

Ana Carla Oliveira Santos¹

Marlene Rios Melo²

Tatiana Santos Andrade³

RESUMO

Objetivamos identificar os possíveis modelos mentais, dos licenciandos do curso de licenciatura em Química da Universidade Federal de Sergipe (UFS), sobre Equilíbrio Químico e compreender de que forma esses modelos foram construídos e como o reconhecimento desses modelos mentais auxilia na formação de professores. Os resultados obtidos nos revelam as dificuldades dos licenciandos em compreender equilíbrio químico, sua definição e sua dinâmica, além de apresentar modelos pouco complexos que se aproximam dos apresentados por alunos do ensino médio. O conhecimento desses modelos mentais pode auxiliar na seleção de estratégias de ensino durante a formação de professores, na tentativa de torná-los tais estruturas mentais mais complexas e próximas do modelo científico necessário para a compreensão da linguagem científica.

PALAVRAS-CHAVE: modelos mentais; equilíbrio químico; formação de professor

¹ Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (NPGECIMA-UFS). Graduada em Química Licenciatura pela UFS. Membro Integrante do GRUPEQ - Grupo de Pesquisa em Ensino de Química. Professora da Educação Básica na rede Pública de Sergipe. E-mail: carlinhaacos@hotmail.com.

² Doutora em Ensino de Ciências e Matemática pela USP. Professora adjunta III do curso de Licenciatura em Educação do Campo pela Universidade Federal de Rio Grande (FURG). Professora pesquisadora cadastrada no Programa de Pós-Graduação de Ensino de Ciências e Matemática (UFS). Professora pesquisadora cadastrada no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências: Química Vida e Saúde (FURG). Coordenadora do GRUPEQ. E-mail: marlenemelo@terra.com.br.

³ Doutoranda em História, Filosofia e Ensino de Ciências pela Universidade Federal da Bahia. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (NPGECIMA-UFS). Graduada em Química Licenciatura pela UFS. Membro Integrante do GRUPEQ - Grupo de Pesquisa em Ensino de Química. Professora substituta da Universidade Federal de Sergipe. E-mail: tatyana12sa@hotmail.com.

ABSTRACT

This work had as objective to identify the possible mental models that students of the degree in chemistry at the Universidade Federal de Sergipe (UFS) feature on chemical equilibrium and understand how these models were built and how the recognition of these mental models assist in teacher training. The results obtained reveal the difficulties of licenciandos in understanding chemical equilibrium, its definition and its behavior, in addition to performing relatively simple models, followed closely by models presented by high school students, and that knowledge of these mental models can assist in selection of teaching strategies for the training of teachers, in an attempt to make them more complex and close to the scientific model necessary for the understanding of scientific language.

KEYWORDS: mental models; chemical equilibrium; teacher training

INTRODUÇÃO

Com a evolução das pesquisas na área de ensino de ciências naturais surgem inquietações e indagações que levam a busca por respostas na tentativa de contribuir para a compreensão do complexo processo de ensino e aprendizagem. Estudos e propostas curriculares têm defendido a necessidade de se promover uma aprendizagem significativa para a formação conceitual dos indivíduos no ensino de ciências. Vários trabalhos versam sobre as contribuições dos processos de construção de modelos e representações na evolução da cognição do aluno (BORGES, 1997; MOREIRA, 1999; JUSTI, 2010). A utilização destes processos vai além da memorização de equações e procedimentos, contribuindo para que os estudantes não apresentem apenas explicações que sejam satisfatórias, mas que os mesmos possam construir e desenvolver uma forma de conhecimento flexível podendo ser aplicado a diferentes situações.

Com a rápida mudança decorrente do desenvolvimento tecnológico e social, surgiram questionamentos acerca da adequação do ensino de ciências, tido como “tradicional”, às novas necessidades educativas. Tais indagações têm levado os

professores e pesquisadores a desenvolverem pesquisas que vão além da identificação apenas das concepções alternativas, forçando o professor a romper com sua visão simplista e buscar entender e compreender de fato como se dá o processo da construção do conhecimento. Assim sendo, a Teoria dos Modelos Mentais tem se constituído em um importante foco de pesquisa, visando melhor compreender esse processo mental da construção do conhecimento.

As concepções alternativas são responsáveis pelas primeiras formações dos modelos mentais é a partir delas que os alunos têm acesso as primeiras informações, que muitas vezes diverge das científicas, iniciando a formação de seus modelos mentais. Estes serão moldados e enriquecidos de acordo com as informações e o conhecimento desenvolvido com o auxílio da mediação do professor.

Concepções alternativas e modelos mentais são conceitos distintos, no entanto, complementares. As concepções alternativas são as primeiras ideias que ocorrem no subconsciente do indivíduo, elas não são pensadas, repensadas, nem formuladas elas são produto imediato da mente. Já os modelos mentais são pensados, apresentam uma maior coerência, são estruturas mais complexas que já foram imaginadas, repensadas e remodeladas, estando em constante evolução.

As representações trazidas pelos estudantes para a sala de aula e que se relacionam com os conceitos e princípios a serem estudados, tem sido objeto de intensa investigação nas últimas três décadas (DRIVER, 1989). Assim sendo, a presente investigação objetiva avaliar de que modo a mediação do conhecimento científico da Teoria do Equilíbrio Químico, feita por uma professora formadora apoiada na compreensão dos modelos mentais dos licenciandos de química da UFS, pode colaborar na melhoria do processo da formação conceitual destes futuros professores.

Para entendermos o conceito de modelo mental nos apoiaremos inicialmente em uma definição mais simples, definindo-o como sendo “um modelo que existe na mente de alguém, do indivíduo” (BORGES, 1997, p. 208). Partindo dessa ideia o indivíduo pode descrever, explicar, modificar e reaplicar o seu modelo mental conforme a situação apresentada, essas etapas são repetidas diversas vezes na mente do indivíduo, a fim de se chegar a uma resposta, explicação ou conclusão, que em um primeiro instante atende as suas necessidades enquanto aprendiz.

Os modelos mentais são inacabados e evoluem à medida que o indivíduo adquire conhecimentos (MOREIRA, 1996) e os incorpora a sua estrutura mental. Esse processo está ligado à capacidade do indivíduo em prever e explicar determinado fenômeno à medida que o seu conhecimento evolui.

Dessa forma, os modelos mentais estão relacionados com a capacidade de compreensão do sujeito, os mesmos passam a ser “os mecanismos através dos quais os humanos são capazes de gerar descrições do propósito, forma e funcionamento de um sistema, e os seus estados observados e prever os estados futuros” (ROUSE & MORRIS apud BORGES 1997, p. 11).

Os modelos mentais são representações elaboradas pelos indivíduos, buscando descrever ou explicar o que ocorre no mundo externo, são as representações internas do pensamento humano denominadas por Moreira (1996) de representações mentais. Tais representações mentais são formadas por um conjunto de símbolos que buscam formas de conceber o mundo externo mentalmente. Para Norman Normam (apud MOREIRA, 1996, p. 200) os modelos mentais são:

“[...] inacabados, portanto incompletos; os indivíduos apresentam a habilidade de trabalhar seus modelos diversas vezes na sua mente buscando aperfeiçoá-lo; são inconstantes e muitas vezes vagos; não possui limites estabelecidos; não são formados

ou constituídos de ideias cientificamente corretas e principalmente os indivíduos tendem a constituir modelos econômicos”.

Segundo Johnson-Laird (1983) para que haja um modelo mental faz-se necessário a existência da representação analógica, a diferença está em que um representa aspectos particulares e o outro se caracteriza como uma representação ampla e genérica. Uma cadeira, por exemplo, produz um modelo mental que é geral e se apropria de diferentes imagens, mas a imagem de uma cadeira remete a um objeto específico. Portanto, o modelo mental tem como função possibilitar o indivíduo explicar, fazer previsões sobre dado fenômeno. Para Moreira (2011, p. 185) modelos mentais são, então, análogos estruturais do mundo. Seres humanos entendem o mundo construindo modelos mentais dele em suas mentes. Entender um evento é saber como ele é causado, o que resulta dele, como provocá-lo, influenciá-lo, evitá-lo.

No processo de ensino e aprendizagem o professor se utiliza de modelos conceituais para auxiliar seus alunos na construção de seus modelos mentais e estes últimos deverão ser moldados à medida que o indivíduo vai adquirindo conhecimento, para isso é necessário que os modelos conceituais sejam compreensíveis, façam sentido e sejam aplicáveis na resolução de problemas (NORMAM, 1983). Assim sendo, no processo de ensino e aprendizagem ocorre a utilização dos modelos conceituais com o objetivo de auxiliar na formação de modelos mentais mais consistentes e plausíveis.

Johnson-Laird (1983) considera que os modelos mentais são representações complexas e de fundamental importância para entender como se organiza e funciona a cognição humana. Consequentemente, a relevância do estudo dos modelos mentais na pesquisa em ensino de ciências ocorre em função da necessidade em explicar e entender como se desenvolve o pensamento humano e principalmente como ocorre

o desenvolvimento do raciocínio humano perante determinado fenômeno ou situação, no nosso caso um fenômeno químico.

No entanto a maioria dos professores não tem consciência nem de que estão promovendo a formação de modelos mentais, muito menos da forma como a instrução pode dificultar ou não o processo de construção de modelos mais consistentes e plausíveis. Isso ocorre fundamentalmente porque alguns professores não estão familiarizados com o conceito de modelo mental, como estes são formados e como a instrução pode melhorá-los.

Os modelos mentais estão diretamente relacionados à capacidade de compreensão e raciocínio do sujeito, portanto são eles que guiam os mecanismos cognitivos que geram explicações, descrições, inferências e reaplicações. Eles são específicos de cada indivíduo, porém não são precisos, coerentes nem completos. É preciso observar que essas lacunas podem ocorrer por vários motivos tais como, a instrução inadequada, materiais didáticos que não estimulam sua avaliação e modelos conceituais que mais se aproximam de definições a serem memorizadas.

No processo de ensino e aprendizagem é função do professor desenvolver estratégias, recursos e modelos conceituais que proporcione ao aluno subsídios para a construção e evolução do seu modelo mental. Por outro lado, a pesquisa nesse campo é muito complexa e difícil, pois o objeto de estudo é mente do aluno, como considera Moreira (1996, p. 211):

[...] a pesquisa nessa área é bastante difícil por duas razões: em primeiro lugar, porque não se pode simplesmente perguntar a pessoa qual o modelo mental que ela tem para um determinado estado de coisa, pois ela pode não ter plena consciência desse modelo. Em segundo, por que não adianta buscar modelos mentais claros, nítidos, elegantes, pois os modelos que as pessoas de fato têm são estruturas confusas, mal feitas [...].

Em função destas dificuldades buscamos melhorar a capacitação dos professores em formação para uma ação mais eficiente da aprendizagem por parte dos alunos e que esta formação possibilite ao aluno apropriar-se de um saber e incorporá-lo ao seu cognitivo, promovendo uma evolução do pensamento e, conseqüentemente dos seus modelos mentais. Para isso, é preciso que o professor esteja consciente dos modelos mentais dos seus educandos, pois somente assim conseguirá auxiliá-los para que estes possam construir modelos mentais mais sólidos e próximos aos científicos. Para que isso ocorra faz-se necessário que o professor tenha uma formação inicial apropriada, tanto o domínio dos conteúdos científicos a serem mediados como o conhecimento das concepções por parte do professor, ruptura com visões simplistas, conhecimento teórico sobre as pesquisas, como aborda Carvalho e Gil-Pérez (1993).

Para melhorarmos a capacitação de professores em formação, objetivamos neste trabalho identificar e conhecer os modelos mentais que um grupo de licenciandos da UFS apresentou a partir de experimento que contempla a Teoria do Equilíbrio Químico. Este conteúdo foi escolhido devido à dificuldade de aprendizagem declarada pelos licenciandos desta Instituição e constatado, também, por pesquisas na área de Educação em Ciências (JUNIOR; SILVA, 2009; MACHADO; ARAGÃO, 1996; QUILEZ, 2006; PEREIRA, 1989).

1. Metodologia de pesquisa

A pesquisa foi aplicada com dezessete alunos da Universidade Federal de Sergipe (UFS), durante as aulas da disciplina de Estágio Supervisionado em Ensino de Química (ESEQ), tendo caráter qualitativo. Para Silva (2003), a investigação qualitativa enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estudo das percepções

pessoais. Tal investigação assume muitas formas e é conduzida em múltiplos contextos. Seu caráter qualitativo está na captação de significados, nas definições da situação e nos pontos de vista dos sujeitos envolvidos na pesquisa, envolve ainda, a obtenção de dados pelo contato direto do pesquisador e os sujeitos pesquisados, porém sem interferir diretamente na qualidade das informações a partir das quais será possível construir a análise e chegar à compreensão mais ampla do problema delineado (LÜDKE e ANDRÉ, 1986).

A pesquisa foi dividida em três momentos descritos a seguir. No primeiro momento foi feita uma apresentação para aos licenciandos sobre a importância de se conhecer os modelos mentais e sua relação com a formação do professor, seguida da explanação de como seria a dinâmica das aulas e sua finalidade. No nosso caso tínhamos como objetivo identificar e compreender o processo de formação dos modelos mentais, ou ainda, a forma como os licenciandos constroem seus modelos mentais para explicar um dado experimento envolvendo reações em equilíbrio químico (E.Q.).

A professora formadora iniciou fornecendo elementos para auxiliar os licenciandos na elaboração de seus modelos mentais através da instrução, pois segundo Moreira (1996) os indivíduos geram modelos mentais a partir das informações recebidas e são capazes de fazer deduções e adaptações, sem precisar depender de recordações ou lembranças falhas, já que esses modelos não são possíveis de serem construídos com as informações trazidas pelo indivíduo do seu cotidiano, por se tratarem de modelos específicos de uma área de conhecimento.

O experimento foi utilizado como forma direta de investigar os modelos mentais desses licenciandos a fim de obter de forma escrita, simbólica ou falada expressões ou indagações que nos possibilitassem a identificação destes e os caminhos que esses alunos escolheram na construção dos mesmos. Dessa forma, para identificar

os modelos mentais é necessário se utilizar de metodologias baseadas na ideia de que as representações mentais podem ser moldadas a partir do conhecimento inicial e das suas interações (MOREIRA, 1996). Porém, investigar e estudar os modelos mentais não é fácil, visto que estes não estão prontos e muitas vezes são incoerentes e confusos.

Não adianta buscar modelos mentais claros, nítidos, elegantes, pois os modelos que as pessoas de fato têm são estruturas confusas, mal feitas, incompletas, difusas. É com esse tipo de representação mental que o pesquisador nessa área tem que lidar e tentar entender. (Norman apud MOREIRA, 1996 p. 211).

No segundo momento foi realizado em sala o experimento envolvendo E.Q. juntamente com os licenciandos. O experimento envolvia uma transformação química na qual os gases NO_2 (gás marrom) e N_2O_4 (gás incolor) apresentavam equilíbrio químico. Esses gases eram produzidos a partir do aquecimento do nitrato de chumbo $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ no estado sólido. O experimento foi utilizado como forma direta de investigar os modelos mentais desses licenciandos a fim de obter de forma escrita, simbólica ou falada expressões ou indagações que nos possibilitassem a identificação destes e os caminhos que esses alunos escolheram na construção dos mesmos.

Para a identificação dos modelos mentais é necessário se utilizar de metodologias baseadas na ideia de que as representações mentais podem ser moldadas a partir do conhecimento inicial e das suas interações (MOREIRA, 1996). Investigar e estudar os modelos mentais não é fácil, visto que eles não estão prontos e são muitas vezes incoerentes e confusos, necessitando muitas vezes a utilização de diferentes metodologias e recursos na tentativa de conhece-lo e aprimorá-lo.

Durante a realização da prática a professora formadora começou a fazer algumas indagações aos alunos sobre o que estava acontecendo e como eles explicariam tal fenômeno.

A professora formadora, com o auxílio dos licenciandos, representou as equações químicas envolvidas na prática experimental. Sendo que o dióxido de nitrogênio (NO_2), gás marrom, coexistia em equilíbrio químico com o gás tetraóxido de dinitrogênio (N_2O_4), gás incolor.

Após a realização do experimento a professora formadora começou a fazer uma sistematização das respostas dadas pelos licenciandos, diante de suas indagações durante a realização da prática experimental e paralelamente à essa sistematização foi construindo instruções para que os alunos pudessem começar a construir seus modelos mentais. Essa instrução estava apoiada nos cinco momentos citados por Borges (1997, p. 211): 1) Como é o sistema? (Descrever o sistema); 2) De que o sistema é feito? (Descrever a estrutura do sistema); 3) Como ele funciona? (Explicar como funciona); 4) O que ele está fazendo? (Prever ou explicar o estado do sistema) e 5) Para que ele serve? (Descrever o propósito do sistema)

No terceiro momento os licenciandos responderam um questionário de 13 questões abertas, questões essas elaboradas a partir dos cinco momentos citados anteriormente. As perguntas foram elaboradas para que pudéssemos identificar e entender como esses modelos foram criados. Todo o procedimento, desde a apresentação até o momento de responderem o questionário foi gravado em áudio e vídeo, com consentimento dos licenciandos por meio de termo escrito e assinado, para posterior transcrição e análise dos dados.

2. Identificação dos primeiros modelos mentais: análise e resultados

Os primeiros modelos mentais identificados dos licenciandos foram analisados individualmente, tendo por base todos os dados obtidos pelos diferentes instrumentos de coleta de dados. Cada modelo mental identificado é individual, porém apresentam semelhanças entre si. De acordo com Moreira (1996) não existe modelos mentais idênticos, capazes de formar grupos homogêneos, pois o processo de construção de cada modelo mental é particular a cada indivíduo, por isso apresenta variações.

Os dados foram organizados levando em conta a semelhança entre possíveis modelos mentais e as principais ideias contidas em cada modelo, assim foi possível agrupar os modelos mentais em sete tipos, os modelos expressos, aos quais acessamos, permitiu o agrupamento por semelhança de ideias. Na Tabela 1 é possível observar alguns dos modelos mentais identificados bem como suas hipóteses que se referem ao modo como os licenciandos explicam o sistema e suas alterações. A seguir são apresentados e discutidos os modelos mentais identificados.

Tabela 1: Primeiros modelos mentais encontrados

Modelos Mentais	Hipótese
1	O licenciando não concebe o fenômeno como uma transformação química, mas sim como mudança de estado físico: de sólido para gasoso.
2	Para o licenciando a mudança de coloração ocorre devido à troca de energia.
3	Não admitem a coexistência das espécies (N_2O_4 e NO_2) em equilíbrio.
4	Não contempla a existência do gás incolor (N_2O_4), ou seja, se o gás é incolor ele não existe.
5	Há decomposição do nitrato de chumbo, contemplando a formação apenas de $PbO_{2(s)}$ e $NO_{2(g)}$, pois este é colorido.
6	Formação de um único gás, sendo que a alteração na temperatura é responsável pela mudança de cor tanto do gás como do sólido, porém as substâncias permanecem as mesmas.
7	A alteração na coloração do sistema é resultado da produção ou não do NO_2 .

Dos dezessete licenciandos nem todos expressaram ou construíram modelos mentais, os que o fizeram de forma clara, apresentaram semelhanças com os modelos, nos permitindo a constituição de modelos mentais que constam na Tabela 1. Observamos que 35% dos licenciandos não expressaram modelos mentais, isso não significa que não construíram modelos mentais significativos. Para Justi (2010) os modelos mentais são construídos na mente humana, porém não podemos acessar esses modelos, a única forma de nos aproximar deles é através dos modelos expressos pelos alunos, seja de forma escrita, falada ou através de imagens ou desenhos, porém nem todos os indivíduos conseguem expressar através dessas formas seus modelos.

Os modelos mentais aqui apresentados foram identificados levando-se em conta as anotações dos alunos nos questionários e nas transcrições das gravações feitas durante as aulas da disciplina. Durante o processo de identificação dos modelos mentais dos licenciandos, dois aspectos foram ponderados e considerados importantes: como o licenciando explicaria o fenômeno e como o licenciando explicaria as mudanças visualizadas.

Vamos a seguir, discutir os dados de quatro desses sete modelos em função do espaço limitado. No modelo 1 o licenciando apresenta seu modelo baseado na mudança de estado físico, uma das evidências encontradas para explicar tal modelo está no fato do reagente e dos produtos se encontrarem em estados físicos diferentes, uma vez que o nitrato de chumbo se encontrava no estado sólido enquanto o dióxido de nitrogênio e o tetraóxido de dinitrogênio formados são gasosos. Como podemos observar na fala a seguir:

A1: “Uma sublimação, vai passar do sólido para gasoso, ocorre uma mudança de estado de parte do sólido para gasoso”.

Com base na fala acima, evidenciamos a confusão ou dificuldade desses licenciandos em diferenciar uma transformação física de uma transformação química. No decorrer da prática experimental realizada, para esse licenciando, o nitrato de chumbo sólido quando aquecido se transforma em nitrato de chumbo gasoso, não existindo a formação de uma nova substância. Quando questionado em que momento o sistema entrava em equilíbrio observou-se que o licenciando se apegou ao macroscópico, a única mudança visível, a mudança de cor ocorrida no sólido, já que inicialmente o nitrato de chumbo apresenta a coloração branca e após aquecimento sua coloração muda para amarelo, formação de dióxido de chumbo e o gás produzido apresenta cor semelhante, o que reafirma a hipótese de mudança de estado físico.

Segundo este licenciando o equilíbrio era atingido quando o nitrato de chumbo sólido tem sua aparência modificada de branco para amarelo, ou seja, no momento que o sólido modificou sua cor original evidenciava que o sistema estava em equilíbrio. Em nenhum momento o licenciando considerou que o sólido formado fosse uma nova substância, ou seja, um dos produtos da reação.

Quando questionado a respeito da alteração novamente de cor após o resfriamento, o licenciando continuou a explicar o fenômeno se utilizando do modelo mental por ele criado, explicou a mudança de cor afirmando que tal alteração se dava devido à mudança de estado físico do nitrato de chumbo, para ele quando a temperatura foi reduzida o nitrato de chumbo voltou ao seu estado inicial sólido, como ressaltamos na fala a seguir:

L1: “Fica marrom porque o nitrato de chumbo gasoso tem essa cor, quando a temperatura diminui o nitrato volta a ser sólido novamente”.

De acordo com Moreira (1996) quando um indivíduo quer explicar algo ele se utiliza de um esquema estrutural que lhe permita a compreensão de uma

determinada situação. Esse esquema é uma espécie de roteiro que será seguido na construção do modelo mental, mesmo que este seja incompatível com o científico, porém é capaz de explicar o fenômeno, já o entendimento do conceito aceito cientificamente vai depender de diversos elementos um deles a capacidade de cognição do indivíduo.

Os modelos 3 e 4 consideraram a formação de novas substâncias. O modelo 3 foi construído baseado nas interações entre as moléculas, que forma diferentes produtos dependendo das condições a que o sistema for submetido. Na concepção deste licenciando no aquecimento ocorreu a formação do NO_2 (somente) enquanto que, durante o resfriamento formou-se somente o N_2O_4 . Esse licenciando não concebeu a coexistência de ambos os gases em um mesmo recipiente, ele consegue compreender a formação de produtos distintos, porém seu modelo mental apresenta falhas quando não é capaz de relacionar dois fatores importantes: que um sistema só entra em equilíbrio químico quando duas ou mais espécies estão em equilíbrio dinâmico e as concentrações dessas espécies se mantem constante.

O licenciando L2 não conseguiu explicar, utilizando seu modelo mental, de que forma essas interações ocorriam para formar gases distintos em diferentes condições, já que o reagente utilizado e o sistema formado foram os mesmos, apenas afirmou formar produtos diferentes, dependendo das condições a que forem submetidos, como observamos nas falas abaixo:

L9: “irá diminuir a cor marrom, pela formação de N_2O_4 que é um gás incolor”.

L9: “com o aumento da temperatura forma o gás marrom, quando diminui a temperatura forma o gás N_2O_4 (incolor)”.

Pode-se observar nestas falas que este licenciando não levou em consideração a hipótese da coexistência dos gases como constatado anteriormente, verificou-se no decorrer das perguntas uma contradição nas suas respostas, o que evidência a formação de um modelo mental não tão consistente e sua mudança e/ou evolução no decorrer das suas explicações. De acordo com a primeira resposta deste pesquisado a cor marrom não era sinal de formação de um gás, constatamos a dificuldade em aceitar a coexistência das duas espécies em equilíbrio, o NO_2 e o N_2O_4 . Os modelos envolvidos em E.Q. consideram que dependendo das condições a qual o sistema foi submetido, uma espécie estará em maior quantidade em relação à outra, todavia as duas espécies coexistem ao mesmo tempo. Já a segunda explicação dada pelo licenciando considera a formação de dois produtos, temperatura ambiente o marrom e temperatura alta o incolor, mostrando incompatibilidade com o primeiro grupo de respostas. No entanto o licenciando não contempla a coexistência dos gases.

Verificou-se também a dificuldade de L3 em explicar tal fenômeno, demonstrando não estar acostumado a ser questionado, pois argumentou ser mais difícil responder os questionamentos feitos, do que resolver uma questão de cálculo envolvendo E.Q. A resolução de exercícios com aspectos unicamente quantitativos sem uma abordagem qualitativa é característica da formação desses licenciandos, portanto uma aula dialogada e questionadora os deixa sem ação e sem respostas.

Outro pesquisado L5 contemplou o modelo 4, segundo ele o nitrato de chumbo se decompõe formando o dióxido de nitrogênio e o óxido de chumbo. Neste modelo foi possível identificar que o licenciando partiu da hipótese que o sistema estaria em equilíbrio quando ocorresse a formação do gás marrom, NO_2 , devido ao aquecimento. Sendo assim, é possível verificar que o licenciando acredita que o equilíbrio existente ocorreu entre as espécies sólidas, que são o óxido de chumbo e o nitrato de chumbo, sendo que a formação do gás marrom, o dióxido de nitrogênio,

seria o indício de que o sistema estaria em equilíbrio, pois o sistema sólido se apresenta sem alterações macroscópicas, estático.

Johnson-Laird (apud MOREIRA, 1999) relata que um modelo mental pode ser resultado da percepção visual, porém tal modelo será único e correspondente apenas a um único estado de coisas, neste caso ao sistema apresentado em específico, a utilização da experimentação nesse caso, levou o licenciando a explicar tal fenômeno de acordo com o observava durante a prática.

O modelo 4 até então era o mais próximo do modelo científico no que diz respeito à explicação dos produtos formados (NO_2 e o PbO_2), esse modelo foi identificado em mais de um licenciando, porém os modelos por eles construídos não davam conta de explicar o que ocorreria quando a temperatura fosse diminuída.

As explicações dadas pelos licenciandos, quando da mudança de temperatura e conseqüentemente da cor, foram: com a diminuição da temperatura, diminui a velocidade de formação do NO_2 , logo a coloração se altera. Outros mencionaram que a coloração era devido à agitação dos elétrons, como podemos observar nas falas a seguir:

L4: “Diminuirá a coloração, pois com a diminuição da temperatura a velocidade da reação diminui”.

Este pesquisado ainda afirma que a mudança não é pela predominância do gás, mas por conta do metal de transição presente no reagente, o chumbo.

L7: “Criou uma cor marrom no tubo devido à agitação dos elétrons... com o resfriamento os elétrons voltam ao repouso”.

L10: “a cor é por causa da mudança de um estado de menor energia para um de maior energia”.

L8: “Pela excitação dos elétrons”.

Observamos, pela análise dessas respostas elaboradas ao longo das aulas e no questionário que compõe os dados para a identificação dos modelos expressos pelos licenciados, alterações nos modelos mentais inicialmente construídos por eles. Nas previsões futuras desses licenciandos não existia a possibilidade da mudança de coloração, já que a formação do gás seria o equilíbrio, ou seja, eles entendiam equilíbrio como o fim de um fenômeno químico e físico.

Segundo Moreira (1996) os modelos mentais são reconstruídos e reorganizados de acordo com a finalidade para qual foram criados, eles estão em constante mudança a fim de explicar ou concluir algo.

Ao longo da mediação do experimento e dos questionamentos, a professora formadora trabalhou conceitos de reação, equilíbrio, entre outros na tentativa de fazer da instrução uma forma de sistematizar e auxiliar os licenciandos na formação de seus modelos mentais. Para Borges (1997) os modelos mentais que inicialmente construímos são simples e a formação de modelos mais sofisticados e complexos pode ocorrer através da construção do conhecimento mediado pela instrução, no nosso caso, da professora formadora.

No sexto modelo identificado (modelo 6) o pesquisado transfere para seu modelo mental ideias do senso comum sobre equilíbrio ao afirmar que o equilíbrio é atingido quando existirem quantidades iguais de produto e reagente. Para este licenciando o sistema é formado por um sólido branco, o nitrato de chumbo, gás marrom e sólido amarelo, sem a existência do gás incolor, apresentado semelhanças com o modelo 4. Ao ser questionado sobre o que ocorreria caso o tubo fosse aquecido ou resfriado, explicou da seguinte forma:

L5: “ao aquecer, parte do nitrato de chumbo está se transformando em espécies diferentes uma no estado gasoso (marrom) e outra no estado sólido (amarelo)”.

Porém no resfriamento o licenciando observou que houve uma mudança de coloração, de marrom para predominantemente incolor, ele ressaltou ainda que o sólido formado também mudou de coloração. Tal fato foi explicado pelo licenciandos da seguinte forma: a mudança de coloração não ocorreu por conta da mudança de temperatura, mas pela formação de outro produto, o dióxido de chumbo, que tem como uma das características coloração amarelada. Para o pesquisado à medida que a temperatura diminuía o sólido passou de branco para amarelo e essa mudança provocava a alteração de cor no gás, o que ele considerou como um estado de EQ, como observado a seguir:

L5: “ao resfriarmos o tubo ocorre uma reação de equilíbrio, ou seja, o sólido fica com cor amarela e o gás passa a ser incolor, quando isso ocorre há um estado de equilíbrio químico”.

L5: “o gás marrom (NO_2) se converte em um gás incolor (N_2O_4) e o sólido que era branco em amarelo, para manter o equilíbrio”.

Ainda para este licenciando existem, além das duas espécies em equilíbrio, o nitrato de chumbo e o óxido de chumbo, ou seja, ele entende que existe um equilíbrio químico, mas não somente entre os gases, mas também entre os sólidos, um equilíbrio heterogêneo, o que não era o caso do fenômeno observado, além de não admitir a coexistência dos gases, mostrando uma contradição do seu modelo expresso.

Considerações Finais

As análises dos modelos mentais indicam que os licenciandos apresentam dificuldades em compreender a Teoria de Equilíbrio Químico, porém é preciso levar em consideração que os modelos mentais construídos pelos indivíduos sofrem modificações e são aprimorados conforme a aquisição de conhecimento resultando em modelos mais complexos.

Alguns licenciandos, quatro deles, apresentaram concepções alternativas sobre transformação química, pois acreditavam que esta é o mesmo que mudança de estado físico, os mesmos não levaram em conta tais diferenças no momento de explicar ou construir seus modelos, demonstrando as falhas importantes na formação conceitual desses professores, é necessário que as concepções apresentadas pelos licenciandos sejam enriquecidas e moldadas de forma que construirão modelos mentais consistentes e significativos. Se as concepções alternativas são responsáveis pelos primeiros passos na construção de um modelo mental estas devem ser levadas em consideração e fazer parte do processo de construção do conhecimento.

Outra concepção alternativa que afetou a construção dos modelos mentais para os licenciandos (coloque os códigos destes) foi a dificuldade de aceitar o gás, substância invisível, como substância participante do sistema em equilíbrio químico. Essa observação nos leva a pensar nas dificuldades que esses alunos apresentam para compreender diversos fenômenos, uma vez que, a Química é uma ciência abstrata e construída a partir de outros modelos que não são palpáveis nem visíveis, exigindo a utilização do imaginário para criar modelos, definições e explicações.

Outro ponto importante é o fato dos licenciandos não conceberem a coexistência dos dois gases em equilíbrio, ou seja, quando a coloração ficou marrom o aluno acreditou existir somente o gás dióxido de nitrogênio e na ausência de cor,

incolor, somente a formação do tetraóxido de dinitrogênio (N_2O_4). A compreensão da condição de coexistência é fundamental na elaboração de modelos mentais mais próximos do científico.

Nossas análises apontam para algumas possibilidades de melhoria das estratégias de ensino na formação de professores, já que através do conhecimento dos modelos mentais dos alunos, podemos iniciar discussões em classe que possibilitem a expressão das principais dificuldades na construção do conhecimento científico, entre elas: a da compreensão de como os modelos científicos se constituem, já que a teoria do equilíbrio químico é formada por diversos modelos inacessíveis macroscopicamente, constituídos no meio científico através da interpretação da realidade, que dependendo dos instrumentos analíticos podem ser redefinidos; o conhecimento e estudo das pesquisas que apontam as concepções alternativas sobre o conhecimento químico desenvolvido, pois este ajuda na instrução e mediação do experimento e otimização do modelo mental a ser construído pelo professor em formação e a utilização da história da química na compreensão da construção do conhecimento e dos possíveis modelos mentais que se modificaram com o passar do tempo.

Agradecimentos

Agradeço aos participantes da pesquisa e a Prof. Dr. Marlene Rios Melo pela orientação e contribuições a este trabalho.

REFERÊNCIAS

BORGES, A. T. *Modelos mentais*. In: XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, 1997, Belo Horizonte. Atas...Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Física, 1997.

BORGES, A. T. *Um estudo de Modelos Mentais*. Investigações em Ensino de Ciências, v. 2, n. 3, p. 207-226, 1997.

CARVALHO, A.M.P. e D. GIL-PÉREZ. *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez, 1993.

CRAIK, K. J. W. *The Nature of Explanation*. Cambridge: Cambridge University, 1943.

DRIVER, R. Más allá de las apariencias: la conservación de la materia en las transformaciones físicas y químicas, driver, In: *Ideas científicas la infancia y la adolescência*. R. Driver, E. Guesner, A. Tiberghien. Madrid: Ediciones Morata, Ministério de Educación e Ciência, 1989.

JÚNIOR, J. G. T.; SILVA, R. M. G. *Investigando a temática sobre equilíbrio químico na formação inicial docente*. Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 8, n. 2, 2009.

JOHNSON-LAIRD, P. N. *Mental models: towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1983.

JUSTI, R. *Modelos e Modelagem no Ensino de química: Um olhar sobre aspectos essenciais pouco discutidos*. In: SANTOS, W. L. P. & MALDANER, O. A. (Org.) *Ensino de Química em Foco*, p. 209-229, 2010.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo : EPU, 1986.

MACHADO E ARAGÃO, Como os estudantes concebem o estado de Equilíbrio Químico. *Revista Química Nova na Escola*, n. 4, p. 18-20, 1996.

MOREIRA, M. A. *Modelos Mentais*. Investigações em Ensino de Ciências, v.1 n.3, p.193-232, 1996.

MOREIRA, M. A. *Teorias da Aprendizagem*. São Paulo: Editora Ped. e Univ., 1999.

NORMAN, D.A. (1983). *Some observations on mental models*. In Gentner, D. and Stevens, A.L. (Eds.). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. p. 6-14.

PEREIRA, M.P.A. *Equilíbrio Químico – Dificuldades de aprendizagem I – Revisão de opiniões não apoiadas por pesquisa*. Revista Química Nova, 12, 1, 76-81. rnet no Brasil, 2012. p.35-45, 1989.

QUÍLEZ, J. *Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores*. Enseñanza de las Ciencias, 24, 2, 219-240, 2006.

SILVA, R. M. G. *Constituição de professores universitários de disciplinas sobre ensino de Química*. 2003. 245p. Tese de Doutorado. Universidade Metodista de Piracicaba.

Recebido: 19.09.2015 – **Aprovado:** 15.11.2015