

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

ANALOGIA E MEDIAÇÃO DOCENTE NO PROCESSO DE ENSINO-
APRENDIZAGEM DE EQUILÍBRIO QUÍMICO. DEPOIMENTOS DE UM
PROFESSOR DE ENSINO MÉDIO DE QUÍMICA"

MARCELO DOTTI

PIRACICABA, SP

2015

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO

MARCELO DOTTI

Professora Doutora Roseli Pacheco Schnetzler

Dissertação apresentada à Banca Examinadora do Programa de Pós-Graduação em Educação da UNIMEP como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação

PIRACICABA, SP

2015

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Roseli Pacheco Schnetzler

Profa. Dra. Adriana Vitorino Rossi

Profa. Dra. Maria Nazaré da Cruz

Dedico este trabalho àqueles que me trouxeram até aqui:
Meus pais Baldomero e Irani e meus filhos Enrico e Enzo.

AGRADECIMENTOS

Sou profundamente grato:

A Deus em primeiro lugar, pelo fortalecimento da minha fé, pelas bênçãos presenciadas todos os dias sem exceção.

A minha orientadora Roseli pelo acolhimento das minhas incertezas e o mais importante, pela paciência com as minhas certezas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação da Universidade Metodista de Piracicaba que foram capazes de modificar uma carapaça de professor moldada pelo tempo, transformando-a numa forma inicial da estrutura de um pesquisador.

Às professoras da banca de qualificação e defesa com as quais tive os momentos de maior desenvolvimento da minha carreira.

Aos amigos de sala que compartilharam momentos felizes e nem tão felizes, mas que serão guardados com carinho para sempre.

Ao Thiago pela amizade e preocupação.

À fundação CAPES financiadora desse sonho.

Aos amigos que torceram e torcem sempre por mim: José Arnaldo, Cássio, Alaércio e Felipe.

Ao meu irmão que mesmo distante sempre foi uma fortaleza pra mim.

Agradeço imensamente a Flávia, Enrico e Enzo pela inspiração, carinho, amor e pela vossa simples presença (e eles estão sempre presentes!!).

há algo que não se define
que ficou suspenso
em algum momento
que perdeu peso e concretude
e não se projetou nem foi além
para espriar-se em objetivo ou realização
mas esta lá
em algum lugar que não é lugar
momento que não é momento
nem preso nem solto
apenas inerte
em sua quase possibilidade
estanque em vir a ser intangível
sem perpetuar-se
em instante de vácuo
de força em inação esperando...

Fausto Brignol

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES – Brasil

RESUMO

Esta dissertação é uma análise feita por um professor de ensino médio sobre a sua prática de analogias em aulas de Química sob a ótica da abordagem histórico cultural.

Para uma desconstrução das muitas práticas elaboradas pelo professor durante anos de docência foi necessária uma revisão bibliográfica que contemplasse os estudos das analogias, suas possibilidades e limitações. Para este estudo foi escolhida uma analogia referente ao equilíbrio químico, onde professor e aluno trocam canetas a fim de demonstrar, ou não, a definição de Equilíbrio Químico pelo desenvolvimento da Cinética Química.

As aulas foram gravadas e transcritas para uma melhor compreensão das situações vividas em aula. Logo após o uso da analogia foi aplicado um teste aos alunos de ensino médio em uma escola particular de nível socioeconômico médio-alto em uma cidade do interior de São Paulo, para que se apresentassem as possibilidades de análise dos resultados.

Os conceitos da abordagem histórico-cultural desenvolvidos inicialmente por Vygotsky serviram de base para a melhor compreensão do uso de analogias em ensino de Química.

As possibilidades exploradas neste trabalho com a análise da abordagem histórico cultural foram principalmente: interação verbal, formação de conceitos, e significação e ressignificação de palavras.

Essa dissertação mostra as possibilidades de uma analogia sobre equilíbrio químico suas propriedades e suas deficiências e as possibilidades de colaboração e de perturbação que ela pode contribuir para a construção do pensamento químico do aluno.

Palavras chave: Ensino de Química, abordagem histórico cultural, analogia.

ABSTRACT

This thesis is an analysis done by a high school teacher about their practice of analogies in chemistry classes from the perspective of cultural history approach. For a deconstruction of the many practices developed by the teacher during years of teaching it took a bibliographic review that considered the study of analogies, its possibilities and limitations. For this study was chosen an analogy related to chemical equilibrium, where teacher and student exchange pens to demonstrate whether or not the definition of Chemical Equilibrium for the development of Chemical Kinetics.

The classes were recorded and transcribed for a better understanding of situations experienced in class. Soon after the use of analogy was applied a test to high school students at a private school medium-high socioeconomic status in a town in the interior of São Paulo, in order to submit the possibilities of analysis of the results.

The concepts of cultural historical approach initially developed by Vygotsky formed the basis for a better understanding of the use of analogies in chemistry teaching.

The possibilities explored in this work to analyze the cultural historical approach were mainly verbal interaction, concept formation, and meaning and redefinition of words. This thesis shows the possibilities for an analogy about chemical balance their properties and their shortcomings and possibilities for collaboration and disturbance that wing can contribute to the construction of chemical thinking of the student.

Keywords: Chemistry Education, cultural historical approach analog

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
SUMÁRIO.....	10
INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1- Sobre analogias no ensino de Química.....	18
1.1 - O Papel das analogias no Ensino de Ciências.....	19
1.2 - Métodos de Análise das Analogias.....	24
1.3 – Sobre o Equilíbrio Químico.....	36
1.4 – Outras análises sobre a analogia.....	43
1.5 - Elaboração conceitual na perspectiva histórico cultural.	46
CAPÍTULO 2 - Procedimentos metodológicos	60
CAPÍTULO 3 – Discussão dos resultados.....	67
3.1 – A analogia	70
3.2 – A Mediação.....	77
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS.....	86
ANEXO 1.....	92

INTRODUÇÃO

Iniciei a jornada para esta dissertação de mestrado tentando relembrar, de maneira sucinta, as experiências vividas nesses últimos 25 anos de aulas às quais tenho me dedicado.

Sou professor de Química e depois dos cinco anos iniciais trabalhando na Rede Pública Estadual de São Paulo, vem trabalhando principalmente em escolas particulares com material apostilado e lecionando para as três séries do ensino médio e em cursos pré-vestibular. Trabalhei com a maioria dos materiais didáticos disponíveis no mercado brasileiro e venho utilizando o Material do Sistema Anglo de ensino desde 2000. Meus alunos são principalmente adolescentes de 14 a 18 anos de classe média alta e que se dedicam, na maioria dos casos, exclusivamente aos estudos no período diurno. A minha formação como professor deu-se principalmente em sala de aula, onde aprendi e me apaixonei pela profissão.

Tenho observado que o ensino de Química geralmente vem sendo articulado em torno de atividades que levam o aluno à memorização de informações, limitando o seu aprendizado, contribuindo para a desmotivação em aprender e estudar Química. Essas limitações podem estar relacionadas com as dificuldades de abstração de conceitos, elaboração e compreensão de modelos científicos, podendo surgir com isso algumas concepções alternativas que nem sempre são interessantes para o aprendizado. O excesso de conteúdo e a falta de tempo para discuti-los de maneira adequada, também são agentes colaboradores para a atual situação do ensino de química no nível médio.

Os estudantes, geralmente, apresentam dificuldades em compreender alguns conceitos científicos, especialmente da química que tem sido vista com pouco interesse pelo aluno. Isso tem acontecido apesar desta ciência vir apresentando um corpo de conhecimentos que pode contribuir para o desenvolvimento do senso crítico para compreensão de fenômenos que ocorrem a todo o momento em nosso cotidiano. Essa situação só é parcialmente alcançada pelo estudante, quando há um comprometimento do professor em relacionar o ensino abstrato da Química com o cotidiano do aluno

e, com a ajuda dos conceitos científicos desenvolvidos em sala de aula, entender o comportamento de uma boa parte dos fenômenos ocorridos ao redor do estudante.

Com a necessidade de dar continuidade aos estudos resolvi me dedicar a um curso de mestrado, porém como estava distante do laboratório de Química há muitos anos, a opção foi pela área de Educação, pois colaboraria com a minha formação, e com esses estudos, seria possível o nascimento de um profissional melhor e até mesmo capaz de colaborar com a formação de futuros professores.

Tentei elaborar um projeto que contemplasse algo desenvolvido durante esses anos, com o qual me identificasse e que viesse mostrando resultados que, mesmo aparentemente, fossem positivos e que tivessem sido explorados exaustivamente nesse tempo. Algo que, adquirido com a prática, pudesse ser oferecido aos iniciantes de maneira organizada, possibilitando uma possibilidade de maior compreensão por parte dos alunos e, portanto, com melhores resultados desde os primeiros anos de magistério.

As analogias se apresentaram como uma ferramenta exaustivamente usada em quase todos os momentos de dificuldades que como professor, seja pelos livros didáticos ou mesmo pelos exemplos dados pelos colegas nas salas dos professores. Apareceram como uma ferramenta que, adquirida com a prática e o tempo seriam sem dúvidas algo para se aprofundar, pesquisar, sistematizar e, por que não, ensinar. Cabe comentar nesse início, que em nenhum momento na minha formação, ouvi algum comentário de algum professor sobre alguma limitação no uso de analogias. Muito pelo contrário, observei por muitas vezes o seu uso pelos próprios professores, situação que me encorajava cada vez mais nas aplicações das analogias.

Tive, então, que me despir de qualquer vaidade e propor a desconstrução dessa ferramenta tão usada e, por tantos anos, desenvolvida na prática, a construção do olhar pesquisador demandava dessa virtude. Vale ressaltar que sempre senti muita falta de recursos didáticos nos primeiros anos de carreira e os consegui apenas com a prática docente.

Realizei a revisão bibliográfica e, (des)orientado pela inexperiência de pesquisador no início do projeto de mestrado, verifiquei algumas opiniões

contrárias, porém muitas situações contribuíam para o entendimento de que poderia ser um assunto a ser discutido no meio acadêmico.

Ao iniciar os estudos neste curso de pós-graduação, verifiquei que, mesmo sendo uma ferramenta amplamente usada em sala de aula e em livros didáticos, como já havia comprovado na prática, as analogias se mostraram longe de ser uma unanimidade entre os pesquisadores mais respeitados da área. Os estudos mostram um cuidado muito grande com esse tipo de figura de linguagem e alguns chegam a desaconselhar o seu uso.

Mas como seria possível uma ferramenta tão utilizada pelos professores no cotidiano, que se apresentara tão eficiente até então (segundo a minha própria vivência), ser tão questionada?

As pesquisas da área me mostraram que embora eficientes em sala de aula quando usadas da maneira adequada, as analogias podem comprometer o aprendizado do aluno e tornar-se mais um problema do que propriamente um auxiliar do ensino, pois podem levar o aluno a muitos outros caminhos indesejados pelo professor, tirando-o do foco central que, no caso, seria aprender Química. As possibilidades de confusão com o conceito, a falta de conhecimento da própria analogia seriam apenas alguns exemplos de como ela poderia atuar contra o desenvolvimento da aprendizagem dos conceitos químicos.

Sem descartar a experiência dos professores e a boa aceitação dos alunos pelo uso desses recursos didáticos, como únicas referências para o uso dessas ferramentas, busquei algumas características das analogias que podem contribuir para a melhor compreensão dos conceitos químicos.

Imaginei, inicialmente, que a principal função da analogia é possibilitar um elo entre o conceito abstrato da química e o conceito concreto da analogia, visando uma melhor compreensão por parte do aluno. Numa análise simples, posso dizer que o estudante se sente bem mais a vontade em discutir com o professor sobre algum assunto que ele pode ver, tocar e apresentar possíveis outras experiências, do que propriamente com o conceito científico abstrato proposto pelo professor.

No entanto, os desvios proporcionados pelo uso dessas analogias me mostrou durante os estudos, que essas convicções extraídas da prática

poderiam ser um sério agravante para o desenvolvimento do pensamento químico do aluno.

A visão do senso comum sobre a Ciência leva a entender a linguagem como um meio de descrição, capaz de dar conta do mundo que nos rodeia e como meio de informação do que acontece independentemente da ação do homem, todavia a linguagem se constitui em mais um instrumento para colocar a prova essas ideias, para se imaginar o que vai acontecer e para interpretar as situações.

Pensando nisso, procuramos algum aspecto dessas figuras de linguagem que fosse exclusivamente positivo dentro da sala de aula. Assim, no decorrer do curso de pós-graduação, me deparei com os conceitos de Lev Vygotsky. Foi através de suas concepções da perspectiva histórico cultural que delimitei essa dissertação com as analogias e como elas podem contribuir para um melhor ensino aprendido dos alunos.

Assumi como referencial teórico a Abordagem Histórico Cultural de Vygotsky e seus desdobramentos, pois não podemos nos esquecer de que o ser humano é constituído dentro da sociedade onde vive e, em nenhum momento vai deixar de lado essa natureza. O desenvolvimento cognitivo do aluno se dá também pelo desenvolvimento de conceitos científicos, que devem ser sistematizados e proporcionar em um novo olhar ao cotidiano de cada um. Isso só se dá de forma individual e intencional, porém o professor tem papel decisivo como mediador dessa assimilação. Já que “O trabalho educativo é o ato de produzir, direta e intencionalmente, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens”. (SAVIANI, 2003, p.13).

“O conhecimento químico constitui-se em pensamento próprio para o entendimento do mundo, e contempla uma linguagem também específica: a linguagem química” (WENZEL, 2013, p.14). De maneira especial entre as Ciências da Natureza, a Química, por tratar das menores partículas formadoras do Universo, apresenta aquela que talvez seja a linguagem mais abstrata entre elas. Trata de um universo muito pequeno, da ordem de 10^{-10} m, onde, a grande maioria dos dados fornecidos, são de leitura indireta, seja pela quantidade de partículas que retrocedeu após o bombardeamento por partículas alfa de uma

folha de ouro, ou ainda na mudança da coloração, de azul para verde envolvida em uma determinada reação química.

Trata-se de uma linguagem de difícil entendimento por parte do aluno justamente por essa natureza abstrata. Cabe ao professor, portanto, desenvolver no aluno a capacidade de abstração dentro do conhecimento químico e usar conceitos abstratos para chegar a novos conceitos abstratos e, em muitos casos, apenas no final, chegar àquele que seria um entendimento do cotidiano do aluno. Conceitos esses que poderiam ser tomados como ponto de partida para uma discussão com o estudante.

Essa abstração necessária para a compreensão da Química tem se mostrado difícil aos adolescentes e é neste contexto, que por muitas vezes, os professores lançam mão de analogias no ensino de ciências, muitas vezes de maneira espontânea, sem uma prévia preparação, podendo levar a caminhos errados e de difícil retorno.

Por vezes, podemos constatar que o esforço de professores e livros didáticos em elaborar explicações para seus alunos usando uma linguagem não formal, acaba por constituir novas formas de abordagem de conceitos científicos e novas configurações cognitivas, não necessariamente equivocadas ou permeadas por obstáculos epistemológicos, ao contrário, são formas que facilitam a compreensão de conceitos, inclusive pela comunidade científica. A investigação precisa destas novas formas de abordagem dos conceitos no ensino da Química é, portanto, um campo de pesquisa ainda não explorado e que certamente pode trazer contribuições fundamentais para a compreensão do conhecimento escolar e dos processos de ensino-aprendizagem.

No decorrer deste trabalho foi definida uma analogia sobre Equilíbrio Químico, pois se trata de um assunto bastante importante na construção do pensamento químico do aluno. As aulas com a analogia foram gravadas em sala com a presença e participação dos alunos e, logo em seguida, foi aplicado um teste contendo quatro questões conceituais sobre o assunto tratado e ainda uma quinta questão sobre a impressão dos alunos da analogia utilizada em sala de aula. Com isso pretendi compreender tanto a construção do conteúdo tratado em aula, quanto as contribuições, ou não, da analogia utilizada.

Estas não se dão apenas com a simples aplicação da analogia, mas sim de um conjunto de situações que precisam estar sob o controle do professor como a acessibilidade dos alunos a esta ferramenta, da mediação do professor que precisará usá-la para atrair o aluno para o conceito químico e provocá-lo a usar as dinâmicas formadas na analogia.

Para completar esse início de trabalho falo também da experiência em se pesquisar a própria prática. O texto de Zeichner (1993) que me foi apresentado no início do mestrado deu uma noção da real dimensão de um professor que investiga a sua própria prática. Os professores que não refletem sobre o seu ensino aceitam normalmente a realidade cotidiana das suas escolas, onde a relação de ensino-aprendizagem está repleta de fatores sociais e cotidianos. Os professores reflexivos pensam sobre as suas ações, levando em conta também as condições sociais em que elas acontecem. Essa situação proposta em sala de aula neste curso de Mestrado me instigou a elaborar este trabalho, para que conseguísse desenvolver a nossa prática, transformando a minha aula e também a maneira de entender educação, pois “cada um deve responsabilizar-se pelo seu próprio desenvolvimento profissional. A universidade pode, quando muito, preparar o professor para começar a ensinar”. (ZEICHNER, 1993, p. 17).

CAPÍTULO 1- Sobre analogias no ensino de Química

Analogias são constituintes do pensamento humano e não podemos negar que estão fortemente presentes em quase todas as atividades humanas: na pesquisa científica, nos trabalhos científicos, nas atividades docentes, na expressão oral ou escrita, na divulgação e vulgarização de ideias e produtos (mídia), nos livros didáticos. De um modo geral, o raciocínio análogo tem estado no bojo de renomadas teorias científicas.

A analogia difere da metáfora, pois, segundo Coracini (1991, p.118) “os conceitos metafóricos estão de tal modo arraigados à nossa cultura que estruturam as nossas atividades diárias e científicas de forma imperceptível e inconsciente; são, aliás, constitutivos da forma de pensar e agir de uma época”.

A palavra metáfora é derivada do grego “meta” (além) mais o sufixo “phorein” (transportar de um lugar para o outro) ou, ainda, entendendo de maneira mais simples, é a ideia de transportar do sentido literal, uma frase ou palavra dando-lhe um sentido figurado. Um exemplo clássico de uma metáfora seria a frase: “Ela é uma cobra!” onde os atributos da serpente representam, de certa forma, o que se quer significar a respeito daquela pessoa.

Já a palavra analogia vem, originalmente, do grego **ανάλογο**, que significa proporcional, no sentido matemático e, traduzido para o latim, dois pares ordenados de natureza matemática ou não, definição essa apresentada também pelo dicionário Michaelis.

Mól (1999) mostra-nos a analogia como uma comparação construída entre dois conceitos: um conhecido, denominado domínio, servindo de referência; e um desconhecido, apresentado como alvo, que é o conceito que se deseja ensinar. Esses dois conceitos (conhecido e desconhecido) são analisados por outros autores, porém com outras denominações. Entre elas, podemos citar conhecido e desconhecido, apresentados por Harrison e Treagust (1993), cujos autores definem tais conceitos como domínio familiar e domínio não familiar, respectivamente. Já Curtis e Reigeluth (1984) atribuem *veículo* ao conceito conhecido e *tópico* ao conceito desconhecido. Para Duit

(1991), os nomes são como análogo e alvo. Neste trabalho daremos preferência a este último.

1.1 - O Papel das analogias no Ensino de Ciências

Segundo Ferreira (2001, p. 41), analogia é: “1. Ponto de semelhança entre coisas diferentes. 2. Semelhança. 3. Modificação ou criação de uma forma linguística por influência de outra(s) já existente(s).” Já a metáfora é vista pelo mesmo autor como “Modo em que a significação natural duma palavra é substituída por outra com que tem relação de semelhança.” (FERREIRA, 2001, p. 59).

A História da Ciência, em especial a História da Química, está repleta de analogias e elas sempre foram utilizadas com o propósito de facilitar a compreensão de conceitos abstratos de maneira mais concreta, em que, muitas vezes, a correlação análoga ficou mais conhecida do que o próprio conceito científico.

Um bom exemplo desses conceitos análogos foi o modelo do “pudim de passas”, de J.J. Thompson, que usou essa analogia para descrever o posicionamento dos elétrons em um átomo, inicialmente concebido por John Dalton, quase oitenta anos antes.

Outro exemplo de analogias usadas na História da Química é o de Mendeleev, quando descobriu a lei periódica e, a partir dela, construiu a tabela periódica em 1869. Com ela, corrigiu os “pesos” atômicos de alguns elementos e previu três novos elementos a partir de espaços vazios em sua tabela e que, mais tarde, foram descobertos. Pegou 63 cartões, escreveu os nomes e as propriedades dos elementos. Fixou-os nas paredes de seu laboratório. Reexaminou cuidadosamente os dados, procurando elementos similares e agrupou-os. Uma relação surpreendente, então, tornou-se clara. Descobriu que as propriedades “eram funções periódicas de seus pesos atômicos” que se repetiam, periodicamente, a cada sete elementos.

Podemos verificar, mesmo nesses casos tão famosos, uma relação bastante discutível entre o *domínio* e o *alvo* e podemos prever que, no uso de

analogias em sala de aula, as correlações entre eles (o domínio e o alvo) e entre eles e o aluno, são objetos de muita discussão, sem aparente possibilidade de consenso.

O professor quando se depara com uma frase do tipo: “*Não entendi!*”, no ímpeto de ensinar e tornar possível o aprendizado do aluno, quase sempre lança mão de alternativas que nem sempre são preparadas antecipadamente e, portanto, podem ter grande possibilidade de erro, seja na adequação do conceito ou na realidade do público.

As analogias, embora tenham aparecido, continuamente, no ambiente escolar e científico, possuem limitações e não podem ser confundidas com o próprio conceito científico a ser construído pelo aluno. Com a análise de Perelman (1987, p.87), entendemos melhor:

Não [se] concederá à analogia mais do que papel heurístico, [que] será eliminada a partir do momento que tenha exaurido o seu papel, só permanecendo os resultados das experiências que ela pode sugerir: o seu papel será de andaimes de uma casa em construção, que são retirados quando o edifício está terminado.

Embora os estudos venham dando ênfase à utilização de recursos análogos, observamos que seu uso em diversas ocasiões e a manutenção de suas relações devem possuir significado para a realidade do aluno, seja em situações cotidianas ou na perspectiva educacional.

Alguns autores defendem que o conhecimento que o indivíduo possui e o que ele deve adquirir, ao apresentarem aspectos comuns, assemelhando-se em determinados pontos, podem contribuir para a ocorrência da compreensão. Nesse sentido, a linguagem utilizada atua de maneira significativa nesse contexto e, portanto, torna a analogia eficiente para o entendimento. (FERRAZ e TERRAZZAN, 2003; FONSECA e NAGEM, 2010).

Ao considerar tal aspecto, Harrison e Treagust (2003) defendem que esses recursos têm sido histórica e culturalmente utilizados na intenção de incorporar novos conceitos científicos. O uso de analogias pode ser explicado

pelo fato de proporcionar a recuperação de conhecimentos em forma de figuras mentais que, talvez, possam auxiliam a transferência de conhecimentos de um domínio conhecido ou familiar para outro desconhecido ou não familiar, o que pode ser complementado pelas ideias apresentadas por Rodrigues, acerca da utilização de tais recursos:

Modelos, analogias e metáforas são utilizadas de forma abundante na produção de conhecimento, em todas as suas áreas. Na maior parte das vezes ficam ocultas, são imperceptíveis, disfarçadas e mesmo descartadas, não porque a nova descoberta consiga se fazer justificada exclusivamente por sua lógica conceitual interna, ou pelo fato de ter sido resultado de um processo indutivo bem estruturado – dependendo do “objeto”, muitas vezes a observação (no sentido lato) não é possível (...) Estas “figuras de linguagem”, como também são chamadas, muitas vezes são utilizadas na produção de conhecimento científico de forma sinônima: ou para se reforçarem, ou para se auto sustentarem na coerência conceitual de uma teoria. Isso se deve, principalmente, as suas dimensões polissêmicas e, conseqüentemente, a possibilidade de serem permutáveis e comunicáveis (RODRIGUES, 2007, p. 20).

Muitos autores têm disseminado a importância das analogias como método de explicação de fenômenos e apontam que os estudantes tendem ao uso de analogias, frente a problemas pouco familiares.

No âmbito escolar, faz-se necessário o uso de ferramentas que possam proporcionar ao aluno uma compreensão dos conceitos a serem estudados e desenvolvidos. Com isso, Nagem et al. (2003) defendem que:

Só é possível que a aprendizagem seja um processo ativo de construção dos conhecimentos se for baseada no que os alunos já sabem, ou seja, em seus conhecimentos prévios, de forma que a aprendizagem deve ser vista como um processo que inclui a utilização do conteúdo conhecido e familiar, na compreensão do que é desconhecido e não familiar, havendo a existência, portanto, de uma relação fundamental entre a construção de

semelhanças entre o conhecido e o desconhecido e a aprendizagem. (NAGEM *et al*, 2003, p. 181)

Dentre as muitas possibilidades das analogias, apresentadas até o momento, a que requer maior atenção acerca do seu uso no ensino de Ciências é a possibilidade de ser acessível ao aluno e possibilitar a ele uma atribuição de significado, fazendo sentido e tornando-o capaz de pensar sobre um determinado assunto, a partir dos conhecimentos que possui e, assim, ser ativo na construção dos seus próprios conhecimentos.

Francisco Junior, (2008) entende que, todavia, não só as Ciências Naturais, mas outras bases de pensamento sejam elas filosóficas, sociológicas, linguísticas ou artísticas foram e ainda são fortemente influenciadas pelo raciocínio analógico e poderíamos dizer que a origem do pensamento análogo se confunde com o aparecimento da linguagem. Vemos que tais associações estão arraigadas desde a mais tenra idade, e que o raciocínio analógico é um importante componente da cognição humana (DAGHER, 1995).

Além dessas descrições sobre a importância das analogias, pudemos identificar vários pesquisadores que desenvolvem seus trabalhos acerca do assunto, como Duit (1991), Glynn (1991), Monterio e Justi (2000), Nagem (2001), Ferraz e Torrezan (2003), Moraes e Galiazzi (2003), Duarte (2005), Fabião e Duarte (2005). Cunha (2006), Trevisan (2008), Freitas (2011), Flor e Cassiani (2012).

Quanto às vantagens apresentadas pelas analogias, Duit (1991) explica que essas poderosas ferramentas podem facilitar o processo de construção do conhecimento, principalmente se forem elaboradas pelos próprios estudantes para construir novos conceitos. Nesse sentido, vários autores (DUIT, 1991; GLYNN, 1991, THIELE e TRAGUST, 1992; BOZELLI e NARDI, 2004; DUARTE, 2005; FABIÃO e DUARTE, 2005) consideram-nas úteis no ensino de ciências, pois, quando empregadas de maneira correta, as analogias desenvolvem a capacidade cognitiva; estimulam a criatividade; facilitam a mudança e a evolução conceitual; ativam o raciocínio analógico; organizam a percepção; permitem evidenciar concepções alternativas; são ferramentas para avaliar a compreensão e o conhecimento dos alunos; tornam as explicações

mais interessantes, atraindo a atenção dos alunos e, finalmente, levam o conhecimento científico a um nível mais acessível, contribuindo com o processo de abstração de conteúdos que não são familiares.

Para Bachelard (1996), os obstáculos epistemológicos, ou seja, as dificuldades encontradas, características de cada assunto, são inerentes ao uso de analogias no ensino de ciências, mas devem ser atentamente consideradas, pois podem levar o estudante a situações como: dar mais valor ao análogo em detrimento do alvo; desvalorizar as limitações da analogia; entender apenas o análogo; não entender o análogo; não perceber tratar-se de uma analogia ou, ainda, não ver sentido na analogia.

Mais recentemente, Nagem et al. (2003) destacaram essas dificuldades no uso inadequado de analogias, bem como compararam suas vantagens e desvantagens, expressas no quadro 1.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens no uso de analogias

Vantagens do uso de analogias	Desvantagens do uso de analogias
São recursos que podem possibilitar a verificação do aprendizado dos alunos.	Diferença no entendimento entre o que se transmite e o que se recebe.
Usam termos mais familiares aos alunos.	Não sendo o aluno que gera a analogia, a aceitabilidade pode ser questionada.
Estimulam a elaboração de hipóteses e soluções de problemas.	Podem fixar conceitos equivocados.
Promovem a mudança conceitual do aluno.	Destaca um conteúdo irrelevante em detrimento do principal.
Tornam as aulas mais dinâmicas e motivadoras.	Analogias com aspectos similares podem evocar processos de raciocínio equivocados.

O uso de analogias apresenta possibilidades de ação reversa do seu intuito, pois pode não ser aceita pelo aluno que não vê a relação proposta, ou

mesmo quando o professor não domina as particularidades da analogia, podendo gerar a fixação de conceitos errados e distorcidos que serão de difícil recuperação no futuro.

Existe, também, a possibilidade de o aluno priorizar um assunto irrelevante, esquecendo a ideia do conceito principal. Por isso, trabalhos de vários pesquisadores (LEITE e DUARTE, 2006; FERRAZ e TORREZAN, 2001; 2002; 2003; THIELE e TREAGUST, 1994; DAGHER, 1994; HARRISON e TREAGUST, 1993; TERRAZAN et al. 1992, DUIT, 1991; GLYNN et al. 1989) assim como Trevisan (2008), Francisco Junior (2009), Freitas (2011), Flor e Cassiani (2012), têm apontado nessa direção e, sistematicamente, não aconselham o uso de analogias de forma espontânea pelos professores.

Tais trabalhos evidenciam que os docentes, tentando conduzir os estudantes a desenvolverem conceitos científicos complexos, acabam por lançar mão de fatos cotidianos do aluno; no entanto, a capacidade de abstração para o estudo dessas ciências é fator decisivo no desenvolvimento conceitual. Certas competências, como domínio da lógica simbólica da Matemática e a capacidade de compreender modelos, são básicas para essa construção e a ausência ou a deficiência dessas ferramentas irá interferir no sucesso da analogia empregada.

1.2 - Métodos de Análise das Analogias

Para Chassot (1995), a diferença sociocultural entre alunos da mesma sala de aula é um fator que torna pouco eficiente o uso de analogia como estratégia de ensino, pois, segundo o autor, o desnível existente entre os companheiros de turma faz com que a analogia esteja bem próxima da realidade de uns enquanto estaria muito distante da realidade dos outros.

Visando à elaboração de analogias adequadas ao processo de ensino-aprendizagem, alguns autores desenvolveram alguns métodos, e a análise da literatura, segundo Fabião e Duarte apud Nardi e Almeida (2006), pode classificá-los em três tipologias: Modelos centrados no professor, modelos

centrados no aluno e modelos que consideram as duas características. Aqui veremos os principais:

O Modelo de Zeiton (1984) - Modelo Geral de Ensino com Analogias (*General Model of Analogy Teaching* – GMAT). Foi o primeiro modelo proposto e um dos mais completos, no que diz respeito a incorporar muitas particularidades contextuais dentro dos seus oito passos – 1. diagnosticar concepções prévias dos alunos a respeito do assunto a ser aplicado; 2. analisar a adequação dos recursos didáticos; 3. julgar a pertinência da analogia a ser utilizada, identificando a sua adequação; 4. destacar as semelhanças da analogia a ser utilizada com o alvo; 5. selecionar uma estratégia metodológica de ensino para apresentar a analogia; 6. apresentação da analogia aos estudantes, levando-os a encontrar relações relevantes com o alvo e as limitações do análogo; 7. avaliar o resultado da utilização, identificando eventuais alterações conceituais explicitadas pelo aluno; 8. rever as etapas para melhor aplicá-las nas próximas utilizações.

Segundo Duit (1991), esse modelo considera as características próprias de cada analogia, as conveniências, a metodologia a ser implementada na aula e o meio onde se aplica o modelo.

Brown e Clement (1989) – Modelo das Analogias de Aproximação – (*Bridging Strategy*). Consiste em estabelecer um raciocínio analógico entre situações que não são vistas pelos alunos como análogas, aproveitando-se das suas intuições para chegar ao conceito científico por meio de uma série de analogias intermediárias, cada uma delas elaboradas com base na anterior.

Spiro et al (1989) – Modelo das Analogias Múltiplas. Compõem, na abordagem ao tema em estudo, analogias múltiplas interligadas, em que cada uma delas se faz a partir da anterior. A nova analogia é escolhida para corrigir os aspectos negativos das analogias propostas anteriormente. Quando a última analogia é apresentada, muitos dos aspectos essenciais do tópico já foram discutidos, levando a uma compreensão mais substancial de um domínio-alvo complexo, do que teria sido possível se fosse usada apenas uma analogia.

Glynn (1991) – Modelo de Ensino com Analogias –(*Teaching-with-analogies, TWA*). Compõe-se de seis fases metodológicas: 1.introduzir o

conceito alvo; 2. propor uma experiência ou ideia como análoga da anterior (situações conhecidas dos alunos); 3. identificar os aspectos semelhantes entre o alvo e o análogo (fonte); 4. relacionar as semelhanças entre os dois domínios; 5. esboçar as conclusões sobre o conceito-alvo; 6. identificar os aspectos em que a analogia não se aplica (indicar as falhas).

Harrison e Treagust (1993) Treagust et al (1996) – Versão Modificada do Modelo de Ensino com Analogias (Glynn, 1991). Os dois últimos passos da sequência são invertidos, pois, segundo os autores, só depois de reconhecer os atributos que não são compartilhados é que se pode partir para as conclusões sobre os conceitos. Esse modelo foi proposto com o intuito de produzir um modelo sistematizado para o ensino com analogias, que reduzisse a formação de concepções alternativas e intensificasse a compreensão de conceitos científicos por parte dos estudantes.

Nagem et al. (2001) – Metodologia de Ensino com Analogias (MECA). Parte do pressuposto de que a linguagem, a motivação e a bagagem de experiências de cada indivíduo exercem papel importante na criação, na transferência e aprendizagem de conhecimentos, e deve contemplar os seguintes passos: definição da área específica do conhecimento; delimitação do assunto a ser abordado dentro da área do conhecimento; escolha e adequação do veículo a fatores como idade, conhecimento e experiência prévia do aluno; descrição da analogia; explicação de forma objetiva, das semelhanças e diferenças relevantes para a compreensão do alvo; reflexão para propiciar não apenas o entendimento do conteúdo, mas também a atitude crítica e reflexiva; avaliação.

Galagovsky e Adúriz-Bravo (2001) e Galagovsky (2005) – Modelo Didático Analógico (MDA) como derivação do Modelo de Aprendizagem Cognitivo Consciente Sustentável (MACCS). O modelo enfatiza a diferença entre conhecimento e informação, na sua necessidade para que os estudantes construam o conhecimento nas suas mentes, a partir da informação que se apresenta, e papel ativo que o professor tem, não como apresentador da informação, mas como facilitador da construção do conhecimento sustentado por parte dos alunos. Consta de quatro momentos: “anedótico”; de conceitualização sobre analogia; de correlação conceitual e de metacognição.

Wong (1993) – Modelo das Analogias Produzidas Pelos Alunos. Neste Modelo os alunos são envolvidos ativamente na construção e/ou criação das analogias, na sua avaliação e alteração, em vez de serem receptores de analogias vindas dos professores. É formado por três fases:[1] explicar o fenômeno;[2] aplicar a analogia ao fenômeno por meio da identificação das semelhanças e das diferenças;[3] participar da discussão para debater a adequação das analogias propostas para a explicação do fenômeno.

Cachapuz (1989) - Modelo de Ensino Assistido por Analogias. Segundo esse modelo, podem-se considerar duas estratégias: uma centrada no professor: as analogias funcionam como mediadoras de ensino, estabelecendo “pontes cognitivas” que facilitam a integração da nova informação na estrutura cognitiva do aluno; outra, centrada no aluno, utilizada quando se presume que o domínio em estudo está minimamente estruturado pelos alunos. Apresenta uma sequência de quatro fases de aplicação na sala de aula: 1.apresentação da situação problema/conceito pertencendo ao domínio em estudo; 2. introdução do conceito que pertence ao domínio familiar; 3. exploração interativa da correspondência estabelecida; 4. estabelecimento dos limites das analogias.

De acordo com Harrison e Treagust (1993), qualquer que seja o modelo de ensino com o uso de analogias deverá seguir os seguintes passos: a analogia deve apresentar-se como familiar ao maior número possível de alunos; os atributos partilhados devem ser identificados pelos alunos ou pelo professor; os atributos não compartilhados deverão ser identificados sem qualquer margem de dúvida.

Porém, embora existam vários métodos para se elaborar e aplicar uma analogia, poucos são os professores que seguem um planejamento mais detalhado e cuidadoso para a sua elaboração e uso. No entanto, os trabalhos de Harrison e Treagust (1993); Oliva et al. (2003), nos quais foram implementados alguns desses modelos, apontam resultados satisfatórios no grau de compreensão conceitual por parte dos alunos, em relação aos conceitos estudados.

Para melhor compreender os problemas envolvendo o uso de analogias, algumas pesquisas foram desenvolvidas na intenção de compreender como as

analogias são utilizadas em livros didáticos. Nesse sentido, em um dos primeiros trabalhos modernos sobre o assunto, Curtis e Reigeluth (1984) estudaram as analogias presentes em um conjunto de 26 livros de Ciências utilizados nos Estados Unidos. As 216 analogias encontradas foram categorizadas e organizadas em um sistema de classificação. À luz dos resultados encontrados, os autores fizeram recomendações quanto à utilização de analogias em livros textos. As analogias devem possuir uma relação analógica consistente, não fugindo da base do conceito-alvo e a apresentação de suas limitações pode até contribuir favoravelmente ao ensino.

Na mesma linha de pesquisa, nomes como Monteiro e Justi (2000) revisaram livros brasileiros, a partir de 11 coleções de livros-texto de Química, atingindo um total de 28 volumes. As analogias identificadas foram analisadas de acordo com a estrutura de classificação de Thiele e Treagust (1994). Entre os resultados, as autoras argumentam que a maioria das analogias encontradas nos livros analisados não forneciam explicações sobre o análogo, apresentando somente uma função explicativa; com isso, não estimulavam o aluno a pensar. Não discutiam, também, as suas limitações, atribuindo ao conceito análogo, verossimilhança com conceito científico.

Ainda no Brasil, destacamos o trabalho de Francisco Junior (2009) que, baseado em Thiele e Treagust (1994), identificou, primeiramente, analogias presentes em livros de Química aprovados pelo PNLEM-2007 e, em um segundo momento, classificou-as. Segundo o autor, em sua grande maioria, as analogias encontradas nas obras aprovadas pelo PNLEM-2007 não favorecem diretamente a aprendizagem, pelo fato de deixar para o professor a responsabilidade de discutir os atributos correspondentes e não correspondentes, bem como as limitações apresentadas pelas analogias ali colocadas. Com isso, o livro didático isenta-se de discutir efeitos prejudiciais ao conceito apresentado pelas analogias empregadas e, ao isentar-se de propor tais informações, o livro didático presta um desserviço, pois pode colocar o professor em atrito com as informações da referência, prejudicando, talvez, o aprendizado dos alunos.

O trabalho de Francisco Junior (2009) não se limita a classificar apenas as analogias; ele propõe, também, as possíveis consequências do seu uso

indiscriminado e, por final, sugere uma correção dos livros didáticos, pois, uma vez aprovados pelo PNLEM-2007, poderão ser adotados pelas escolas, multiplicando prováveis danos ao conhecimento dos alunos.

Baseado nos trabalhos de Curtis e Reigeluth (1984), Mól (1999), Monteiro e Justi (2000) e Francisco Junior (2009) definem critérios para a análise de analogias que farão parte da análise deste trabalho. Esses critérios estão de acordo com os estudos de Monteiro e Justi (2000) com algumas adaptações, como apontadas no quadro a seguir. Este trabalho apresenta uma analogia relacionada ao estudo de equilíbrio, que foi submetida à análise desses critérios antes de aplicada em sala de aula. Os critérios observados serão:

Quadro – 2 - Critérios de análise das

Critérios	Definições de critérios
1 – Conteúdo do conceito-alvo	Aspecto químico considerado como alvo na analogia
2–Tipo de relação analógica entre o alvo e o análogo	O análogo e o conceito alvo compartilham atributos estruturais, funcionais ou ambos.
3–Formato da apresentação	Modo como as analogias são apresentadas, podendo ser verbal ou ilustrativo-verbal
4–Condição ou nível de abstração dos conceitos da analogia e do alvo	Com que nível de abstração as analogias são inseridas em aula.
5–Posição da analogia em relação ao conceito alvo	Se as analogias são apresentadas antes, durante ou depois da apresentação do conceito-alvo.
6–Nível de enriquecimento	Em que dimensão as analogias contribuem para a compreensão das semelhanças entre o análogo e o conceito- alvo apresentado.

7 – Orientação	Se no momento que antecede a exposição da analogia, o professor discute os conceitos domínio e alvo, com o intuito de familiarizar o aluno com o conceito-alvo.
8–Limitações	Se há discussão ou alerta sobre a possibilidade de os alunos obterem um entendimento não adequado quanto ao uso de analogias nos textos.

Adaptado de Francisco Junior (2009).

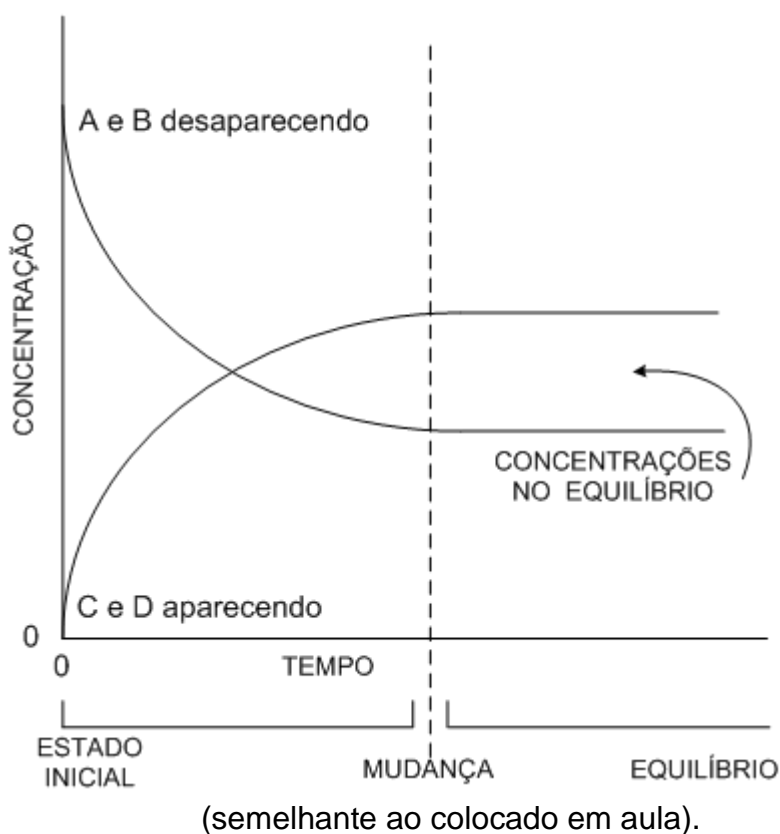
A analogia apresentada neste trabalho trata de uma troca de canetas entre o professor e o aluno, em que, a princípio, o professor possui todas as canetas a serem trocadas, em sua mão, consistindo assim o tempo inicial (zero) da reação. Esse momento inicial caracteriza-se com apenas o professor passando as canetas para o aluno e apenas depois, no decorrer da analogia, já com todas as canetas em sua mão, o aluno passa a devolver as canetas para o professor, uma a uma, assim como ele as recebera. Com a troca simultânea de canetas entre professor para o aluno, percebe-se uma estabilidade na quantidade delas tanto na mão de um quanto na mão do outro, sempre observada pela sala. Com isso, associamos [essa estabilidade] analogamente, não propriamente a todo o conceito de equilíbrio químico, pois seria muito complexo, mas pela situação de as velocidades de reação serem iguais, dando origem primeiro às concentrações constantes e, posteriormente, à expressão da constante de equilíbrio químico.

Para um aluno de ensino médio, o entendimento de Equilíbrio Químico é parte fundamental da construção do conhecimento químico. Pensamos ser exatamente dentro desse conceito que ele consegue articular os vários outros conceitos químicos com os quais teve contato em todo o Ensino Médio. Entre eles, poderíamos pensar em articular muitas situações de energia envolvidas na Termoquímica, que são efetivamente tratadas nesse ensino; as possibilidades de reações espontâneas analisadas pelos aspectos

energéticos muito tratados na Cinética Química; e nas possibilidades de geração de energia elétrica que desenvolvemos na Eletroquímica, apenas para citar alguns, entre muitos outros.

Durante a apresentação do conteúdo-alvo, sempre antes da analogia, de uma maneira bastante tradicional, trazemos diversos aspectos envolvidos no equilíbrio. Propomos na lousa ao aluno um gráfico que desenvolve a variação da quantidade de reagentes e produtos, desde o tempo zero inicial até que o equilíbrio seja atingido (Figura 1). Paralelamente a este gráfico desenvolvemos outro gráfico semelhante ao primeiro, onde se observa a velocidade das reações direta e inversa dentro de uma transformação reversível, com a ajuda da lei da velocidade que, posteriormente, dará origem à constante de equilíbrio por um desenvolvimento matemático.

Figura 1 – Gráfico de Equilíbrio Químico para a utilização da analogia



Quando demonstramos que, a partir do equilíbrio químico, temos as concentrações dos reagentes e produtos tornando-se constantes, embora a

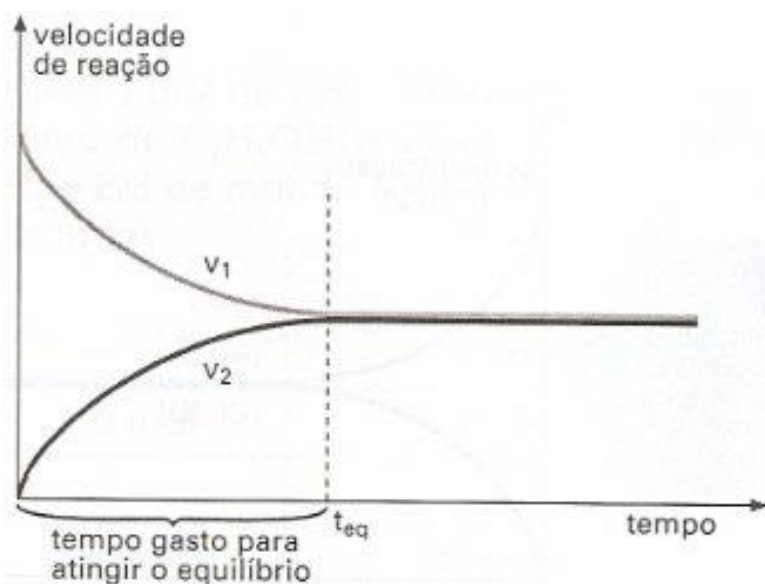
reação não tenha “parado”, a pergunta: “Por que isso acontece?”, inspira uma série de dúvidas ou mesmo um ensurdecedor silêncio.

Um professor atento pode, nesse momento, perceber as inquietações e dúvidas apresentadas pelo comportamento da sala e, com cuidado, pode identificar as questões levantadas pela turma.

Identificada a incerteza, apresentamos uma analogia, sendo um aluno convidado a participar de uma “brincadeira”. Sob os olhares atentos de toda a sala “emprestamos” entre os que estão sentados nas primeiras fileiras um número razoável de canetas (normalmente sete ou oito) de preferência iguais ou sem diferenciá-las e, após explicar que dentro do recipiente onde acontece a reação em equilíbrio não existe uma posição onde se encontram os reagentes nem tampouco os produtos, para evitar uma interpretação errada de compartimentação, começamos a analogia.

Com todas as canetas na mão, colocamo-nos como os reagentes e já associamos ao momento de todas as canetas conosco como o “tempo zero”, pois, como mostra o gráfico assinalado na lousa (Figura 3), a quantidade dos reagentes é máxima, e propomos também que o aluno que participa da brincadeira representa “os produtos”, pois no mesmo tempo inicial (zero), a concentração dos produtos é zero. Aos poucos, passamos as canetas para o aluno e observamos que a quantidade dos reagentes (assim como se observa no gráfico 2) – (na mão do professor) vai diminuindo enquanto a quantidade que verificamos nos produtos vai aumentando na mão do aluno.

Figura 2 – Gráfico $V_1=V_2$ no equilíbrio.



Em determinado momento, pedimos ao aluno, então, que comece a devolver as canetas para trocá-las simultaneamente, entre nós dois. À medida que entregamos para ele e pedimos à sala que verifique as quantidades localizadas nos reagentes e produtos (na mão do aluno e na nossa). Depois de mais uma rodada com as canetas trocadas simultaneamente (às vezes rendendo umas boas risadas) peço novamente à sala que conte as canetas e ao perceberem que as quantidades não se alteraram perguntamos: Por que as quantidades de canetas (concentrações) permanecem constantes? Com as respostas dos alunos conseguimos associá-las às propriedades existentes nos conceitos de velocidades de reação e, com isso, podemos desenvolvê-las, primeiro quimicamente, para entender o equilíbrio químico e depois, matematicamente, para deduzirmos a expressão da constante de equilíbrio a partir da lei da velocidade de reações.

Entendemos, aqui, que a analogia apresentada possui uma relação entre o alvo e domínio. Cabe lembrar que o conceito-alvo apresentado na situação é a de que o equilíbrio só é atingido quando as velocidades ficam constantes e, exclusivamente sob este aspecto, temos uma relação funcional da analogia. Como a apresentamos não só de maneira verbal, mas trazendo a participação dos alunos para a construção do conceito, vemos as duas formas de apresentação, a verbal e a ilustrativo-verbal.

Raviolo e Garritz (2008) promovem uma grande revisão das analogias propostas em revistas especializadas, especialmente as aparecidas no *Journal of Chemical Education* para facilitar o ensino de equilíbrio químico e os aspectos relacionados ao seu aprendizado.

Ao analisarmos a analogia apresentada, analogia com os critérios propostos por Francisco Júnior (2009), vemos que:

1 – O assunto tratado como conceito-alvo é de bastante relevância para o desenvolvimento da construção do conhecimento químico do aluno, uma vez que Equilíbrio Químico é um dos principais conteúdos tratados no Ensino Médio e pensamos também ser ele responsável por levar o estudante a um entendimento que unifica quase todos os conceitos químicos tratados no ensino médio.

2 – Como o alvo da analogia usada não é propriamente o conceito de Equilíbrio Químico como um todo –, não temos a intenção de usar essa analogia para esse fim –, pois entendemos que se trata de um conceito muito extenso e, por isso, deve ser desenvolvido na construção de vários outros pequenos conceitos como o das velocidades iguais, aqui tratado. Notamos que a relação entre o alvo e o domínio não é de natureza estrutural, pois as canetas não se assemelham em nada às moléculas de uma reação química, porém a analogia desenvolve uma substancial semelhança funcional, pois, no que tange à descrição das velocidades nos dois sentidos, o jogo das canetas se assemelha bastante com o ocorrido nas reações em equilíbrio. Por isso, as classificamos, então, como funcionais.

3 – A apresentação da analogia se dá de maneira ilustrativo-verbal até porque, além de trocar as canetas com o aluno, verificamos também a necessidade de intervenção verbal do professor, explicando o que significa cada momento da aplicação da analogia.

4 – Embora o Equilíbrio Químico apresente velocidades diferentes, tem efeitos estáticos nas observações dos experimentos; isso o torna contraintuitivo, pois o significado mais comum da palavra equilíbrio nos remete ao processo físico de equilibrar, mantendo dois lados iguais ou equivalentes. No Equilíbrio Químico, essa igualdade se dá pelas velocidades iguais e

concentrações constantes e não por quantidades equivalentes; com isso, pode levar o nosso aluno a um equívoco na interpretação do conceito; assim, pensamos que o alvo (velocidades constantes e concentrações iguais) é abstrato enquanto o domínio é bastante concreto, uma vez que o aluno pode presenciar o jogo das canetas e utilizá-lo para melhor compreender o conteúdo.

5 – Nesse caso, verificamos que o uso da analogia se dá após a apresentação da ideia de equilíbrio químico; notamos que as possibilidades de entendimento do conceito melhoram, quando a mediação do professor propõe ao aluno que associe a representação demonstrada ao conceito tratado anteriormente, facilitando, com isso a compreensão.

6 – Vemos, por esse critério, que a analogia é enriquecedora, pois conseguimos verificar mais de um atributo ao conceito proposto. Verificamos, em um primeiro momento da reação, que a quantidade dos reagentes (canetas com o professor) diminui e a quantidade dos produtos (canetas com o aluno) vai aumentando, até que com o aluno devolvendo as canetas para o professor as concentrações de canetas nas mãos do aluno e do professor ficam constantes. Assim, percebemos que as velocidades diretas e inversas são a mesma tanto na analogia quanto na reação química.

7 – A analogia tratada aqui classifica-se com uma orientação estratégica, pois o aluno é informado pelo professor, antes da sua aplicação, que se trata de uma analogia e podemos perceber, também, na mediação expressões como: “podemos comparar..., se comporta como, ou é analogo a...”.

8 - No último critério de classificação podemos entender as limitações dessa analogia. Nesse caso, em específico, aplicamos a sua similaridade com o comportamento das velocidades das reações e as constâncias das concentrações de produtos e reagentes, sem pretender englobar completamente o conceito de equilíbrio.

Observamos que uma das características dessa figura de linguagem é a possibilidade de colaboração em certos pontos, porém em boa parte dos casos ela pode prejudicar o aprendizado; com isso, aquela que se classifica como mais interessante, poderia somar a melhor colaboração da analogia com o menor prejuízo ao aluno.

Ao confrontar uma analogia com esse sistema de classificação, poderemos identificar eventuais tipos que costumam ter uma colaboração maior no processo de ensino-aprendizagem de química, assim como as possíveis dificuldades. De acordo com a literatura revisada, entendemos que, quanto maior for a similaridade entre o domínio e o alvo, melhor será a possibilidade de reconhecimento dos atributos dos conceitos científicos entendidos como alvos do processo. Portanto, o recomendável seria a utilização de analogias que compartilhem relações tanto do tipo funcional como estrutural. Sabemos, também, que as analogias simples, por apresentarem um único atributo ao análogo, podem ocasionar interpretações diferentemente daquelas que apresentam mais de uma similaridade, apontando para uma maior possibilidade de inadequação do alvo ao domínio.

Com o auxílio de gravações em áudio, foram observadas aulas em salas do Ensino Médio, cujas transcrições foram analisadas e serviram de base para este estudo. Tivemos como critério de escolha, entre outros, a evidente importância do estudo de Equilíbrio Químico para o ensino médio e a sua relevante contribuição para a construção do conhecimento químico do aluno.

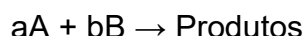
1.3 – Sobre o Equilíbrio Químico

Temos trabalhado com o conceito de Equilíbrio Químico no Ensino Médio há mais de vinte anos e, de maneira geral, temos observado que o desenvolvimento desse conceito se dá – na maioria dos livros didáticos utilizados – a partir de outro conceito químico, o da Cinética Química. Portanto, antes de iniciarmos uma ideia do que é Equilíbrio Químico, vamos entender um pouco de Cinética Química.

Em um processo químico, podemos analisar várias características que são peculiares àquela reação como: estado físico em que ela se encontra (gasoso, aquoso, etc.) os aspectos visuais que ela apresenta (formação de bolhas, mudança de cor, formação de sólidos no fundo do recipiente) a alteração da temperatura (esfriando ou esquentando). Essas características

são apresentadas sob outro fator: a velocidade. Além de uma reação formar bolhas (por exemplo) ela pode formar bolhas rapidamente, ou, no caso de subida da temperatura ela poderá subir bem devagar em comparação a outras reações; por isso, podemos dizer que as diferentes reações podem apresentar diferentes velocidades.

A velocidade de uma reação química pode ser definida de maneira bastante ampla pela lei da velocidade, onde em uma reação temos:



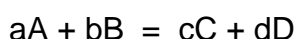
Ressaltando que “a” é o coeficiente estequiométrico do reagente “A” e “b” é o coeficiente estequiométrico do reagente “B”, podemos dizer que:

$$v = k [A]^a \cdot [B]^b.$$

Nota-se que um processo químico nem sempre acontece de maneira única e pode ser constituído por algumas etapas; quando isso acontece, a velocidade do processo (pela Lei da Velocidade) será determinada pela etapa dominante que se apresenta de maneira mais lenta que as demais.

Quando ressaltamos a necessidade de conhecimentos prévios de Cinética Química por parte do aluno para que se possa entender o Equilíbrio Químico, é por conta da definição tratada pela maioria dos livros do Ensino Médio, que acabam por definir a constante de equilíbrio, a partir do desenvolvimento matemático da Lei da Velocidade, sem, ao menos, citar conceitos mais modernos sobre o assunto.

Nos livros didáticos do Ensino Médio, vemos a definição de equilíbrio dada pela igualdade da velocidade da reação nos dois sentidos, os reagentes se transformando nos produtos (para a direita) e os produtos se transformando em reagentes (para a esquerda). Na equação temos:



A velocidade no sentido direto da reação (para a direita) se dá por:

$$v_1 = k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b \quad \text{I}$$

Enquanto no sentido inverso temos:

$$v_2 = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d \quad \text{II}$$

Ao igualarmos as velocidades ($v_1 = v_2$) obteremos (nas equações I e II):

$$k_1.[A]^a.[B]^b = k_2.[C]^c.[D]^d \text{ e}$$

$$\frac{K_1}{K_2} = \frac{[C]^c.[D]^d}{[A]^a.[B]^b}$$

E, finalmente, a expressão da constante de equilíbrio (equação III):

$$K_e = \frac{[C]^c.[D]^d}{[A]^a.[B]^b}$$

Esses livros tentam dar conta dos conteúdos propostos nos principais vestibulares do país, que exigem do aluno um conhecimento sobre o desenvolvimento da constante de equilíbrio via cinética química e cobram nos exercícios das provas essa elaboração e essa linha de compreensão.

Tais livros textos, com isso, deixam de apresentar aos leitores o fato de que as reações químicas são regidas pelas leis universais que descrevem as transformações da natureza (SABADINI e BIANCHI, 2007, p.10).

Apresentada neste trabalho, a matematização do desenvolvimento da constante de Equilíbrio acima descrita, tem por finalidade associar a analogia das canetas aqui discutidas aqui com a expressão da constante de equilíbrio, sem, necessariamente, concordarmos com esse método.

Essa abordagem sobre Equilíbrio Químico poderia ser feita a partir de conceitos derivados da Termodinâmica que, por ter uma maior universalidade em relação à Lei da Velocidade, tenderiam a ser mais bem aceitos pela maioria dos alunos.

Sabemos que os conceitos da Termodinâmica são bem mais amplos e se aplicam em todas as transformações naturais como um objeto que desce uma rampa ou mesmo a descarga elétrica de um relâmpago. A abordagem Termodinâmica é universal, enquanto a cinética é extremamente restrita.

Nesses casos, os sistemas tendem a permanecer no estado de maior estabilidade, buscando equilíbrio mecânico e elétrico, respectivamente (SABADINI e BIANCHI, 2007, p.10).

Poderíamos discutir, em cada caso, qual seria a condição de equilíbrio: quando o objeto deixaria de descer a rampa, segundo as leis gravitacionais ou

ainda quando um relâmpago seria desencadeado, no momento da diferença de potencial elétrico. No caso da reação química, existe um potencial químico de reagentes e produtos que definiriam o equilíbrio químico.

Entendemos que os Equilíbrios Químicos não são fenômenos tão simples quanto os dos exemplos apresentados, porém, se duas ou mais substâncias são colocadas em contato, elas podem reagir, buscando uma situação de maior estabilidade. Fundamentalmente, ocorrerão quebras e formação de novas ligações químicas e a “energia química excedente”, a energia livre (representada pela letra G), deverá ser liberada para o meio. (SABADINI e BIANCHI, 2007, p.10).

A espontaneidade das reações químicas não pode ser definida apenas pelas energias (entalpias - ΔH) de cada molécula, energias essas que compõem reagentes e produtos, pois reações que absorvem calor, as endotérmicas (onde a energia dos produtos é maior que a dos reagentes) também podem ser espontâneas; então, outro termo energético que deve ser considerado está relacionado com uma função chamada entropia. A variação da energia livre (energia livre de Gibbs) é resultado da diferença entre a variação de entropia e entalpia daquela reação.

Cabe a nós, então, no próximo passo, mostrar que a ideia de entropia (S) não possui dimensão energética e sim constitui uma razão entre energia e temperatura, Joule/Kelvin, com isso o produto da entropia pela temperatura ($T \times S$) esse sim, possuirá uma dimensão de energia.

Enquanto a primeira Lei da termodinâmica introduz o conceito de energia interna (U) e essa nos permitiria dizer se uma transformação química é ou não possível sob o ponto de vista energético, a segunda Lei da termodinâmica é usada para identificar qual é o sentido da mudança espontânea com a função de estado entropia, que pode ser considerada como uma medida da dispersão de energia em um processo.

A definição termodinâmica de entropia centraliza-se na variação de entropia, dS , que ocorre em consequência de uma mudança física ou química (em geral, como resultado de um ‘processo’). A definição é motivada pela ideia de que uma modificação da extensão com que a energia é dispersa, depende

da quantidade de energia que é transferida no processo na forma de calor. (ATKINS, 2006, p.70).

Entendemos, então, que quanto maior for o número de estados possíveis que um determinado sistema possa adquirir, maior será a sua entropia; cabe, porém, explicar que a natureza sempre tenderá a transformações a fim de atingir estados mais estáveis.

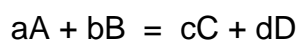
Em um exemplo clássico, podemos considerar uma porção de água no estado sólido (gelo), cujas moléculas ocupam posições bem definidas e podem vibrar dentro do cristal, mas qualquer outro movimento será dificultado pela rigidez do gelo. Se essa porção de gelo recebe energia, as moléculas de água absorvem essa energia e aumentam as suas vibrações provocando a transformação para o estado líquido, em que um número muito maior de movimentos se torna possível (vibrações, rotações e deslocamentos, por exemplo); portanto, a entropia molar da água líquida é maior que a da água sólida. Então, ao fundir um pedaço de gelo (processo endotérmico - absorve calor) a entropia aumenta.

No entanto, se o processo endotérmico faz a energia livre aumentar no sistema, por outro lado, ao alcançar o estado líquido (entropicamente mais favorável) faz a energia livre diminuir e, com isso, podemos dizer que a energia livre de Gibbs (ΔG) é dada pela equação:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

Podemos perceber, então, que em um processo exotérmico ($\Delta H < 0$), que libera energia e que provoca um aumento na entropia (passagem para o estado gasoso, por exemplo) é duplamente favorecido, pois $\Delta G < 0$.

A utilização desses conceitos termodinâmicos no ensino de equilíbrio químico é possível, pois as transformações descritas podem ser físicas ou químicas. No caso das reações químicas, quanto maior a energia livre, maior quantidade dos produtos será produzida. Com isso, numa reação onde:



haverá certa quantidade de produtos e reagentes ([A], [B], [C] e [D]) e um coeficiente do equilíbrio (E) que seria:

$$E = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

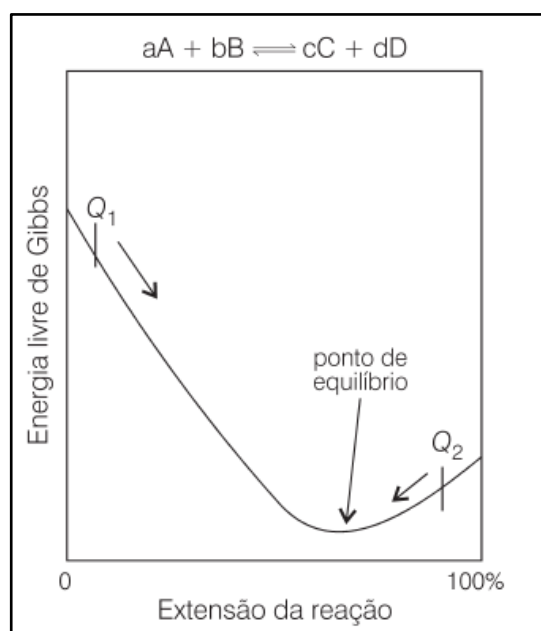
Para determinado valor de E, haverá uma certa quantidade de energia livre (ΔG) que ainda poderá ser liberada e, à medida que a reação química vai acontecendo, haverá uma diminuição no ΔG até se igualar a zero. Nessa situação, todas as propriedades macroscópicas se tornam constantes, portanto E será constante. Nesse ponto, dizemos que E pode ser designado por K, que seria a constante de equilíbrio da reação:

$$K = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Isso nos mostra que, a rigor, a constante de equilíbrio não é apenas uma mera proporção entre produtos e reagentes, mas representa uma situação muito especial, na qual a diferença de energia livre entre produtos e reagentes é nula. (SABADINI e BIANCHI, 2007, p.12)

Graficamente, o equilíbrio químico pode ser demonstrado pela curva de energia livre em função do grau de avanço da reação (caminho da reação %), como nos mostra a figura 3.

Figura 3 – Gráfico ΔG x caminho da reação



Na situação descrita como Q_1 , temos que a energia livre dos reagentes é maior que a dos produtos, portanto teremos uma transformação de reagentes em produtos até que a energia livre seja zero (ponto mínimo da curva). Por outro lado, na situação descrita como Q_2 , se a energia livre dos produtos for maior que a dos reagentes terá o comportamento inverso, como preveem as leis da termodinâmica, tendendo sempre ao menor ponto de energia.

Como a energia livre não pode ser determinada exclusivamente pela quantidade de reagentes e produtos, pois se trata de um conceito bem mais complexo, cada reação terá um ponto de equilíbrio em determinadas extensões da reação. Com isso, algumas terão quantidades maiores de reagentes em relação aos produtos, e outros terão as quantidades de produtos maiores, em comparação com as dos reagentes.

Como podemos ver, a definição de Equilíbrio Químico pode ser demonstrada de maneira muito mais eficiente e precisa pelas leis da termodinâmica e podem colaborar de maneira significativa para a construção do conhecimento químico do estudante de Ensino Médio, porém, necessitaria de uma melhor formação dos professores de Química que tratam do assunto.

Elaborar uma definição de equilíbrio por uma via matemática do desenrolar da cinética química, que também é assunto nos principais vestibulares, parece-nos uma saída fácil e cômoda para os professores, autores e pensadores do ensino médio. Talvez, para dar conta do excesso de conteúdo exigido nesses cursos, conteúdos como os da termodinâmica vêm sendo preteridos nas salas de aula.

Conceitos como esses, embora apresentem um nível de dificuldade maior, colaborariam de maneira intensa com o desenvolvimento da construção do conhecimento químico do aluno e tornariam o ensino de Química muito mais relacionado com o seu cotidiano.

1.4 – Outras análises sobre a analogia

Nos estudos de Química no Ensino Médio o conceito equilíbrio químico apresenta-se de maneira bastante abstrata e é ressaltada por muitos autores que estudaram as dificuldades em sua aprendizagem. Poderíamos mencionar que os aspectos mais abstratos desse tema são, entre outros: sua natureza dinâmica, diferenciar entre situações de não equilíbrio e situações de equilíbrio, a manipulação mental do princípio de Le Chatelier, e tratar com considerações sobre a energia, mesmo sabendo que este último item acaba por não ser abordado na maioria dos livros didáticos brasileiros. Por isso, as analogias foram e vêm sendo muito utilizadas como apoio, no ensino do equilíbrio químico.

A analogia tratada neste trabalho relaciona-se com o conceito de Equilíbrio Químico e considera o fato de que o equilíbrio químico só é alcançado quando as velocidades no sentido direto e inverso se igualam. Ela vem sendo utilizada em sala de aula pelo professor há pelo menos dez anos e tem se mostrando útil ao ensino proposto e resolver os exercícios numéricos voltados para as provas de vestibular. Percebemos um aumento no interesse do aluno ao convidá-lo a entender a analogia, porém, após um estudo mais aprofundado da analogia, verificamos uma série de obstáculos teóricos que são colocados aos alunos com sua utilização.

A partir deste trabalho, podemos fazer uma segunda análise da analogia usada, porém, para isso, apresentaremos simultaneamente as perspectivas apresentadas por Raviolo e Garritz (2008). As analogias estudadas foram classificadas pelos autores inspiradas na classificação proposta por Pereira (1990) e Wood (1975). Segundo Raviolo e Garritz (2008) temos:

- (1) análogos familiares aos alunos;
- (2) jogos;
- (3) experimentos;
- (4) fluxo ou transferência de fluidos;
- (5) máquinas.

Vemos que a nossa analogia se relaciona melhor com a segunda classificação por tratar-se de um jogo bastante simples, porém com uma finalidade bem definida: mostrar a igualdade das velocidades das reações nos dois sentidos do equilíbrio químico. Notamos que a nossa analogia se assemelha bastante com o exemplo de Hambly (1975), Dickerson e Geis (1981) dos dois grupos lançando bolas ou maçãs, onde existe a mesma troca; necessitar-se-ia, porém, de uma boa habilidade por parte do professor e do aluno para ficarem trocando bolas ou maçãs da mesma forma que as canetas.

O trabalho apresenta, em um segundo momento, os aspectos químicos abordados pela analogia e podemos listar os seguintes (RAVILOLO e GARRITZ, 2008, p.14):

- aspecto dinâmico;
- igualdade de velocidades no equilíbrio;
- reversibilidade;
- dedução de uma constante;
- alteração do equilíbrio (e/ou aplicação do princípio de Le Chatelier);
- catalisador em um sistema em equilíbrio.

Nessa análise, podemos verificar os aspectos do equilíbrio químico nas analogias e destacamos: o aspecto dinâmico; igualdade de velocidades no equilíbrio (efeito principal da nossa analogia utilizada); reversibilidade (também analisado); dedução de uma constante; alteração do equilíbrio (e/ou aplicação do princípio de Le Chatelier) e catalisador em um sistema em equilíbrio.

Sabemos que muitos aspectos das analogias podem atrapalhar aprendizagem do aluno e desenvolver conceitos errados, tornando o aprendizado muito mais complicado do que seria normalmente. Nesse sentido o trabalho de Raviolo e Garritz (2008) nos apresenta uma possível terceira análise (p.14):

- (i) A compartimentação do equilíbrio: os reagentes e os produtos se encontram em compartimentos separados, os reagentes geralmente à

- esquerda e os produtos à direita ou vice-versa (ex. Johnstone, Macdonald e Webb, 1977; Gorodetsky e Gussarsky, 1986);
- (ii) A inexistência de uma relação com o nível molecular: a analogia não estabelece uma imagem em nível atômico, molecular ou iônico (Bradley e col., 1990; Nakhleh, 1992);
 - (iii) Confusões geradas com relação à cinética química: não apresenta o modelo de colisões entre partículas, não transmite a ideia de que é necessário acumular certa quantidade de produto para que comece a reação inversa (uma vez iniciada a reação direta, começa a reação inversa e assim sucessivamente) (ex. Bergquist e Heikkinen, 1990);
 - (iv) A ideia de que as concentrações dos reagentes são iguais às dos produtos no equilíbrio químico (ex. Hackling e Garnett, 1985; Huddle e Pillay, 1996); e se o sistema considerado não é fechado (ex. Furió e Ortiz, 1983; Bradley e col., 1990);
 - (v) Se forem geradas confusões entre quantidade e concentração (ou velocidade no caso específico) (ex. Wheeler e Kass, 1978; Furió e Ortiz, 1983);
 - (vi) Fornecem-se imagens antropomórficas (humanização dos objetos) ou animalistas (por exemplo, ao utilizar animais) (ex. Astolfi, 1994).

Voltando à concepção da analogia aqui representada, verificamos que ela apresenta problemas em quase todos os itens descritos na última análise: a possibilidade de uma compartimentalização (o professor é o reagente e o aluno é o produto), inexistência de uma relação com o nível molecular (a ideia da caneta representa bem o dinamismo do equilíbrio químico, porém não mostra nenhuma relação com a reação em nível molecular); a ideia de que as concentrações dos reagentes e produtos sejam iguais no equilíbrio (em algum momento da analogia professor e aluno podem possuir a mesma quantidade, mesmo em equilíbrio) e, ainda, há a possibilidade de confusão entre quantidade e concentração.

Segundo Raviolo e Garriz (2008), as analogias constituem uma estratégia válida para o ensino do equilíbrio químico, devido à complexidade e à abstração do conceito. A natureza reversível da mudança química e a

natureza dinâmica do equilíbrio químico podem ser visualizadas mediante analogias (p.23). A tabela completa do estudo de Raviolo e Garritz (2008) com todas as analogias estudadas e classificadas, estão apresentadas no Anexo 1 deste trabalho.

Embora um bom número de analogias tenha sido estudado quando tratamos de Equilíbrio Químico, a analogia das canetas, especificamente, não apareceu em nenhuma das pesquisas encontradas pela revisão bibliográfica feita.

Ao analisar os estudos de Araújo, Malheiro e Teixeira (2012), vemos que se fazem necessárias maiores discussões sobre o uso de analogias nas situações que envolvem o ensino e a aprendizagem de conceitos científicos. Assim como os autores, também acreditamos que sua função, utilidades, vantagens e desvantagens ou, ainda, as formas de exploração mais efetivas, necessitam de estudos com maior profundidade.

Acreditamos, também, que o professor, ao utilizar estratégias didáticas envolvendo analogias, precisa estar consciente dos limites e das possibilidades que esses recursos propiciam. Além disso, é importante que esteja atento e aberto a conflitos, dúvidas, imprevistos e desafios que poderão surgir no percurso das atividades que serão desenvolvidas na sala de aula, e saber lidar com elas, tendo em vista que envolverão e implicarão uma mudança metodológica. (ARAÚJO, MALHEIRO e TEIXEIRA, 2012, p. 7).

1.5 - Elaboração conceitual na perspectiva histórico cultural.

Nascido em Orsha, hoje Bielorrússia, Lev Semionovich Vygotsky desenvolveu o seu trabalho na já extinta União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, trabalho esse que foi interrompido com a sua morte, em 1934. Machado (1999) nos mostra que esse fato é fundamental, pois nos coloca diante de uma obra aberta. Vygotsky parece dizer-nos que não há, pelo menos para ele, uma solução final para o projeto intelectual a que se propôs, a saber, entender a natureza da consciência humana, cuja palavra-chave para

compreensão, relaciona a linguagem e o pensamento à completa vida social do homem. (MORATO, 1996, p.138).

Essa teoria tem sido referência para muitos estudos em Educação e a sua contribuição para o entendimento da formação social da pessoa habilita-a como uma concepção de homem e de mundo a ponto de fundamentar a concretização de uma prática pedagógica que nos leva a compreender que educar é um ato político, ético e moral, enraizado numa cultura constituída historicamente por um processo de aprendizagem de múltiplas mediações (VIGOTSKI, 1998; VIGOTSKI; LURIA e LEONTIEV, 2001; TOMASELLO, 2003).

A tese central da abordagem de Vygotsky baseia-se em que as relações dos homens com o mundo não são relações diretas e sim relações mediadas. A transformação do mundo material, mediante o emprego de ferramentas, estabelece as condições da própria atividade humana e sua transformação qualitativa em consciência. A atividade do homem é um pressuposto dessa transformação e, ao mesmo tempo, o resultado dela. Por isso, podemos usá-la como inspiração para uma análise das relações entre a construção do conhecimento químico e da interação verbal em sala de aula.

Nos estudos de Fichtner (2010), vemos que Vygotsky entende a mediação através de instrumentos e símbolos, onde os instrumentos são elementos externos ao indivíduo e construídos fora dele; sua função é provocar mudança nos objetos, controlar processos da natureza. Os signos, por sua vez, também chamados por Vygotsky de "instrumentos psicológicos" são orientados para o próprio sujeito, para dentro do indivíduo; dirigem-se ao controle de ações psicológicas, seja do próprio indivíduo, seja de outras pessoas.

Os instrumentos têm uma função mediadora, são mediadores entre a atividade do sujeito e o objeto. Um meio faz parte do sujeito, as suas origens foram construídas pela atividade do sujeito, mas, ao mesmo tempo, diferenciam-se do sujeito porque, numa certa perspectiva, o meio é também parte do objeto, espelha certas qualidades destes objetos com os quais tem uma relação, permite uma relação dinâmica entre o homem e a natureza, entre o trabalho humano e a modificação social, e ambiental. (FICHTNER, 2010, p.17).

Segundo Vygotsky (1984):

A invenção e o uso de signos como meios auxiliares para solucionar um dado problema psicológico (lembrar, comparar coisas, relatar, escolher etc.) é análoga à invenção e uso de instrumentos, só que agora no campo psicológico. O signo age como um instrumento de atividade psicológica de maneira análoga ao papel de um instrumento no trabalho.

Ao longo da evolução da espécie humana, como também do desenvolvimento de cada indivíduo, ocorre, entretanto, uma mudança qualitativa e fundamental no uso dos signos. A utilização de marcas externas vai transformar-se em processos internos de mediação no uso dos signos. Esse processo é reconhecido por Vygotsky como processo de construção das funções superiores e esse mecanismo é chamado por ele de “o mecanismo de internalização” (FICHTNER, 2010, p.19).

Machado (1999) nos mostra que o processo de elaboração dos conhecimentos é concebido como uma produção simbólica e material e constitui-se na dinâmica interativa das relações sociais, envolvendo a linguagem e o funcionamento interpessoal, ou seja, é na interação com o outro que se constitui o sujeito e que se dá a elaboração conceitual, sendo o processo de conceitualização concebido como prática social dialógica (mediada pela palavra) e pedagógica (mediada pelo outro) (FONTANA, 1996, p.3)

Com isso, a perspectiva histórico-cultural vem propor uma problematização de aspectos relacionados com os processos de significação, com a questão da linguagem e da subjetividade. (SMOLKA, 1997).

Essa movimentação interativa envolve os sujeitos, mediada por outro(s) e o objeto de conhecimento; na concepção construtivista, no entanto, a interação considerada é a relação entre o sujeito e o objeto de conhecimento. Esse deslocamento propõe uma mudança na forma de olhar para a sala de aula, pois destaca a questão da mediação do outro no processo de construção de conhecimento. (MACHADO, 1999, p.51).

O papel de mediador do outro destaca-se, não só na construção do conhecimento, mas, fundamentalmente, na constituição do sujeito; essa constituição ocorre, inicialmente, através da incorporação pela criança, das atitudes e hábitos da experiência humana. (MACHADO, 1999, p.51)

Num exemplo de Vigoski citado em Góes (1993) vemos:

Inicialmente, diante de um objeto inacessível, a criança apresenta os movimentos de pegar e agarrar. Esses movimentos são naturalmente interpretados por um adulto e, através deste o objeto é “alcançado” pela criança. Com isso os movimentos das crianças afetam o outro e não o objeto diretamente. A atribuição de significado que o adulto dá a ação da criança permite que esta passe a transformar o movimento de agarrar em gesto de apontar. O gesto forma-se pela mudança de função e estrutura dos movimentos, que deixam de conter os movimentos de agarrar. Uma ação dirigida ao objeto transforma-se num sinal para o outro agir em relação ao objeto. E o gesto, com o seu caráter comunicativo, é criado na interação. Deste modo a criança passa a ter controle de uma forma de sinal (ainda que rudimentar) a partir das relações sociais. (p. 41).

Ao pensar sobre o papel do professor como mediador no processo de aprendizagem, verificamos que ele atua e realiza o seu papel social não só com o seu conhecimento em determinadas áreas, mas, sobretudo, pelos efeitos que produz como personagem da construção do conhecimento do seu aluno. Ele representa um modelo vivo e dinâmico entre o conhecimento e a sua relação pessoal com o que é conhecimento, com a sua atitude pessoal com ele.

Tendo considerado isso, podemos admitir que o desenvolvimento da criança se estabelece no plano da interação. Vygotsky chama esse processo de “gênese das funções intrapsicológicas”, a partir do social ou funções interpsicológicas. O processo de internalização implica uma reconstrução individual das formas de ação realizadas no plano intersubjetivo, podendo, assim, permitir uma contínua e dinâmica configuração do funcionamento individual e apontando para questões relacionadas com o sujeito. Nesse

movimento, a criança vai aprendendo a organizar os seus próprios processos mentais e suas ações por palavras ou outros processos. (MACHADO, 1999, p. 52).

No entanto, embora sendo um conceito central dentro da obra de Vygotsky, vários autores indicam a necessidade de uma discussão mais aprofundada sobre a internalização. (GÓES, 1992; PINO, 1992; SMOLKA, 1992).

Tratada por autores cognitivistas, segundo Smolka (1997), a internalização relaciona-se com a constituição do sujeito cognitivo, ou seja, aquele que realiza operações lógicas e processa informações; constrói conceitos claros mediante estratégias ativas de formação e comprovação de hipóteses, cuja evolução se poderia descrever em termos de estruturas cada vez mais poderosas e reversíveis. (SMOLKA, 1997).

De maneira oposta, a contribuição de Vygotsky propõe um sujeito semiótico, cultural, constituído na sua relação com o mundo exterior, um homem produzido nas relações sociais, situado histórica e culturalmente, definido pela emergência do signo e por uma consciência que se caracteriza pela natureza semiótica, forjada necessariamente na e pela linguagem. (SMOLKA, 1997, p. 36).

A capacidade cognitiva desse sujeito é caracterizada, então, pela mediação, pelo signo e pelo outro. Destacamos, também, que essa mediação não necessariamente trata de um ente físico presente, mas sim do resultado de experiências vividas em outros e diferentes modos e contextos. (GÓES, 1997).

De maneira mais ampla, vemos três pressupostos centrais no pensamento de Vygotsky: 1- as funções psicológicas oriundas de uma atividade cerebral de fundo biológico, 2 - a consciência adquirida por meio das atividades sociais e, também, a relação do indivíduo com o mundo, portanto historicamente constituída e 3 - mediada por sistemas simbólicos (OLIVEIRA, 1997).

Em Oliveira,

Um conceito central para compreendermos o fundamento sócio-histórico do funcionamento

psicológico é o conceito de mediação, que nos remete ao terceiro pressuposto vygostkyano: a relação do homem com o mundo não é uma relação direta, mas uma relação mediada, sendo os sistemas simbólicos os elementos intermediários entre o sujeito e o mundo. Esses sistemas simbólicos são estruturas complexas e articuladas que se organizam por meio de signos e instrumentos, estes últimos chamados elementos mediadores. (OLIVEIRA, 1997, p.24).

Então, de acordo com o autor, os elementos mediadores propõem mais uma característica nas relações entre o sujeito e seu meio, tornando-as mais complexas.

Os sistemas simbólicos responsáveis pela mediação entre o homem e o mundo e, dentre esses sistemas simbólicos, destaca-se a linguagem, uma vez que, segundo Vigotski (1998), “*As palavras são sistemas simbólicos imbuídos de significados*” (VIGOTSKI, 1998).

Tomasello (2003) nos mostra que a linguagem é uma herança cultural cumulativa que se aperfeiçoa com o tempo, pois acumula valores simbólicos constituídos coletivamente. É uma ferramenta que nasce entre todas as outras manifestações culturais do ser humano, que se manifesta pelo sentido e significado das palavras e é estabelecida por meio da convenção humana. Com isso, pode-se entender que a linguagem é um produto cultural, constituído pelo ser humano e por ele desenvolvido, no decorrer do tempo.

Essa situação leva-nos a entender a linguagem como uma manifestação cultural carregada de simbolismos constituídos historicamente, que traz consigo toda a experiência vivida pelo sujeito sendo, portanto, fruto de infinitas possibilidades.

Para Vygotsky, a principal função da linguagem é a comunicação: A função da linguagem é comunicativa. A linguagem é, antes de tudo, um meio de comunicação social de enunciação e de compreensão. (VIGOTSKY, 2001 p. 11). Essa atribuição está presente, também, nos animais que a usam para comunicar algum tipo de sentimento, sensação de dor entre outras, porém não a usam para transmissão de ideias.

Outra função da linguagem em Vygotsky é a sua fusão com o pensamento que se denomina generalização. Vemos essa função como a principal constituinte da diferença entre a linguagem associada aos animais e aquela associada aos humanos. A fusão entre pensamento e palavra se dá em determinada fase do desenvolvimento; segundo Vygotsky, ao longo da evolução do pensamento e da fala, tem início uma conexão entre ambos, que depois se modifica e se desenvolve. (1998, p.103).

Quando se relaciona com a construção dos conceitos científicos, a perspectiva histórico-cultural assume que os processos psicológicos emergem, relacionados com os modos de vida dos indivíduos em interação, considerando que a linguagem e a cognição constituem-se mutuamente (SMOLKA, 1997) e a relação pensamento-linguagem está bem estabelecida na teoria de Vygotsky, pelo fato de que não há possibilidades integrais de conteúdos cognitivos ou domínios do pensamento fora da linguagem, nem possibilidades integrais de linguagem fora dos processos interativos humanos. (MORATO, 1996, p. 9).

A formação de conceitos resulta de uma atividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à inferência ou às tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção a solução do problema que enfrentamos (VIGOTSKI, 2008, p. 72).

Em Vygotsky também vemos a presença de dois conceitos distintos que aparecerão o tempo todo no nosso trabalho que são o Conceito Cotidiano (ou espontâneo) e Conceito Científico.

Ao primeiro podemos atribuir o aprendizado do sujeito durante toda a sua experiência de vida, pois, mesmo antes de frequentar a escola a criança já elabora os seus próprios conceitos e esses se formam espontaneamente, com as relações efetivas do sujeito com os objetos, mediadas sempre por um terceiro; fazem, portanto, parte do seu histórico no qual também se incluem a formação das palavras e seus significados.

Conceitos espontâneos (cotidianos) originam-se da experiência concreta e cotidiana das crianças e referem-se àqueles conceitos construídos a partir da sua observação, manipulação e vivência direta. Por exemplo, a partir de seu dia a dia, a criança pode construir o conceito gato. Esta palavra resume e generaliza as características desse animal - o tamanho, a raça, a cor não importa. (FICHTNER, 2010, p.29)

Já os Conceitos Científicos são aqueles elaborados na escola de maneira sistematizada, mas que necessitam da elaboração de uma linguagem própria, a reinterpretação do primeiro pelo segundo é que vai ser responsável pela reestruturação da vida cotidiana do sujeito, cabendo a ele transformá-la ou não.

Os conceitos científicos estão organizados em sistemas consistentes de inter-relações, implicam uma atitude metacognitiva, isto é, de consciência e controle deliberado por parte do indivíduo, que domina seu conteúdo no nível de sua definição da sua relação com os outros conceitos. Conceitos científicos como “generalizações de generalizações” apresentam um tipo novo e superior de pensamento. Esse tipo, portanto, não se baseia em uma ligação fundamentalmente nova com o mundo dos objetos, mas em uma reconceitualização do conhecimento existente.

Segundo Vygotsky, embora os conceitos científicos e espontâneos se desenvolvam em direções opostas, os dois processos estão intimamente relacionados. É preciso que o desenvolvimento de um conceito espontâneo tenha alcançado certo nível, para que a criança possa construir um conceito científico correlato. Por exemplo, os conceitos históricos só podem começar a desenvolver-se, quando o conceito cotidiano que a criança tem do passado estiver suficientemente diferenciado, ou seja, quando a sua própria vida e vitalidade dos que a cercam puderem adaptar-se à generalização elementar “no passado e agora”; os seus conceitos geográficos e sociológicos devem desenvolver-se a partir do esquema simples aqui e em outro lugar.

Ao forçar a sua lenta trajetória para cima, um conceito cotidiano abre o caminho para um conceito científico e seu desenvolvimento descendente, criando uma série de estruturas necessárias para a evolução dos aspectos mais primitivos e elementares de um conceito que lhe dá corpo e vitalidade. Os

conceitos científicos, por sua vez, fornecem estruturas para o desenvolvimento ascendente dos conceitos espontâneos da criança em relação à consciência e ao uso deliberado. Os conceitos científicos desenvolvem-se para baixo, por meio dos conceitos espontâneos; os conceitos espontâneos desenvolvem-se para cima, por meio dos conceitos científicos (VYGOTSKY, 1989, p. 93).

A experiência prática nos mostra, também, que o ensino direto de conceitos é impossível e infrutífero. Um professor que tenta fazer isso, geralmente, não obtém qualquer resultado, exceto o verbalismo vazio, uma repetição de palavras pela criança, semelhante à fala de um papagaio, que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade oculta um vácuo. (VYGOTSKY, 2008, p. 104).

O uso de modelos e analogias como auxiliares na construção do conhecimento científico, a partir de uma medição simbólica proposta por Vygotsky, pode permitir uma relação entre o conceito cotidiano (constituente da perspectiva histórico-cultural do aluno) e o conceito científico (discutido pelo professor e objeto em sala de aula).

As analogias podem comportar-se como estratégias de interação verbal que promovem, antes de tudo, uma aproximação do professor e do seu conteúdo científico com o seu aluno, pois consideram seus aspectos sociais e históricos, sendo que “a aprendizagem é resultado de alguma interação social e provoca um desenvolvimento cognitivo no sujeito”. (MOREIRA, 2011, p.38).

É papel do professor, promover seus alunos da posição onde se encontram em relação ao conhecimento e fazê-los avançar, construindo conceitos científicos elaborados e sistematizados historicamente, a fim de que possam munir-se de instrumentos para transformar os conceitos cotidianos, que foram e vão se formando ao longo da existência, nas condições concretas da vida social.

Podemos entender que conceitos cotidianos (Vygotsky, 2000) fazem parte dos gêneros de discurso primários estudados por Bakhtin (2010, p. 282) os quais “nos são dados quase da mesma forma como é dada a língua materna”. Assim, imersos nesse ambiente, os sujeitos fazem uso deles, em diferentes contextos, dando contornos livres ao discurso em diferentes formas

de gênero, com o uso da linguagem cotidiana. Notamos, nesse caso, o uso espontâneo, inconsciente pela convivência com o outro.

Já os conceitos científicos, por sua vez, apresentam-se ao sujeito pela sua definição verbal, com o seu uso de maneira não espontânea; a palavra química, por exemplo, na sala de aula, é traduzida pelo professor. Góes e Cruz (2006, p. 35) nos mostram que tais conceitos “tornam-se acessíveis principalmente nas relações escolarizadas, pela mediação deliberada e explícita de um adulto que visa à aquisição pela criança de conhecimentos sistematizados”.

O desenvolvimento do conceito científico de caráter social produz-se nas condições do processo de instrução, que constitui uma forma singular de cooperação sistemática do professor com o aluno (Padilha 2013, p.58). A singular cooperação entre a criança e o adulto é o aspecto crucial do processo de instrução, junto com os conhecimentos que lhes são transmitidos segundo um determinado sistema. (Vygotsky, 1997, p. 183).

Em Bakhtin (2010), as analogias classificam-se como integrantes do gênero secundário do discurso, o qual, segundo o autor, mostra-se mais elaborado, emergente num convívio cultural mais complexo e organizado. Tais condições por sua vez, corroboram o uso de conceitos científicos propostos por Vygotsky (2000).

Vygotsky (2000) usa um modelo para exemplificar o processo de formação de conceitos cotidianos e dos conceitos científicos, associando essa relação com o aprendizado da língua materna e da língua estrangeira, respectivamente. Segundo o autor, o aprendizado da língua materna ocorre desde o nascimento da criança, enquanto o da língua estrangeira ocorre na escola mediante espaços organizados. Com isso, a criança faz uso da língua materna antes, sem uma organização gramatical ou estrutural, enquanto que na língua estrangeira, no ambiente escolar, se dá exatamente o contrário: a criança inicia o seu aprendizado com as regras estruturais e gramaticais de maneira intencional, ou seja, inicia o aprendizado pela necessidade da tomada de consciência.

Vygotsky (2000) refere-se de maneira especial à importância do elo entre as duas formas de formação de conceitos: a cotidiana e a científica. Ambas ocorrem em sentidos opostos, mas uma não anula a outra, pelo contrário, podem se cruzar várias vezes, fundir-se, separar-se, ou até andar lado a lado, paralelamente. Tomamos como importante que, nesse processo de formação conceitual, um enriquece o outro. Como podemos ver em Góes e Cruz

Os conceitos científicos, que no início de seu desenvolvimento são esquemáticos e desprovidos de riqueza advinda da experiência, ganham vitalidade e concretude em sua relação com os conceitos espontâneos. Por outro lado, as características do processo de construção dos conceitos científicos transformam os espontâneos em termos de sistematicidade e reflexividade (GÓES e CRUZ, 2006, p. 35).

Na perspectiva histórico-cultural, o conceito é generalização, os conceitos cotidianos formam-se na prática com a comunicação direta com as pessoas, porém os conceitos científicos desenvolvem-se durante o processo de assimilação do sistema de conhecimentos que se ensinam aos alunos, sendo, portanto aprendidos na escola. A elaboração conceitual conduz à melhor elaboração dos níveis de pensamento científico que, por sua vez, refletem no desenvolvimento do pensamento cotidiano, exercendo papel importante na instrução na vida do estudante.

A palavra, signo por excelência, é fator central no entendimento do surgimento de formas mediadas de ação e da origem da ação individual, transformando-se em mediadora da elaboração dos conceitos por parte dos sujeitos.

Com isso, podemos perceber que cada palavra possui um sentido e uma simbologia próprios em cada indivíduo, porém ela é capaz de possuir pelo menos um significado estável entre as pessoas, sem o qual seria impossível a comunicação. Em especial, no ensino de Química, que é uma ciência de conceitos abstratos, cujos termos raramente estão no uso cotidiano dos alunos, o desenvolvimento de uma linguagem própria transpassa a ideia de delimitar esses significados estáveis nos conceitos necessários.

Tratando dos conceitos cotidianos, formados no contato com o objeto, a palavra media esse contato dentro de um sistema de generalizações possíveis, relacionada com a própria experiência com o que se evoca e com o que se percebe. Já o conceito científico é formado ao inserir-se em relações de nível de generalidade, num sistema organizado hierarquicamente, sendo, então, considerado sistematizado. (GÓES, 1997).

Bakhtin, na sua Teoria da Enunciação, considera as interações verbais orais e escritas, relacionando-as com as condições concretas de vida, levando em consideração a elaboração e a transformação sócio-histórica da língua (SMOLKA, 1988). Bakhtin considera a linguagem, assim como Vygotsky, em sua dimensão constitutiva. Como ponto fundamental a ser utilizado no nosso trabalho, vemos que é no discurso e pelo discurso que os conhecimentos são elaborados.

Como uma unidade de análise, Bakhtin propõe a utilização do que ele denomina “enunciação”. Enunciação é o produto do ato de fala e não pode ser considerado individual no sentido estrito do termo. A enunciação

É determinada da maneira mais imediata pelos participantes do ato de fala, explícitos ou implícitos, em ligação com uma situação bem precisa: a situação da forma a enunciação, impondo-lhes esta ressonância e não aquela, por exemplo, a exigência ou a solicitação, a afirmação de direitos ou de prece pedindo graça, um estilo rebuscado ou simples, a segurança ou a timidez, etc. A situação e os participantes mais imediatos determinam a forma e os estilos ocasionais da enunciação. Os estratos mais profundos a sua estrutura são determinados pelas pressões sociais mais substanciáveis e duráveis a que está submetido o locutor. (BAKHTIN, 1992, p.114).

Ainda em Bakhtin vemos:

Enquanto um todo, a enunciação só se realiza no curso da comunicação verbal, pois o todo é determinado pelos seus limites, que se configuram pelos pontos de contato de uma determinada enunciação com o meio extraverbal e verbal (isto é, as outras enunciações (BAKHTIN, 1992, p.109).

O entendimento dialógico para a significação e a construção dos sentidos na abordagem de Bakhtin é fundamental. O dialogismo constitui uma necessidade para perceber todas as categorias radicadas na linguagem e todo o aspecto da vida humana está assim edificado, segundo Clark e Holquist (1998).

Não podemos analisar as enunciações, de um único ponto de vista, o do locutor, pois também se faz essencial essa análise na perspectiva do interlocutor, presente ou não. O próprio Bakhtin diz:

Todo signo, como sabemos, resulta de um consenso entre indivíduos socialmente organizados no decorrer de um processo de interação. Razão pela qual, as formas dos signos são condicionadas, tanto pela organização social de tais indivíduos como pelas condições em que a interação acontece. Uma modificação destas formas ocasiona a modificação do signo. (BAKHTIN, 1992, p.44)

Outra concepção proposta por Bakhtin, fundamental na compreensão do processo de enunciação, é a ideia de vozes. Muito mais do que o som propagado na fala, ela compreende um fenômeno muito mais amplo em relação ao sujeito envolvido e de suas visões de mundo.

A dialogia envolve um encontro de vozes que se realiza e acontece de diversos modos: seja no diálogo face a face seja no inescapável, constitutivo 'concerto polifônico' quando, nas palavras que falamos, ressoam as palavras dos outros. (SMOLKA, 1993, p.10).

A construção do entendimento está, portanto, relacionada com as muitas formas como duas ou mais vozes entram em contato. Isto quer dizer que, numa sala de aula, as vozes do livro didático, do professor, dos colegas, das experiências e do senso comum encontram-se e confrontam-se. (MACHADO, 1999, p. 59).

Vemos, então, que não existe compreensão passiva; o que é compreendido relaciona-se, indissociavelmente, com a resposta e é a resposta que favorece a compreensão de maneira ativa, dinâmica e interessada. Com

isso, o processo de compreensão desencadeia uma série de inter-relações complexas.

O entendimento que buscamos com este estudo é o de que, para aprender química, é preciso que o estudante consiga apropriar-se e significar a linguagem química e, como se trata de construir conceitos estruturados e sistematizados, devem ser sempre mediados pelo professor. Com isso, entendemos que o processo de pensamento químico pode ser associado ao processo de significação de Vygotsky. Nas suas palavras: “o significado da palavra só é um fenômeno de pensamento na medida em que o pensamento está relacionado à palavra e nela materializado, e vice-versa” (VYGOTSKY, 2000, p. 398). Não é possível pensar sem palavras, pois, “o pensamento não se exprime na palavra, mas nela se realiza” (p. 409).

Para que o estudante se aproprie de conceitos químicos é preciso que ele signifique as palavras químicas e, assim, faça um uso consciente da linguagem química. Entendemos com Wenzel (2013, p. 61) que, por sua vez, se baseia em Geraldini (2010), ainda nas ideias de Bakhtin, que o uso consciente da linguagem consiste em tornar seu, pela interação com o outro, o que é social. E, com base em Vigotski (2000), pensamos que o uso consciente dos conceitos químicos propicia aos estudantes a oportunidade formarem o seu próprio pensamento químico, ressignificando conceitos anteriormente existentes e atingindo níveis mais complexos de generalização.

Entendemos, então, não ser possível a construção de conceitos científicos sem a utilização da linguagem, e que é a partir da linguagem cotidiana e pela mediação, que esses conceitos são adquiridos.

Pensando nisso, passamos a olhar os estudos de Analogias como uma possibilidade de aproximação do mediador com o aluno, talvez não de aproximação do conceito científico com o conceito cotidiano, já adquirido por aquele, mas sim da possibilidade de uma interação verbal mais intensa, em que a participação do estudante também se daria de uma maneira mais intensa. Cabe ao mediador ponderar os seus benefícios e seus problemas conceituais e definir a real utilidade dessa ferramenta.

CAPÍTULO 2 - Procedimentos metodológicos

Este trabalho tem o objetivo de observar os limites e as contribuições do uso de analogias na construção do conhecimento químico, sob a ótica de abordagem histórico-cultural. Contudo, percebemos que só seria possível uma análise desses limites e contribuições, se elaborássemos uma estratégia de observação das possibilidades do uso de analogias, como das contribuições que, efetivamente, podem ser atribuídas a ela, e quais são os seus resultados na construção dos conceitos químicos, em alunos do ensino médio.

Notamos, também, que a análise da presença da mediação do professor no momento da apresentação da analogia, seria de fundamental importância para o trabalho, pois o referencial teórico em questão nos aponta para uma necessidade desse entendimento e colabora para certas possibilidades que serão discutidas neste trabalho.

As impressões iniciais geradas pelo uso de analogias nos mostra que elas são extremamente úteis na apresentação de conceitos científicos, porém uma série de limitações pode prejudicar o resultado esperado, desviando o foco do aluno para a própria analogia, sem propriamente associá-la com o conceito químico, alvo do estudo em questão.

Foram feitas as gravações em áudio das aulas em que foi utilizada a analogia das canetas, associada às velocidades das reações no equilíbrio químico. Essas gravações foram transcritas e suas transcrições foram analisadas sob dois eixos: A primeira análise trata das propriedades, limitações e contribuições da analogia em questão, enquanto a segunda trata da mediação do professor, no momento em que usa a analogia. Com as gravações e as transcrições, também foi possível captar as falas dos alunos e do professor para um melhor entendimento da interação entre eles e, com isso, analisar tanto a analogia quanto a mediação.

Após cada aula, foi aplicado um teste com os alunos, cuja finalidade era verificar qual a amplitude (com os alunos) da estratégia da aula e se o conceito científico abordado com a analogia fora propriamente construído pelo estudante.

O teste consistia de cinco questões sendo que as quatro primeiras faziam apenas um reconhecimento dos conceitos químicos especificamente abordados pela analogia, enquanto a última questionava o aluno sobre a necessidade da utilização da analogia na sua construção do conhecimento da aula. Vale ressaltar que o teste foi proposto com uma pontuação a ser recebida pelos alunos (como bonificação de atividade), o que se fez na tentativa de que os alunos encarassem de maneira séria o teste. Por se tratar de uma sala bastante agitada, a possibilidade de os alunos simplesmente não responderem o teste ou mesmo responderem com brincadeiras seria muito grande.

As transcrições e os testes aplicados nos deram a possibilidade de uma interpretação a partir do referencial teórico utilizado e a possibilidade de verificar qual teria sido a abrangência da construção do conhecimento químico na presença da analogia.

Pensamos que as respostas dos alunos poderiam nos levar a um melhor entendimento da contribuição da analogia nessa construção, pois, embora o aluno pudesse afirmar que a analogia era muito útil na aquisição do conhecimento, como nos permite ver a última questão, as quatro questões anteriores nos mostram se o conhecimento desejado foi realmente construído pelo estudante.

Essas gravações e transcrições foram feitas no sentido de facilitar a análise da participação dos alunos, no momento da aplicação das analogias. Entendemos que a distância entre professores e alunos pode ser diminuída com a aplicação de um conceito que é de domínio de ambos, ou que, pelo menos, pode ser discutido de forma concreta do ponto de vista da observação deles. Sob esse aspecto, a analogia se propõe a cumprir um papel de aproximação do abstrato com o concreto, do científico com o cotidiano, do imaginário com o real e, finalmente, do professor com o aluno.

A analogia das canetas é parte do desenvolvimento da aula de equilíbrio químico, que consta do conteúdo aplicado ao segundo ano do ensino médio.

Esse experimento foi apresentado em uma sala de aula com 33 (trinta e três) alunos do segundo ano do ensino médio diurno, uma das salas mais falantes de uma escola particular com material apostilado, de uma cidade de aproximadamente 120 mil habitantes no interior do Estado de São Paulo. São adolescentes com idade, em geral, de 15 a 16 anos, de classe média-alta,

frequentando a escola no período matutino e com eventuais atividades no período da tarde.

Para chegarmos ao momento da aplicação da analogia em estudo, foi desenvolvido anteriormente um trabalho que começa em cinética química, na qual se discute, por ordem cronológica: 1 – Velocidade média de consumo e produção bem como da reação e suas relações. 2 – Teoria das colisões, em que desenvolvemos a parte energética das reações, relacionando-a com o conceito de variação de entalpia, formação do complexo ativado e como se comporta a velocidade da reação de acordo com a energia de ativação. 3 – Fatores influenciadores da velocidade das reações (pressão, concentração, superfície de contato e catalisador). 4 – Lei da velocidade e ordem das reações. Nota-se que este último é de vital importância para o desenvolvimento do conceito de equilíbrio químico feito pela abordagem cinética, pois é a partir dele que conseguiremos deduzir a fórmula da constante de equilíbrio e dar uma base matemática ao conceito.

Nesse momento, cabe ressaltar que outras abordagens sobre Equilíbrio Químico poderiam ser utilizadas para esse fim, como a que foi discutida no capítulo 1 deste trabalho, por exemplo. O excesso de conteúdo e o pouco tempo para o desenvolvimento exigem de professores e alunos que essa abordagem seja feita da maneira a mais rápida possível e cumpra com os requisitos exigidos pelos vestibulares.

Para o desenvolvimento da Cinética Química, normalmente precisamos de aproximadamente 10 aulas de quarenta e cinco minutos, incluindo, nesse tempo, além das aulas expositivas (60%), também a resolução dos exercícios propostos pelo material (40%), primeiro por parte dos alunos e, posteriormente, com a correção pelo professor.

Após os estudos de Cinética Química, começamos a desenvolver o conceito de Equilíbrio Químico e partimos, inicialmente, para a definição do estado de equilíbrio onde a reação química se apresenta de forma estática sem nenhum indício de atividade química, seja pela manutenção da temperatura, pela inexistência da produção de gás ou mesmo pela ausência da mudança de cor.

Com a necessidade da definição da constante de equilíbrio, passamos por algumas definições elementares como as de que as concentrações de

reagentes e produtos são constantes e não iguais, devido ao fato de as velocidades em ambos os sentidos serem iguais e, posteriormente, constantes.

A analogia das canetas tem por objetivo mostrar que as velocidades no equilíbrio químico são iguais e constantes tanto no sentido direto da reação quanto no sentido inverso dela. Esse conceito mostra-se bastante abstrato para o aluno, pois o número de informações colocadas, associadas e dependentes, à sua disposição é grande e isso aumenta a dificuldade desse entendimento.

Na verdade, o que a analogia busca, com o fato de a quantidade de canetas poder ser variável, é a presença de várias possibilidades de concentração e das velocidades no equilíbrio. Isso se dá, pois a velocidade com que o professor passa as canetas para o aluno é a mesma com que o aluno as devolve para o professor, associando, assim, com o que acontece na definição de Equilíbrio pela cinética Química.

Cabe lembrar, também, que, conhecendo as limitações desse tipo de recurso didático, temos a intenção de mostrar ao aluno apenas as relações entre as concentrações dos reagentes e produtos e as velocidades no sentido direto e no sentido inverso da reação. Em nenhum momento procuramos representar todo o conceito de Equilíbrio Químico por ela, até porque esse conceito químico é extremamente complexo e necessitaria de muitos outros conceitos semelhantes para compô-lo. Entendemos que as analogias empregadas em determinados conceitos são úteis em apenas em alguns aspectos do desenvolvimento deles, porém esses aspectos têm um caráter fundamental na compreensão total por parte do aluno.

Neste caso específico, a analogia poderá ser resgatada na explicação, cada vez que o assunto taxa¹ iguais de reação vier à tona dentro da sala de aula, por exemplo: Ao estudar o deslocamento de equilíbrio pelo princípio de Le Chatelier, tratamos de um aumento da taxa de reação em determinada direção (direto ou inverso). Com o aumento dessa velocidade em um dos sentidos, haverá necessariamente um aumento na quantidade, seja dos produtos ou dos reagentes, dependendo do sentido do deslocamento; esse deslocamento, porém, é seguido de maior produção dos componentes do sentido oposto,

¹ Aqui neste trabalho consideramos taxa de reação e velocidade de reação como sinônimos.

levando a um aumento da velocidade no sentido contrário, caminhando, então, para o novo equilíbrio.

Isso pode ser verificado na analogia das canetas, uma vez que, mostrando aos alunos o aumento da velocidade da transferência das canetas de um para o outro, haverá um acúmulo de canetas maior com a outra pessoa.

Para explicitar bem qual é a intenção da comparação análoga a ser feita, podemos verificar as quatro primeiras questões que propusemos aos alunos logo após a aula onde se trabalhou analogia.

Questão 1 – Qual a situação das concentrações dos produtos e reagentes no início ($t = 0$) da reação?

Com essa pergunta procuramos identificar se o aluno compreende quando se dá o início do experimento proposto em aula e que, apenas depois de algum tempo é que o equilíbrio se estabelecerá na reação.

Questão 2 - Como elas (as concentrações de reagentes e produtos) se desenvolvem no decorrer da reação?

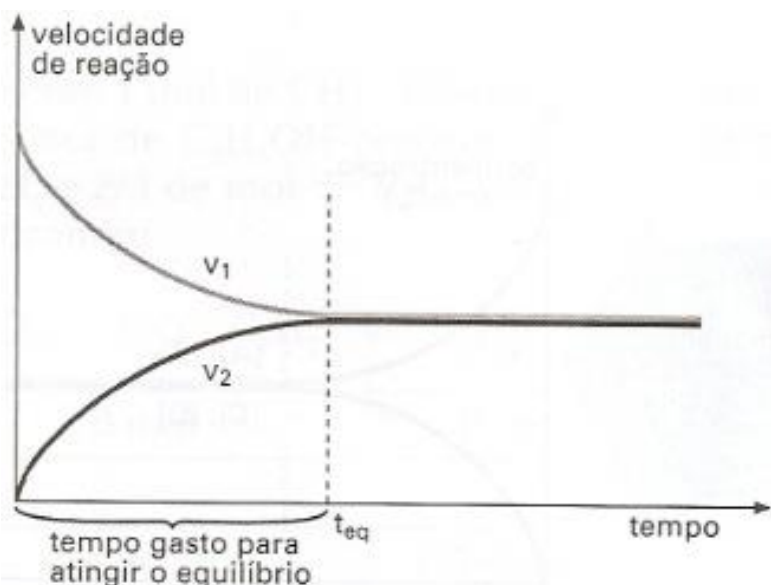
Aqui procuramos identificar se o estudante percebe que o equilíbrio químico é uma situação que vai se constituir num determinado momento da reação, que as quantidades iniciais dos reagentes diminuem e a quantidade inicial dos produtos (zero) aumenta. Com essa conclusão podemos associar as velocidades da reação (sentido direto e inverso) definidas no estudo anterior de cinética como sendo para uma reação genérica: $aA + bB = cC + dD$ temos a taxa de reação no sentido dos produtos como sendo: $v = k_1 \cdot [A]^a \cdot [B]^b$, onde a e b são os coeficientes estequiométricos dos compostos A e B na reação e K_1 é a constante de velocidade da reação. Já no sentido inverso temos que $v = k_2 \cdot [C]^c \cdot [D]^d$.

Questão 3 – Em que momento uma reação entra em equilíbrio?

Como a ideia de equilíbrio é o foco principal dessa aula, o momento em que se estabelece o equilíbrio é fundamental para o entendimento do conceito, pois neste momento os gráficos (Figura 4) representados na lousa mostram as velocidades no sentido direto e inverso tornando-se iguais, ao mesmo tempo em que as concentrações de reagentes e produtos se tornam constantes. Nota-

-se, também, que após as velocidades se tornarem iguais elas também se tornam constantes, dando origem ao conceito de equilíbrio.

Figura 4 – Gráfico Velocidade x Tempo (semelhante ao proposto em aula)



Questão 4 – Explique o motivo pelo qual as concentrações dos reagentes e produtos permanecem constantes, a partir de um determinado tempo.

O motivo desta pergunta é analisar se o estudante consegue perceber pela analogia com as canetas que esses fenômenos acontecem simultaneamente. Quando há identificação do motivo, ele pode fazer o caminho matemático do desenvolvimento da constante de equilíbrio químico, levando consigo a ideia de que as velocidades diretas e inversas são iguais e por isso as concentrações de reagentes e produtos são constantes.

Com essas perguntas poderemos esboçar uma ideia inicial de como os conceitos foram construídos pelos alunos e, provavelmente, qual foi o papel da analogia empregada na construção do conceito químico em questão.

Questão 5 – A “analogia das canetas”, usada durante a explicação foi útil na compreensão do conteúdo? Como isso se deu?

Por fim, a introdução desta questão nos ajudaria a analisar se a analogia utilizada foi útil para a aprendizagem do ponto de vista do aluno, indicando-nos

qual é a aparente receptibilidade para a utilização dessa ferramenta -- a analogia

CAPÍTULO 3 – Discussão dos resultados

A analogia das canetas procura um auxiliar na compreensão do Equilíbrio Químico, a troca das canetas entre o professor e o aluno para que a turma possa visualizar as velocidades constantes e iguais em ambos os sentidos do equilíbrio que caracterizam o conceito de equilíbrio químico aqui descrito pela cinética química.

Embora o estudo de Equilíbrio Químico seja desenvolvido na segunda metade do primeiro semestre do segundo ano do ensino médio nessa escola descrita anteriormente, o desenvolvimento de conceitos anteriores como o de cinética química, lei da velocidade e velocidade de reação se fazem necessários para o entendimento. Com isso, a analogia das canetas aparece logo na aula de definição da constante de equilíbrio. Vale lembrar que não consideramos essa como a primeira aula, uma vez que os conceitos utilizados como velocidade de reação, são desenvolvidos muito antes.

A análise das respostas do teste nos levou a interpretar que o pretendido com a analogia (interpretar que as velocidades no equilíbrio são iguais e constantes) foi respondido corretamente pela maioria dos alunos. A partir disso fizemos a distinção entre as respostas do primeiro teste em três categorias para melhor interpretá-las.

Como podemos visualizar na tabela 1 o número de acertos em cada questão foi bastante significativo variando de 60% a 75% num total de 32 alunos; as questões consideradas erradas obtiveram uma variação de 9% a 29%, enquanto as incompletas estiveram entre 16% e 28%, como podemos observar na tabela 1:

Tabela 1 – Análise das questões propostas por erros, acertos e incompletas:

	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4
Acertos	24 (75%)	22 (69%)	19 (60%)	22 (69%)
Erros	03 (9%)	03 (9%)	04 (12%)	06 (19%)
Incompletas	05 (16%)	07 (22%)	09 (28%)	04 (12%)

A primeira consiste no que foi considerado certo mediante aos conceitos apresentados e ao apresentado pela analogia e, para a primeira questão,

consideramos certa qualquer resposta que se aproximasse do observado no gráfico colocado na lousa, relacionando a concentração dos reagentes com o tempo. O esperado na resposta era que o aluno fosse capaz de interpretar a concentração dos reagentes no início do processo como máxima, percebendo que pelo fato do processo não ter acontecido, todo o conteúdo colocado no recipiente estaria inalterado, com isso, portanto, a quantidade de produtos encontrados nesse ponto seria zero.

Para essa questão obtivemos um índice de acerto de 75% sendo que 9% delas estavam erradas e 16% estavam incompletas.

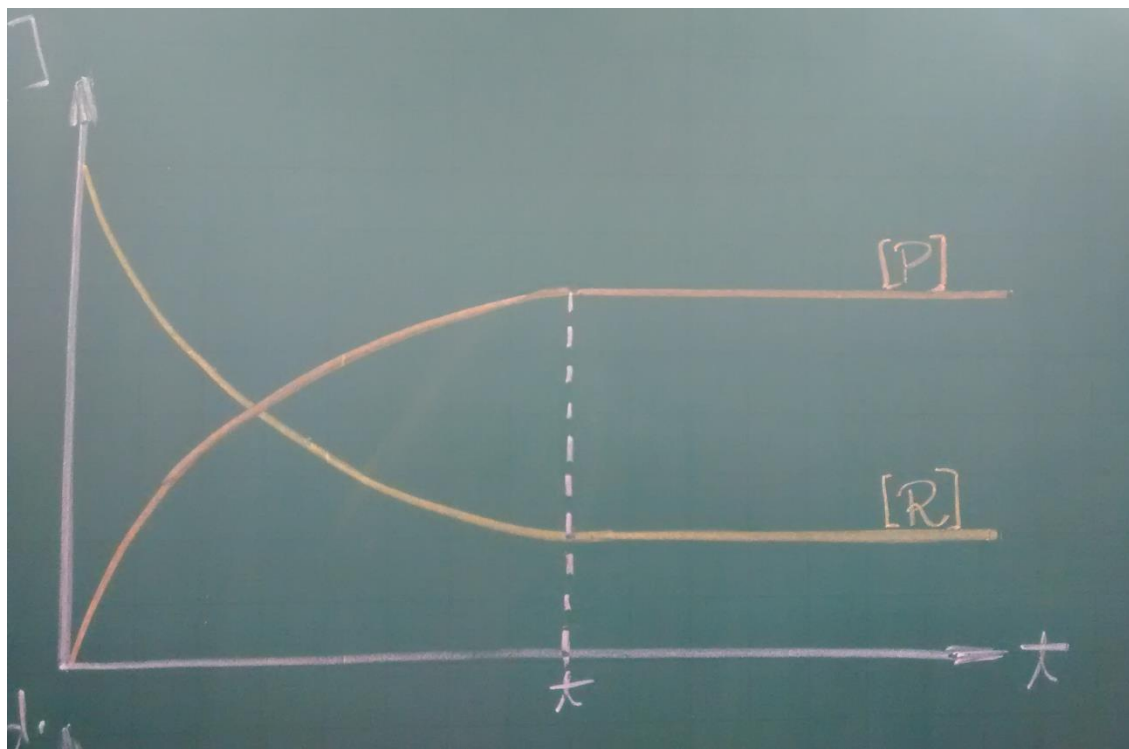
Para as questões consideradas erradas (03), não obtivemos respostas dos alunos, enquanto aquelas que foram consideradas incompletas (05) por vezes respondiam que as concentrações de ambos (reagentes e produtos) eram nulas ou, ainda, constantes.

Na segunda questão, foram consideradas certas as respostas que mencionavam o comportamento das concentrações de reagentes e produtos em função do tempo, considerando que a concentração dos reagentes diminuiria com o tempo até o ponto de equilíbrio, momento em que se torna constante, enquanto a concentração dos produtos aumentaria com o tempo até o momento em que ficasse constante (equilíbrio). Notamos pelo gráfico colocado na lousa (Figura 5), que as concentrações de reagentes e produtos se tornam constantes em quantidades diferentes, no caso a concentração dos produtos é maior que a concentração dos reagentes (colocado em aula). Para esta questão verificamos um percentual de acerto de 69% contra 9% erradas e 22% incompletas. Nesse caso, as questões erradas (03) foram formadas por duas em branco e uma que não foi possível definir as palavras que estavam escritas. As questões incompletas se concentraram na ideia de que as concentrações ficaram constantes, porém sem determinar com precisão o que havia acontecido até aquele ponto.

Ja a terceira questão teve as respostas consideradas certas aquelas que indicavam a existência de um equilíbrio químico nas situações onde ou as velocidades em sentidos opostos se igualavam, ou mesmo as concentrações de reagentes e produtos se tornavam constantes.

Aqui o percentual de acerto foi de 60%, enquanto os erros somaram 12% contra 28% das incompletas.

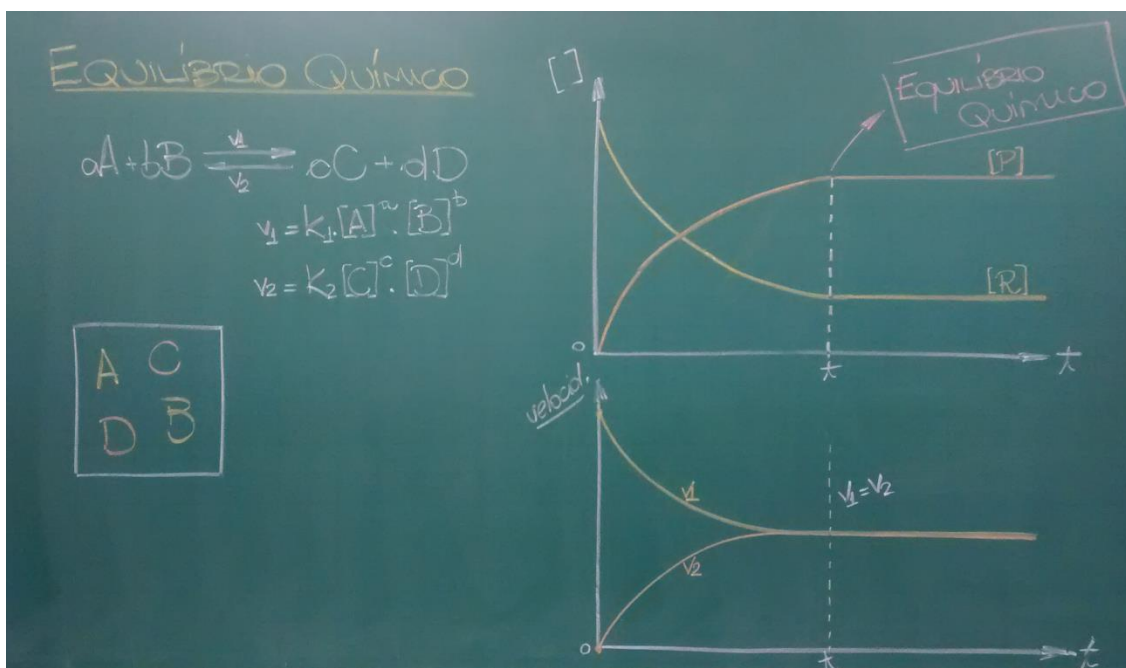
Figura 5 – Detalhe do gráfico colocado na lousa.



Verificamos aqui um aumento no percentual de erro da questão. Observamos respostas que confundiam concentrações com velocidade e constantes com iguais, além das respostas em branco.

As questões consideradas incompletas também apareceram com maior frequência e apresentaram parte do que era proposto como a descrição da curva no gráfico, apenas a palavra constante ou ainda as variações das velocidades tornando-se constantes, sem precisar o momento em que se propunha o equilíbrio atingido. A quarta questão teve consideradas certas aquelas respostas onde os alunos conseguiram associar o fato das concentrações permanecerem constantes em função do tempo, simultaneamente ao instante em que as velocidades nos dois sentidos da reação se tornavam iguais. Esse detalhe foi proposto pela posição dos gráficos na lousa como podemos verificar na figura 6:

Figura 6 – Lousa completa proposta durante a aula



Notamos que o percentual de acertos foi de 69%, contra 19% erradas e 4% incompletas.

Nas questões erradas (06), os alunos não conseguiram associar as velocidades iguais e constantes com a constância das concentrações, e as quatro incompletas fizeram associações incompletas como tudo se torna constante.

Cabe salientar que os acertos se apresentaram de maneira diversificada entre todos os testes, sendo que foram poucos os alunos que acertaram todas as questões e poucos, também, aqueles que erraram todas elas.

Para melhor análise, dividimos os possíveis motivos para esses resultados em dois eixos: o primeiro tratou especificamente da analogia aplicada e sua relação com o conteúdo, enquanto o segundo buscou interferência da mediação do professor com os estudantes e suas principais contribuições para a aprendizagem do conteúdo.

3.1 – A analogia

A analogia das canetas procura exclusivamente mostrar aos alunos a relação existente entre as velocidades iguais das reações no sentido direto e

inverso no equilíbrio químico, sendo que as concentrações nesse momento de igualdade se tornam constantes e, com isso, mantendo constantes também as velocidades.

Embora alguns argumentos de Monteiro e Justi (2000) apontem que a utilização de analogias estruturais/funcionais seja mais efetiva, e a aproximação entre alvos e domínios sejam de uma importância significativa, entendemos que as principais qualidades da analogia empregada são a similaridade do comportamento entre o domínio e o alvo e a limitação imposta pelo professor de conceituar apenas a velocidade e as condições de concentração dos produtos e reagentes, tornando inválida qualquer tentativa de estrapolar para todo o conceito de Equilíbrio Químico o desenvolvimento da analogia.

Analisando os resultados da utilização da primeira analogia percebemos, por intermédio das transcrições feitas através das gravações, que o desenvolvimento dos conceitos iniciais de equilíbrio se dá ainda com uma participação tímida da sala. Os alunos sentem dificuldade em tratar de um assunto que não dominam, embora a turma que foi pesquisada seja uma das mais falantes que poderíamos encontrar. Vemos em um trecho da transcrição do início da aula, onde colocamos a ideia das concentrações iguais:

PROFESSOR: Existe a possibilidade de C colidir com D e produzir A e B? Espera aí, isto inverteria o sentido da reação. Pare e analise: A e B eram reagentes dentro da reação, por isso que tinham a quantidade diminuída, certo? C e D eram produtos na reação, por isso tinham a quantidade aumentada. O que acontece? A quantidade de A e B vai diminuindo a quantidade de C e D vai aumentando (mostrando no gráfico), porem desde o primeiro instante quando a gente produz o primeiro C e o primeiro D, existe a possibilidade de colisão entre eles, não existe? (Os alunos nada respondem).

Neste trecho da transcrição vemos um silêncio incomum para a turma após uma intervenção do professor. Dentre os muitos motivos aparentes desse silêncio o que mais nos chama a atenção seria o fato de que os alunos estão receosos de colocar alguma afirmação. Imaginamos que a colocação do professor parece não ter significado aos alunos, não há aparente entendimento

dessa afirmação, portanto essa pausa pode indicar que os alunos não esperavam que o professor tomasse esse caminho. Poderíamos dizer até que eles não entenderam o que estava sendo proposto.

Olha que legal: A partir deste momento C e D que seriam produtos inicialmente também seriam reagentes, então eu não estaria produzindo só C e D, eu também estou gastando C e D, faz sentido isto? (percebemos certa surpresa por parte dos alunos na afirmação do professor)

Então olha o que vai acontecer: O gráfico vai fazer assim ó! (desenhando o gráfico de concentração na lousa), ele vai diminuir até que as concentrações dos reagentes fiquem constantes. E o que vai acontecer com as quantidades de C e D? Elas vão aumentar até que num determinado momentos fiquem constantes. Eu vou chamar isto aqui, este tempo em que A e B, C e D ficam constante. Gente, por favor, eu não disse que A, B, C e D ficam iguais, não estou falando isto, eu estou falando que A, B, C e D ficam constantes. As quantidades ficam constantes, certo?

Fica perfeitamente claro ao ouvirmos as gravações que os alunos estão extremamente inseguros para qualquer resposta, apresentam muita dificuldade em imaginar as situações propostas pelo professor.

Num segundo momento da transcrição da aula, onde estamos aplicando a analogia, percebemos a maior participação dos alunos como no trecho abaixo:

PROFESSOR: Vou fazer um experimento aqui com vocês. Aí sim, experimento hein! O Henrique (nome fictício) me ajuda aqui. Galerinha eu gostaria que vocês observassem o seguinte: Eu tenho sete canetas nesta mão aqui e o que a gente tem agora é o tempo zero, ou seja, eu sou os reagentes, certo? Nós vamos ter alguns problemas nesta analogia que vou propor pra vocês agora, mas uma das coisas que eu quero que você entenda será perfeitamente possível aqui. Olha aqui, é como se eu fosse os reagentes e o Henrique fosse os produtos, no tempo zero “tá tudo” nos reagentes certo? No tempo zero não tem produto, qual é a concentração dos reagentes no tempo zero? Máxima, neste caso 7. Nos produtos?

ALUNOS: Zero!

PROFESSOR: O que vai acontecer com o processo da reação? A reação começa.

ALUNOS: Você vai dando pra ele.

PROFESSOR: Exatamente, os reagentes vão se transformando em produtos. O que está acontecendo com a concentração dos reagentes?

ALUNOS: Diminuindo.

PROFESSOR: Todo mundo está vendo? Bom e daí? O que está acontecendo com a concentração dos produtos?

ALUNOS: Aumentando!

PROFESSOR: Num determinado momento, os produtos podem começar a se transformar em reagentes, isso significa...

ALUNO: Que equilibrou!

PROFESSOR: Isso significa que os reagentes deixam de se transformar em produtos? Você percebeu que a quantidade de canetas que eu tenho na mão é constante? O que eu tenho aqui?

ALUNO: Equilíbrio!

PROFESSOR: Eu queria que vocês respondessem pra mim, por que é que a quantidade de canetas que eu tenho na mão é constante e por que a quantidade de canetas do Henrique é constante?

ALUNO1: Porque vocês estão dando e recebendo.

ALUNO 2: Porque a quantidade do reagente é a mesma do produto!

PROFESSOR: É verdade, mas por que a quantidade que eu tenho na mão é a mesma? E a do Henrique também?

ALUNO: Conforme você um dá você recebe um.

PROFESSOR: E isso significa o que em química?

ALUNO: Que estão em equilíbrio.

Podemos notar com bastante clareza que o comportamento dos alunos perante a apresentação da analogia se torna mais ativo, eles passam a querer discutir o fenômeno que estão observando, até porque conseguem expressar em palavras o que estão vendo. As respostas erradas como que a quantidade dos reagentes e produtos são iguais ou que quando os produtos começam a se transformar em reagentes alguém diz que equilibrou, são extremamente

importantes para o andamento da aula, pois cabe ao professor fazer as devidas correções.

Observamos também que, mesmo de maneira desordenada, começam a produzir um caminho para uma discussão, primeiro do que acontece entre o professor e o aluno na troca de canetas, depois relacionando, com o conceito químico proposto num esboço de desconstrução da analogia. Ainda neste primeiro momento percebemos as respostas apresentadas sem o fundamento teórico necessário, mas isso vai se organizando e a maioria dos alunos consegue (pelo que podemos observar) responder corretamente a ideia de velocidades iguais e concentrações constantes.

Outra preocupação do professor em sala de aula ao usar a analogia é de que o princípio físico de equilíbrio (com as partes equivalentes) contamine a ideia de equilíbrio químico proposta na aula. Isso aconteceria se os alunos passassem a pensar que as velocidades (só) seriam iguais se as concentrações de reagentes e produtos fossem iguais. Na transcrição podemos observar:

PROFESSOR: A velocidade também ficou constante. E esse estado que a gente encontrou aqui a gente vai chamar de...

ALUNO: Equilíbrio!

PROFESSOR: Equilíbrio químico. Aí você vai falar assim: O professor, mas a velocidade seria diferente se as quantidades fossem diferentes? Vamos imaginar que eu tenho seis canetas e o Henrique tem só uma, pode ser?(o professor pega seis canetas e continua fazendo a troca com o aluno na mesma velocidade). As velocidades podem ser iguais em quantidades diferentes de canetas?

ALUNOS: Sim!

PROFESSOR: Pode, eu posso ter um monte de canetas assim, ou seja, as quantidades dos reagentes e dos produtos são iguais?

ALUNO: Não necessariamente!

PROFESSOR: Olha o que eu posso pensar, (mostrando no gráfico) o que vai acontecer com a velocidade do sentido 1? Vai diminuir! Vai diminuir até quando?

ALUNO: Até ela ficar igual à velocidade 2.

PROFESSOR: E a partir daqui elas ficam iguais. E além de iguais o que elas ficam?

ALUNA: Constantes.

Não queremos afirmar aqui que essas respostas certas significam que o aluno conseguiu compreender a ideia proposta pela analogia. Podemos afirmar que a condição alcançada pelo uso da analogia convida o aluno a participar da aula, pois está sendo tratado um conceito que ele observa (ao vivo) e pode tomar as suas próprias conclusões. Essas conclusões nem sempre vem ao encontro do desejado pelo professor no primeiro momento, mas permitem com a interação verbal iniciada, que ele poderá mediar a aproximação do aluno com o conteúdo desejado.

Para a conclusão da analogia, vemos as respostas dadas pelos alunos referentes à quinta questão apresentada:

Questão 5 – A “analogia das canetas”, usada durante a explicação foi útil na compreensão do conteúdo? Como isso se deu?

Dos trinta e dois alunos que responderam o teste, trinta e uma respostas disseram que a analogia foi útil para a sua assimilação dos conteúdos e, com as explicações, conseguimos classificar as respostas em três grupos:

Primeiro o grupo de 17 alunos que explicaram a utilidade da analogia como um mecanismo de materialização do conceito químico. Com isso conseguimos associar essa ideia com a efetiva relação do conceito alvo com o domínio do aluno. Observamos algumas respostas bem interessantes como: “Sim, pois visualizando fica mais fácil de entender o processo”, ou “*Sim, observando as canetas foi possível ter um parâmetro concreto como exemplo das concentrações se mantendo constantes*”; ou ainda; “*Sim, já que ilustrou como seria a situação de equilíbrio, permitindo melhor visualização da igualdade das velocidades e das concentrações constantes*”.

Poderíamos entender essas respostas como vinda dos alunos que conseguem entender a proposta da analogia, onde as quantidades das canetas nas mãos do professor e aluno se tornam constantes à medida que a velocidade de transferência passa a ser a mesma. Não indica que conseguem separar a ferramenta pedagógica do processo de construção do conceito químico, pois o conceito de equilíbrio químico é bem mais amplo e, discuti-lo

sob a visão Cinética é simplista e desatualizado. São visíveis nessas falas a ideia da concretização do conceito e a analogia esta efetivamente trabalhando como materializador de algo abstrato e de difícil compreensão.

Na abordagem histórico-cultural, a abstração é parte fundamental da formação dos conceitos científicos, portanto a substituição dessa por alguma relação análoga concreta pode prejudicar o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. A elaboração conceitual não é um processo natural nem fruto da memorização de definições. (PADILHA, 2013, p. 57).

O segundo grupo, composto de 08 alunos, apresentou uma resposta se preocupando com a característica técnico/conceitual da analogia, talvez até imaginando o experimento das canetas como a reação em si. Tivemos respostas como: *“Sim, foi útil a analogia das canetas devido a entendermos que os reagentes e os produtos, depois de um determinado tempo serão constantes”*.

Neste caso, este tipo de resposta pode nos apontar uma preocupação do estudante em concluir o processo de avaliação (teste com cinco perguntas) afirmando o conhecimento adquirido e já fazendo uma relação do domínio com o conceito alvo.

E um terceiro grupo de seis alunos que, apesar de assinalar sim para a pergunta afirmando que a analogia foi útil, não conseguiu explicar o motivo.

Notamos, também, que esse grupo apresentava o maior número de acertos nas questões conceituais.

O ensino médio brasileiro caracteriza-se por um excesso de conteúdo em todas as disciplinas. A carga à qual o aluno é submetido é muito grande. Isso faz com que alguns mais atentos, acabem por construir atalhos para chegar às respostas necessárias. Talvez esse último grupo de alunos, já percebendo as necessidades exigidas pelo conceito proposto, tenha tomado o caminho matemático da definição da constante e não esteja mais interessado no aprendizado do conceito. Isso não significa que tenham aprendido o conceito, nem que não tenham, apresentam apenas a capacidade de responder o que o professor e as questões de vestibulares exigem deles.

3.2 – A Mediação

Talvez, o grande desafio a ser vencido quando se ensina Equilíbrio Químico seja a ressignificação do que é equilíbrio. O conceito físico da palavra nos remete a ideia de que um ponto de apoio precisa de dois lados equivalentes para se obter o equilíbrio, além da inatividade física do mesmo, algo em equilíbrio que não se movimenta. Além do significado físico para a palavra, outros conceitos provavelmente foram desenvolvidos na história do aluno, conceitos atribuídos ao cotidiano dele como: pessoa equilibrada. Como sabemos, o conceito de Equilíbrio Químico esconde um processo dinâmico, onde reagentes estão constantemente se transformando em produtos e vice-versa.

Como vimos em Machado (1999), o processo de elaboração dos conhecimentos é concebido como uma produção simbólica e material e constitui-se na dinâmica interativa das relações sociais envolvendo a linguagem e o funcionamento interpessoal, ou seja, é na interação com o outro que se constitui o sujeito e que se dá a elaboração conceitual e o processo de conceitualização é concebido como prática social dialógica (mediada pela palavra) e pedagógica (mediada pelo outro) (FONTANA, 1996, p.3).

Tomasello (2003) nos mostra que a linguagem é uma herança cultural cumulativa que se aperfeiçoa com o tempo, pois acumula valores simbólicos constituídos coletivamente. Assim, podemos dizer que o papel do professor nessa ressignificação da palavra equilíbrio, propõe num primeiro momento, uma relação interpessoal dele com o aluno, fazendo-o participar da elaboração dos conceitos, trazendo as impressões que existem em relação ao que é tratado. Na transcrição da aula notamos esse resgate da atenção do estudante, como por exemplo:

PROFESSOR: Presta atenção aqui! Esse é o tempo zero da reação, a reação não começou, é claro que se eu colocar A e B dentro da reação dentro do recipiente eles já vão começar a reagir né?

Ou ainda em:

PROFESSOR: Aqui galerinha, nós vamos tratar da concentração e tanto de reagentes como produtos em função do tempo e eu vou ter outro gráfico aqui

que daqui a pouco a gente desvenda este t que estou colocando, ali é um t de...

ALUNO: Tempo.

Sabemos que é papel do professor oferecer ao estudante uma mediação entre ele e o objeto a ser estudado, neste caso o entendimento do equilíbrio químico. Nas gravações, percebemos os movimentos do docente a fim de captar a atenção do aluno e sua participação, verificamos uma mudança no volume da voz, nas pausas da fala, nos apontamentos feitos no quadro, enfim, na intensidade do professor colocada nessa ou naquela situação, dando ênfase maior para esse ou para aquele caso. É possível perceber em toda a gravação o esforço do professor em manter essa interação com a maior parte dos alunos, em especial com uma sala bastante ativa tal qual essa em que foi apresentada a analogia.

A função do professor mostra-se, também, na situação de articulador de conceitos espontâneos que surgem durante a aula, na maioria dos casos tendendo a ideia mais comum de equilíbrio que é estática, fazendo-os se relacionar com os conceitos científicos, nas proposições de Monteiro e Justi (2000) e Francisco Júnior (2009), domínio e alvo respectivamente, sendo que o conceito espontâneo é trazido para o debate pela analogia, cabendo ao professor a elaboração das relações entre ambos.

Conceitos cotidianos são elaborados na relação do indivíduo com o outro, mediados pela palavra, surge da experiência com outras pessoas e continuam sendo desenvolvidos por toda a vida, enquanto os conceitos científicos apresentam-se ao sujeito pela sua definição verbal, com o seu uso de maneira não espontânea, a palavra química, por exemplo, na sala de aula, é traduzida pelo professor. Os conceitos científicos não podem ser elaborados no cotidiano, pois fazem parte de uma sistematização característicos do aprendizado escolar. Cruz e Góes (2006, p. 35) nos mostram que esses conceitos “tornam-se acessíveis principalmente nas relações escolarizadas, pela mediação deliberada e explícita de um adulto que visa à aquisição pela criança de conhecimentos sistematizados”.

Esses processos de conceituação são de naturezas distintas, se encontram e se relacionam, porém o desenvolvimento dos conceitos científicos proporciona ao indivíduo a capacidade de reflexão.

Verificamos nas transcrições o papel do professor nesse processo:

PROFESSOR: Vamos ver se isso é verdade? Vou fazer um experimento aqui com vocês. Aí sim, experimento hein! O Henrique (nome fictício) me ajuda aqui. Galerinha eu gostaria que vocês observassem o seguinte: Eu tenho 7 canetas nesta mão aqui e o que a gente tem agora é o tempo zero, ou seja, eu sou os reagentes, certo? Nós vamos ter alguns problemas nesta analogia que vou propor pra vocês agora, mas uma das coisas que eu quero que você entenda será perfeitamente possível aqui. Olha aqui, é como se eu fosse os reagentes e o Henrique fosse os produtos, no tempo zero tá? Tudo nos reagentes certo? No tempo zero não tem produto, qual é a concentração dos reagentes no tempo zero?

ALUNOS: Zero!

PROFESSOR: Máxima, neste caso 7. Nos produtos?

ALUNOS: Zero!

PROFESSOR: O que vai acontecer com o processo da reação? A reação começa.

ALUNOS: Você vai dando pra ele.

PROFESSOR: Exatamente, os reagentes vão se transformando em produtos. O que está acontecendo com a concentração dos reagentes?

ALUNOS: Diminuindo.

Fica claro na observação das transcrições e da gravação, durante o desenvolvimento da analogia, que o professor exerce o tempo todo o papel de articulador entre o domínio e o alvo, sempre em busca da construção do conhecimento científico. No caso dessa analogia ele passa as canetas para o aluno e as recebe de volta, chamando-as de concentração de reagentes e produtos, fazendo assim a relação, articula o concreto com o abstrato proporcionando ao aluno uma maior facilidade no entendimento do proposto.

Observamos também que as vozes empregadas aqui são constituintes da construção do conhecimento científico em questão, a construção do entendimento está, portanto, relacionada com as muitas formas como duas ou mais vozes entram em contato.

Em Machado isto quer dizer que numa sala de aula, as vozes do livro didático, do professor, dos colegas, das experiências e do senso comum encontram-se e confrontam-se. (MACHADO, 1999, p. 59).

Por fim, podemos analisar, também, a apropriação da linguagem por parte do aluno que pode ser observada tanto na gravação/transcrição, quanto nas respostas dos testes aplicados após a aula, pois “o significado da palavra só é um fenômeno de pensamento na medida em que o pensamento está relacionado à palavra e nela materializado, e vice-versa” (VYGOTSKY, 2000, p. 398). Não é possível pensar sem palavras, pois, “o pensamento não se exprime na palavra, mas nela se realiza” (p. 409).

Vemos isso nas transcrições quando na aula ou mesmo nas respostas dos testes onde verificamos frases como: *”Uma reação entra em equilíbrio quando a concentração de reagentes e produtos fica constante, tornando as velocidades (v_1 e v_2) iguais, pois elas dependem dos reagentes”*.

Voltando à transcrição da aula:

PROFESSOR: É verdade, mas por que a quantidade que eu tenho na mão é a mesma? E a do Henrique também?

ALUNO: Conforme você um dá você recebe um.

PROFESSOR: E isso significa o que em química?

ALUNO: $V_1 = V_2$.

PROFESSOR: O que significa isso? A velocidade no sentido 1, ou seja, a velocidade com que os reagentes se transformam em produtos é igual a velocidade dos produtos se transformando em reagentes. Porque que isso acontece? Isso acontece... Hein? Hein? A hora que a velocidade fica constante, ou a hora que as velocidades ficam iguais você percebe que as concentrações ficam constantes? Você viu ali que as velocidades dependem das concentrações, as velocidades também ficam constantes. Está claro isso? Vou refazer isso.

Presta atenção! Porque que a concentração de canetas na mão do Henrique é constante?

ALUNOS: Porque as velocidades são iguais.

PROFESSOR: Só que você percebeu quando, isto aconteceu? Quando eu passava pro Henrique estava diminuindo não estava? E a dele aumentou? ,

quando as velocidades se equipararam ficaram iguais, o que aconteceu com a concentração dos reagentes?

ALUNOS: Ficou estável, constante.

PROFESSOR: Se as concentrações são constantes a velocidade não depende da concentração?

ALUNOS: Sim.

PROFESSOR: Se as concentrações ficaram constantes...

ALUNA: A velocidade também.

PROFESSOR: A velocidade também ficou constante. E esse estado que a gente encontrou aqui a gente vai chamar de...

ALUNOS: Equilíbrio!

Conseguimos ver nesse momento a preocupação do professor em desconstruir a analogia e pensar somente com os conceitos químicos desenvolvidos. Pensamos que as ações do professor ainda foram tímidas nessa parte, pois haveria a necessidade de uma maior atenção. Chamar a atenção do aluno para as complicações geradas pela analogia se mostra de absoluta necessidade, pois somente assim as conceituações poderiam ser desenvolvidas.

O processo de desconstrução da analogia é fundamental para o desenvolvimento do conceito químico pelo aluno. A não desconstrução por parte do professor pode acarretar a associação de conceitos errados de equilíbrio químico.

Não concederá à analogia mais do que papel heurístico, será eliminada a partir do momento que tenha exaurido o seu papel, só permanecendo os resultados das experiências que ela pode sugerir: o seu papel será de andaimes de uma casa em construção, que são retirados quando o edifício está terminado. (PERELMAN, 1987, p.87).

Entendemos, com Bakhtin, que o uso consciente da linguagem consiste em tornar seu, pela interação com o outro, o que é social. E, com base em Vigotski (2000), pensamos que o uso consciente dos conceitos químicos propicia aos estudantes formarem o seu próprio pensamento químico, evoluindo o significado dos conceitos atingindo níveis mais complexos de generalização.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante este trabalho, percebemos que o uso de analogias tem sido amplamente empregado no ensino de ciências, seja por parte dos professores em sala de aula, seja nos livros didáticos ou mesmo na definição de novas teorias, onde o contato com o abstrato pretende remeter a um concreto análogo para que os professores se façam entender pelos alunos.

Tivemos em contato com analogias que fazem parte da história da Ciência e da Química, em especial, como o “Modelo do pudim de passas” de J.J. Thomson que buscava explicar com essa analogia o posicionamento dos elétrons, recém-descobertos pelo próprio, dentro da partícula fundamental. Verificamos muitos casos de analogias que ilustram os livros didáticos espalhados pelo nosso país e, em muitos deles, notamos certas fragilidades e limitações para o emprego das mesmas e, principalmente, a falta de informação para o professor de qual o sentido daquela comparação, como entender as suas limitações, e finalmente, como mediar aquele conhecimento facilitando assim a construção do conhecimento químico pelo aluno.

O uso dessas analogias tem sido de real importância para o aprendizado da maioria dos alunos, porém ficou claro que existem muitas limitações a serem respeitadas e representam vários problemas na sua utilização. Entendemos que quanto mais delimitada estiver sendo a comparação do alvo com o domínio, maiores serão as chances de o estudante compreender o assunto e, portanto, ter sucesso no aprendizado.

Notamos que as limitações do uso de analogias não se resumem apenas a selecionar os casos em que ela pode ser empregada, ou mesmo, nos possíveis problemas que podem ser apresentados na aplicação das mesmas, problemas esses que devem ser expostos no momento do seu uso, mas na definição exata de alvo e domínio por parte do mediador.

Os estudos consultados nesse trabalho nos mostraram também, uma série de possibilidades de classificações e cuidados que precisamos tomar antes do emprego das analogias, problemas que se refletem nas dificuldades de aprendizagem dos estudantes e essas análises nos fizeram olhar com maiores cuidados ao utiliza-las. Antes de nos aprofundarmos nos estudos

sobre analogias, acreditávamos ser uma ferramenta de uso amplo e sem nenhuma restrição, e que ela nos renderia sempre bons resultados no aprendizado do aluno.

É de responsabilidade do professor a identificação do conteúdo, o conhecimento do seu público alvo para (sabendo das limitações da sua analogia) aplicá-la sem abrir mão do seu papel de mediador, papel esse, que é de suma importância para se obter um cenário propício da construção do conhecimento.

Depois de tantas restrições quanto ao uso dessas analogias, mas ainda sem nenhuma ferramenta que a pudesse substituir com vantagens, a contribuição da abordagem histórico-cultural nos fez repensar as possibilidades do seu uso. Entendemos que o aluno é constituído de uma gama imensa de relações e que a construção do seu conhecimento se dá pela palavra e do seu significado. Surge, então, a possibilidade da ressignificação dessas palavras com a construção de conceitos que, já estruturados como conceitos cotidianos, podem ser articulados com conceitos científicos e, com isso, despertarmos no aluno novas explicações para um mundo que, de certa forma, ele já conhece.

A abordagem histórico-cultural contribuiu de maneira significativa para o entendimento dessas analogias. Observamos que uma das maiores dificuldades enfrentadas pelo professor na construção do conhecimento, por parte do estudante, é a de estabelecer uma interação aberta com o seu aluno, onde ele poderia questionar o professor com algo que ele já conceitua e participar da aula de maneira completa abrindo caminho para a atuação do mediador.

As analogias são portadoras de várias deficiências e a responsabilidade de usá-las, ou não, fica por parte do professor. Cabe a ele o julgamento da real necessidade da sua utilização. Notamos que é uma tarefa mais fácil para o aluno elaborar algum conceito científico com a ajuda das analogias, seja com alguma experiência já ocorrida, ou algum acontecimento que ele vê, do que propriamente a discussão direta de conceitos científicos abstratos como o de equilíbrio químico. Notamos, ainda, que a sua utilização é tarefa mais fácil também para o professor, que por muitas vezes, lança mão dessas ferramentas sem o devido cuidado e sem analisar as possibilidades de

abordagem do assunto em questão, seja pela ignorância das possibilidades ou dos perigos enfrentados.

Essas analogias podem levar os alunos à construir conceitos equivocados de maneiras praticamente irreversíveis e algumas construções só são bem sucedidas por virem acompanhadas de uma boa mediação.

Vemos que a articulação da mediação do professor com a adequação da analogia para o assunto alvo e o público a que se destina é de extrema importância para que os resultados sejam satisfatórios. A simples comparação análoga deste para aquele fenômeno não propicia um efeito equivalente, pois só o professor pode mediar de maneira correta o conhecimento cotidiano com o conhecimento científico dentro da sala de aula.

Durante o processo, escolhemos uma analogia utilizada há muito tempo pelo professor e que nos deu uma boa amostra do comportamento dos alunos perante ao seu uso em sala de aula.

Foram elaborados testes para que fossem aplicados logo após o uso da analogia no contexto das disciplinas e, com isso, pudemos perceber o seu alcance, suas limitações e os desvios na formação do conhecimento gerados pelo seu uso. Perguntamos, também aos alunos qual a sua impressão que eles sobre o uso da ferramenta pedagógica e, na maioria dos casos, notamos que a analogia é bem vinda, talvez por se tratar de uma situação diferente dentro da sala de aula, ou porque os alunos podem discutir algo com o professor que é de domínio deles. Embora essas afirmações venham nos indicar que a utilização da analogia seja algum caminho interessante para o desenvolvimento do conhecimento químico do estudante, a sua sedução não pode nos deixar levar.

Com isso, a responsabilidade do professor se torna maior à medida que as analogias são bem aceitas pelos estudantes, pois a avaliação da verdadeira efetividade da mesma só caberá a ele (mediador), sendo que o aluno a entende como uma boa alternativa, seja pelo fato de dominar o que está sendo exposto, seja por sair momentaneamente do conceito tratado em sala, só não percebe, no entanto onde ela pode levá-lo.

Verificamos que a relação da abordagem histórico-cultural, usada como referencial teórico para este trabalho, mostrou ser bastante eficiente, não para afirmar que essas ferramentas são um atalho bastante razoável para

chegarmos aos conceitos científicos desenvolvidos pelos alunos, mas para, no máximo, seu bom desempenho como atrativo dentro de uma sala de aula.

Conseguimos aplicar os fundamentos da teoria Vigotskyana ao uso da analogia em quase todos os momentos, principalmente, a interação verbal. Vimos que durante o trabalho muito também se pode discutir sobre ressignificação de palavras, conceitos científicos e cotidianos, em aulas de química e que essas possibilidades são extremamente enriquecedoras na discussão da abrangência das analogias.

Por fim, pensamos em ter acrescentado, com esta pesquisa, mais um item para desvendar as possibilidades e limites dessas ferramentas largamente utilizadas. Pensamos que o uso da analogia se dá como a necessidade de se fazer entender em qualquer momento de aprendizado.

A nossa análise feita aqui especificamente no estudo do Equilíbrio Químico, sugere o conteúdo desenvolvido pela Termodinâmica, seja vista com mais carinho pelos professores da área, pois além de ser uma alternativa mais precisa e mais moderna se comparada ao desenvolvimento cinético, esse caminho não precisaria do uso de analogias para aproximá-la do cotidiano do aluno, além de contribuir para os estudos no ensino superior e com definições mais elaboradas.

Cada vez que uma pessoa tenta explicar algo abstrato a alguém e tem dificuldade em fazê-lo, na maioria dos casos, ela aplicará uma analogia. Isso se torna muito frequente no nosso cotidiano, porém um professor que se compromete com os conceitos elaborados pelos seus alunos, precisa fazer isso com cuidado, estudando-as a fundo antes da sua utilização.

Sugerimos, também, que alguns estudos mais aprofundados a respeito das analogias deveriam chegar com maior frequência aos cursos de formação de professores e de maneira especial, na área de ciências, onde comprovamos existir uma quantidade enorme de analogias que, se usadas com critérios, seria grande colaboradora para a melhor formação dos mesmos.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. S., MALHEIRO, J. M., & TEIXEIRA, O. P. **Uma Análise das Analogias e Metáforas Utilizadas por um Professor de Química Durante uma Aula de Isomeria Óptica.** <http://qnesc.sbq.org.br/online/prelo/RSA-64-12.pdf> consultado em 12/10/2014.

ASTOLFI, J.P. **El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos.** Enseñanza de las Ciencias, 1994, p. 206-216.

BAKTHIN, M. **Estética da criação verbal.** Trad. Paulo Bezerra. 5 ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010, 476p.

BERGQUIST, W. e HEIKKINEN, H. **Student ideas regarding chemical equilibrium.** Journal of Chemical Education, 1990, p. 1000-1003.

BRADLEY, J.; GERRANS, G. e LONG, G. **Views of some secondary school science teachers and student teachers about chemical equilibrium.** South African Journal of Education, 1990, p. 3-12.

CRUZ, M. N. da; GÓES, M. C. R. **Sentido, Significado e Conceito: Notas sobre as Contribuições de Lev Vygotsky.** In Pro-Posições, v 17, n. 2 (50) – mai/ago, 2006, p. 31 – 45.

http://www.proposicoes.fe.unicamp.br/~proposicoes/textos/50_dossie_goes_mcr_etal.pdf acesso em outubro de 2012.

CURTIS, R. V.; REIGELUTH, C. M. **The use of analogies in written text.** Instructional Science, Dordrecht, v. 13, n. 2, 1984, p. 99-117.

DAGHER, Z. R. . **O caso das analogias no ensino da ciência para a compreensão.** In J.J Mintzes, J.H. Wandersee& J.D. Novak (Eds.). **Ensinando Ciência Para A Compreensão** (pp. 180-193). Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

DUARTE, M. C. Analogias na Educação em Ciências: Contributos e Desafios. Investigações em Ensino de Ciências. v.10, nº1, 2005, p. 07-29.

DUARTE, N. O significado e o sentido. Revista Viver Mente & Cérebro. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005. Coleção memória da pedagogia: Lev Semenovich Vygotsky.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. Science Education. v.75,n.6, 1991, p.649.

FABIÃO, L. S. e DUARTE, M. C. Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v.4, n.1, 2005, p.1-17.

FERRAZ, D. F.; TERRAZZAN. Ciência & Educação, Uso espontâneo de analogias por professores de biologia e o uso sistematizado de analogias: Que relação? v. 9, n. 2, 2003, p. 213-227.

FICHTNER, B. Introdução na abordagem histórico-cultural de Vygotsky e seus colaboradores.

http://www3.fe.usp.br/secoes/inst/novo/agenda_eventos/docente/PDF_SWF/226Reader%20Vygotskij.pdf . Visualizado em 10/10/2014.

FLOR, C.C.; CASSIANI, S. Estudos envolvendo linguagem e educação Química no período de 2000 a 2008. Algumas Considerações. In: Rev. Ensaio, v. 14, n.1, 2012, p.181.

FONTANA, R. A. C. A mediação pedagógica na sala de aula. Campinas: Autores Associados, 1996. p. 176.

FREITAS, L. P.S.R.. O Uso de Analogias no Ensino de Química. Dissertação de mestrado UFRPE. 2011.

FRANCISCO JR, W. E. **Analogias em livros didáticos de química: um estudo das obras aprovadas pelo PNLEM 2007.** Ciências e Cognição. Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, 2009, p. 121-143.

FURIÓ, C. e ORTIZ, E. **Persistência de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico.** Enseñanza de las Ciencias, 1983, p. 15-20.

GLYNN, S. M.; TAKAHASHI, T. **Learning from analogy-enhanced science text.** Journal of Research in Science Teaching, v.35, n.10, 1989, p.1129.

GOES, M. C. R. **Os modos de participação do outro no funcionamento do sujeito.** Educação e Sociedade, n.42, 1993.

GORODETSKY, M. e GUSSARSKY, E. **Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods.** European Journal of Science Education, p. 427-441.

HACKLING, M. e GARNETT, P. **Misconceptions of chemical equilibrium.** European Journal of Science Education, 1985, p. 205-214.

HUDDLE, P.; WHITE, M. e Rogers, F. **Simulations for teaching chemical equilibrium.** Journal of Chemical Education, 2000, p. 920-926.

JOHNSTONE, A.; MACDONALD, J. e WEBB, G. **Chemical equilibrium and its conceptual difficulties.** Education in Chemistry, 1977, p. 169-171.

LURIA, A. R. **Pensamento e linguagem: As últimas conferencias de Luria.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1987.

LURIA A. R. **Desenvolvimento Cognitivo: seus fundamentos culturais e sociais.** São Paulo: Ícone, 1994.

LURIA, A. R. YUDOVICH, F. I. **Linguagem e desenvolvimento intelectual da criança**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1985.

LEONTIEV, A. **O desenvolvimento do psiquismo**. Lisboa: Horizonte Universitário, 1978.

MACHADO, A. H. **Aula de Química: discurso e conhecimento**. Ijuí. Ed. UNIJUÍ, 1999.

MACDONALD, J. **Chemical equilibrium, acids and bases**. ASE: John Murray, 1973.

MÓL, G. S. **O uso de analogia no ensino de química**. Tese (Doutorado em Educação em Química) Universidade de Brasília: Brasília/DF, 1999, p. 284.

MONTEIRO, I. G.; JUSTI, R. S. **Analogias em livros didáticos de química brasileiros destinados ao ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências: v. 5, n. 2, 2000, p. 1-24.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2011.

MORATO, E. **Linguagem e cognição: as reflexões de L.S.Vygotsky sobre a ação reguladora da linguagem**. São Paulo: Plexus, 1996. P.138.

NAGEM, R. L. **Expressão e recepção do pensamento humano e sua relação como processo de ensino e de aprendizagem no campo da ciência e da tecnologia: imagens, metáforas e analogias**. Seminário de Metodologias de Ensino na Área da Educação em Ciência. Belo Horizonte, 1997.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento. Um processo sócio-histórico**. São Paulo: Scipione, 1997, 11p.

PADILHA A.M.L. **Educação especial no cenário educacional brasileiro**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2013. 234p. et al, 2013

PERELMAN, C. **Argumentação**. In: Enciclopédia Einaudi. Lisboa: Imprensa Nacional/Casa da Moeda, 1987.

PINO, A. **As categorias do público e do privado na análise do processo de internalização**. Educação e sociedade: v 42, 1992, p. 328-35.

RAVIOLO, A. e GARRITZ, A. **Uso de analogias en la enseñanza de la química: necesidad de elaborar decálogos e inventarios**. Alambique, 51.

RAVIOLO, A. **Las imágenes en el aprendizaje y en la enseñanza del equilibrio químico**. Educación Química, 17(nº extr.), 2006, p. 300-307.

SABADINI, E.; BIANCHI, J. C. de A.. **Ensino do conceito de equilíbrio químico: uma breve reflexão**. 2011.

SMOLKA, A. L. B. **Esboço de uma perspectiva teórico-metodológica no estudo de processos de construção de conhecimento**. In: SMOLKA, A. L. B., GOES, M. C. R. A significação nos espaços educacionais. Campinas: Papirus, 1997.

SMOLKA, A. L. B. **Internalização: seu significado na dinâmica dialógica**. Educação e Sociedade, n. 42, 1992, p. 328-35.

TERRAZZAN, E. A.; PIMENTEL, N. L.; GAZOLA, C. D.; SILVA, L. L. da; BUSKE, R.; AMORIM, M. A. L.; FREITAS, D.S.; METKE, J. **Apresentações analógicas em coleções didáticas de biologia, Física e Química para o Ensino Médio: uma análise comparativa**. 2003.

THIELE, R. B.; TREAGUST, D. F. **The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks**. Instructional Science, v. 22, n. 6, 1994, p. 61-64.

TOMASELLO, M. **Origens culturais da aquisição do conhecimento humano**. Tradução Claudia Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKY, L. S. LURIA, A.R. LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 1989

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, L. S. **Obras escogidas. Volume V**, Madri: Visor, 1997.

WENZEL, J. S. **A significação conceitual em química em processo orientado de escrita e reescrita e a ressignificação da prática pedagógica**. UNIJUI, 2013.

WHEELER, A. E. KASS, H. **Student's misconceptions in chemical equilibrium**. Science Education, 1978, p. 223-232.

