

*Profa.: "Ué... Mas aqui você acrescentou ferro e enxofre, e você falou para mim que acha que não surgiu um novo material..."*

*Carolina: "Não, mas aí é que já estava no começo entendeu?"*

*Profa.: "Mas se você pensar que você tinha enxofre e depois acrescentou ferro?"*

*Carolina: "Hum, hum..." (concordando com a profa.)*

*Profa.: "Examinando o que ocorreu nos dez testes, o que a gente pode falar sobre o que aconteceu: mudança de cor, mudança de forma, aparecimento de um novo estado físico, liberação de gás, formação de um sólido, mudança de odor... Quais dessas evidências nos revelam que aconteceu uma transformação química? Que formaram novos materiais?"*

*Sabrina: "Acho que todas!"*

*Carolina: "todas e nenhuma!..."*

*Profa. rindo : "Carolina! ... As idéias da Carolina estão "em ebulição"! "*

*A classe ri.*

*Profa. : "Carolina: Todas ou nenhuma? "*

*Carolina insiste: "Todas e nenhuma. Acho que depende da substância!"*

*Daniella: "Nenhuma..."*

*Profa.: "É, Daniella? Nenhuma destas coisas garante que houve a formação de novo material?"*

*Aline: "Garantir, garantir, eu acho que não..."*

*Profa.: "A Aline acha que não e, você , Daniella?"*

*Daniella: "É que eu não sei como a senhora , então..."*

*Profa. ri, todos riem , a classe fica barulhenta.*

*Profa. "Você acha que nenhuma destas evidências garante a formação de novos materiais?"*

*Daniella: "Eu acho que não."*

*Profa. "E o pessoalzinho sentado lá atrás, o que vocês acham? Patrícia, nenhuma destas coisas garante que se formou um novo material?"*

*Patrícia : "Não garante..."*

*Profa.: "Nenhuma destas coisas garante que se formou um novo material?"*

*Alguns alunos hesitantes : "Não..."*

*Profa.: "Vocês estão em dúvida?"*

*Aline: "Eu acho que não garante..."*

*Profa. : "Por que vocês estão em dúvida então?"*

*Vários alunos falam ao mesmo tempo.*

*Sabrina: "Como eu estava falando: no teste nº 13 (adição de solução aquosa de hidróxido de sódio à solução aquosa de sulfato de cobre II), não dá para saber se é transformação química. Você tem que saber quais são as propriedades de um para saber depois as propriedades do outro, para ver o que aconteceu..."*

*Patrícia: "O fato de acontecer estas coisas indica que mudou o produto, mas não dá para garantir que seja uma transformação química."*

*Profa.: "As transformações... então vamos pensar o inverso... nas transformações onde ocorre produção de novos materiais pode acontecer mudança de cor?"*

Classe: "Pode..."

Profa.: "Pode mudar a forma?"

Classe: "Pode..."

Profa.: "Liberar gás?"

Classe: "Pode..."

Profa.: "Aparecer um novo estado físico?"

Classe: "Pode..."

Profa.: "Formar um sólido?"

Classe: "Pode..."

Profa.: "Sair um cheirinho?"

(risos) Classe: "Pode..."

Profa.: "E por que o inverso não é verdadeiro, porque nem sempre quando acontece isso eu posso garantir que houve formação de novos materiais?"

Sabrina: "Porque tanto na transformação física como na química ocorre tudo isso..."

Profa.: "Vocês concordam com isso?"

A classe não responde.

Profa.: "Vamos fazer o seguinte: vamos considerar o teste n.1: aquecer alguns fios de cabelo. Quando nós aquecemos cabelo, forma-se um novo material?"

Aline: "Não!"

Profa.: "A Aline acha que continua sendo cabelo?"

Aline: "Mudou só a forma."

André: "Quando aqueceu o cabelo só mudou o estado físico, mas o estado químico do cabelo continuou o mesmo."

Profa.: "E quando aquecemos o açúcar?"

*Carolina: "O açúcar quando é queimado muda o gosto, dá para partir, vira caramelo..."*

*Profa.: "Você acha que açúcar e o caramelo são materiais diferentes?"*

*Carolina: "São."*

*Sabrina: "Olha, eu acho que quando aquece o açúcar, acho que muda sim a substância, mudam as propriedades específicas..."*

*Carolina: "Eu também acho..."*

Em um dado momento da discussão, Carolina, por exemplo, estava profundamente incomodada e insatisfeita com as contradições de suas próprias idéias. Eu, por outro lado, estava um pouco preocupada em não desmotivá-la pela ausência de respostas definidoras. Percebe-se na transcrição anterior que a interação entre os pares e a professora levou os alunos a compreenderem que as evidências não garantem o reconhecimento da formação de uma nova substância e, conseqüentemente, de uma transformação química.

Nesta perspectiva, a atividade dos testes extraída do Proquim e a discussão em sala constituíram um momento importante no processo pois promoveram uma rica interação, onde a emergência das idéias foi fundamental para estimular o raciocínio dos alunos, fazendo-os perceber que suas concepções prévias não estavam dando conta de explicar completamente os atributos de um fenômeno químico.

A situação configurada a partir da discussão em torno dos resultados dos testes realizados reforça também a idéia de que a construção de um conceito não depende exclusivamente da apresentação de um problema. Segundo Vygotsky (1991):

"A presença de um problema que exige a formação de conceitos não pode, por si só, ser considerada a causa do processo, muito embora as tarefas com que o jovem se depara ao ingressar no mundo cultural profissional e cívico dos adultos, sejam sem dúvida, um fator importante para o surgimento do pensamento conceitual. Se o meio ambiente não apresenta nenhuma dessas tarefas ao adolescente, não

lhe faz novas exigências e não estimula o seu intelecto, proporcionando-lhe uma série de novos objetos, o seu raciocínio não conseguirá atingir os estágios mais elevados, ou só os alcançará com grande atraso." (Vygotsky, 1991, p. 50)

Podemos considerar, ainda, que embora os conceitos espontâneos e os científicos se desenvolvam em direções opostas, há uma íntima relação entre estes movimentos pois, como aponta Vygotsky (1991), é preciso que o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado um certo nível de consciência para que se possa absorver um conceito científico correlato.

Assim, as evidências de uma transformação química que para os alunos, se limitavam ao nível macroscópico, refletiam concepções espontâneas que tinham previamente. Por isso, tornava-se necessário acionar um processo novo de construção, a partir da tomada de consciência dos alunos sobre a fragilidade de suas concepções prévias. Neste sentido, a sequência transcrita a seguir, nos mostra, também, como a discussão sobre eventos empíricos pode ser adequada para enfraquecer pré-concepções.

*Profa.: "Está certo sempre dizer que transformação química é quando o processo não volta atrás?"*

*Alunos: "Não..."*

*Beatriz faz uma expressão de quem não concorda com a resposta dos colegas, mas, afinal, afirma pouco convicta:*

*Beatriz: "É, não está certo."*

*Vários alunos começam a falar ao mesmo tempo.*

*Profa.: "Pode falar o que você está pensando."*

*Sabrina intervém: "Eu sempre ouvi dizer que uma transformação química não volta atrás."*

*Beatriz: "Mas então não tem dedução, não tem jeito de você conseguir definir uma transformação química."*

*Profa.: "Tem, claro que tem. É isso que eu gostaria que vocês elaborassem. Porque vocês estão falando assim: que mudar de cor, mudar de forma, mudar de estado, não é suficiente para dizer que teve transformação química."*

*Sabrina: "Mas isso não quer dizer que toda hora que tenha transformação química, não tenha isso. Isso pode acontecer tanto numa transformação química como numa transformação física."*

*Profa.: "Concordo."*

*Sabrina: "Só que tem uma coisa que eu estou em dúvida. Quando você tem uma transformação química, mudam as substâncias, mudam as propriedades da matéria... Como você sabe que aconteceu uma transformação química?...Olha uma coisa: quando queimou o cabelo..."*

*Profa.: "Deixou de ser cabelo?"*

*Sabrina: "Não é aquele cabelo inicial, mas..."*

*Aline: "Não muda de substância"*

*Sabrina: "Vamos ver uma coisa: era castanho sólido, durante a transformação vai ficando líquido e depois fica um sólido preto...Olha só : no teste n°13, quando uma substância mistura com a outra, mudou a cor, mudou o estado físico, mudou a substância."*

*Profa.: "Como é que você tem certeza de que mudou a substância no teste n.13?"*

*Sabrina: "Eu sei que tem uma substância nova."*

*Profa.: "Por quê? Alguém te falou?...Você mistura um líquido azul com um líquido incolor. Forma uma gelatina. Mudou um pouquinho da cor, mudou a forma, apareceu outro estado físico, isto indica que teve uma transformação química?"*

*Aline e Carolina: "Não..."*

*Sabrina: "Indica , gente!"*

*Aline e Carolina: "Não, não e não."*

*Profa.: "Por que não?"*

*Beatriz: "Mas quando eu posso chegar a conclusão que a transformação é química?"*

*Patrícia: "Então, esse é que é o problema!..."*

*A classe ri, e configura-se a incerteza que se instalou entre eles, quanto à definição de evidências que assegurem a ocorrência de uma transformação química.*

Parece-me claro que nestes momentos de interação, como em outros que também aconteceram, ocorre o desenvolvimento de um processo interpsicológico, onde as idéias de um indivíduo são apropriadas pelos outros sujeitos na sala e, assim, são submetidas à discussão. Deste modo, tem-se uma idéia que é produto de várias falas que surgiram durante o desenrolar da discussão, como se ocorresse a confecção de uma teia que é tecida com estas contribuições; teia, na qual, todos ficam afinal envolvidos.

Nesta teia, é relevante focalizar o papel do professor : "Numa sala de aula, vista como espaço de enculturação, o papel do professor ganha contornos mais amplos (...). Ele desempenha uma série de outros papéis fundamentais: ... explicitar os obstáculos epistemológicos, chamando a atenção para como eles contradizem as características dos conceitos científicos a serem aprendidos; generalizar as novas idéias e dar ao estudante a oportunidade de generalizá-las por si próprio; chamar a atenção dos estudantes para refletirem sobre suas próprias idéias e compará-las com as idéias científicas; estar atento ao desenvolvimento das idéias na sala de aula."(Mortimer, 1994, p.188)

Nesta discussão, ainda não tinha sido fechado o diálogo com a sistematização de conceitos. Eu tinha intenção de oferecer aos meus alunos mais um tempo para consolidarem a consciência de que suas idéias prévias estavam apenas limitadas ao nível fenomenológico, para que nas próximas aulas começassem, então, a delinear novos aspectos do perfil conceitual de transformação química. A operacionalização deste "tempo de amadurecimento" se configurou nas questões que os alunos passaram a levantar em busca de critérios que definissem o conceito T.Q.. Em outras palavras, pareceu se configurar durante a aula a necessidade de novas idéias que explicassem melhor como se pode "garantir" a ocorrência de transformação química. Quando os alunos pareciam não poder mais explicar como as transformações químicas podem ser evidenciadas, perguntei à classe:

*"Nenhuma destas coisas garante que se formou um novo material?"*

*A grande maioria respondeu enfaticamente: "Não..."*

*Logo em seguida, Sabrina afirma: "...No teste nº13 (adição de sulfato de cobre a hidróxido de sódio), não dá para saber se é uma transformação química... Você tem que saber quais são as propriedades de um, para saber depois as propriedades do outro, para ver o que aconteceu..."*

*Patrícia intervém: "O fato de acontecer estas coisas indica que mudou o produto, mas não dá para garantir se a transformação é química ou só física ..."*

Não fica claro na fala de Patrícia o que ela entende por *produto*, que tipo de material seria, já que ela não consegue propor um critério para identificar nos testes as transformações químicas mas, já dá para perceber na sua manifestação e na de Sabrina, o enfraquecimento de suas concepções iniciais. Além disso, Sabrina parece ter experimentado um avanço quando afirma que para caracterizar uma transformação química é necessário

considerar as diferenças entre as propriedades iniciais e finais dos materiais. Esta sua manifestação parece caminhar na direção da categoria *formação de nova substância*.

Posto que a característica principal desta atividade era *misturar soluções* na maioria dos testes, os alunos tiveram a oportunidade de perceber que nem toda mistura resulta numa transformação química. Portanto, o enfraquecimento das idéias em torno de *transformação química* como *mistura* pareceu ser o saldo da discussão em torno destes testes. Penso que isto é ilustrado nas falas já citadas dos alunos, ao se sentirem impotentes para classificar as transformações ocorridas através de evidências visuais dos processos químicos. Contudo, ainda não havia ocorrido a facilitação da emergência de um novo atributo para o conceito. Logo, a mesma questão permanecia: Como fazer os alunos conceituarem *transformação química* como um processo onde há *formação de novas substâncias*?

Ainda almejando esta meta, parecia ser mais coerente que os alunos soubessem primeiramente diferenciar os materiais, através da consideração das propriedades físicas das substâncias, como descrito a seguir, para que depois entrassem na construção de modelos teóricos.

**Fase 4 - Abordando o conceito substância para conceitualizar T.Q. como um processo onde há *formação de novas substâncias*.**

Com tal propósito, forneci aos alunos uma tabela contendo cerca de dez exemplos de substâncias com dados de cor e propriedades físicas (ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade, solubilidade em água), que foram por eles examinados, para apontar semelhanças e diferenças entre as substâncias apresentadas (água, acetona, álcool etílico, ácido sulfúrico, éter etílico, benzeno, tolueno, etc.) .

Para trabalharmos melhor os dados da tabela, fiz uma exposição sobre mudanças de estado físico. Na época, fiquei um pouco desencantada com o "tradicionalismo" desta minha explanação, mas não consegui ver outra forma de organizar as informações sobre este assunto e, mesmo, os alunos esperavam que eu a fizesse. Agora, analisando esta exposição, vejo que não poderia ter sido diferente. Afinal, cabe, também, a um professor construtivista transmitir informações (Coll, 1996), pois estas desempenham um importante papel na reformulação das idéias dos alunos. Muitas vezes, a ausência de sistematização durante as aulas pode levar a um ensino permissivo em que todas as idéias valem. É claro que o professor, deixando espaço para a expressão das idéias alternativas dos alunos, pode também fazer uso desta habilidade nas suas exposições. O professor representa o conhecimento científico; assim, se a construção dos conceitos em sala de aula se dá por um processo social partilhado, então, torna-se necessário que os conceitos científicos sejam apresentados para os alunos, possibilitando-lhes uma base suficiente para que formulem seus próprios discursos.

Em seguida à minha fala sobre as mudanças de estado físico, coloquei a seguinte questão: "Como podemos verificar que uma substância é diferente da outra?". Logo, os alunos perceberam que a propriedade cor, por exemplo, era totalmente imprópria para distinguir uma substância da outra, já que vários exemplos possuíam a mesma cor. A partir daí, começaram a selecionar algumas propriedades - ponto de fusão e ponto de ebulição - como sendo aquelas mais adequadas na caracterização das substâncias, como pode-se perceber no diálogo transcrito abaixo:

*Profa.: "Tentem perceber a diferença entre uma substância e outra..."*

*Fabício (examinando a tabela) : "Ponto de fusão e ponto de ebulição..."*

*Profa.: "O que mais?"*

*Aline: "Para diferenciar as substâncias?"*

*Beatriz: "É... Densidade... A densidade de uma é diferente da outra..."*

*Profa.: "Com todas as propriedades, acontece isto? Examinem lá as quatro primeiras substâncias: água, álcool etílico, acetona e ácido sulfúrico. As quatro são incolores, vocês acham que a cor é um tipo de propriedade que dá para diferenciar as substâncias?"*

*Alunos: "Não..."*

*Profa.: "Então vamos olhar para os valores de ponto de fusão: etanol, acetona, ácido sulfúrico, a gente vai passando os olhos e vai vendo que os valores são diferentes. A mesma coisa acontece quanto aos pontos de ebulição, na densidade também..."*

*Aline: "Mas o álcool e a acetona tem densidades iguais. O benzeno e o tolueno também."*

*Profa.: "Então quer dizer que esta propriedade, no caso, não vai nos ajudar, mas existem outras que ajudam. Pois se você tiver por exemplo, benzeno e tolueno: o ponto de fusão é muito diferente, o ponto de ebulição também."*

O fio condutor que me levou a promover esta discussão em torno da tabela de propriedades físicas foi o princípio da reconciliação integrativa, que, como proposto por Ausubel (1968), implica no estabelecimento de relações entre idéias de tal maneira que sejam explicitadas suas comunalidades e diferenças. A consideração de tal princípio seria mais um elemento facilitador no processo de promoção de aprendizagem significativa pois, o princípio da reconciliação integrativa guarda como característica essencial a relacionabilidade entre idéias, possibilitando confrontar, comparar elementos e vinculá-los, estabelecendo relações de conciliação entre eles, o que acarreta na reunião de vários atributos comuns em uma só idéia. (Aragão, 1976)

Assim, eu esperava que os alunos comparassem os valores de propriedades físicas de vários exemplos de substâncias e, a partir desta comparação, estabelecessem relações de comunalidade e de discriminação entre elas, chegando à conclusão (generalização) que algumas propriedades são especialmente úteis na identificação e caracterização das substâncias .

Depois que eles examinaram a tabela de propriedades físicas, coloquei algumas questões que vinculavam o conceito T.Q. à formação de novas substâncias como, por exemplo:

*"Uma substância líquida , incolor, de ponto de ebulição 82,5° C foi submetida a uma transformação, obtendo-se um líquido incolor de ponto de ebulição 56,2° C . Você pode garantir que ocorreu uma transformação química?"*(Proquim, p.7)

A maioria dos alunos concordou que, neste caso, houve uma transformação química porque, segundo a maior parte das respostas, *"formou-se um novo material "* ou *"formou-se uma substância com propriedades diferentes da substância inicial"*.

Em um determinado momento, levantei a seguinte questão :

*Profa.: "... se vocês colocarem uma pitada de açúcar na água e mexerem até dissolver... Aí , vocês experimentam aquela água, têm algum gosto diferente do açúcar?..."*

*Daniella: "Não..."*

*Profa.: "Você acha que houve mudança de material?"*

*Daniella: "Houve, porque ele ... ele sumiu..."* ( demonstra insegurança na voz)

*Profa.: "Então você está querendo dizer que quando você dissolve uma substância na outra, muda o material, então que tipo de transformação é? "*

*Daniella: "Química..."*

Alguns alunos fazem expressão de surpresa, esperando que eu interrompesse Daniella, afirmando que ela estava "errada". Aproveitando a oportunidade para mudar um pouco as idéias deles sobre a ação "corretiva" do professor, afirmei:

*"Esta é a opinião de Daniella. Cada um tem a sua opinião e nós estamos respeitando isso. Se alguém quiser colocar alguma coisa em contrário, por favor, faça... Vocês concordam com o que ela falou, que misturar açúcar na água é uma transformação química?"*

*Sabrina: "Eu não concordo..." Junto com ela, vários alunos falam ao mesmo tempo.*

*Aline: "Se você pegar água e açúcar, a água evapora e o açúcar aparece de novo!..."*

Implícita na fala de Aline está a categoria *irreversibilidade das T.Q.* no sentido de distingui-las de transformações físicas, que é uma visão errônea que muitos professores de Ciências passam aos seus alunos no ensino fundamental.

*Profa.: "E este açúcar que aparece de novo, ele é um açúcar transformado ou ele é o mesmo açúcar que se tinha antes?"*

*Daniella: "É o mesmo..."*

Pode parecer que com esta minha fala, eu estivesse reforçando a categoria *irreversibilidade* mas, o que eu pretendia, na verdade, era não me contrapor de forma radical às manifestações dos alunos para não inibi-los, além de intencionar que emergisse a categoria *formação de nova substância* nas idéias dos alunos ( ... *ele é um açúcar transformado?...*).

*Profa.: "Então, você acha que neste processo de você misturar água com açúcar, houve uma transformação química?"*

*Aline, Sabrina e Carol respondem antes mesmo de Daniella conseguir se manifestar , dizendo: "Não!..."*

Daniella ouve as colegas, mas pela sua expressão fisionômica parece não se convencer. Fica clara, na sua fala transcrita anteriormente, a resistência de suas concepções .

Daniella, assim como Rogério e Leandro, também possuía um histórico de reprovação na mesma série o que, em parte, justificaria a sua insegurança em se manifestar, sentimento este que parecia ser reforçado pela atitude dos colegas.

No final desta aula, solicitei aos alunos que escrevessem um pequeno texto, explicitando o que eles sabiam sobre *transformação química* (Texto 3). Na análise destes textos, foram frequentes manifestações como as seguintes que expressavam uma visão de *modificação* da substância nas transformações químicas.

*"Transformação química são transformações em que a substância perde suas propriedades anteriores e passa a ter outras diferentes..."*

*"É uma transformação que ocorre com a matéria, que modifica suas propriedades naturais ."*

*"Transformação química é a transformação que ocorre, quando a substância muda suas propriedades."*

Em termos específicos, pude constatar que neste ponto do processo, 62 % dos alunos passaram a se expressar pela categoria *modificação*, 28% pela categoria *formação de novas substâncias*, enquanto apenas 6% usavam idéias de *irreversibilidade* e 3 % de *mistura*..

Foi interessante constatar esses baixos percentuais para as categorias *mistura* e *irreversibilidade*. Contudo, ocorreu uma retomada da categoria *modificação*, possivelmente devido à ênfase dada no ensino na análise de propriedades físicas das

substâncias. Além disso, o moderado aparecimento da categoria *formação de nova substância* pode ser explicado pelo fato das propriedades das substâncias iniciais (reagentes) não terem sido confrontadas com as propriedades das substâncias finais (produtos) nas atividades propostas.

Em outras palavras, concluo agora que deveria ter ampliado o leque de exemplos semelhantes ao único exercício discutido do Proquim que adotava tal procedimento.

Apesar de eu não ter ajustado convenientemente a minha ajuda pedagógica para a emergência da categoria *formação de novas substâncias*, a realização da discussão sobre a tabela de propriedades físicas das substâncias possibilitou-me a ponte para abordar noções introdutórias sobre o nível atômico-molecular do conhecimento químico. Afinal, do ponto de vista do ensino é desejável que os alunos comecem a se expressar utilizando noções microscópicas. No entanto, a minha revisão bibliográfica sobre tal assunto me alertava também que tais manifestações não emergiriam espontaneamente por parte dos alunos. Por isso, estabeleci uma ponte entre a discussão das propriedades das substâncias e a apresentação que faria a seguir de alguns modelos com a pergunta:

*“Como podemos explicar que cada substância tenha propriedades características?”*

E a esta pergunta, eu mesma dei a resposta:

*“Podemos explicar considerando a composição, a constituição de cada substâncias. Se as propriedades físicas de uma substâncias são diferentes das propriedades de outra substância, então, isto revela diferentes constituições. Para entendermos isto, precisamos falar da constituição da matéria.”*

Os alunos me escutaram... e eu passei rápido para a fase seguinte.

### Fase 5 - Penetrando no microscópico - o nível dos modelos

Nesta fase, além da minha exposição sobre alguns modelos científicos, algumas atividades experimentais seguidas de discussões sobre a construção de modelos teóricos. A sequência das atividades de ensino é sumarizada a seguir:

- a realização da atividade experimental extraída do Proquim (p.39), onde analogias entre dois sistemas poderiam ser estabelecidas no sentido de promover a construção do modelo corpuscular da matéria.
- a construção de um modelo da constituição da matéria por parte dos alunos, inspirada no trabalho de Nussbaum e Novick (1989);
- a minha exposição sobre a evolução de modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr)
- a realização da atividade experimental proposta por De Vos e Verdonk (1987, a), que busca favorecer a emergência de idéias sobre migração de partículas e,
- a minha exposição sobre os modelos de ligações químicas entre átomos: iônico e covalente.

Para planejar esta série de atividades destinada a introduzir a idéia de *modelo científico* aos alunos, foram-me bastante úteis as relações estabelecidas por Duit (1991) entre as idéias de modelo e analogia no meio educacional. Ambos estabelecem um mapa estrutural de diferentes domínios onde, geralmente, são representadas partes do domínio que se está aprendendo.

Shapiro (1985), discutindo o processo de aprendizagem, enfatiza que "analogias podem fazer a nova informação se tornar mais fácil e concreta de ser

imaginada." Sua adoção configura uma ajuda pedagógica para desenvolver um processo de emprego do familiar para entender o não familiar.

Duit (1991) aponta, ainda, que o uso de analogias em sala de aula força o professor a entrar em contato com as concepções alternativas dos alunos, o que é extremamente desejável dentro de um processo de evolução conceitual. Contudo, o autor alerta para o cuidado de não se promover transferência de idéias espontâneas para o domínio que se quer ensinar, ou seja, o raciocínio analógico só é útil se analogias deliberadas forem estabelecidas.

Como neste ponto do processo de ensino eu desejava começar a introdução ao nível microscópico dos conceitos químicos, julguei adequado propor aos alunos uma atividade onde eles pudessem estabelecer analogias que viessem a facilitar a construção de modelos .

Assim, os alunos realizaram uma atividade experimental do Proquim (p.39-41), onde dois sistemas foram observados: a mistura feijão e açúcar e a dissolução de um pequeno cristal de permanganato de potássio em água, sendo que, a partir desta observação, analogias poderiam ser estabelecidas. Para tal, foi feita a leitura do texto introdutório da atividade, onde é mencionada a necessidade de se construir modelos explicativos da constituição da matéria. A transcrição do material fornecido aos alunos para esta atividade é apresentada a seguir:

### FATOS E EXPLICAÇÕES

Conhecer as propriedades físicas das substâncias permite sua caracterização e distinção. Permite, também, identificar a ocorrência de reação química num sistema. Mas, esse conhecimento não permite explicar os fatos observados. Por exemplo, como explicar a transformação de uma substância em outra, numa reação química? Como explicar o fato de cada substância ter propriedades características?

Considerando que cada substância é um tipo diferente de matéria, pode-se procurar a resposta a essas questões através de um estudo sobre a constituição da matéria.

Ao se observar uma porção de matéria - uma porção de água, por exemplo - essa se apresenta como um todo contínuo. Essa continuidade também é notada quando se observa essa porção de água utilizando o microscópio de maior poder de resolução hoje existente. Considerando apenas estes fatos, seria possível formular a idéia de que a matéria seja contínua. Mas será que essa idéia pode explicar outros fatos?

Nesta demonstração experimental, você vai observar alguns fenômenos e propor idéias sobre a constituição da matéria que possam explicar esses fenômenos e também outros fatos que você já conhece sobre o comportamento da matéria.

#### Material necessário:

2 béqueres de 1000ml

1 espátula

1 bagueta

água

permanganato de potássio

feijão

açúcar

#### Procedimento e análise dos dados:

1. Sua professora vai adicionar um pequeno cristal de permanganato de potássio à água contida num béquer de 1000ml.
2. O permanganato de potássio se dissolve na água? Descreva o fenômeno observado.
3. Elabore uma idéia sobre como a matéria poderia ser constituída de modo a explicar suas observações neste experimento. Descreva sua idéia.
4. É possível explicar suas observações usando a idéia de que a água e o permanganato sejam contínuos? Explique sua resposta.

No sentido de procurar uma explicação para as observações feitas neste experimento, vamos utilizar uma analogia, ou seja, uma representação macroscópica que permita simular uma idéia a respeito do que ocorre a nível microscópico.

5. Sua professora vai encher o outro béquer com feijões e adicionar açúcar. Anote suas observações.

6. Compare as observações feitas na adição de permanganato de potássio à água com as observações feitas na adição de açúcar ao feijão. Essa analogia é coerente com os fatos observados? Explique sua resposta.

7. A utilidade de uma analogia está em permitir a “visualização” de uma idéia . Qual é a idéia sobre a constituição da matéria que você “visualizou” através da analogia utilizada? Compare com a idéia que você elaborou na resposta à questão 3. Essas idéias são concordantes? Em caso negativo, qual delas explica melhor os fatos observados?

Durante a atividade, fui questionando os alunos sobre como eles pensavam que a matéria é formada, e como era possível um sólido dissolver-se num líquido.

*No laboratório, as equipes misturaram porções de açúcar e feijão e dissolveram também pequenos cristais de permanganato de potássio em água. Perguntei a um grupo:*

*- Dá para fazer alguma comparação entre os fenômenos que ocorrem nos dois béqueres?*

*Jean: “Os dois se misturaram...”*

*Profa.: “Por que os dois se misturaram?”*

*Silêncio...*

*Profa.: “Pegar feijão e misturar com açúcar é simples e todos podem ter uma idéia do que acontece... Existe alguma semelhança entre este tipo de mistura e o que acontece com o permanganato de potássio em água?”*

*Carol: “Só o fato dos dois serem “mistura”... “*

*Sabrina: “Um é homogêneo e o outro não é homogêneo...”*

*Profa.: “Tentem pensar se existe alguma semelhança entre os dois casos.”*

*Tatiana: “Os dois são misturas. Essa é homogênea (mostrando o permanganato), porque não ficou com excesso, esta é heterogênea (mostrando feijão+açúcar) , porque tem excesso de açúcar e de feijão também.”*

*Profa.: “Por que nos dois casos foi possível que os componentes se misturassem?”*

*Silêncio...*

*Tatiana : “Por que existe espaço?”*

*Profa.: “E por que isto acontece?”*

*José Luciano: “Porque tem espaço no meio dos feijões, por isso o açúcar entra...”*

*Marcelo: “É isso: o feijão e a água ainda não estão saturados, quando ficarem saturados o permanganato, por exemplo, não vai mais se dissolver na água...”*

*Beatriz: “Eu acho que os dois (açúcar e permanganato) parecem que estão passando pelos espaços... Aqui (mostrando o béquer com feijão e açúcar), parece que tem espaço entre os feijões, então o açúcar vai penetrando nos espaços. Aqui (mostrando o béquer com a solução de permanganato), eu acho que é a mesma coisa...”*

*Profa.: “Então dentro da água existem espaços e por isso o permanganato se dissolve?”*

*Grupo: “É. “*

Alguns alunos pareceram perceber o sentido da analogia. É o que se pode notar ao considerar a fala de Beatriz, quando perguntei: *“Existe alguma semelhança entre o que acontece nos dois béqueres?”*

*“Acho que existe ... é a maneira como penetra... os dois parecem que estão passando pelo espaços...”*

Outros alunos se prenderam ao aspecto macroscópico ao falarem sobre os dois sistemas:

*"Um é homogêneo e o outro é heterogêneo..."*

Para explorar esta atividade, resolvi adotar um procedimento semelhante ao utilizado por Nussbaum e Novick (1989), quando tentaram promover que alunos israelenses de 12-13 anos elaborassem idéias sobre o modelo corpuscular da matéria. Assim, solicitei aos meus alunos que produzissem desenhos onde representassem como imaginavam que seria a mistura água + permanganato no nível microscópico. Convidei os alunos para exporem seus modelos para a classe, e alguns o fizeram desenhando suas representações na lousa. A partir daí, eles se reuniram em grupos e os orientei para que discutissem qual dos modelos expostos parecia melhor explicar a dissolução do permanganato de potássio em água.

Como em outras situações, houve uma preocupação com o fato de suas idéias estarem "certas" ou "erradas". Deixei claro que não deveria haver esta preocupação e que eles deveriam se ater à coerência das idéias. Depois que cada grupo selecionou o modelo mais coerente, houve um debate com a classe inteira e, afinal, ficaram estabelecidos pelo grupo alguns atributos que um modelo explicativo da natureza da matéria deveria ter. Estes atributos se condensariam em dois elementos básicos:

⇒ a existência de partículas minúsculas

⇒ a existência de espaços vazios entre as partículas.

A exemplo do que aconteceu na pesquisa de Nussbaum e Novick (1989), meus alunos confrontaram vários modelos sugeridos por eles próprios e, reunidos em grupos, chegaram à conclusão de que seria coerente admitir que a matéria é constituída de pequenas partículas e que existem espaços vazios entre elas. Coloquei para os alunos que,

no nível micro, lida-se com modelos como idéias, construções racionais, que possuem um caráter marcante de provisoriedade, conforme evidenciado no diálogo a seguir:

*Profa.: "Será que alguém já viu átomos e moléculas?"*

*Classe: "Não."*

*Profa.: "Então de onde surgiu esta idéia?"*

*Alguém diz: "É modelo..."*

*Profa.: "Eu escuto vocês falarem disso com uma freqüência bastante grande. É claro que vocês falam, porque tiveram lá em Ciências na 8º série, mas por que será que a gente usa estas expressões?"*

*Carolina: "Porque foram idéias que as pessoas tiveram para explicar como é a matéria por dentro, como as transformações acontecem."*

*Profa.: "Baseado nisto que a Carolina disse, uma idéia é algo permanente?"*

*Classe: "Não"*

*Profa.: "Por que não? Dê um exemplo."*

*Sabrina: "A idéia de que o mundo era quadrado."*

*Profa.: "Então, as idéias estão em constante mutação. Vocês acham que a História pára aqui, no momento em que vivemos?"*

*André: "Não, tudo está em constante evolução... até o ser humano..."*

*Profa.: "Vocês acham que a idéia que vocês aprenderam sobre átomo na 8º série é a última idéia que se vai ter sobre este assunto?"*

*Carolina: "É como a gente que tinha uma idéia sobre transformação química e agora esta idéia esta mudando..."*

*Profa.: "Então eu acho que fica mais ou menos claro para todo mundo que as idéias ou os modelos não são "coisas" permanentes. A Ciência não é uma "coisa"*

*pronta, acabada, o que a gente aprende na escola não é definitivo, não é a única visão que existe... Por exemplo, na Física, vocês estão aprendendo a Física que Newton, entre outros, imaginou. São idéias para explicar o mundo. Mas não são as únicas. O que Einstein, por exemplo, pensou sobre o mundo é diferente. A Ciência é composta de diversas visões e estas visões estão em constante mutação, ou seja, quando os filhos de vocês vierem para a escola, a idéia de átomo que eles vão estudar pode ser diferente."*

Depois de discutirem bastante e parecerem ter chegado a uma concepção de matéria composta de partículas minúsculas, separadas por espaços vazios, os alunos começaram a ficar mais uma vez ansiosos, querendo saber se suas idéias estavam "certas". Em vista desta inquietação, voltei a repetir que não se tratavam de idéias "certas", mas que na próxima aula, apresentaria a eles alguns modelos atômicos elaborados por alguns cientistas que se preocuparam com a natureza da matéria.

Com este propósito, na aula seguinte, pedi aos alunos que lessem o Capítulo 2 do livro "Unidades Modulares de Química" (Ambrogi e col., 1987) cujo título é "O Átomo", onde há uma breve exposição dos modelos atômicos usualmente apresentados no ensino médio. Durante a leitura do texto, surgiram dúvidas. Por isso, expus resumidamente como surgiram os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Esta exposição aconteceu de forma bastante tradicional, e os alunos se mantiveram calados durante a maior parte do tempo. Uma das únicas manifestações ocorridas nesta aula foi, de fato, bastante interessante, a qual transcrevo a seguir. Isto ocorreu ao final da leitura, quando Fabrício perguntou:

*"Profa. , isto é como a Ciência pensa ... mas eu posso continuar pensando do meu jeito?"*

*Profa.:" Sim, pode, mas nós aqui na escola, esperamos que você possa acreditar que o modelo científico é muito mais explicativo."*

*Fabrcio: "Tudo bem, mas mesmo quando a classe escolheu aquele modelo de espaços vazios, eu não consigo acreditar muito nele. Neste aqui, do Rutherford, também não acredito muito não. Eu até entendo, mas não acredito."*

É interessante a maneira como Fabrcio se coloca ao reconhecer pelo menos dois modelos: o dele e o da Ciência. Isto pode revelar a tomada de consciência de duas zonas do seu perfil conceitual sobre matéria. Em contextos específicos, como, por exemplo, numa avaliação escolar, seriam usadas as idéias científicas para explicar fenômenos, já numa situação informal, Fabrcio continuaria utilizando suas próprias idéias. Como já foi comentado, o aspecto mais interessante desta manifestação é a consciência de possuir pelo menos dois níveis de conceitualização: o científico e o seu próprio.

Em síntese, o que procurei fazer nestas aulas foi apresentar aos alunos significados e sentidos possíveis na construção de modelos explicativos da constituição da matéria. De uma maneira geral, constatei que, nesta altura do processo, os alunos se sentiam mais à vontade para expor e discutir suas concepções do que no início. Inclusive, o fato de eu não interferir nas suas produções não os incomodava mais. Aquela ânsia de saberem se estava "certo" ou "errado" havia diminuído bastante. Se havia a vontade de conhecerem mais, parecia que isso se devia a curiosidade ou necessidade de confrontar as próprias idéias com as dos outros indivíduos do grupo.

Depois da exposição dos modelos, os alunos realizaram uma atividade experimental proposta por De Vos e Verdonk (1985,b) onde os autores intencionam que idéias de migração de partículas possam ser elaboradas. A seguir, transcrevo o material que forneci aos alunos para esta atividade:

## Roteiro da atividade experimental

### **Material necessário:**

dois vidros de relógio

duas espátulas

uma placa de Pétri

nitrato de chumbo (sólido I)

iodeto de potássio (sólido II)

### **Procedimento:**

Cada grupo tem uma placa de Pétri contendo uma camada muito fina de água destilada. Além disso, cada grupo tem duas espátulas, um vidro de relógio contendo um pouco do sólido I e um segundo vidro de relógio com uma porção do sólido II.

Coloque a placa de Pétri em posição perfeitamente horizontal sobre a bancada e despeje uma pequena pitada do sólido I na água próximo à beirada da placa. Em seguida, usando outra espátula limpa, coloque uma pitada do sólido II na água, em posição diametralmente oposta a do sólido I.

Desenhe um esquema da montagem da experiência, deixando em repouso a placa.

Sobre o filme de água, dentro da placa de Pétri, as duas pequenas amostras de nitrato de chumbo e iodeto de potássio levaram à formação de uma mancha amarela (iodeto de chumbo).

Partindo deste evento, solicitei aos alunos que elaborassem textos (Texto 4) explicando o fenômeno, utilizando para isso o modelo explicativo da constituição da matéria que eles julgassem mais coerente. As explicações sobre como ocorreu a transformação dentro da placa de Pétri convergiram para a categoria *microscópica*, com a menção de partículas, atração e interação entre elas. Dos 36 alunos que se manifestaram, 62% estavam nesta categoria. Surgiram também idéias de *formação de nova substância* (22%), *mistura* (11%) e *modificação* (5%).

Mais uma vez, parece claro que a natureza da tarefa influencia bastante o perfil das manifestações dos alunos pois, mais da metade dos alunos explicou o fenômeno

utilizando idéias sobre partículas e atração entre elas. Na discussão em sala de aula sobre os textos produzidos nesta atividade, alguns alunos se manifestaram da seguinte forma:

*Rogério : "... o que ocorreu foi um contato entre as partículas das duas substâncias.."*

*Grazielle.: "A água, tendo suas partículas meio separadas, ela ajudou e fez com que os sólidos se dissolvessem melhor. Assim, um sólido em contato com outro se misturaram, agindo um sobre o outro..."*

*Fernanda: "Houve uma atração entre as partículas, por isso os dois sólidos se misturaram..."*

*André.: "Ocorreu a união e a transformação de partículas que formaram um novo líquido com isso formando novas partículas."*

*Patrícia : "A água , tendo suas partículas mais separadas umas das outras, propiciou que os sólidos se dissolvessem mais fácil, assim havendo atração entre os dois."*

A partir da emergência de idéias de interação entre partículas, coloquei a seguinte questão para a classe:

*"Se a Ciência admite a existência de pouco mais de cem elementos químicos, como é possível haver milhares de substâncias ?"*

*Carol: "Estes elementos podem se juntar entre si, formando compostos ou o mesmo elemento, formando substâncias simples."*

*Fabrcício: "Fazer uma mistura e desta mistura, fazer outra mistura."*

*Beatriz: "Os elementos químicos podem se juntar e juntar outros elementos, formando aglomerados."*

A fala de Beatriz encerra basicamente as idéias de Fabrício, só que ela conseguiu transitar mais no nível micro ao expor sua noção sobre ligações interatômicas. Quando Beatriz fala em "juntar", talvez estivesse revelando a idéia de simples adição e

não de interação. Somente agora percebo que eu deveria ter explorado mais com os alunos os significados destas palavras - “juntar”, “misturar”- no que se refere às partículas. A partir das manifestações dos alunos, expus os modelos de ligação química (iônica e covalente) onde as aulas tenderam para o estilo expositivo. Havia mesmo uma necessidade de informar e sistematizar mais as idéias químicas, já que na primeira parte do processo de ensino, eu havia passado a maior parte do tempo, indagando, questionando e escutando.

O modelo de estabilidade dos gases nobres, muito difundido em livros didáticos de Química, foi também exposto por mim, ressaltando aos alunos uma visão dinâmica de Ciência, com o questionamento, inclusive, da validade deste modelo.

Quando citei a existência de compostos de gases nobres, muitos alunos demonstraram surpresa, assegurando-me que na 8ª série o(a) professor(a) não tinha falado nada sobre isso.

*André :” Mas os gases nobres não tem a última camada completa?”*

*Profa. : ”E o que é ter a “última camada completa”?”*

*Fabício: “É ter oito elétrons na última camada.”*

*Profa. : “Tudo bem, mas vocês percebem que estas teorias são relativas, são limitadas. O fato de possuir 8 elétrons no seu último nível não assegura a um gás nobre total estabilidade, haja visto a síntese destes compostos que citei.”*

*André: “Ah! Então a gente aprende as coisas na 8ª série tudo errado..”.*

*Profa.: “Não é assim, André. A questão é que os próprios livros trazem as teorias assim... absolutas... E na Ciência, as coisas não acontecem assim, entende?”*

*André: “Agora, eu entendo.”*

Discuti alguns exemplos de substâncias químicas onde as ligações entre os átomos poderiam ser explicadas pelo modelo de estabilidade dos gases nobres como, por exemplo, entre sódio e cloro formando cloreto de sódio. Durante esta aula, os alunos

permaneceram bastante atentos, quase sem se manifestar. Parecia que aquela aula expositiva tinha mais a "cara" de aula com a qual eles estavam mais acostumados com os outros professores. Então, se dispuseram a fazer anotações e a solicitar esclarecimentos a respeito dos exemplos que apresentei.

Na aula seguinte, levei os alunos ao laboratório e lá eles puderam observar a condução de corrente elétrica em algumas soluções aquosas iônicas e moleculares (como por exemplo: água com cloreto de sódio e água com sacarose). O meu objetivo durante esta aula era fazê-los observar as propriedades de algumas soluções iônicas, utilizando um sistema de dois fios conectados a uma lâmpada e à tomada elétrica, que eram mergulhados nas soluções durante as demonstrações de condutibilidade. Solicitei que pensassem em explicações para os casos onde a condução não acontecia. Logo surgiu entre eles, a idéia de que as soluções aquosas não condutoras de corrente, não possuíam cargas elétricas, contrapondo-se ao modelo iônico.

*Profa.: "O que existiria na solução aquosa de cloreto de sódio que possibilita a condução de corrente elétrica?"*

*Fabrício: "Eu acho que tem pólos negativos e positivos dentro dela , por isso a corrente consegue passar".*

*Carol: "Então, se for assim, água com açúcar não tem estes pólos ..."*

*Sabrina: "E qual a diferença , porque alguns tem e outros não?"*

*Profa.: "Para tentar explicar esta diferença, os modelos de ligações químicas estabelecem algumas coisas. Por exemplo, quando dizemos que na ligação iônica ocorre uma transferência de elétrons , deixando algumas partículas com excesso de carga negativa e outras com excesso de carga positiva, de certa forma, estamos explicando porque existem partículas eletricamente carregadas na solução aquosa de cloreto de sódio. No caso da dissolução do açúcar em água, seria razoável admitirmos*

*que não há transferência de elétrons entre as partículas e a solução é incapaz de conduzir corrente . É o que chamamos de solução molecular.”*

A partir disso, expus o modelo de ligação covalente, procurando esclarecer que existem compostos covalentes apolares e polares e que, estes últimos, em solução aquosa, conduzem corrente elétrica, ilustrando este caso com o exemplo de uma solução aquosa de ácido clorídrico, cuja condutibilidade também foi demonstrada no laboratório. Para que eles pudessem ter um modelo teórico sobre isso, expus, também, o conceito de eletronegatividade de Pauling que nos permite explicar a polaridade das substâncias covalentes.

Em relação à exposição feita durante esta aula sobre os modelos de ligações interatômicas, é necessário considerar que um ensino bem sucedido não envolve apenas o incentivo do professor para manifestações mais ou menos "certas" dos alunos. Envolve, também, um trabalho de apoio para a construção de significados, através da regulação de demonstrações, exposições e descrições por parte do professor.

Este trabalho de apoio ou de ajuda pedagógica que mencionei, Vygotsky (1991) associa à *zona de desenvolvimento proximal* que pode ser determinada através de dois níveis de desenvolvimento, o real e o potencial. O primeiro constitui o nível de desenvolvimento das funções mentais da criança que foram estabelecidas após determinados ciclos de aprendizagem. Assim, quando se determina a idade mental de uma criança usando testes, está se estabelecendo o seu nível de desenvolvimento real. Nesta perspectiva, considera-se como determinante da capacidade mental aquilo que a criança consegue fazer sozinha.

Por outro lado, existem tarefas potencialmente exequíveis para a criança se ela for assistida por um adulto ou por uma outra criança mais experiente. É aquela situação onde o problema não pode ser resolvido pela criança sem nenhum auxílio (desenvolvimento

potencial). Desta forma, o nível de desenvolvimento real indica funções mentais já amadurecidas, enquanto que o nível de desenvolvimento potencial revela funções que podem ser amadurecidas com o auxílio de uma outra pessoa mais experiente.

Vygotsky (1991) afirma que crianças com iguais níveis de desenvolvimento real podem apresentar diferentes capacidades de aprender sob a orientação de um professor, o que indica que suas idades mentais são diferentes e conseqüentemente, seus processos de aprendizagem também diferem, significando que seus níveis de desenvolvimento potencial não são os mesmos.

A diferença existente entre os níveis de desenvolvimento real e potencial que uma criança pode ter é chamada por Vygotsky (1991) de *zona de desenvolvimento proximal*.

“A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de “brotos” ou “flores” do desenvolvimento, ao invés de “frutos” do desenvolvimento. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente.” (Vygotsky, 1991, p.97)

Sobre a zona de desenvolvimento proximal, Coll (1991) afirma que podemos estabelecer um paralelo entre a relação adulto-criança e a relação professor-aluno, já que ambas parecem envolver um contexto significativo onde aquele que aprende pode "ensaiar" suas atuações a partir da atuação daquele que ensina e construir interpretações coerentes a partir delas. Ao professor cabe adequar o nível de ajuda ao nível de competência dos alunos e avaliar continuamente as atividades de modo a conseguir um ajuste adequado da intervenção pedagógica, ou seja, o professor deve saber adequar as atividades referentes ao nível de desenvolvimento potencial dos alunos levando em conta o nível de desenvolvimento real dos mesmos.

“A progressão de um nível a outro na zona de desenvolvimento proximal é resultado do esforço da criança para estabelecer coerências entre sua ação e a fala do adulto. Quando o adulto se dirige a outro, esta coerência já existe. Para a criança na zona de desenvolvimento proximal, todavia, a coerência entre a fala e a ação precisa ser criada antes que assumida. Uma das melhores maneiras de criá-la para a criança é executar o comportamento do adulto e então construir uma valoração coerente das relações entre fala, definição da situação e comportamento.”(Werscht, in Coll, 1991, pp. 141-142)

No caso da relação adulto-criança, o ajuste das ações ou atividades dos participantes se produz de maneira automática, natural e espontânea. As condutas de imitação e as sincronias interativas que acontecem entre a mãe e o filho aparecem logo após o nascimento e requerem muito pouca aprendizagem, sendo que a mãe que é responsável pelo ajuste, o faz de maneira inconsciente.

Conforme se diversificam as atividades praticadas pelo bebê, fazendo com que ele acumule experiências e enriqueça sua bagagem de conhecimentos, fica mais difícil de se obter este ajuste mútuo e as condições de intercâmbio ficam mais difíceis de se adequar. Com o crescimento da criança, é mais difícil que as intervenções do adulto sejam automaticamente ajustadas. Todavia, com relação à interação professor-aluno, considerando-se, sobretudo, o aluno adolescente, temos uma situação totalmente antagônica àquela que ocorre nas primeiras semanas de vida. O ajuste entre as atividades do professor e as do aluno, necessário para que a interação entre ambos possa ser útil na zona de desenvolvimento proximal, fica muito distante daquele ajuste automático que ocorre entre a mãe e o bebê. A pertinência das intervenções, a significação do contexto de interação, a interpretação das dificuldades do aluno, constituem-se dificuldades que devem ser superadas para que ocorra o ajuste necessário na interação professor-aluno.

Desta forma, é muito difícil avaliar até que ponto as minhas intervenções, falando de estabilidade e ligações interatômicas, vieram ao encontro do ajuste necessário para que os alunos ativassem suas zonas de desenvolvimento proximal. Falar a eles sobre

modelos abstratos, teóricos, racionais que, sem dúvida, estão bastante distantes do observável concreto a que estão acostumados, constituiu-se um desafio naquela fase do processo de ensino, cujas implicações só poderiam ser analisadas mais adiante.

Na tentativa de iniciar esta análise, na aula seguinte, coloquei a seguinte questão: *"Quando jogamos um comprimido efervescente de "CEBION" na água, o que ocorre? Como você explicaria o fenômeno?"* (Texto 5). A partir daí, os alunos produziram respostas escritas, manifestando-se acerca de *transformações químicas* e como a sua ocorrência poderia ser explicada.

Ao analisar estas produções pude constatar que 46% dos alunos continuou a se expressar dentro da categoria *microscópica*, apesar de ainda carregarem em suas falas, idéias equivocadas sobre espaços vazios e descontinuidade. Isto porque, a maioria dos alunos que se manifestou falando de interação entre partículas, colocou suas explicações sempre citando a "ocupação dos espaços vazios", como se isto acabasse provocando uma situação de continuidade no sistema água + comprimido efervescente, conforme atestam as falas a seguir:

*Ellen: "A água é constituída de partículas, essas partículas possuem espaços vazios entre si, o remédio ao entrar em contato com a água(suas partículas) ocupou os espaços vazios existentes naquele recipiente, assim formou-se uma nova matéria que ocupou a maior parte do espaço."*

*Tatiana: "Entre os átomos e moléculas tanto da água quanto do Cebion existem espaços vazios onde um penetra, entra no outro provocando reações (bolhas) . Um entrou no outro dando origem a uma nova substância."*

*Marcelo: "O que ocorreu foi que o comprimido se dissolveu e ocupou os espaços vazios entre as partículas de água, havendo atração de partículas..."*

*Pedro: "Todas as substâncias tem em sua composição espaços livres em seus átomos, que dependendo da substância que atue sobre ele, pode levar à decomposição e dissolução da mesma. No caso do Cebion, foi isso que aconteceu, uma substância foi colocada em contato com outra, que acabou se efervescendo, se dissolvendo na água."*

*Carol: "As partículas do comprimido e da água estão reagindo gerando um novo produto, uma nova matéria."*

Estas falas evidenciam que a idéia de continuidade da matéria constitui um obstáculo importante para o trânsito das idéias no nível microscópico. Como os alunos poderiam se aproximar da idéia científica de interação química, se não conseguiam assumir a descontinuidade da matéria?

Como já discuti no Capítulo 1, a idéia de que a natureza "abomina o vazio" (Mortimer, 1995) é um traço freqüente no quadro de concepções dos alunos para explicar vários fenômenos já que o ensino de modelos atômicos geralmente não passa pela discussão do significado da matéria ser constituída por partículas, que existem espaços vazios entre elas, e que elas estão em movimento. No meu caso, apesar de termos discutido a existência de partículas e de espaços vazios, as concepções intuitivas dos alunos aparecem nas suas manifestações, mesmo após o ensino do modelo corpuscular da matéria. É o que acontece, por exemplo, com *Marcelo*: "...o comprimido se dissolveu e entrou nos espaços vazios da água..." Ele admite que entre as partículas de água existam espaços vazios, mas conclui que ao dissolver um sólido num volume de água, o que ocorre é a ocupação daqueles espaços.

Além destas concepções relacionadas à categoria *microscópica*, apareceram com menor freqüência, concepções de *modificação* (22%), *irreversibilidade* (14%) e *formação de nova substância* (18%) nesta última atividade.

A partir destas considerações, surgem as questões: Qual foi o “saldo” do processo? Como foi o movimento das idéias dos alunos durante o período de ensino-aprendizagem?

Para responder a essas questões, vale a pena resgatarmos as concepções dos alunos expressas nos cinco textos que escreveram sobre T.Q., e que se encontram sumarizadas no quadro abaixo.

<u>CATEGORIAS</u>	<u>TEXTO 1</u> ( n = 20)	<u>TEXTO 2</u> ( n = 36)	<u>TEXTO 3</u> ( n = 32)	<u>TEXTO 4</u> ( n = 36)	<u>TEXTO 5</u> ( n = 37)
<u>MISTURA</u>	20 %	47%	3%	11%	-----
<u>MODIFICAÇÃO</u>	65%	25%	62%	5%	22%
<u>IRREVERSIBILIDADE</u>	-----	14%	6%	-----	14%
<u>FORMAÇÃO DE NOVA SUBSTÂNCIA</u>	5%	14%	28%	22%	18%
<u>MICROSCÓPICA</u>	10%	-----	-----	62%	46%

Um simples olhar para os percentuais registrados no quadro acima revela que a dinâmica do processo levou a maioria dos alunos a conceituarem T.Q. em termos microscópicos, conforme evidenciado pelos dados relativos aos dois últimos textos ( 4 e 5 ) escritos pelos alunos.

Como já discuti anteriormente, a emergência da categoria *microscópica* nas fases finais do processo não implicou que os significados atribuídos pelos alunos revelassem noções cientificamente Isto pode ser explicado pelas próprias dificuldades inerentes à superação de obstáculos epistemológicos e ontológicos pelos alunos como os

associados à aceitação do modelo corpuscular da matéria e à extensão de comportamentos macroscópicos a entidades microscópicas.

Por isso, atribuo um “saldo” positivo àquela emergência da categoria microscópica, pois a entendo como uma primeira aproximação dos alunos a um ponto de vista científico. Em outras palavras, entendo-a como um movimento em direção a uma zona científica racionalista do perfis conceituais de matéria, átomo e T.Q.. Certamente, com a continuidade do processo de ensino-aprendizagem, com a retomada e o aprofundamento daquelas noções, os alunos chegarão lá.

Todavia, um movimento semelhante em direção à zona empirista de T.Q. (*formação de nova substância*) parece não poder ser diretamente inferido da análise dos percentuais relativos àquela categoria. No entanto, eu persequi a construção desta concepção principalmente nas primeiras três fases do processo! Por que houve uma evolução pouco expressiva, de 5% para cerca de 20 %? Como explicá-la?

Uma das razões já mereceu o meu “mea culpa”. Deveria ter explorado muito mais a comparação entre propriedades físicas dos reagentes e produtos. No entanto, para apontar uma outra razão, é necessário que consideremos os percentuais das outras categorias listadas no quadro, situando-os nas várias fases do processo de ensino-aprendizagem.

Como as concepções prévias dos meus alunos sobre T. no início do processo (Texto 1) situavam-se predominantemente na categoria *modificação* (da substância), busquei, com a realização da atividade experimental onde os alunos observaram a formação de uma substância amarela (iodeto de chumbo) a partir da trituração de uma mistura de dois sólidos (nitrato de chumbo e iodeto de potássio) “conflitar” aquela concepção, abrindo espaço para a emergência da categoria *formação de nova substância*. No entanto, pelo fato da atividade experimental envolver a mistura de

dois sólidos, isto aflorou a emergência da categoria *mistura* (Texto 2 ) e não a de *formação de nova substância*. Em continuidade, buscando ainda a sua construção concomitante com a necessidade de “conflitar” o predomínio da categoria *mistura*, levei os alunos a realizarem inúmeras misturas onde não ocorreram T.Q., questionando as evidências visuais para o seu reconhecimento, que me fez abordar as propriedades físicas das substâncias. No entanto, como explorei pouco a comparação entre as propriedades físicas das substâncias iniciais e finais numa T.Q., e enfatizei a discussão nas propriedades das substâncias, a categoria expressiva no Texto 3 foi a de modificação (62%) e não a almejada *formação de nova substância*.

Assim, apesar das minhas intenções, fui surpreendida pela “armadilha” da natureza da tarefa, isto é, das atividades experimentais que propus. Esta conclusão talvez constitua a mais significativa aprendizagem que esse processo de investigação me propiciou. Afinal, como professora de Química, sempre atribuí à experimentação um papel muito importante. A atribuição da importância continua mas, agora, redimensionada em termos da minha crítica à visão empiricista que marcou a minha formação profissional, bem como, iluminada pela compreensão das várias atribuições que o conceito de “ajuste da ajuda pedagógica” implica. Para explicitar este meu pensamento, preciso das idéias de Coll (1996):

“... na medida em que a construção do conhecimento realizado pelo aluno seja um *processo*, no qual os avanços sejam mesclados inevitavelmente com dificuldades, bloqueios e, inclusive, constantemente, retrocessos, cabe supor que a ajuda requerida, em cada momento do mesmo, será variável, em forma e quantidade. Em certas ocasiões, o ajuste da ajuda pedagógica será conseguido proporcionando-se ao aluno uma informação organizada e estruturada; em outras, oferecendo-se modelos de ação a imitar; em outras, formulando-se indicações e sugestões mais ou menos pormenorizadas para abordar as tarefas; em outras, enfim, permitindo-lhe que escolha e desenvolva de forma totalmente autônoma as atividades de aprendizagem.” (Coll, 1996, p. 402)

Em síntese, aprendi que a ajuda pedagógica não pode se situar na potencialidade “conflitante” da atividade experimental mas, fundamentalmente, na consciência do papel mediador do professor no processo de construção de conhecimentos científicos pelos alunos.

Se essas últimas considerações podem refletir a minha própria evolução, posso expressar que o mesmo ocorreu com os alunos. Não só pela análise que fiz do movimento das suas concepções sobre T. Q. mas, também, pelas suas próprias vozes ao falarem do processo que vivenciamos, as quais transcrevo a seguir.

*\* A última aula... o balanço do processo... a avaliação feita pelos alunos...*

A última aula (12º encontro) aconteceu no término do período letivo e constituiu uma espécie de “balanço” do processo ocorrido naquela sala de aula, durante o ano. A discussão partiu da questão: *“Como vocês “sentiram” o processo de ensino?”* (Baird, 1986). Como respostas, várias falas significativas dos alunos emergiram.

Os alunos tentaram se expressar de forma clara, mas como o grupo era muito grande, muitas vezes, algumas declarações ocorreram de forma confusa. Eles estavam de certa forma excitados com a oportunidade de expressar suas opiniões a respeito do processo, principalmente porque muitos estavam temerosos de que eu voltasse ao “método tradicional” (expressão utilizada por alguns deles) no próximo ano.

*Grazielle: “Eu achei este modo muito mais prático, pois através da discussão em sala de aula, é muito melhor para o aluno entender a matéria, pois na minha opinião, (referindo-se ao modelo transmissão- recepção) o aluno não aprende, ele apenas decora.”*

*Ellen: "Eu achei que foi muito bom, pois dessa maneira, os assuntos poderão ser sempre debatidos , e é muito mais fácil aprender assim do que decorando a matéria."*

*Raquel: "Gostei , pois tivemos que discutir bastante . No começo, eu não entendia o porquê, e queria logo que fosse falado o significado."*

*Hellen: "Temos que raciocinar e dar lógica aos conceitos."*

A fala de Hellen parece apontar na direção da busca do significado enquanto condição importante que permeia a construção de conhecimentos. Aparece na sua manifestação dela a importância da racionalização e da lógica, o que poderíamos traduzir para uma valorização da ancoragem das idéias nos termos como Ausubel (1968) propõe a ocorrência da aprendizagem significativa .

Ainda nesta linha de análise, Bruno aborda a questão do esquecimento decorrente da aprendizagem mecânica: *"Achei que o ensino foi muito bom, pois consegui aprender muita coisa sem ficar decorando aqueles montes de nomes, pois fica difícil de esquecer quando se debate bastante o assunto."*

Este momento de reflexão e avaliação do processo pelos alunos configurou um espaço bastante importante para que pudessem pensar nos diversos estilos de ensino que eles mesmos conheciam, representados pelas pessoas de seus professores. E, conseqüentemente, puderam se manifestar sobre as condições que eles próprios estabeleciam como adequadas para que houvesse facilitação de aprendizagem.

Para mim, enquanto professora, ficou a sensação de ter construído com esses alunos um processo diferente daqueles que vivenciei em anos anteriores. Colocar-me à disposição deles para ajudá-los a vencer, mesmo que progressivamente, seus próprios obstáculos, e construir novas concepções mais próximas das científicas, foi uma experiência enriquecedora e cheia de desafios.

A maneira como os avalei no final do curso também foi importante pois, pareceu reduzir ainda mais aquela preocupação com os “certos “ e os “ errados” que eles inicialmente manifestavam. Os alunos foram avaliados de acordo com suas produções escritas e com suas participações em sala de aula, sempre tendo como critério a evolução das idéias durante o processo. Assim, quando expus durante a última aula os resultados da avaliação que fiz do grupo, muitos deles puderam rever suas posições durante a caminhada, o que serviu também para uma auto-avaliação do desempenho de cada um. Esta manifestação me faz considerar que o processo que consegui desenvolver com eles propiciou condições para que eles passassem a “aprender a aprender” (White e Gunstone, 1989).

O reflexo disso aparece nas falas dos alunos já descritas, onde eles valorizam o processo vivenciado à medida em que lhes foi possível a construção de novos significados através das interações que estabeleceram comigo e entre eles.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS :

### A TEIA TECIDA NA SALA DE AULA... O PROCESSO DE ENSINO E SUA INFLUÊNCIA NA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS

Apesar das discussões que procurei elaborar ao longo dos dois capítulos deste trabalho sempre restam outras idéias a serem expostas nas considerações finais. Nesta perspectiva, estendo aqui minhas reflexões com relação a alguns cuidados a serem tomados no processo e à configuração de alternativas para o ensino do conceito: as “armadilhas da linguagem”; objeto real e objeto teórico da ciência: perfil conceitual de *transformação química* e, professora-pesquisadora.

#### *\* As "armadilhas da linguagem"*

Ao planejar este processo, levei em conta a natureza das idéias alternativas sobre transformação química (T.Q.) que alunos do ensino médio podem apresentar. Assim, tinha em mente que um obstáculo epistemológico a ser encontrado seria aquele onde os alunos se limitam a explicar fenômenos químicos atendo-se ao macroscópico, sendo pouco provável que eles utilizassem concepções de natureza microscópica de uma forma cientificamente aceitável. A emergência dos obstáculos epistemológicos que impedem o trânsito ao nível microscópico parece ser clara através do diálogo também ocorrido na última aula, após a avaliação final do processo, e que é transcrito a seguir:

*Profa.:" ... vocês estavam falando para mim que no início do ano, a maioria tinha os seguintes conceitos:*

*(escrevendo na lousa) - que T.Q. é algo irreversível, permanente, que não volta a ser o que era antes*

*- que T.Q. tem algumas mudanças visíveis, por exemplo, cor.*

*Passamos meses discutindo estas coisas. Hoje, quando vocês pensam em algum fenômeno que possa ser classificado como transformação química, como vocês concebem este fenômeno?"*

*Fernanda: "Eu acho que uma transformação química acontece quando as partículas se unem e há uma mistura homogênea."*

*Beatriz: "Eu concordo ainda com aquela primeira frase da lousa. Eu acho que quando ocorre transformação química, a substância não tem capacidades de retornar ao que era antes."*

*Ellen: "Ah, não é só isso não... Eu acho que as partículas se unem, não dando chance para separar uma das outras. Há a formação de uma mistura homogênea."*

*Tatiana: "É isso mesmo: as partículas se unem por completo..."*

Pode-se perceber nessas falas, que há uma tentativa dos alunos de adentrar no nível microscópico, manifestando idéias sobre partículas, mas associando dimensões concretas às mesmas como refletido pelas expressões de Ellen e Fernanda. Quando Ellen diz que as partículas "não dão chance" para separação, ela parece querer expressar uma interação mais forte, porém a linguagem química própria para comunicar esta idéia passa totalmente paralela à sua fala. O mesmo acontece quando Tatiana diz que "as partículas se unem por completo", querendo significar que este tipo de interação é algo mais íntimo e definitivo.

Constitui um obstáculo epistemológico importante o vínculo estabelecido entre o micro e o macro como um "espelho" que reflete evidências visuais para o comportamento das partículas. Assim, para a palavra "mistura", que é algo observável, as

alunas parecem estar atribuindo a idéia de "ligação interatômica", que é algo que se imagina existir. Este exemplo revela, mais uma vez, a necessidade da negociação de significados na sala de aula e a compreensão, por parte do professor, do obstáculo existente. Isto significa que ele não deve ser ingênuo a ponto de se sentir satisfeito com este resultado que envolve concepções flutuantes entre os níveis macroscópico e microscópico.

Dentro do processo ensino-aprendizagem, esta transposição de atributos não é desejável, apesar de sabermos que ela pode até ser utilizada no meio científico. Bachelard (1983) discute o que ele chama de "armadilhas da linguagem" ao citar a imagem que Niels Bohr apresentou para ilustrar certas leis do núcleo atômico sob o nome de "gota d'água". Essa imagem ajuda a entender o fenômeno da fissão nuclear e, a partir dela, explora-se a idéia de que os núcleos aglomeram-se em "gota" e que a incorporação de um nêutron aumenta a energia interna do núcleo, ou a "temperatura" do mesmo. Depois do aumento da "temperatura", a emissão de um corpúsculo poderá se fazer seguindo um processo que se chamará "evaporação". Obviamente as palavras *gota*, *temperatura*, *evaporação* devem ser postas entre aspas, cabendo até uma redefinição de seus significados no campo da Física Nuclear.

Contudo, no processo de ensino-aprendizagem, a construção de modelos teóricos pelos alunos e o uso de analogias empregadas na comunicação não se dão com tal consciência do espectro de significação que a palavra carrega. Portanto, a ajuda pedagógica, no caso, implica a especificação do significado científico por parte do professor, o que, por outro lado, não impede a negociação de significados com os alunos. Por isso, sensibilizei-me com as expressões utilizadas por Tatiana e Ellen, percebendo que houve uma evolução das suas concepções iniciais. Contudo, este avanço não é cientificamente aceitável no nível microscópico, já que a transposição de significados

constatada não pode ser analisada como “armadilha” ou metáfora tão freqüentemente utilizadas no mundo científico .

Lembrando mais uma vez Vygotsky (1991), o emprego de palavras químicas por parte dos alunos já significaria uma evolução, considerando-se a função das mesmas na construção dos conceitos científicos. Por isso, reafirmo que o período de ensino necessário para consolidar este movimento não pode ser de alguns meses pois, tal processo de construção requer um longo tempo de interação e negociação, conforme apontado por Maldaner (1995):

“Os significados das palavras seriam negociados com os alunos enquanto eles estivessem em contato com o fenômeno em questão. Esses significados se modificariam no decorrer das aulas até se tornarem conceitos químicos com algum significado mais estável, embora devessem receber muitos outros significados ainda, durante a formação química.”(Maldaner,1995, p.16 )

**\* Objeto real e objeto teórico da ciência.**

Conforme já discutido, o movimento das idéias dos alunos neste trabalho ocorreu de tal modo que as suas concepções iniciais de T.Q. como *simples misturas* e *modificação de aspectos visuais da substância* evoluíram para explicações apoiadas em noções microscópicas, mais sofisticadas cientificamente falando .

Apesar disso, pude perceber que a exposição de elementos “conflitantes”, via realização de experiências, provocou muitas vezes o fortalecimento de concepções prévias. Foi o que ocorreu quando os alunos trituraram em um almofariz dois sólidos brancos que originavam duas novas substâncias, sendo uma delas um sólido amarelo. Isto causou tamanho impacto visual nos alunos que não podemos descartar a influência deste aspecto fenomenológico. Afinal, o fato de observarem uma transformação química onde ocorreu mudança de cor não reforçaria as suas idéias restritas ao campo visual?

De Vos e Verdonk (1985,a) afirmam que o propósito daquele experimento era "provocar uma colisão frontal entre o fato e a convicção na mente do estudante" e, por isso, sugerem que "a mudança de cor inesperada não será facilmente esquecida".

No entanto, Matthews (1994) afirma que este tipo de abordagem construtivista "toma a correspondência entre as idéias e a realidade como condição *sine qua non* do conhecimento". Assim, segundo ele, tal abordagem é inadequada por não distinguir os objetos teóricos dos objetos reais da ciência pois, identifica-se com uma visão empiricista. Para expressar tal idéia, ele afirma que:

"A mecânica de Newton, a teoria da evolução de Darwin e a genética de Mendel existem e podem ser aprendidas por pensadores posteriores sem ser confundidas com maçãs que caem, animais que passam ou plantações de ervilhas". (Matthews,1994, p.85).

No caso da minha pesquisa, ficar mostrando aos alunos que os sólidos brancos se tornaram um outro amarelo não serviu em absoluto para introduzi-los no nível microscópico das transformações químicas. Esta autocrítica me leva a sugerir que atividades do processo de ensino devam ser planejadas, para promover a distinção entre objeto real e objeto teórico científicos.

A distinção entre estes se estabelece porque o objeto teórico - conceitual não corresponde obrigatoriamente ao mundo real. O real acaba sendo alterado, refinado, sofisticado para corresponder ao teórico, ao contrário do que crêem os empiristas ao afirmarem que a teoria deveria aliar-se à realidade.

Chalmers (1994) também faz esta análise citando como exemplo a geometria que no caso, seria considerada um conhecimento científico genuíno. Segundo ele, as exigências deste conhecimento aplicam-se a um mundo ideal distante do mundo natural em que vivemos, de modo que um mundo de cubos e triângulos ideais correspondem de maneira muito rudimentar aos objetos circulares e triangulares do mundo real.

No nosso caso, desejo considerar, enfim, que proporcionar momentos marcantes dentro do ensino com ênfase em evidências visuais como mudança de cor ou estado físico (objeto real) parece, de fato, não promover a construção do conceito T.Q. (objeto teórico do conhecimento químico), porque não existiria um número significativo de relações entre estes dois objetos que poderiam ser atribuídas facilmente pelos alunos. Sob esta ótica, é coerente considerar que esta construção só poderá ser facilitada a partir da intervenção do professor, enquanto suposto possuidor do conhecimento científico e, portanto, agente mediador na análise do objeto teórico.

Por outro lado, a atividade experimental do Proquim desmitificando evidências visuais da ocorrência de T.Q., parece neutralizar um pouco a ação fenomenológica da atividade citada anteriormente, provocando que os alunos passassem a buscar novas explicações, apesar de, obviamente, não poder ainda construí-las.

Isto não significa que o conflito gerado por tal atividade provocou a distinção das idéias alternativas dos alunos mas sim a tomada de consciência da limitação das mesmas por parte dos alunos. Assim parece-me que a construção de conhecimento em sala de aula se estabelece pela negociação de significados entre professor e alunos. Ao assumirmos esta perspectiva, admitimos que a construção de conceitos em sala de aula se dá como um processo social e interativo, ficando difícil considerar que esta construção ocorra via anulação das idéias prévias dos alunos, como se o novo pudesse tragar o velho.

**\* Perfil conceitual de transformação química.**

Convergindo agora as minhas idéias para o objeto de conhecimento abordado nesta investigação, o perfil conceitual de transformação química construído durante o processo configurou-se pelas seguintes zonas:

*zona realista* - Nela estão situadas as concepções prévias dos alunos sobre *transformação química*, ligadas ao fenomenológico, às evidências visuais como mudança de cor e de forma. Em outras palavras, aqui se localizam as categorias *mistura* e *modificação*, cuja consideração no processo de ensino é importante para que seja viabilizada a abordagem de outras zonas do perfil, já que aquelas constituem obstáculos epistemológicos à construção de noções científicas (Bachelard, 1974).

*zona empirista* - Neste nível estão as idéias marcadas pela observação experimental, pelo mensurável, pelas técnicas empregadas em laboratório. A categoria *formação de novas substâncias* constitui uma concepção empírica do conceito T.Q., a qual pode ser construída a partir de dados experimentais, envolvendo, por exemplo, a comparação de propriedades físicas das substâncias iniciais e finais no processo.

*zona racionalista clássica* - Nesta estão as concepções associadas à categoria microscópica, as quais envolvem noções de partículas e rearranjo das mesmas. Neste trabalho, as idéias dos alunos situadas nesta zona, não expressaram noções adequadas de interação química. Contudo, refletem um avanço ideacional por incluírem palavras como *partícula*, *átomo* e *molécula*.

Dentro desta zona, a categoria mais desejável sob o ponto de vista do ensino seria a de *interação química* (Andersson, 1990), posto que conceitualiza uma *transformação química* como um processo onde ocorrem ruptura e formações de ligações.

Apesar dos resultados desta investigação revelarem uma rica mobilização de idéias em direção à esta zona, a sua construção pelos alunos, em termos cientificamente aceitos, não foi atingida. Talvez isto possa ser explicado pelo fato de eu ter adotado o modelo de mudança conceitual (Posner e col., 1982) como fio condutor do planejamento e desenvolvimento do processo de ensino. Contudo, como já apontei no Capítulo 1, durante o meu período de coleta de dados e, principalmente, da análise dos mesmos, a visão construtivista no ensino de Ciências evoluiu ao incorporar o papel da linguagem, a negociação de significados e o papel mediador do professor enquanto representante do conhecimento científico em sala de aula. Segundo O'Loughlin (1992), esta evolução é fundamentalmente resultante da incorporação das contribuições de Vygotsky, Luria e colaboradores. A própria definição de perfil conceitual que me auxiliou sobremaneira na análise desta pesquisa, foi proposta por Mortimer (1994) considerando contribuições da teoria sócio-histórica e da visão epistemológica de Bachelard.

Dentro desta nova perspectiva, existem atualmente, algumas propostas de ensino do conceito *transformação química*, como as sugeridas por Maldaner e col. (1995) e Mortimer e col. (1995).

Maldaner e col. (1995) apontam alguns caminhos para o ensino de *transformação química*, apresentando as fórmulas químicas das substâncias envolvidas, ao lado das palavras com as quais costuma-se designá-las. Os significados dos símbolos são negociados entre professor e alunos no decorrer do curso. Para exemplificar sua proposta, analisa o fenômeno da combustão do etanol realizando o experimento em sala de aula de forma simples (com uso de álcool comum, tampinhas de garrafa, frascos de vidro e fósforo). A partir disso, introduz idéias básicas como as condições para que uma reação seja iniciada, a manutenção da transformação, o consumo de substâncias enquanto se formam novas substâncias e o término da reação com o consumo de uma das substâncias reagentes,

através da linguagem química, sugerindo a criação de um sistema representacional ou de um código de sinais próprio da química. Segundo os autores, o uso da simbologia química como uma equação química onde mostra-se a transformação das substâncias através das fórmulas leva a idéia de conservação de matéria e, conseqüentemente de rearranjo entre as partículas durante o processo.

Deste modo, enfatiza a equação química como um elemento importante da linguagem química que auxilia a aquisição do conceito T.Q., onde a seta indica o que havia antes da reação e o que ficou depois da reação, mostrando que o processo de produção de novas substâncias ocorre à custa do consumo de substâncias reagentes, ou seja, os produtos não surgem do nada.

Mortimer e col. (1995), por sua vez, sugerem que se use as representações das reações somente depois que os alunos tenham uma boa compreensão dos fenômenos envolvidos nas transformações, evitando que eles confundam equações com as próprias reações. Segundo os autores, este cuidado asseguraria um relacionamento adequado entre os fenômenos observados no nível macroscópico e como podem ser explicados microscopicamente. Para promover tal relacionamento, Mortimer propõe algumas questões que poderiam ser apresentadas aos alunos: Que substância ou substâncias se transformam? De que para que elas se transformam? Por que acontece a transformação? A massa do sistema antes da transformação é maior, igual ou menor que a massa do sistema depois da transformação? Por quê?

As respostas a estas perguntas levariam o aluno a um raciocínio que envolveria a correspondência entre evidências macroscópicas e mudanças no nível atômico-molecular. Segundo o autor, é importante que as hipóteses dos alunos sobre a conservação de massa nas T.Q. sejam discutidas, já que esta lei, constituiu o principal

caminho que pode ser usado pelo professor abordar o relacionamento entre os níveis fenomenológico e atômico-molecular com seus alunos.

Segundo esta proposta, somente após discutir mais alguns aspectos sobre os fenômenos químicos - trocas de energia que podem ocorrer durante os mesmos; a influência do estado físico dos reagentes, da superfície de contato, da concentração dos reagentes na rapidez das transformações, etc.- seria o momento de representar as reações através de equações químicas

Tanto na proposta de Maldaner e col. (1995) como na de Mortimer e col. (1995), o eixo condutor do processo é a negociação de significado em sala de aula, mediada pelo professor, enquanto representante do conhecimento científico. Portanto, responsável por apresentar aos alunos os fenômenos químicos do ponto de vista atômico-molecular. É interessante como Mortimer ilustra as formas pelas quais esta negociação pode ocorrer:

“Os raciocínios de conservação de massa usados pelos alunos (“nada saiu e nada entrou no frasco”, “não se acrescentou nem tirou nada”) podem ser reinterpretados pelo professor em termos atômico-moleculares. Assim, “não entrou nem saiu nada” pode ser traduzido para “os átomos presentes no sistema inicial são os mesmos presentes no sistema final”. Ao fazer essa “tradução”, o professor estará ajudando os estudantes a estabelecer relações entre suas observações e interpretações para o fenômeno e a explicação deste no nível atômico-molecular.” (Mortimer, 1995, p.25) [grifos nossos]

Assim, concluo que com a ajuda destas, eu poderia refazer o processo de ensino do conceito T.Q., obtendo novos dados que me levariam a uma análise de certa forma diferente daquela que imaginei no início desta pesquisa. Nestes termos, minha nova proposta de ensino para o conceito de *transformação química* poderia se basear nos seguintes pressupostos:

- a operacionalização dos conceitos *transformação química* e *substância* é importante, desde que utilizada como preâmbulo para a construção dos conceitos na zona empirista ou

para a negociação em sala de aula de concepções relacionadas com a zona racionalista clássica, e não tomada como eixo condutor do processo de ensino. Isto porque, como pude constatar neste trabalho, muitas vezes a natureza das atividades experimentais acaba por reforçar idéias distantes daquelas cientificamente pretendidas.

- a linguagem química desempenha papel fundamental na mediação e na construção dos conceitos químicos. Assim, a utilização intensa de fórmulas, nomes de substâncias e a explicitação do significado das equações químicas podem levar à construção das idéias de conservação da matéria e rearranjo de partículas que caracterizam as transformações químicas. (Maldaner e col, 1995)

- a ação efetiva do professor como representante do conhecimento científico configura-se como fator primordial na construção dos conceitos pelos alunos, posto que a atuação de cada aluno na zona de desenvolvimento proximal depende fundamentalmente da ajuda do professor. A promoção da evolução conceitual dos alunos é função do ajuste da ajuda pedagógica realizada durante o processo. (Coll, 1996)

### *\* Professora-pesquisadora...*

Novos caminhos parecem surgir no que se refere ao que *a professora aprendeu* durante o processo. A questão da multiplicidade de papéis que é adquirida pelo professor-pesquisador, inclusive o envolvimento afetivo que se desenvolve durante o processo, constituem uma face importante da pesquisa.

A formação continuada do professor de ensino médio tem sido uma das questões mais discutidas no âmbito acadêmico ( Santos e Praia (1992), Moreira (1989), Pope e Scott (1988) , Perez e Carvalho (1992) e outros ). Sendo assim, parece coerente considerar que a formação docente deveria ter uma orientação teórica que transcendesse o conhecimento de utilização de recursos didáticos ou de "estratégias de ensino". A didática

do professor de Ciências constitui um corpo de conhecimento que tem as mesmas exigências de coerência que qualquer outro domínio científico. O que constatamos pelo menos em nosso país é que a formação do professor de Ciências (Química, Física ou Biologia) parece não passar pela revisão das bases epistemológicas do conhecimento, assim como, muitas vezes, passa longe também da reflexão crítica dos modelos de ensino-aprendizagem vigentes nas salas de aula.

Neste sentido, julgo que experiências semelhantes ao processo investigado neste trabalho constituem valiosas contribuições que não só elucidam modelos de ensino mas, também, podem estimular professores a refletirem sobre suas práticas, configurando-as como objeto de pesquisa.

Com este redimensionamento da ação do professor, parece configurar-se um quadro mais eficiente no que se refere aos projetos que objetivam a melhoria do ensino dentro da sala de aula: levar o próprio professor a refletir e redimensionar sua prática em termos teóricos-metodológicos.

No que se refere à afetividade, posso aqui registrar que pesquisar a própria prática constitui uma experiência enriquecedora não só do ponto de vista pedagógico mas, também, no âmbito pessoal. O envolvimento pelo qual passaram os alunos ao tomarem conhecimento da pesquisa, mostrando-se dispostos a participar, é um dos aspectos que estimula a investigação e estreita os laços afetivos dentro da sala de aula. Julgo que isso ocorre devido ao fato dos mesmos se sentirem valorizados e diferenciados ao perceberem que o professor se preocupa com a qualidade do processo e com a facilitação de suas aprendizagens. Por isso, espero que a contribuição mais significativa deste trabalho seja a de servir de estímulo àqueles colegas que, como eu, desejam rever suas práticas em sala de aula.

## ABSTRACT

A constructivist teaching-learning process about Chemical Transformation (C.T.), developed with 37 secondary school pupils, is analysed in this research.

The pupils' conceptual evolution about that concept is discussed in connection with activities carried out by the teacher, who also act as a researcher.

A qualitative methodological design was adopted in this case-study, in which the research data were collected through transcriptions of the audio-recorded lessons and pupils' written essays about C.T.

In order to monitor the pupils' conceptual evolution, five categories of conceptions concerning with C.T. were extracted from these essays. By adopting these categories of ideas, it was possible to describe the movement of pupils' naive ideas towards scientific notions of C.T.

The teaching influences on that movement were analysed in terms of: i) the teacher's role on mediating the construction of pupils' ideas; ii) interactions between teacher-pupil and pupil-pupil in the classroom; iii) negotiation of meanings between teacher and pupils.

Results of this research reveal that the pupils' previous ideas are not substituted by scientific notions. Both categories of ideas build up different zones of the pupils' conceptual profile, which are context dependant.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROGI, A. e col. (1987): *Unidades Modulares de Química*, São Paulo: CESISP/Gráfica e Editora Hamburg

ANDERSSON, B. (1983): "Pupils' Explanation of Some Aspects of Chemical Reactions", Science Education 70 (5) , 549-563.

ANDERSSON, B. (1990): "Pupil's Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16)", Studies in Science Education, 18, 53-85

ARAGÃO, R.M.R. (1976): Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel - Sistematização dos Aspectos Teóricos Fundamentais, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 105 p.

ARAGÃO, R.M.R. e. col. (1991): "A mudança conceitual no processo ensino-aprendizagem de transformação química", Resumos da 14º Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Caxambú, 15-18 de maio de 1991, ED-19.

AUSUBEL, D. P. (1968): *Educational Psychology. A Cognitive View*, New York; Holt, Rinehart & Winston.

BACHELARD, G. (1974): *A filosofia do Não*, in: Os pensadores, São Paulo, Abril Cultural, v.38.

BACHELARD, G.(1983): *Epistemologia (trechos escolhidos)*, 2ª edição brasileira, Rio de Janeiro: Zahar Editores,194p.

BAIRD, J.R.(1986): "Improving learning through enhanced metacognition: A classroom study", European Journal of Science Education, (8) , 263-282

BEN-ZVI,R. e col. (1987): " Students' visualisation of a chemical reaction", Education in Chemistry, 24 (4) , 117-120 .

BODNER , G.M. (1992): "Why Changing the Curriculum may not be enough", Journal of Chemical Education, 69 , (3).

BOGDAN,R. e BIKLEN,S.K.(1982): *Qualitative Research for Education*, Boston: Allyn and Bacon, Inc.

CACHAPUZ, A.F. e col. (1988): "Misconceptions in high school chemistry: how in a chemical reaction some reactants may be more important than others",paper apresentado em *The 10<sup>th</sup> Biennial Conference on Chemical Education*, West Lafayette; Purdue University (paper 129, p.58-59)

CARVALHO,G.C. (1995): *Química Moderna 1* , São Paulo, Editora Scipione.

CAMPBELL, J.A.(1965): *Por que ocorrem as reações químicas?*, São Paulo, Edgard Blucher, .

CHALMERS, A.F.(1993): *O que é Ciência , afinal?*, São Paulo, Editora Brasiliense, 225p.

CHALMERS,A.F.(1994): *A fabricação da Ciência*, São Paulo, Editora da Universidade Estadual Paulista ,185 p.

CHAGAS,A.P. (1989): *Como se faz Química - Uma reflexão sobre a química e a atividade do químico* , Campinas: Editora da Unicamp, 92 p.

COLL, C.S. (1991): "Significado e Sentido en el Aprendizaje Escolar. Reflexiones en torno al concepto de aprendizaje significativo " in Aprendizaje escolar e construcción del conocimiento, Espanha, Ediciones Paidós Ibérica S.A., 189-205.

COLL,C.S. (1992): *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*, Paidós Educador, 2º edição, Barcelona.

COLL, C.S. (1996): "Um Marco de Referência Psicológico para a Educação Escolar: a Concepção Construtivista da Aprendizagem e do Ensino", *Desenvolvimento Psicológico e Educação* , v.2 , César Coll, Jesús Palacios e Álvaro Marchesi (orgs.), Porto Alegre, Artes Médicas.

DE VOS,W., VERDONK,A.H. (1985, a ): "A New Road to Reactions" - PART I , Journal of Chemical Education 62, (3) ,238-240.

DE VOS,W., VERDONK,A.H. (1985, b): " A New Road to Reactions" - PARTII, Journal of Chemical Education,62 (8) , 648-649.

DE VOS, W., VERDONK, A.H. (1986): "A New Road to Reactions" - PART III, Journal of Chemical Education, 63, (11), 972-974 .

DE VOS, W., VERDONK, A.H. (1987, a): "A New Road to Reactions" - PART IV, Journal of Chemical Education, 64, (8), 692-694 .

DE VOS, W., VERDONK, A.H. (1987, b): "A New Road to Reactions" - PART V 64 (12), 1010-1013.

DRIVER, R. (1989): "Más allá de las aparências : la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas" in "Ideas Científicas en la Infância y la Adolescência" R. Driver, E. Guesner. A. Tiberghien, Ediciones Morata S.A., Ministério de Educación e Ciência, Madrid.

DRIVER, R., EASLEY, J. (1978): "Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students", Studies in Science Education, 12, 7-15.

DRIVER, R., ERICKSSON, G. (1983): "Theories-in-Action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science", Studies in Science Education, 10, 37-60.

DUIT, R. (1991): "On the role of analogies and metaphors in Learning Science.", Science Education, 75 (6), 649-672

EDWARDS,D.,MERCER,N.(1987): *Common Knowledge - The development of understanding in the classroom* , London: Routledge.

EYLON, B., BEN-ZVI,R., SILBERSTEIN, J. (1982): "Student's conceptions of structure and process in chemistry".Paper apresentado em NARST conference .

FELTRE, R.(1994): *Química/ Química Geral*, v.1, 4º edição, São Paulo: Editora Moderna.

GILBERT,J.K.,WATTS,M.(1983): "Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education, Studies in Science, 10 : 61-98.

HASHWEH, M.Z.(1986): "Toward an explanation of conceptual change",European Journal of Science Education , 8 (3) ,229-249.

HESSE, J., ANDERSON, C. (1992): "Students' Conceptions of Chemical Change" , paper apresentado no encontro anual da American Educational Research Association, New Orleans.

HYMAN, R.T. (1974): *Ways of Teaching*, J.B. Lippincott Company, N.Y., 2º edição.

JOHNSTONE, A. (1982):" Macro and Microchemistry" ,The School Science Review , 64 , (227), 377-379 .

KYLE, J.R. e col. (1991): "The role of research in science teaching: an NSTA theme paper", Science Education, 75, (4), 413-418.

LOPES, A.R.C. (1995): "Reações químicas, fenômeno, transformação e representação", Química Nova na Escola, (2), Novembro, 7-9.

MALDANER, O.A., PIEDADE, M.C. (1995): "Repensando a Química", Química Nova na Escola, (1), Maio, 15-19.

MATTHEWS, M.R. (1994): "Vino viejo en botellas nuevas : um problema con la epistemología constructivista", Enseñanza de las Ciencias, 12(1), 79-88.

MEHEUT, M., SALTIEL, E., TIBERGHIE, A. (1985): " Pupils' (11 - 12 years olds) conceptions of combustion" European Journal of Science Education, 7 (1) January-March

MOREIRA, A.M. (1989): "O professor-pesquisador como instrumento de melhoria do Ensino de Ciências", Em Aberto, Brasília, INEP/MEC, (40), 43-54.

MOREIRA, A.M., MASINI, E.F.S. (1982): *Aprendizagem significativa - A teoria de David Ausubel*, São Paulo: Editora Moraes Ltda.

MORTIMER, E.F. (1992): "Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de Química: mudança conceitual e perfil epistemológico", Química Nova, julho, 15, (3).

MORTIMER, E.F., (1994): "Evolução do Atomismo em sala de aula: Mudança de Perfis Conceituais", Tese de doutorado, Universidade de São Paulo.

MORTIMER, E.F., MIRANDA, L.C. (1995): "Concepções dos estudantes sobre reações químicas", Química Nova na Escola, (2), Novembro, 23-26.

MORTIMER, E.F. (1995): "O Ensino de Química e Ciências e a Problemática Conceitual", Palestra de abertura de VII Encontro Centro-Oeste de Debates sobre Ensino de Química e Ciências, Goiânia, Escola Técnica Federal de Goiás, 18 a 20 de outubro.

NAKHLEH, M. (1992): " Why Some Students don't Learn Chemistry - Chemical Misconceptions", Journal of Chemical Education, 69 , (3) , 191 - 196

NEHMI, V. (1993): *Química/Química Geral*, v.1, 2º edição, Editora Ática

NUSSBAUM, J. , NOVICK, S. (1989): "Brainstorming in the classroom to invent a model: a case study", School Science Review , 62 (221) , 771-778.

O'LOUGHLIN, M. (1992): "Rethinking Science Education: Beyond Piagetian Constructivism Toward a Sociocultural Model of Teaching and Learning", Journal of Research in Science Teaching, 29, (8), pp.791-820

OSBORNE, R., FREYBERG, P. (1985): *El Aprendizaje de las Ciencias, Implicaciones de la Ciencia de los Alumnos*, Grafiris Impresores, S.A., Madrid.

PÉREZ, D.G., CARVALHO, A.M.S.P. (1992): "Tendencias y experiencias innovadoras en la formación del profesorado de Ciências", Enseñanza de la Ciência y de Matemática, I Encontro subregional sob formação y capacitación docente em Matemática y Ciência, Caracas, Venezuela.

PFUNDT, H., DUIT, R. (1991): *Bibliography; students alternative frameworks and science education*, 3º ed., Kiel: IPN.

POPE, M.L., SCOTT, E.M. (1988): "La epistemología y la practica de los profesores", in Constructivismo y Enseñanza de las Ciências, Diada editoras, Sevilla.

POSNER, G.J. e col. (1982): "Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change", Science Education, 66, (2), 211-227.

ROMANELLI, L. (1992): "Concepções do professor no papel mediador da construção do conceito de átomo", tese de doutorado pela Faculdade de Educação da UNICAMP, Campinas .

ROSMORDUC, J. (1988): *Uma História da Física e da Química - de Tales a Einstein*, Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro.

SANTOS, M.E. (1991): *Mudança Conceptual em Sala de Aula: Um Desafio Pedagógico*, Lisboa: Livros Horizontes, 261 p.

SANTOS, M.E., PRAIA, J.F. (1992): "Percurso de Mudança na Didáctica das Ciências. Sua Fundamentação Epistemológica" in Ensino das Ciências e Formação de Professores, nº 1, Projecto Mutare, Universidade de Aveiro.

SCHNETZLER, R.P. (1980): O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino secundário de Química de 1875 a 1978: análise do capítulo de reações químicas, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.

SCHNETZLER, R.P. (1986): Fundamentos teóricos e Características do PROQUIM - projeto de Ensino de Química para o Segundo Grau. Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, .

SCHNETZLER, R. P. (1992) : "Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências", Em Aberto, Brasília, 11 (55) , 17-22 .

SCHNETZLER, R.P. (1994): "A pesquisa em ensino de Química: avançando o conhecimento e contribuindo para o trabalho do professor", Conferência de Abertura do VII Encontro Nacional e II Encontro Sudeste do Ensino de Química, , UFMG, Belo Horizonte.

SCHNETZLER, R.P. (1994): "Do ensino como transmissão, para um ensino como promoção de *mudança conceitual* nos alunos : um processo ( e um desafio ) para a formação de professores de Química", trabalho apresentado na XVI Reunião da ANPED, Caxambu (MG) , em 13 de setembro, Cadernos ANPED : 55-89.

SHAPIRO, M.A. (1985): "Analogies, visualization and mental processing of science stories." Paper apresentado na *Information Systems Division of the International Communication Association*, Maio.

SHOLLUM, B. (1982): "Chemical Change", A Working Paper of the Learning in Science Project, nº 27, University of Waikato, N.Z. .

STRAVIDOU, H., SOLOMONIDOU, C. (1989): "Physical phenomena - chemical phenomena : do pupils make the distinction?" International Journal of Science Education, 11 (1), 83 - 92 .

VOGELEZANG, M. (1987): " Development of the concept "chemical substance" - some thoughts and arguments " International Journal of Science Education, 9 (5), 519-528.

VYGOTSKY, L.S. (1991): *Pensamento e Linguagem*, São Paulo: Martins Fontes.

VYGOTSKY, L.S. (1991): *A formação social da mente*, São Paulo: Martins Fontes.

WHITE, R., GUNSTONE, R. (1989): "Metalearning and Conceptual Change", International Journal of Science Education (special issue ), (11), pp.577-586.

YARROCH, W.L. (1985): "Student understanding of chemical equation balancing .", Journal of Research in Science Teaching, (5), 449-459.