

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CCET - CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS
E MATEMÁTICA

FABIA MARIA GOMES UEHARA

REFLETINDO DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DE ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO NO ESTUDO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

NATAL – RN

2005

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FABIA MARIA GOMES UEHARA

**REFLETINDO DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DE ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO NO ESTUDO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO**

**Dissertação apresentada à Pós-Graduação em
Ensino de Ciências Naturais e Matemática da
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ensino de Ciências Naturais e
Matemática**

**Orientadores:
Prof. Francisco Gurgel de Azevedo (in memoriam)
Prof. Márcia Gorette Lima da Silva**

**NATAL – RN
2005**

FABIA MARIA GOMES UEHARA

**REFLETINDO DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DE ALUNOS DO ENSINO
MÉDIO NO ESTUDO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO**

Dissertação apresentada à Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências Naturais e Matemática.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Márcia Gorette Lima da Silva
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Márcia Rodrigues Pereira
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Adelaide Maria Vieira Viveiros
Universidade Federal da Bahia - UFBA

A Deus pelo Dom da Vida.

*A meus pais Antonio e Maria, aos meus filhos Cíntia, André,
Luciano e Erick , meus irmãos Celimari, Mariceli e Fábio e a
meu esposo José Everaldo pelo incentivo, apoio e carinho.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Francisco Gurgel de Azevedo (in memoriam) e Márcia Gorette Lima da Silva, pela atenção e o carinho. Sem eles esta pesquisa não teria sido concluída;

ao meu esposo e companheiro pela ajuda nas leituras e revisões, e pela paciência durante o tempo do mestrado, meu eterno amor;

aos meus filhos Cíntia e André, pela ajuda nos gráficos e tradução do resumo, Luciano e Erick pela compreensão nos momentos de stress;

ao meu pai Antonio Freire Neto, pelos profundos esclarecimentos técnicos na área da indústria petroquímica (reatores) da qual é grande conhecedor;

aos professores Franklin Nelson da Cruz e Luis Seixas de Neves pelo carinho e atenção, durante o período de pós-graduação;

aos amigos Fernando Cardoso, Márcia Guerra e Adriano Pinto pelas sugestões que muito contribuíram e enriqueceram este trabalho;

a minha amiga do curso de pós-graduação Lorena, pelo companheirismo nos momentos mais difíceis em que esteve sempre do meu lado.

ao amigo Stevenson, secretário do Programa de Pós-Graduação, pela atenção e disposição para atender meus pedidos.

aos alunos e às escolas que contribuíram para o diagnóstico da pesquisa; em especial à todos os meus alunos razão da minha eterna busca pela melhora da prática docente.

ao CAPES pela ajuda de custo fornecida durante os meus estudos e pesquisas.

*“É melhor coxear pelo caminho do que avançar a grandes passos fora dele.
Porque quem coxeia pelo caminho, embora avance devagar,
aproxima-se da meta, enquanto que quem segue fora dele
quanto mais corre mais se afasta”*

Santo Agostinho

RESUMO

A pesquisa aqui apresentada busca identificar os principais erros conceituais cometidos por alunos do Ensino Médio ao estudar o tema Equilíbrio Químico e como os livros didáticos podem influenciar na formação desses. Para o levantamento desses dados foram aplicados 150 questionários, contendo 11 questões abertas e quatro fechadas. Foram utilizados como sujeitos da pesquisa alunos de três escolas particulares da cidade do Natal-RN. O questionário para a análise do livro procurou conhecer como o tema estava sendo abordado, funcionando como facilitador ou não na formação do conhecimento. Os livros foram escolhidos por serem os mais adotados pelas escolas da mesma cidade. Na análise do livro didático foram avaliados 12 itens, que procuravam identificar: a clareza com que o livro abordava os conteúdos, contextualização dos exercícios, analogias utilizadas, quantidades de exercícios quantitativos e qualitativos, a conexão entre os conteúdos e a retomada de conceitos importantes. O questionário aplicado aos alunos buscou apreender o conhecimento dos conceitos relativos ao tema Equilíbrio Químico e os principais equívocos encontrados foram: definição do estado de equilíbrio em uma reação química, da constante, dupla seta, confusão entre massa e concentração, representação microscópica de uma reação em equilíbrio, pressão parcial e pressão total, função de catalisadores. Os resultados demonstraram muita insegurança ou falta de conhecimento sobre o tema ao verificarmos o grande número de questões em branco e uma significativa percentagem de questões que apresentavam erros conceituais. Concluímos que esses erros poderiam ser amenizados, ou até mesmo evitados, se o livro didático e professor abordassem o conteúdo de forma mais conceitual, com a aplicação de maior número de exercícios qualitativos, observando a construção das definições pelos alunos, evitando assim, se possível, a formação de conceitos errôneos.

Palavras-chaves: Equilíbrio Químico, Erros Conceituais, Livro Didático, Ensino Médio.

ABSTRACT

This research intends to identify the main conceptual mistakes committed by High School students when studying Chemical Equilibrium and also how the didactic books can influence in their formation. For the data - collecting we applied 150 questionnaires with 11 open questions e 4 restricted ones. Students from three different private schools in Natal-RN were used in this survey. The questionnaire about the book analysis tried to understand how the subject has been boarded, making it easier or not for the knowledge building. The books were chosen by being usually the most used ones at the chemistry classes in the schools in town. On the didactic book analysis we evaluated 12 items that tried to identify the clarity with which the books would bring up the subjects, the contextualization of the exercises, the analogies used, the amount and the quality of exercises, the connections between the subjects, and the retaken of important concepts. The questionnaire given to the students tried to get their knowledge about the concepts related to Chemical Equilibrium. The main mistakes found were: the definition of the state of equilibrium in a chemical reaction, the constant, the double headed arrow, confusions between mass and concentration, the representation of a microscopic reaction in equilibrium, partial pressure and total pressure, and the function of the catalyser. The results demonstrated a lot of insecurity or lack of knowledge about the subject when it was realized that there was a big number of blank questions and a considerable percentage of questions with conceptual errors. We concluded that those errors could be eased or even avoided if the didactic books and the teachers boarded the contents in a more conceptual form with the application of a largest number of good quality exercices, watching the building of definitions by the students, avoiding this way the formation of wrong concepts.

Key - words: Chemical Equilibrium, Conceptual Errors, Didactic Books, High School.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Esquema	1:	Sistema didático.....	27
Quadro	1:	Tipologia de conteúdos.....	29
Gráfico	1:	Percentual de alunos participantes da pesquisa por escola..	62
Esquema	2:	Primeira questão de estudo.....	63
Esquema	3:	Segunda questão de estudo.....	64
Esquema	4:	Terceira questão de estudo.....	64
Esquema	5:	Resumo do Percurso Metodológico.....	66
Quadro	2:	Plano de Questionário.....	69
Quadro	3:	Livros analisados.....	70
Quadro	4:	Roteiro de análise do livro didático.....	71
Gráfico	2:	Percentual de respostas sobre o conceito Equilíbrio Químico.....	72
Citação	1:	Resposta do conceito de equilíbrio (I).....	73
Citação	2:	Resposta do conceito de equilíbrio (II).....	73
Gráfico	3:	Percentual de respostas demonstrando como o aluno representa uma reação química, através de ilustração.....	74
Figura	1:	Representação de reação (I).....	74
Figura	2:	Representação de reação (II).....	74
Figura	3:	Representação de reação com uso de bonecos.....	75
Figura	4:	Representação de reação por quadrinhos.....	75
Figura	5:	Representação da constante como razão entre concentração molar dos reagentes e produtos.....	76
Citação	3:	Representação da constante relacionando à velocidade da reação.....	76

Gráfico	4:	Percentual de respostas sobre o conceito da função do Equilíbrio Químico.....	77
Gráfico	5:	Percentual da opinião dos alunos sobre a influência de T na constante de Equilíbrio Químico.....	77
Citação	4:	Relação da mudança do valor da constante com o princípio de Le Chatelier.....	78
Gráfico	6:	Percentual de respostas da questão 4 (subjativa)sobre o cálculo da constante de Equilíbrio Químico.....	79
Gráfico	7:	Percentual de respostas da questão 4 (objetiva) para a aplicação do princípio de Le Chatelier.....	80
Quadro	5:	Percentual de distribuição dos acertos de aplicação do princípio de Le Chatelier.....	80
Gráfico	8:	Percentual de respostas da questão 5 (objetiva) relacionadas as correlações entre os conceitos de Cinética e Equilíbrio Químico.....	81
Gráfico	9:	Percentual de respostas da questão 5 (subjativa) sobre a função do catalisador.....	82
Citação	5:	Representação da dupla seta relacionada somente ao estado de equilíbrio.....	82
Citação	6:	Representação da dupla seta relacionada ao processo de reversibilidade.....	83
Citação	7:	Representação da dupla seta relacionada com deslocamento de Equilíbrio Químico.....	83
Gráfico	10:	Percentual de respostas relacionada à definição da dupla seta.....	84

Gráfico	11:	Percentual de respostas da questão sobre o conceito de pressão parcial e pressão total.....	84
Gráfico	12:	Percentual de respostas da questão relacionada ao equilíbrio heterogêneo.....	85
Figura	5:	Analogias para o estado de Equilíbrio Químico.....	89
Figura	6:	Analogias para o estado de Equilíbrio Químico.....	89
Figura	7:	Analogias para o estado de Equilíbrio Químico.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

GEPEQ – Grupo de Pesquisa em Educação Química da Universidade de São Paulo

LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

PCNM – Parâmetros Curriculares Nacionais Mais

PUC – Pontifícia Universidade Católica

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UNG – Universidade de Guarulhos

USP – Universidade de São Paulo

RN - Rio Grande do Norte

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	15
CAPÍTULO 1 Reflexões sobre o estudo do conceito Equilíbrio Químico no Ensino Médio.....	22
1.1 Os conteúdos escolares: um dos elementos do sistema didático.....	27
CAPÍTULO 2 Os erros conceituais no estudo do conteúdo Equilíbrio Químico: situando a questão.....	37
2.1 Uma sugestão de abordagem do conteúdo Equilíbrio Químico : o caso da síntese da amônia.....	43
2.2 Investigações didáticas sobre os principais erros conceituais cometidos pelos alunos sobre o tema Equilíbrio Químico.....	55
CAPÍTULO 3 Investigando os erros conceituais sobre o tema Equilíbrio Químico em alunos do Ensino Médio.....	59
3.1 Objetivo geral.....	59
3.2 Objetivos específicos.....	60
3.3 Contexto da pesquisa e caracterização dos sujeitos.....	61
3.4 Questões de estudo.....	63
3.5 Caminho Metodológico: em busca de informações.....	65
3.5.1 Etapa 1 - Fase de familiarização exploratória.....	67
3.5.2 Etapa 2 - A pesquisa: aplicação do questionário.....	68
3.5.3 Etapa 3 - Análise do livro didático com relação à abordagem de conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico.....	70
3.6 Análise dos resultados.....	72
3.6.1 Resultados dos questionários: 2ª etapa da pesquisa.....	72

3.6.2 Resultados da análise dos livros didáticos de Química.....	86
Considerações finais.....	92
REFERÊNCIAS.....	94
APÊNDICE.....	99
APÊNDICE A - Questionário.....	100

APRESENTAÇÃO

A educação no Brasil vem permeada por avanços e problemas que remetem a estudos e pesquisas, gerando vários debates, voltados à política curricular, formação de professores, gestão democrática da escola, papel do livro didático, etc. A discussão de todos esses temas visa à melhoria do processo educacional. Documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), e os Parâmetros Curriculares Nacionais Mais (PCNM), os quais trazem informações que complementam os PCNEM, buscam fornecer elementos para orientar o trabalho docente, entre outros propiciados pela reforma educacional, determinadas pela nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional n° 9394/96. Ditos documentos trazem sugestões para auxiliar o professor na escolha de conteúdos, orientando como organizar, conduzir e avaliar o aprendizado de seus alunos.

Professores, diretores e diferentes profissionais envolvidos com as questões educativas para o Ensino Médio sinalizam preocupações relacionadas à abordagem de conteúdos para despertar o interesse do aluno em aprender, pois o mundo globalizado oferece aos jovens outros atrativos que a escola, na sua forma tradicional de ensino, não consegue oferecer.

Identificar, analisar e propor soluções para as dificuldades encontradas no processo de ensino e aprendizagem deve ser uma função da sociedade em geral.

A pesquisa aqui desenvolvida intenciona propiciar elementos para auxiliar o trabalho docente ou orientar àqueles que de alguma forma estejam interessados em que o processo de ensino-aprendizagem ocorra de forma ampla e completa, formando cidadãos capacitados para enfrentar um mundo altamente competitivo.

Essas preocupações e inquietações relacionadas com o processo de ensino/aprendizagem de alunos do Ensino Médio emergiram após o ingresso no curso de Licenciatura em Química na Universidade de Guarulhos (UNG), em São Paulo, no ano de 1986, quando tive a oportunidade de atuar em escolas estaduais. Nesse período, a angústia mais presente era saber que a Universidade auxiliava tão somente com relação ao conteúdo disciplinar, pois a didática e a pedagogia, nas teorias estudadas distanciavam-se da prática em sala de aula. Intencionava-me formar pessoas com habilidades e competências para enfrentar não somente o mercado de trabalho, mas também a vida.

Durante 12 anos, permanecendo na condição de professora na cidade de São Paulo, atuando em escolas públicas e particulares, sentia que aumentava a vontade de procurar conhecer mais sobre educação. Para tanto, os em cursos de extensão universitária pela Pontifícia Universidade Católica (PUC) e Universidade de São Paulo (USP), nesta segunda integrando o Grupo Pesquisa em Educação Química (GEPEQ), dos quais participei, tornaram-se alternativas viáveis.

Por questões pessoais, foi inevitável a mudança em 1998 para a cidade de Natal/RN. Nesse novo período, a vida profissional manteve-se a mesma: atuar em escolas da rede pública e privada. No ano seguinte, surge a oportunidade de ingressar, na condição de aluna especial, na Pós Graduação em Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), na área de pesquisa. Mas logo chegou a certeza de que esse caminho pouco contribuiria na atuação profissional por mim vivenciada.

Com a possibilidade de realizar um curso dirigido às necessidades profissionais, submeto-me em 2001 a participar do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências Naturais e Matemática da UFRN. O curso, dirigido a professores,

tinha como objetivo qualificar licenciados e graduados envolvidos em atividades docentes para que pudessem atuar como agentes na melhoria do Ensino nas áreas de Química, Física e Matemática.

As angústias decorrentes do tempo de docência, aliadas ao interesse em entender como ocorre, e conhecer formas de colaborar com a aprendizagem dos alunos e, conseqüentemente, com a melhoria do ensino, tomaram corpo na pesquisa iniciada nesse Mestrado. Questões inquietantes encaminharam o olhar inicialmente sobre os documentos legais a fim de conhecer as referências nacionais para o Ensino de Química, dirigidas a contribuir na formação dos alunos do Ensino Médio, procurando facilitar seu aprendizado numa perspectiva mais ampla, de crescimento pessoal aliado a uma visão de mundo cidadã. Essa proposição constituiu-se em pilar do objeto dessa pesquisa.

Nesse sentido, observa-se que a educação, em relação ao nível médio, no Brasil vem permeada de muitas propostas de mudança que, por vezes, distanciam-se da realidade vivenciada nas escolas, pois a realidade socioeconômica do país afasta, muito cedo, um grande contingente de alunos da escola.

Os objetivos almejados nos documentos legais, tais como Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e os Parâmetros Curriculares Nacionais Mais (PCN mais), sinalizam para a continuidade dos estudos dos alunos, preparo o exercício consciente da cidadania e para o mundo do trabalho. Pretendem que grande maioria da população possa dispor de valores, competências e destrezas e não somente ter conhecimentos fragmentados, dissociados de um contexto de mundo globalizado. Consideram essas habilidades como necessárias para as pessoas desenvolverem-se na vida cotidiana, ajudar a resolver problemas, adotarem atitudes responsáveis frente ao desenvolvimento do mundo moderno,

compreender as tecnologias e suas conseqüências, assim como poderem participar ativamente na sociedade.

Os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio estabelecem a organização do conhecimento escolar¹ em três áreas, a saber: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias, de tal forma que cada área se desenvolva na perspectiva da interdisciplinaridade, contextualizando os conteúdos e assegurando uma formação aos alunos de base científica, tecnológica e social.

Ainda com relação aos documentos legais, observa-se que os princípios definidos na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional nº. 9.394/96, reformulando a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) nº 5.692/71 caracterizava o 2º grau numa visão dualista. O aluno poderia ter uma educação propedêutica, visando à seqüência aos estudos, ou iria se preparar para o exercício de uma profissão. A intenção de romper essa dualidade está expressa no artigo 22 da nova LDB, que coloca como finalidade da educação básica a formação do jovem para o exercício da cidadania, fornecendo-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores.

Os Parâmetros Curriculares propõem que a escola possibilite a integração dos alunos do Ensino Médio ao mundo atual, como vem expresso no item IV artigo 35, tendo entre os objetivos “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (BRASIL, 1999, p. 22). Para o ensino de Química, significa conectar os conhecimentos e as aplicações tecnológicas que transcendem cada área específica e não apenas a familiarização com o manuseio de materiais,

¹ Pozo e Crespo (1998) sinalizam que há um conhecimento que só circula na escola.

nomenclatura, fórmulas e cálculos algébricos, como no caso do componente curricular de Química.

Outro aspecto que os documentos revelam para esse nível de ensino, dentro do estudo da Química, é a importância de se promover a compreensão das transformações químicas, às vezes intimamente relacionadas com as tecnologias de produção no contexto social. Dessa forma, entende-se que no Ensino de Química, entre os aspectos relevantes que auxiliam nesta compreensão, encontram-se conteúdos conceituais como Equilíbrio Químico e Cinética Química, em geral trabalhados na 2ª série do Ensino Médio.

Ditos conteúdos são consideravelmente relevantes para compreender, interpretar e prever os fenômenos químicos. Esta pesquisa reforça uma idéia já discutida em outros trabalhos sobre a importância de se conhecer os principais erros cometidos pelos alunos desse nível de ensino sobre o conteúdo Equilíbrio Químico (FURIÓ; ORTIZ, 1983 e QULEZ; SANJOSÉ, 1995).

Também outros autores entendem que esses erros podem constituir-se como verdadeiros obstáculos para a aprendizagem não somente dos citados, mas ainda de outros conteúdos relevantes que auxiliam na compreensão dos fenômenos e transformações químicas na natureza (PARENTE, 1990; LOPES, 1999).

A escolha por um tema em uma pesquisa, geralmente vem relacionada com a vivência de quem busca uma discussão mais ampla sobre um objeto de estudo. No caso específico dessa investigação, como profissional da educação, vinha observando o pouco entendimento dos meus alunos durante as aulas nas quais eram abordados os conceitos que envolviam o tema Equilíbrio Químico, o número de equívocos era preocupante. Essa inquietação tomou corpo neste trabalho ao

propormos conhecer os principais erros conceituais cometidos pelos alunos ao estudar o conteúdo Equilíbrio Químico.

Atuando como professora senti interesse em contribuir para a aprendizagem dos alunos, entendendo que ao conhecer os erros cometidos por eles, no estudo do conteúdo Equilíbrio Químico, seria possível promover atividades para auxiliar o trabalho do professor, levando-o a prestar atenção na existência dos erros e as implicações desses na formação de novos conceitos.

Dentro do estudo de Físico-Química no Ensino Médio, o Equilíbrio Químico é um dos principais temas abordados em sala de aula, por estar diretamente ligado à indústria de produção. Muitos desses erros conceituais acabam por formar obstáculos² que dificultam a construção de conceitos, e as conexões entre eles e outros temas de igual importância como, por exemplo, a Cinética Química.

Entre os recursos que entendemos contribuir para a existência de erros conceituais encontra-se o livro didático, suporte amplamente utilizado por alunos e professores em sala de aula.

O presente trabalho buscará fazer algumas reflexões sobre os obstáculos que de alguma maneira justifiquem a formação desses erros conceituais observados em alguns alunos ao estudarem o conteúdo Equilíbrio Químico. No primeiro capítulo, intitulado “Reflexões sobre o estudo dos conceitos Equilíbrio Químico“, fizemos uma análise sobre a relevância do estudo desse conteúdo à luz dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (BRASIL, 1999), procurando relacionar as ações pedagógicas relativas ao seu tratamento. Nesse capítulo também abordaremos a forma como os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais

² Obstáculos em termos de Gaston Bachelard

podem dar significado ao estudo do tema Equilíbrio Químico. Discutiremos como se relacionam professores, alunos e os tipos de conteúdos.

No segundo capítulo, intitulado “Os erros conceituais no estudo do conteúdo Equilíbrio Químico: situando a questão” será apresentada uma sugestão de como abordar o conteúdo Equilíbrio Químico por meio do estudo do processo industrial de síntese da amônia.

O terceiro capítulo trará o percurso metodológico da pesquisa, sujeitos, contexto da pesquisa, a análise do livro didático e os resultados. E, por fim, serão apresentadas as considerações finais, as referências e os anexos, incluindo os instrumentos utilizados na pesquisa.

CAPÍTULO 1 REFLEXÕES SOBRE OS OBSTÁCULOS NA FORMAÇÃO DE UM NOVO CONHECIMENTO.

Neste capítulo, discutiremos a relação do conhecimento Químico com o desenvolvimento tecnológico. E como as idéias, as crenças e os diferentes tipos de saberes dos alunos podem contribuir com distintos erros conceituais. Esses, por sua vez, influenciando nas dificuldades de aprendizagem do conteúdo Equilíbrio Químico. Discutiremos como os conteúdos, alunos e professores estão em sinergia na construção de um novo conhecimento.

Vivemos na atualidade uma revolução da informação sob o impacto de muitos produtos tecnológicos. A falta de conhecimentos úteis para compreendermos a realidade que nos rodeia é parte da falta de conhecimentos científicos e tecnológicos (CAJAS, 2000). A formação de um indivíduo como cidadão do mundo, com várias habilidades e competências para enfrentá-lo, passa, entre outros requisitos, pela necessidade do conhecimento científico e tecnológico.

Não podemos negar que a tecnologia busca permitir ao homem alcançar seus objetivos, em termos de qualidade de vida o que envolve valores, os quais terminam por se agregar à atividade tecnológica. Isso reflete na utilização, transferência e incorporação desta na sociedade. Por outro lado, levando em conta o aprendizado da química, pode-se afirmar que muitas produções tecnológicas são permeadas por transformações químicas, e essas são regidas por diferentes conhecimentos nesse componente curricular, como a velocidade da reação, o rendimento dos produtos, condições favoráveis para as reações químicas, entre outras.

A obtenção de muitas matérias primas, as produções industriais, por exemplo, podem constituir tema para trabalhar conteúdos conceituais com os alunos na escola. Ditas produções, muitas vezes, não são apresentadas no contexto escolar, e poucos são os estudos de como relacionar conhecimentos científicos escolares com o cotidiano do aluno. Nessa linha de pensamento, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) sugerem que o estudo deve possibilitar ao aluno a compreensão dos processos químicos e suas aplicações tecnológicas, levando à melhoria do meio ambiente, social e econômico. É nesse sentido que a química contribui tanto para o desenvolvimento científico-tecnológico como para a orientação das pessoas que de alguma maneira utilizam os resultados positivos deste desenvolvimento e acabam por reconhecer sua importância.

Uma das propostas/sugestões dos documentos legais é a de trazer vida aos conteúdos, proporcionando ao aluno ampla visão da importância do conhecimento químico, e promovendo condições de correlacioná-lo com o seu cotidiano.

Na busca de subsídios para reflexão, procuramos desvelar nos alunos suas idéias sobre o tema Equilíbrio Químico, e procuramos focalizar os erros conceituais que estes apresentam ao estudar o referido tema.

Percebemos que algumas crenças, por vezes, acabam refletindo na construção do conhecimento escolar. Em geral, o aluno chega à escola com idéias que indicam rejeição por tudo que é relacionado à química, muitas dessas oriundas de suas observações do mundo físico. Sem dúvida, parte das crenças difundidas pela cultura popular tem comprovação científica. Outras, entretanto, são baseadas em saberes populares (BRASIL, 1999). Ditos saberes, crenças e idéias, muitas vezes, distanciam-se do conhecimento cientificamente aceito, isto é, podem constituir verdadeiros obstáculos para a aprendizagem dos alunos.

Podemos encontrar pontos de ligação entre esses dois tipos de saberes (conhecimento popular³ e o científico), como por exemplo, no caso de certas plantas para chás, folhas e raízes, cujas ações terapêuticas são confirmadas cientificamente; a variação de sabores e temperos na culinária e ainda a construção de diferentes artefatos que de alguma forma facilitam a vida cotidiana.

Autores discutem que a natureza das idéias que os alunos possuem pode influenciar e muitas vezes apresentam-se resistentes à mudança, mesmo durante uma longa instrução científica (Silva et al, 2003) e que estas surgem em distintos contextos e tarefas.

Pozo e Crespo apud Silva et al (2003) distinguem as idéias prévias quanto à sua origem em três grupos, a saber:

Sensorial (Concepções empíricas): são formadas nas experiências próprias dos alunos, nas atividades por eles desenvolvidas e no seu cotidiano por meio de processos sensoriais e perceptivos. **Cultural** (Concepções sociais): a origem dessas idéias está relacionada a cultura no contexto social em que o aluno está inserido. Ele será influenciado pelos grupos por meio de diversos meios de transmissão cultural, como a televisão, mídia, crenças populares etc. **Educativa** (Concepções escolares): muitas das idéias que os alunos apresentam estão relacionadas ao que eles vêem em sala de aula ou mesmo nos materiais didáticos (erros conceituais), além dos diferentes níveis de interpretação dos modelos científicos. (SILVA et al, 2003, p. 236).

Em consonância com esses argumentos, os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) consideram que a vivência individual dos alunos, seus conhecimentos escolares, suas histórias pessoais, tradições culturais e

³ Apesar dos termos saberes, senso comum, crenças e conhecimento comum terem significados distintos, nesse texto serão considerados sinônimos do conhecimento popular.

fenômenos do cotidiano, refletem em como os saberes científicos e tecnológicos interferem na produção, na cultura e no ambiente. Bachelard apud Lima e Nuñez (2003, p.263) afirma que os hábitos intelectuais arraigados no conhecimento não questionado bloqueiam o processo de construção do novo conhecimento, constituindo assim verdadeiros obstáculos epistemológicos.

Lopes (1999) reconhece a influência do saber popular e alerta para a importância do conhecimento cotidiano desde que seja problematizado no ensino, afirmando que:

Na área de Ensino de Química, além do estudo sobre mudança conceitual, há pesquisas que apontam para a valorização de saberes populares, considerando como saberes do cotidiano, e defendem que a aprendizagem precisa do conhecimento cotidiano, de forma problematizadora. (LOPES, 1999, p.138).

Essa dicotomia entre o conhecimento popular e o conhecimento científico contribui para reforçar uma imagem negativa da Química.

Muitas pessoas associam uma imagem negativa à ciência Química, portanto é interessante apresentar aos nossos alunos como esta pode contribuir para um avanço em vários campos como agricultura, medicina, fármacos, indústrias químicas, têxteis, alimentícias, etc; assim, como em outras áreas do conhecimento como na Biologia e na Física, por exemplo.

A Química ainda é encarada por muitos alunos como uma disciplina escolar “difícil”, e que poucas pessoas conseguem entender. Para a população de maneira geral essa ciência só trouxe malefícios, como os agrotóxicos, inseticidas e todos os

tipos de drogas, conservantes, corantes, poluição do ar e da água, além de outros. Autores alertam para que a educação tenha mais atenção para reverter essa imagem. Nessa linha de pensamento, Chassot (1995) afirma que:

Esta é, talvez, uma das maiores tarefas daquelas e daqueles que fazem Educação através da Química. Mostrar a não neutralidade (do ensino) da Química é de importância capital. Há uma linha muito ufanista em relação à Química. Este ufanismo quer contrapor-se à associação desta com adjetivos como letal, mortífera, tóxica, carcinogênica, explosiva, poluidora venenosa [...] (CHASSOT, 1995, p. 49).

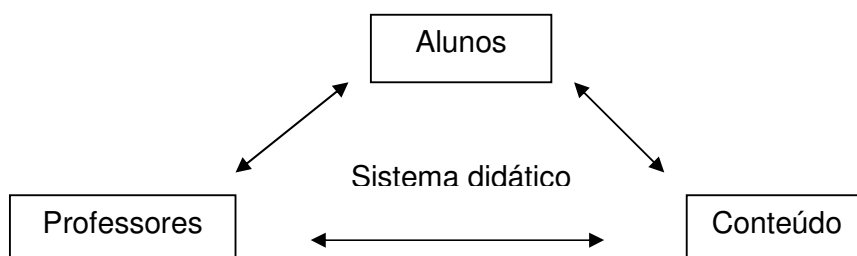
Sem dúvida, um dos desafios do professor em sala de aula é minimizar a visão negativa dos alunos (futuros cidadãos) para com a Química. Neste sentido, embora a ciência tenha evoluído muito, há décadas que o ensino, hoje chamado de Educação Básica, continua avançando lentamente, quando comparado com a velocidade com que a tecnologia evolui.

A sala de aula e a maneira como o professor ensina, mesmo mascarada, continua sendo a tradicional (CHASSOT,1995). O professor se vê geralmente na obrigação de acelerar para terminar o conteúdo que já é extremamente extenso, não sobrando tempo hábil para trabalhá-lo de forma problematizadora ou de maneira que tenha significado para o aluno. Isso faz com que o conteúdo acabe sendo discutido com os alunos de maneira superficial. Esse aspecto, associado à influência do conhecimento popular, contribui para que os erros conceituais comecem a se formar, e podendo, se tornar parte das estruturas do aluno.

1.1 Os conteúdos escolares: um dos elementos do sistema didático

Autores se referem ao processo de aprendizagem como dinâmico, consistindo em uma seqüência de atividades com um desenvolvimento particular (CÃNAL, 2000; SANMARTI, 2000).

Segundo essa linha de pensamento, a sala de aula pode ser vista como um sistema, tendo como elementos os alunos, professores e conteúdos (IZQUIÉRDO, 2005). De acordo com a autora, esses elementos interagem conforme o esquema a seguir:



Esquema 1: Sistema didático⁴

Nessa perspectiva, pode-se considerar uma nova maneira de olhar o conteúdo referenciando-o como elemento de interação significativa no processo de ensino-aprendizagem. Por outro lado, não se pode descartar o debate social sobre os conteúdos, tendo suas críticas fundamentadas em diferentes dimensões (GARCIA, 1998).

⁴ Esquema extraído de Izquierdo (2005, p. 111).

Defendemos nesse trabalho que a construção do conhecimento se dá a partir das relações entre os saberes, crenças, idéias que os alunos possuem e os conhecimentos escolares, isto é, aqueles sistematizados pelo currículo escolar, assumindo que o conteúdo escolar congrega as diferentes tipologias de saberes do aluno com os saberes escolares (DIAS; NUÑEZ; RAMALHO 2004).

Fazendo um recorte para o conhecimento químico, os PCNEM MAIS enfatizam que este vem sustentado em três pilares: as transformações químicas; os materiais e suas propriedades; e os modelos explicativos (BRASIL, 2002). Segundo esse documento, as ações pedagógicas orientadoras à construção do conhecimento são dirigidas por meio:

[...] da contextualização, que dê significado aos conteúdos e que facilite o estabelecimento de ligações com outros campos do conhecimento; do respeito ao desenvolvimento cognitivo e afetivo que garanta ao estudante tratamento atento a sua formação e seus interesses; do desenvolvimento de competências e habilidades em consonância com os temas e conteúdos de ensino (BRASIL, 2002, p. 87).

Percebe-se, segundo esses argumentos, que o processo de ensino e aprendizagem está intrinsecamente, mas não unicamente, relacionado com os conteúdos. Por outro lado, na opinião de Pozo e Crespo (1998) para alcançar o objetivo de desenvolver nos alunos as capacidades de compreender construir modelos, de ter facilidade de interpretar e resolver problemas, de desenvolver atitudes e valores, e de construir uma imagem de ciência é importante ter uma

atenção especial às diferentes tipologias de conteúdos. Segundo esses autores, uma possibilidade de classificação é expressa no quadro a seguir:

Quadro1: Tipologia de conteúdos

TIPOS DE CONTEÚDOS	MAIS ESPECÍFICOS	↔	MAIS GERAIS
VERBAIS	FATOS/DADOS	CONCEITOS	PRINCÍPIOS
PROCEDIMENTAIS	TÉCNICAS		ESTRATÉGIAS
ATITUDINAIS	ATITUDES	NORMAS	VALORES

Essa divisão de conteúdos é discutida por diferentes autores (ZABALA, 1999; COLL et al, 2000). Para Zabala (1999), há aqueles conteúdos nos quais é necessário “saber”(conteúdos conceituais), “saber fazer”(conteúdos procedimentais) e conteúdos que admitem “ser”(conteúdos atitudinais). O autor afirma que apesar dos conteúdos serem classificados em grupos distintos não podem ser trabalhados compartimentados, ou seja, o mesmo conteúdo pode provir de uma natureza conceitual, atitudinal e procedimental, e que devem estar inter-relacionados. Assim, um determinado procedimento leva a aprendizagem de um novo conceito que, por sua vez, pode levar a mudança de atitudes. Por outro lado, essa distinção é criticada por ser simples, abstrata e pobre e não fazer jus à riqueza da Ciência (FENSHAM et al. apud SANMARTÍ, 2000).

Segundo esse autor, a denominação simples tem a ver com o fato de situarem-se os conteúdos em três categorias epistemologicamente distintas; abstrata, porque separa aprendizagens que acontecem simultaneamente, e pobre, porque aprender Ciências é algo muito mais complexo. Apesar disso, autores defendem que essa classificação tem a vantagem de propiciar aos professores elementos do sistema dinâmico do processo de ensino-aprendizagem, e o reconhecimento de que ensinar Ciências é algo mais do que ensinar apenas conceitos (SILVA, 2003; SANMARTÍ, 2000).

Os conteúdos verbais ou conceituais têm atuado quase sempre como principal eixo estruturador do conhecimento escolar. De acordo com Luzia (2004), os conteúdos conceituais:

[...] são responsáveis por toda a construção da aprendizagem, pois são detentores das informações: são as bases para a assimilação e organização dos fatos da realidade. Inconscientemente, o ser humano guarda e atenta a tudo que vê, mas não entende. Como uma reação em cadeia, os fatos passam a compreensão (LUZIA, 2004, p. 02).

Nessa linha de pensamento, é possível diferenciar três tipos de conteúdos conceituais: dados, conceitos e princípios. Um dado ou um fato é uma informação que normalmente afirma ou declara algo e simplesmente é memorizada e não contestada.

Os princípios seriam conceitos mais amplos, os quais necessitam de um grande nível de abstração. Os conceitos específicos e os princípios implicam uma

crescente generalidade, de tal modo que os conteúdos mais específicos deveriam ser o meio para alcançar os conteúdos mais gerais que constituem propriamente as capacidades a se desenvolver. Na opinião de Pozo (2002, p.76), “a compreensão do conceito nos permite atribuir significado aos fatos com que nos deparamos, interpretando-os de acordo com um marco conceitual”.

Por outro lado, levando em conta a área disciplinar, objeto de estudo dessa pesquisa, o ensino da Química não pode estar voltado somente ao ensino e aprendizagem de conteúdos científicos, mas para a formação do conhecimento. O professor deve e pode ensinar a seus alunos procedimentos que o ajudem a interpretar a natureza e seu funcionamento, isto é, os conteúdos procedimentais. Zabala (1998), ao definir esse tipo de conteúdo, afirma que:

Um conteúdo procedimental que inclui entre outras coisas as regras, as técnicas, os métodos, as destrezas ou habilidades, as estratégias, os procedimentos – é um conjunto de ações ordenadas e com um fim, quer dizer, dirigidas para a realização de um objetivo. São conteúdos procedimentais: ler, desenhar, observar, calcular, classificar, traduzir, recortar, saltar, espetar etc. (ZABALA, 1998, p.43).

Assim, o conteúdo procedimental relaciona-se ao fazer, ou melhor, às ações propriamente ditas. Esse tipo de conhecimento é mais difícil de se avaliar que o conhecimento verbal ou conceitual, pois seu domínio é gradual e, portanto, encontra-se uma dificuldade maior em diferenciar seus vários níveis de domínio (POZO; CRESPO, 1998).

Da mesma maneira que temos diferentes alunos, também temos diferentes formas de aprender: para os fatos; no número e características das repetições verbais; nos conceitos; segundo as capacidades do aluno e seus conhecimentos prévios; nos conteúdos procedimentais; na quantidade e freqüência dos exercícios e no tipo de auxílio necessários, entre outras. E no caso dos conteúdos atitudinais, sob a influência nas diferentes pressões dos diversos ambientes sociais em que se encontra cada um dos alunos (ZABALA, 1998). Os conteúdos atitudinais inserem-se em situações que intervêm simultaneamente, ou mesmo de forma independente, próprias da vida cotidiana, gerando reflexões e compromisso pessoal.

Com base nesses argumentos, um aspecto que assumimos nesta pesquisa seria que os erros conceituais são formados com mais facilidade quando o professor apresenta os resultados de imediato, não tece comentários sobre os caminhos que foram percorridos até a construção de determinado conceito. Nesse caso, o aluno não participa da formação do conhecimento, e a ciência se mostra para ele pronta e acabada. A apropriação⁵ do conceito somente ocorre quando o aluno consegue concordar o novo conhecimento com as estruturas que já possui. Portanto, é importante que o professor organize os conteúdos e as atividades de maneira que os alunos possam utilizar seus conhecimentos e experiências na construção de novos conceitos.

Quando formados conceitos errôneos, muitas vezes não são percebidos pelo professor e, conseqüentemente, persistem até o ensino superior, sendo cada vez mais difíceis de serem reconsiderados.

⁵ Termo adotado por Vigotsky essencialmente no enfoque sócio-histórico-cultural com relação à aprendizagem como apropriação da cultura (NUÑEZ; FARIAS,2004)

Como já fora assinalado, no aprendizado de Química no Ensino Médio se almeja que os alunos formem senso crítico para não aceitarem tudo o que a mídia, o conhecimento científico e o escolar apresentam. O aluno deve compreender que as “verdades absolutas” que conhecemos hoje são apenas modelos os quais e podem ser contestados e até mesmo alterados, rompendo paradigmas⁶.

São propostas orientadas a levar o aluno a entender o mundo físico e para isso deve ter conhecimentos básicos, não somente de Química, mas interligando todas as outras ciências. Com isso não se deve entender que a escola precisa formar pequenos cientistas, mas leve o aluno a se sentir participante de um mundo que está em plena transformação.

O ensino das ciências tem promovido entre os alunos atitudes científicas, como formas de resolver problemas pelos métodos de indagação, questionamentos e experimentações atribuídas à ciência.

Reafirmamos a importância de o professor estar trabalhando os conteúdos atitudinais com seus alunos, pois é papel do professor, entre outros, desenvolver a consciência para valores como o respeito, a solidariedade, a responsabilidade e a honestidade, formando assim verdadeiros cidadãos.

Existe uma necessidade de hierarquizar e organizar as dificuldades conceituais, assim o professor torna-se um facilitador da aprendizagem, tendo em vista a forma com que ele irá organizar os conteúdos.

Segundo Rogado (2004) o conceito científico não consiste apenas em conhecer definições, é necessário o conhecimento do contexto, da história em que surgiu e suas interações com novos conceitos. Nesse sentido, muitas propostas sinalizam para a problematização de situações nas quais se desperte o interesse

⁶ Paradigma na perspectiva de Kuhn (1978)

dos alunos, afastando-se do ensino contextualizado apenas para a resolução de exercícios ou cálculos de algoritmos. Na visão de Peixoto (1999):

Enquanto, por um lado, grupos de pesquisa procuram construir propostas de ensino que favoreçam uma aprendizagem significativa para os alunos, relacionando temas do seu cotidiano ao processo de construção do conhecimento químico, os concursos vestibulares continuam prezando por um conhecimento memorístico e ocasional (PEIXOTO, 1999, p. 3).

Cabe aqui ressaltar que o professor poderá selecionar ou criar situações de aprendizagem para seus alunos e não somente utilizar exercícios de repetição de modelos contidos nos livros didáticos. Trata-se de atividades que proporcionem ao aluno explicitar suas idéias, trabalhar com elas e refletir sobre seus significados (POZO; CRESPO, 1998).

A função do professor, nessas situações poderá ser de mediador. Ele irá, por exemplo, supervisionar o desenvolvimento do aprendizado de forma a corrigir alguns erros cometidos ou mostrar através desses as informações necessárias para a criação ou a ampliação do novo conceito. Essas atividades podem ser realizadas pelos alunos em grupos, trabalhando assim valores de cooperação entre eles, quando um ajuda o outro que apresentar maior dificuldade de entendimento, assim como aproveitando as diferentes potencialidades dos participantes.

Por outro lado, autores defendem que, muitas vezes, essas propostas encontram-se distantes da realidade vivenciada na escola, sendo no Ensino de Química ou de outras áreas afins. São reforçadas as propostas de ensino por memorização de fórmulas e conceitos. Nesse sentido, Lopes afirma que:

A ciência química talvez seja uma das que sofre mais desse esfacelamento no ensino. Como fazem dela a ciência da memória, do empírico, distante do caráter materialista racional e matemático por ela adquirido há mais de um século, massa disforme de informações destituídas de lógica, profundamente dogmáticas! Ao invés de grandiosamente ensinar a pensar e a pensar cada vez melhor, é transmitido como um conjunto de normas e classificações sem sentido (LOPES, 1993, p.327).

Mesmo existindo propostas inovadoras, os alunos continuam com muita dificuldade para interpretar e entender a Ciência Química. Essas propostas assumem que os conteúdos requerem uma análise das dificuldades de aprendizagem de forma que nos ajude a superá-los. Entendemos que há coerência nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio ao afirmarem que:

[...], as competências e habilidades cognitivas e afetivas desenvolvidas no ensino de Química deverão capacitar os alunos a tomarem suas próprias decisões em situações problemáticas, contribuindo assim para o desenvolvimento do educando como pessoa humana e como cidadão (BRASIL, 1999, p. 32).

Essas considerações sinalizam que o aprendizado em Química não deve somente contribuir para o conhecimento técnico, mas que o aluno deve associá-lo ao sistema produtivo, desenvolvendo habilidades para interpretar o mundo, enfim, uma aprendizagem de caráter prático e crítico.

CAPÍTULO 2 OS ERROS CONCEITUAIS NO ESTUDO DO CONTEÚDO EQUILÍBRIO QUÍMICO: SITUANDO A QUESTÃO

No Brasil, o ensino da Química no nível médio, visa a propiciar aos alunos elementos para compreender, interpretar e analisar as transformações químicas que ocorrem no mundo físico (BRASIL, 1999). Assim, o ensino dessa área do conhecimento centra-se no estudo da matéria, suas características, propriedades e transformações a partir de sua composição (POZO; CRESPO, 1998). Para tanto, é necessário considerar um grande número de leis e conceitos de caráter abstrato, além disso, devem-se estabelecer conexões entre estes e os fenômenos em estudo, utilizando uma linguagem simbólica e formalizada com modelos e símbolos que ajudam a representar o que não é observável. Entre os conceitos e leis de caráter abstrato que auxiliam na compreensão e precisão das transformações químicas encontra-se o Equilíbrio Químico. Com relação aos aspectos a serem abordados ao trabalhar o referido tema pode ser destacado, entre outros, que o aluno seja capaz de:

Reconhecer que, em certas transformações químicas, há coexistência de reagentes e produtos (estado dinâmico da reação). Identificar as variáveis que perturbam o estado de equilíbrio químico (Le Chatelier). Representar, através da constante de equilíbrio químico, a relação entre as concentrações de reagentes e produtos em uma transformação química. Prever as quantidades de reagentes e produtos numa transformação química em equilíbrio. Propor e utilizar modelos explicativos para compreender o equilíbrio químico. Compreender a importância e o controle da dinâmica das transformações químicas nos processos naturais e produtivos. Propor meios e avaliar as consequências de modificar a dinâmica de uma transformação química. (BRASIL, 2002, p. 99).

Segundo Bachelard apud Parentes (1990) vários são os fatores que interferem no processo de ensino-aprendizagem e, como já afirmamos anteriormente, são denominados por esse autor obstáculos epistemológicos. Esses obstáculos interferem na construção do conhecimento químico. Como afirmam Rosa e Schnetzler (1998) “à luz da epistemologia bachelardiana, as concepções alternativas ou prévias que os alunos apresentam no processo de ensino podem ser vistas como obstáculos epistemológicos”.

Em consonância com essa postura, Pozo e Crespo (1998) discutem que as dificuldades de aprendizagem podem estar relacionadas com a forma pela qual o aluno organiza seus conhecimentos a partir de suas próprias posições argumentativas sobre a matéria.

Nesta pesquisa optou-se pelo conteúdo Equilíbrio Químico pelo fato de ser um conceito complexo (FABIÃO; DUARTE, 2005) e de contribuir na compreensão dos fenômenos químicos (reações químicas). Nessa linha de pensamento, este capítulo apresenta uma sugestão para a abordagem do tema, tendo como base a síntese da amônia. O conteúdo Equilíbrio Químico leva o aluno a correlacioná-lo com outros como, por exemplo, prever o comportamento dos gases, ter visão microscópica de uma reação química, ter o conhecimento de estequiometria e do modelo cinético molecular que servirão de base para novos conceitos.

Espera-se que, uma vez estudados os fatores energéticos e a velocidade das reações, o aluno tenha condições de descrever os sistemas químicos de forma mais abrangente entendendo o caráter essencial do estado de equilíbrio químico tanto para a elaboração de produtos na indústria como para a nossa própria sobrevivência. Nesse sentido, é interessante que o aluno reconheça, por exemplo,

que se o estado de equilíbrio químico nos organismos vivos fosse alcançado rapidamente, possivelmente não existiria a vida em nosso planeta (RAMIREZ, 1985).

O conteúdo Equilíbrio Químico é apresentado na 2ª série do Ensino Médio. Os Parâmetros Curriculares Nacionais Mais (PCNEM) sugerem que nesse nível de ensino seja dada ênfase aos aspectos dinâmicos das transformações químicas. O referido documento ressalta, em relação ao conteúdo Equilíbrio Químico que:

O objetivo deste tema é reelaborar as idéias sobre o tempo e as quantidades envolvidas nas transformações químicas, considerando a cinética da transformação e o estado de equilíbrio químico caracterizado, em qualquer que seja o sistema em estudo, pela coexistência de reagentes e produtos em constante interação (BRASIL, 2002, p. 99).

De acordo com essa afirmativa, pode-se reconhecer que o equilíbrio químico não é um sistema, nem uma reação, mas consiste de uma situação ou estado final em que chega o sistema em condições de reversibilidade. Os processos de equilíbrio não são apenas dinâmicos e reversíveis para uma dada reação, mas também sua natureza de estado é invariável, qualquer que seja o sentido da sua aproximação (KOTZ; TREICHEL JÚNIOR, 1998).

Assim, na perspectiva do ensino de Química no nível médio, para compreender determinadas transformações químicas, é interessante que o aluno saiba caracterizar macroscopicamente quando um sistema químico atinge o estado de equilíbrio. Isso significa reconhecer que não existe variação das propriedades do sistema e, em particular, da composição do mesmo, apesar da presença de substâncias reativas no sistema (HERNANDO et al, 2003).

Pode constituir dificuldade para a compreensão e previsão dos fenômenos químicos, além do que foi citado, o não entendimento de outros aspectos como, por exemplo, a condição de Equilíbrio Químico ser exatamente análoga à condição do Equilíbrio Físico. Em um sistema químico se alcança o equilíbrio quando temos reações que ocorrem nos dois sentidos (direto e inverso) e com a mesma velocidade. Esse sistema apresenta aparência macroscópica de estabilidade, ou seja, a olho nu não se percebe nenhuma mudança, apesar de aparentar que a reação parou, os reagentes continuam se transformando em produto e vice-versa em nível microscópico. Temos então o processo de reversibilidade de uma reação em equilíbrio.

É importante que seja discutido com o aluno que somente ocorre a variação no sistema em equilíbrio quando suas condições, tais como temperatura, pressão ou concentração, forem alteradas. Termodinamicamente se alcança o equilíbrio quando a energia livre de Gibbs (G)⁷ dos reagentes é igual a dos produtos. Outro conceito que pode levar a erros conceituais é a constante de equilíbrio (K). Conceitualmente, um sistema em equilíbrio a uma dada temperatura é resultado das atividades de produtos em função das concentrações molares dos reagentes e o valor é uma constante adimensional, como consta nos livros de Química (Ensino Médio). Essa constante implica aspectos quantitativos dos produtos e reagentes de uma reação química. Pode-se justificar a importância da constante ao defini-la como:

⁷ Entende-se Energia Livre de Gibbs segundo Brady; Humiston (1986) como: $\Delta G = \Delta H - TS$ onde ΔG representa a quantidade máxima de energia liberada em um processo ocorrendo a temperatura e pressão constante que está livre ou disponível para realizar trabalho útil.

Um parâmetro numérico de principal importância no estudo das reações químicas reversíveis⁸. Para uma reação qualquer, esta constante revela a extensão da reação como quanto de produto obterá até que se estabeleça o equilíbrio (RAMIREZ, 1985, p. 278).

Nessa linha de pensamento, observa-se a relevância da representação simbólica das transformações químicas e o significado destas na interpretação dos fenômenos químicos. Isso significa que é interessante discutir com o aluno a expressão matemática do estado de equilíbrio, explicando o significado desse conceito. O aluno entenderá que não é somente uma abordagem numérica e mecânica de cálculo matemático, mas compreenderá o significado dessa expressão. Documentos como os PCN Mais sinalizam que:

Vale a pena ressaltar que a expressão matemática representativa do estado de equilíbrio deve ser entendida como uma relação entre as concentrações de reagentes e produtos e não como uma mera fórmula matemática (BRASIL, 2002, p.99).

Outro fator que pode contribuir para o não entendimento do tema Equilíbrio Químico seriam alguns termos utilizados na linguagem química. A linguagem aqui referida não é somente um meio de expressar os significados, pois a química apresenta termos específicos. Segundo Machado e Moura (1995, p. 29), “a linguagem nem sempre comunica [...] é fonte de equívocos, ilusões, mal-entendidos”. Faz-se necessário o professor estar atento a esses pontos e que

⁸ Reações reversíveis são representadas por uma dupla seta que indica reação direta (reagentes formando produtos) e reação inversa (produtos formando reagentes).

durante a organização de atividades elabore-as de forma a favorecer a aprendizagem.

O fator de a linguagem levar a dificuldade de compreensão não ocorre somente com os termos químicos, mas também com as expressões utilizadas no cotidiano que, muitas vezes, induzem os alunos na formação de conceitos errôneos. Este fator é citado por Galagovsky; Adúriz-Bravo (2001) ao afirmarem que existe uma lacuna que se produz entre a linguagem cotidiana com seus aspectos semânticos e sintáticos e a linguagem científica erudita.

Diante desses pontos abordados, ressalta-se nessa pesquisa, que o conhecimento do conteúdo Equilíbrio Químico pelo aluno do ensino médio é extremamente relevante para a compreensão do controle de reações químicas em indústrias. Assim, através desses argumentos, entende-se que é importante os alunos terem contato com processos industriais, caso estes sejam permeados por reações químicas passíveis de discutir aspectos químicos como o tema Equilíbrio Químico.

O estudo das principais produções químicas tanto do ponto de vista químico como de seus fundamentos tecnológicos pode, portanto, constituir uma forma de problematizar, dando um sentido maior ao estudo do tema para o aluno (SILVA, 2003). O não reconhecimento destes aspectos relativos ao conteúdo Equilíbrio Químico pode favorecer a formação de diferentes tipos de erros conceituais pelos alunos.

2.1 Uma sugestão de abordagem do conteúdo Equilíbrio Químico: o caso da síntese da amônia na produção de nitrato.

A indústria química, por meio de seus processos, envolve uma diversidade de aspectos que são relacionados aos conhecimentos químicos e que refletem toda a potencialidade educativa do tema (SILVA, 2003). Segundo Silva, a seleção do processo químico industrial que pode ser utilizado para trabalhar com os alunos do Ensino Médio, preferencialmente, deverá seguir critérios. Entre eles, que a produção seja permeada por reações químicas e que possam integrar conteúdos como Termodinâmica, Cinética e Equilíbrio Químico.

Para Arce, Leyva, e Díaz (1990), a temperatura, a pressão, a concentração e a utilização de catalisadores são, entre outros, fatores determinantes para a execução completa da análise de um desses processos. Um bom exemplo para que o aluno possa relacionar a aprendizagem teórica do Equilíbrio Químico com o seu cotidiano é conhecer as etapas de fabricação do amoníaco em escala industrial. Não devemos apresentar o processo como parte integrante do conteúdo, pois a produção da amônia não faz parte do conhecimento cotidiano do aluno, mas apresentar como o conhecimento desses conceitos é importante em um processo de produção. Temperatura, pressão, catalisadores e concentração dos reagentes são fatores importantes para o controle de formação do produto desejado.

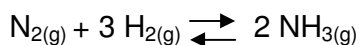
Nesse processo, a indústria procura buscar na Química uma forma de acelerar o processo de produção, conciliando a maior formação de produto com um maior rendimento financeiro, objetivando o uso do conhecimento e ampliando o interesse na produção da Ciência.

O professor pode debater com os alunos, por exemplo, o contexto em que foi sistematizado o processo de obtenção industrial da amônia, discutindo os interesses sociais, políticos e econômicos envolvidos. Situar que a síntese da amônia foi desenvolvida pelo químico Fritz Haber durante a Primeira Guerra Mundial devido ao bloqueio naval à Alemanha, imposto pelos ingleses que impedia os alemães chegarem às minas de salitre do Chile, reserva de nitrato de sódio (NaNO₃) a que consistia, na época, a base da produção de fertilizantes e explosivos. Como naturalmente a amônia era produzida em quantidades pequenas, tornou-se um problema para os alemães a falta da matéria prima para a produção de seus produtos.

Essa dificuldade levou a Badische Anilin und Sodafabrik, indústria alemã, a construir instalações que permitiram a Haber aplicar seu processo em escala industrial. Os principais problemas técnicos que surgiram para o funcionamento da fábrica foram resolvidos por Carl Bosch. Por esse motivo, o processo de síntese da amônia, cujos fundamentos são utilizados nas indústrias até hoje, é conhecido como processo Haber-Bosch (GEPEQ, 1993).

Por essa invenção, Fritz Haber foi agraciado com o prêmio Nobel de Química no ano de 1918. Carl Bosch recebeu a mesma honraria em 1931, por seu trabalho com transformações químicas sob altas pressões.

A solução encontrada por Haber consistia em sintetizar a amônia em um laboratório, submetendo o gás nitrogênio obtido a partir do ar atmosférico com o gás hidrogênio retirado da água a alta pressão e temperatura, conforme a reação química representada a seguir.



$$\Delta G^{\circ}_{(298K)} = - 16,63 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^{\circ}_{(298K)} = - 92,04 \text{ kJ/mol} \quad (1)$$

$$K_p = 8,3 \cdot 10^{-2}$$

Na equação química acima, G (Energia Livre de Gibbs) é uma grandeza termodinâmica cuja variação ΔG corresponde à máxima energia útil que é possível retirar de um sistema; H é uma função chamada de Calor ou Entalpia⁹ e Kp é representada pela razão entre as pressões parciais dos produtos e reagente.

Em termos de conceitos químicos, pode-se discutir com o aluno que a reação de obtenção da amônia acontece com desprendimento de energia na forma de calor (ΔH). Em termos quantitativos, em que é estabelecido um equilíbrio, tende a formar produtos ou reagentes, e para prever a formação utiliza-se uma constante em termos de pressão parcial (Kp) ou em termos de concentração molar (Kc).

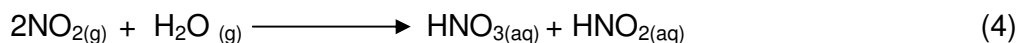
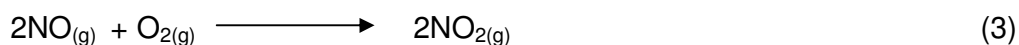
A eficiência dos processos industriais está aliada ao custo da energia necessária e ao rendimento da reação, essa relação de aproveitamento da energia pode ser mais um item a ser discutido com os alunos. A reação da amônia com o oxigênio leva a produção de ácido nítrico que, por sua vez neutralizado com a amônia, produz o nitrato de amônio, o qual substitui perfeitamente o nitrato de sódio na fabricação de fertilizantes e explosivos. Outro aspecto a ser abordado com os alunos é que a reação de formação do nitrato de amônia ocorre em etapas, como veremos a seguir. A substância utilizada como explosivo pode ser obtida primeiramente pela reação entre a amônia gasosa (NH_3) e o gás oxigênio (O_2). A referida reação precisa ser catalisada. Para tanto, podem ser utilizados como catalisadores uma mistura magnetita (Fe_3O_4) com hidróxido de potássio (KOH), óxido de silício (SiO_2) e óxido de alumínio¹⁰, obtendo monóxido de nitrogênio (NO), conforme equação a seguir.



⁹ Representada por $H=E + PV$ onde E é chamada de energia interna, P é a pressão e V o volume.

¹⁰ Segundo Kotz, Treichel (1998, p.510)

Essa reação química ocorre em etapas. Inicialmente o monóxido de nitrogênio (NO) reage com o oxigênio (O₂) para obter o dióxido de nitrogênio (NO₂), que é adicionado a água até a formação do ácido nítrico, conforme as equações a seguir:



O ácido nítrico obtido na equação 4 reage com o gás amônia produzindo o sal nitrato de amônio (NH₄NO₃) em solução aquosa, conforme a equação a seguir:



O estudo da produção do amoníaco constitui um exemplo para discutir dois conceitos químicos importantes, como a relação entre a velocidade e o equilíbrio químico.

A reação de formação do nitrato de amônio é muito lenta, não sendo economicamente viável. Essa reação de síntese poderá ser favorecida com o aumento da pressão e baixas temperaturas, relacionando assim velocidade e equilíbrio químico. É necessário esclarecer aos alunos que na indústria as condições são criadas na intenção de favorecer o deslocamento do equilíbrio para o lado direito, ou seja, aumentar a formação dos produtos.

Pelo fato da síntese ser uma reação exotérmica e muito lenta à baixa temperatura, de ocorrer um aumento da temperatura, haverá uma diminuição na formação do produto, favorecendo a decomposição da amônia, isto é, a reação inversa. Como o propósito é o aumento da produção do amoníaco, conforme

mostrado na equação (1), esses fatores tornam-se problemas a serem solucionados.

Um recurso utilizado é catalisar¹¹ a reação para compensar o fato de esta ser lenta, aumentando sua velocidade. Segundo Silva (2003, p.151) “o uso de catalisadores abriu novas perspectivas na indústria, ao facilitar os processos lentos”.

As relações entre fatores como temperatura, pressão, reagentes e catalisadores podem ser discutidas com o aluno durante o estudo da síntese da amônia, assim como o Princípio de Le Chatelier.

No caso da síntese do amoníaco, seria interessante o professor discutir os limites de aplicação do Princípio de Le Chatelier apontados por diferentes autores: Furió; Ortiz (1983), Quiléz et al (1993), Quiléz; López (1995, 1996) e Quiléz; Sanjosé (1996). Segundo Quilez et al (1993):

[...], Treptow (1980), Allsop; George (1984) e Gold e Gold (1984, 1985) voltam a insistir que o princípio é vago e ambíguo, sugerindo que seja substituído por um aproximação didática a partir das leis de Van't Hoff do equilíbrio e Bridgart; Kemp (1995) têm mostrado novos exemplos acerca das limitações no uso dos mesmos. (QUILEZ; et al, 1993, p.282).

Reconhecer que o princípio de Le Chatelier possui limitações constitui um exemplo dos equívocos, muitas vezes cometidos, deste ser considerado como verdade absoluta.

¹¹ Catalisar, segundo Brady; Humiston (1983), é acrescentar a uma reação uma substância que aumenta a velocidade sem ser consumida, proporcionando um mecanismo alternativo de menor energia para a formação dos produtos

A História da Ciência nos mostra que o enunciado foi revisto por Le Chatelier várias vezes, mesmo assim tanto nos livros como no meio científico o princípio não é passível de muitas críticas. Continua-se aplicando o princípio sem problemas, principalmente porque em nível teórico esse constitui um excelente guia para a resolução dos exercícios ao tratar de perturbação do equilíbrio.

Alguns autores discutem a aplicação do princípio ao ser utilizado como base para estudos dentro de várias áreas como a Biologia, Psicologia, e Economia (QUÍLEZ; SANJOSE, 1996, p.383). A maioria dos livros didáticos somente cita o princípio quando estão explicitando alterações em um sistema em equilíbrio, poucos são os autores que o relacionam a outros conteúdos como a variação da solubilidade dos sais com a temperatura. Assim, tem-se percebido que uma das causas dos erros conceituais relacionados com a aplicação do Princípio de Le Chatelier pode estar no tratamento superficial do problema, quando não ocorre um controle rigoroso das variáveis (QUÍLEZ et al, 1993). Apresentado aos alunos como parte obrigatória do currículo de Química Geral, é importante conhecer os estudos realizados a esse respeito para que as deficiências sejam minimizadas, modificando também os métodos de ensinar.

Pode-se inferir, por meio dessas discussões, que os conhecimentos conceituais e teóricos isolados não levam à compreensão de certos fatores. A utilização mecânica, a não interpretação e o não reconhecimento dos limites do Princípio de Le Chatelier levam aos diferentes erros conceituais cometidos pelos alunos ao estudarem esse tema. Por outro lado, quando trabalhados em conjunto, por exemplo, os fatores que alteram o equilíbrio e as mudanças energéticas permitem melhoria nas condições do processo químico e podem facilitar a compreensão dos conceitos desenvolvidos. Possibilitando, assim, a transformação

da natureza e seu uso em benefício da humanidade e, conseqüentemente, fazendo mais sentido a sua utilização pelo aluno como modelo explicativo para o fenômeno.

Como já ressaltado, é necessário ter conhecimentos químicos anteriores para compreender como uma reação química entra em equilíbrio. O aluno precisa conhecer como se processa uma transformação química, considerar o seu caráter qualitativo, conhecer como esse conceito se relaciona com a Cinética, os Gases, a Estequiometria e outros de igual importância. Para isso é importante que seja propiciado um espaço para a discussão de como os alunos construíram esses conceitos anteriores, pois qualquer conceito errôneo já existente pode prejudicar o entendimento do novo conceito. Precisamos, pois, ter conhecimento sobre as idéias prévias¹² dos alunos.

O reconhecimento por parte dos alunos da existência dessas idéias pode contribuir para um melhor entendimento do conceito novo. Dentro da visão construtivista, as experiências que os alunos possuem devem ser aproveitadas na formação do novo conhecimento, mas se estas estiverem sedimentadas de tal forma que não consigam romper com essas idéias, então estaremos diante de um obstáculo, visto que estas podem dificultar a compreensão ou até mesmo facilitar a formação de novos erros.

Para o professor é interessante conhecer como esses conceitos poderiam estar sendo criados nas estruturas do aluno. De acordo com Solomon (1988), os conceitos podem se formar nas mentes dos alunos por meio:

- da construção de idéias próprias: alunos que querem encontrar explicações em experiências próprias;

¹² Assume-se, nesta pesquisa, que idéias prévias se constituem em opiniões, crenças, saberes que os alunos têm consigo antes da aprendizagem formal de um determinado tema escolar.

- dos contatos superficiais e/ou ocasionais com determinados conceitos: o aluno pode interpretar erroneamente as idéias, ficando assim equivocado por longo tempo;
- do conhecimento cotidiano e da linguagem utilizada em nossa sociedade, os quais podem levar o aluno a formar idéias equivocadas, como atesta o conhecimento popular neste exemplo “o que tem química faz mal”.

Segundo Bachelard apud Parente (1990), existe uma descontinuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Na acepção de “ruptura”, essa mudança passa por uma evolução científica, o que podemos considerar como um “salto”, sinônimo de revolução científica. É possível, deste modo, adquirir um novo conhecimento científico a partir do conhecimento comum.

Na opinião de Lopes (1993), ocorrendo um bloqueio no processo da construção do novo conhecimento, o aluno somente vai aprender se lhes forem dadas razões que o obriguem a mudar seu conceito, substituindo o saber estático e fechado pelo aberto e dinâmico. Retomando as idéias já apresentadas do filósofo e físico Bachelard apud Parente (1990), o obstáculo epistemológico pode ser criado como:

[...] uma espécie de necessidade funcional de lentidão e perturbação que causa inércia, estagnação e regressão relativamente à aquisição do conhecimento [...]. Não advém da complexidade dos fenômenos, nem da fraqueza do espírito ou dos sentidos [...]. Advém de um impedimento que aparece no próprio ato de conhecer (BACHELARD apud PARENTE, 1990, p. 19).

Na opinião do filósofo, após a ruptura desses obstáculos ocorre a efetiva aprendizagem.

O aluno utiliza diferentes recursos para aprender, seja por meio de seus conhecimentos cognitivos, de analogias de comparações, do ato de memorização e vários outros métodos. Entende-se que não exista um modo único de construção do conhecimento.

A articulação das diversas formas de aprender pode ser auxiliada pelo professor, desenvolvendo nos alunos a idéia de que a ciência não deve ser entendida de forma passiva e dependente do professor e/ou do livro didático.

Algumas imprecisões e equívocos aparecem nos livros didáticos devido ao desejo de simplificar o assunto e assim facilitar sua compreensão pelos alunos (LOPES, 1997; BEALL, 1999 apud TIEDEMANN, s.d.). Os livros didáticos, em geral, procuram mostrar os conteúdos de forma acabada, oferecem pouco espaço para o raciocínio, ou mesmo para a construção do conhecimento, não colaborando com um saber contextualizado e levando o aluno à memorização de saberes isolados. Conforme Lopes (1993, p.327), os livros contribuem com esse esfacelamento ao impedirem o aluno de pensar, de atuar criticamente no mundo. “(...) quanto mais difícil é uma tarefa, mais ela é educadora” (BACHELARD, 1947, apud LOPES, 1993, p. 329).

Pozo (2002) justifica que o professor pode incentivar a motivação, a atenção e a recuperação de um conhecimento, mas não pode motivar os alunos a estarem atentos, ou recuperar por eles. Nesse sentido, um dos fatores que dificulta o trabalho do professor é o acúmulo de conteúdos a serem ensinados.

Como afirma Kuwabara (2001), a redução do tempo dedicado à discussão dos temas que, em geral, é feita de maneira não muito seletiva, torna os conteúdos

pragmáticos e difíceis de serem compreendidos pelos alunos. A exigência do cumprimento do programa curricular proposto e, muitas vezes, sugerido pelo livro didático faz com que o professor trabalhe de maneira superficial e rápida os conteúdos disciplinares. Assim, observam-se ainda que alguns professores direcionam suas atividades à resolução de exercícios por parte dos alunos, levando-os muitas vezes à memorização pela repetição. Essa forma de organizar as atividades pode contribuir e/ou reforçar os conceitos equivocados, dificultando a superação dos obstáculos e gerando erros conceituais.

Ao discutir a quantidade de assuntos a serem trabalhados no Ensino Médio, esse autor afirma que “as tentativas de solução sempre se resumiram ao corte linear aplicado sobre todo o conjunto, obrigando os textos didáticos a discorrerem um pouco sobre tudo, sem aprofundar nenhum assunto”(KUWABARA, 2001, p. 152).

Essa questão dos cortes nos conteúdos disciplinares encontra respaldo no tempo disponibilizado para a disciplina de Química em escolas do Ensino Médio. Observa-se que as escolas privadas, em geral têm de 3 a 5 aulas semanais de Química. Por outro lado, nas escolas públicas esse número cai para 2 aulas semanais.

Associando essa realidade com a extensa quantidade de conteúdos disciplinares a serem trabalhados, esses aspectos provocam inquietações que nos levam a questionar o tempo que o professor terá para promover atividades que favoreçam ao aluno a compreensão das diferentes relações entre o conhecimento químico, e que interação será possível fazer com outras áreas de conhecimento.

Numa primeira análise, pode se inferir que, devido aos pontos indicados, muitas vezes o professor pode optar por atividades que possam minimizar as

dificuldades do tempo disponível e do currículo, levando-o a reforçar o aprendizado memorístico por parte dos alunos.

Esse círculo vicioso é refutado por muitos professores e autores ao afirmar que a utilização como estratégia de ensino de algoritmos de resolução de exercícios, com regras para memorização, impede a aprendizagem dos conceitos (NAKHLEH; MITCHELL, 1993, apud QUÍLEZ; SANJOSÉ, 1995).

Os livros didáticos em sua maioria, mesmo os de ensino superior, no início do estudo do conceito químico, empenham-se em diferenciar o equilíbrio estático do dinâmico, comparando o equilíbrio químico ao físico, ilustrando seus conceitos com figuras como pessoas em escadas rolantes, equilibristas de circo, ou até mesmo bonecos. A analogia pode ser mais acessível ao aluno, pois está ligado ao seu cotidiano.

Mas segundo Lima e Nuñez (2004) deve-se evitar o emprego de analogias com alunos que dispõem de concepções alternativas, pois há risco que essas sejam transferidas na compreensão do objeto em estudo. Por outro lado, as analogias podem ajudar os alunos a compreenderem o conceito, mas também poderão comportar-se como dificuldades para alguns, induzindo-os ao erro.

Uma vez utilizadas de forma incorreta, exagerada ou acriticamente, as analogias poderão influenciar na aprendizagem do conhecimento escolar. Assim sendo, Andrade et al relatam que:

Estes obstáculos estariam fundamentados na experiência primeira, no conhecimento geral, no abuso das imagens usuais, no conhecimento unitário e pragmático, no substancialismo, no realismo, no animismo e no conhecimento quantitativo, e seriam as causas da “estagnação e até regressão do progresso da ciência”. (ANDRADE; ZYLBERSZTAJN; FERRARI, 2002, p. 3).

Devemos considerar que nem todos os erros são oriundos das idéias prévias dos alunos, alguns autores lembram que os erros podem ser apreendidos depois de aulas sobre o assunto, portanto essas idéias podem ser induzidas através do ensino (JOHNSTONE et al.1977; HACKLING e GARNETT, 1985 apud QUILÉZ at al, 1993).

Muitas estratégias de ensino são propostas para mudar as idéias prévias, entre elas o modelo de mudança conceitual (LIMA SILVA; FRANCIMAR SILVA; NUÑEZ, 2004), mas críticas são feitas. Pozo e Crespo (1998) afirmam que as idéias prévias dos alunos não são abandonadas com facilidade, mesmo depois de trabalhadas todas as etapas do modelo de mudança conceitual durante a aprendizagem escolar. Alerta também para a dificuldade de perceber essas idéias durante a vida escolar a tempo de trabalhá-las. Marín Martinez (1999b) sugere que a verdadeira mudança conceitual não ocorre com a simples substituição das concepções alternativas dos alunos por conceitos cientificamente aceitos e que a aprendizagem não ocorre de forma linear para todos os alunos como supõem o modelo de mudança conceitual. Nessa perspectiva Gil, (1993) acena para a idéia de que as mudanças conceituais são acompanhadas por mudanças metodológicas. Portanto, a mudança conceitual no ensino deve estar acompanhada de mudanças nos procedimentos e atitudes.

2.2 Investigações didáticas sobre os principais erros conceituais cometidos pelos alunos sobre o tema Equilíbrio Químico

Diversas pesquisas visam a identificar erros conceituais cometidos por alunos no estudo do Equilíbrio Químico. Segundo Hernando (2003), algumas investigações relacionam esses erros com a dificuldade de compreensão do tema Equilíbrio Químico (WHEELER, KAS, 1974; JOHNSTONE et al. 1977; FURIÓ, ORTIZ, 1983; HACKLING, GARNETT, 1985; GORODETSKY, GUSSARSKY, 1986), e outros preocupam-se em buscar explicações para esses erros (BERGQUIST, HEIKKINEN, 1990; BANERJEE, 1991; FURIÓ, ESCOBEDO, 1994; GARNETT et al., 1995; QUÍLEZ, SANJOSÉ, 1995; VAN DRIEL et al., 1998; FURIÓ et al., 2000) .

Como apresentado por Sandoval (2002, p. 01), alguns dos principais erros pesquisados por Quílez e Sanjosé (1995) são:

- a) a incorreta interpretação da dupla seta;
- b) os erros relacionados com a interpretação do caráter dinâmico do equilíbrio químico;
- c) a compartimentação do equilíbrio;
- d) a confusão devido a estequiometria das reações químicas não quantitativas;
- e) a confusão entre massa e concentração em equilíbrios heterogêneos;
- f) as dificuldades com a constante de equilíbrio;
- g) os erros no papel do catalisador no equilíbrio químico;
- h) os erros na aplicação indiscriminada do Princípio de Le Chatelier.

Trabalhos anteriores, como o de Furió e Ortiz (1983), buscaram conhecer esses erros aplicando questionário a dois grupos. O primeiro grupo era formado por estudantes universitários do Curso de Orientação Universitária (grupo A). O segundo grupo era composto por futuros professores de Química (grupo B). O tema já havia sido estudado pelos integrantes do grupo B, pois fazia parte do programa de Didática da Química. Os participantes do grupo A acabavam de estudar o tema e foram questionados seguidamente ao estudo, os alunos do grupo B foram questionados no primeiro dia de aula, sem aviso prévio. Dessa pesquisa, o erro que mais chamou a atenção foi o conflito entre os conceitos de massa e concentração. Os participantes confundiram a quantidade de matéria com a concentração molar. Dos 61 participantes do grupo A, 95,1% responderam equivocadamente as questões.

Segundo esses pesquisadores, uma das causas para a grande percentagem de erros seria o aluno supor que o objetivo final de uma reação química é a quantidade de produto obtido (massa), sem levar em consideração como ocorre o processo químico.

Machado e Aragão (1996) também apresentam um artigo tratando dos resultados de uma pesquisa sobre as concepções alternativas de estudantes em relação ao estado de equilíbrio químico, na qual alguns alunos representaram o estado de equilíbrio com os reagentes e produtos encontrando-se em recipientes separados, utilizando formas análogas às equações químicas apresentadas na pesquisa.

Outra pesquisa para verificação de erros no estudo do Equilíbrio Químico foi desenvolvida na Universidade de Buenos Aires na Argentina, por Raviolo (2001). Nessa investigação foram aplicados 115 questionários a alunos universitários da

disciplina de Química Geral, sendo que 96 eram do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, 13 de Licenciatura em Ciências Químicas e 6 de Licenciatura em Ciências Geológicas. O autor sinaliza que a maioria dos alunos de Química Geral apresentava dificuldades em interpretar fenômenos em unidades temáticas que necessitavam de conceitos anteriores como noções de Cinética, Estequiometria, Gases e reações químicas.

Raviolo (2001), comparando sua pesquisa ao resultado da investigação de Hackling e Garret apud Treagust e Graeber (2004), realizada na Austrália, observou que os alunos argentinos do curso universitário apresentavam um número maior de erros que alunos australianos de nível médio, pois estudavam o tema de forma as relativas mais qualitativa, sem a resolução de muitos exercícios que buscavam somente cálculos de constantes.

Outra investigação ¹³, realizada por Rocha et al (2000) aponta que entre as dificuldades analisadas em alunos que ingressaram na Faculdade de Ciências Veterinárias, as que mais se destacaram foram as relativas aos conceitos relacionados às idéias prévias, como a forma de representarem a reação com reagentes em recipientes separados e formas animistas. Verificaram diferentes formas de os alunos demonstrarem a representação do sistema de forma equivocada. As dificuldades indicadas pelos autores são:

- confusão entre concentração e velocidade da reação;
- representação errônea das reações químicas;
- concepção de sistema em equilíbrio em compartimentos separados.

¹³ Esta pesquisa faz parte de um trabalho de investigação no Campo de Didática das Ciências Experimentais aplicada por docentes das Universidades de Santiago de Compostela (Espanha) e a Universidade Nacional de Centro da Provincia de Buenos Aires (Argentina).

Alguns autores explicam que a representação animista pode ser entendida como obstáculo que:

[...] traduz-se numa tendência para, de modo ingênuo animar, atribuir vida e muitas vezes propriedades antropomórficas a objetos inanimados. [...] A compreensão das representações científicas exige uma ruptura com as representações animistas (ANDRADE; ZYLBERSZTAJN; FERRARI, 2002, p. 5).

A partir da discussão apontada neste capítulo sobre os erros conceituais apresentados no estudo do tema Equilíbrio Químico, nossa pesquisa procura investigar quais os principais erros cometidos pelos alunos do Ensino Médio de escolas particulares em Natal quando o estudam. No próximo capítulo, apresentaremos os resultados obtidos na pesquisa e uma análise da forma de abordagem do referido tema em livros didáticos de Química para esse nível de ensino.

CAPÍTULO 3 INVESTIGANDO OS ERROS CONCEITUAIS SOBRE O TEMA EQUILÍBRIO QUÍMICO EM ALUNOS DO ENSINO MÉDIO.

Neste capítulo, será apresentado o caminho metodológico adotado para investigar os erros conceituais cometidos por alunos de três escolas particulares da cidade do Natal, e conhecer como o livro didático contribui para a ocorrência desses erros. Também serão discutidos os resultados à luz das investigações e argumentos relatados no capítulo anterior.

3.1 Objetivo geral

Nesta pesquisa, procuramos identificar os erros conceituais que refletem as dificuldades de aprendizagem sobre o conteúdo Equilíbrio Químico e como o livro didático pode colaborar para a formação desses. Pretendemos assim fornecer elementos que propiciem uma reflexão e conseqüente melhoria da prática docente.

3.2 Objetivos específicos

A fim de alcançar o objetivo geral, a pesquisa foi organizada destacando os seguintes objetivos específicos:

- Identificar erros conceituais que ocorrem com maior frequência entre alunos do ensino médio ao estudarem o tema Equilíbrio Químico;
- Conhecer como os alunos entendem o Equilíbrio Químico através de representações por desenhos ilustrando uma reação química;
- Identificar como os conceitos referentes ao tema Equilíbrio Químico vêm sendo trabalhados nos livros didáticos, e de que forma podem levar o aluno a incorrer em erros.

3.3 Contexto da pesquisa e caracterização dos sujeitos

A pesquisa foi realizada em três escolas particulares da cidade de Natal/RN, aqui denominadas A, B e C, pois ao fazer um levantamento informal com alguns professores de escolas públicas, visando à aplicação dos questionários com seus alunos, os mesmos afirmaram não ser possível, já que o conteúdo Equilíbrio Químico normalmente não era abordado por insuficiência de tempo. Outro aspecto a ser destacado é nossa atuação, como professora nessas escolas, tendo facilitado, portanto, o acesso à pesquisa.

A escola A está localizada no bairro do Tirol e tem, na maioria de sua clientela, alunos de classe média. Essa instituição faz parte de uma rede de franquias que possui unidades em todo o país e uma em Nova York. No período da pesquisa, existiam na escola cinco turmas de Ensino Médio, sendo uma da primeira série, duas da segunda e duas da terceira.

A segunda instituição, denominada escola B, está instalada no bairro Barro Vermelho há 54 anos. É de cunho religioso, ligada à igreja católica, e faz parte de uma organização de oito escolas distribuídas pelo país. A escola tem como doutrina a construção de uma sociedade justa e fraterna, consciente e responsável, voltada para valores religiosos, visando à formação do homem solidário, livre e crítico. Durante a pesquisa, o Ensino Médio era formado por três turmas da primeira série, três da segunda e duas da terceira.

Possuindo três unidades na cidade do Natal, sendo duas direcionadas à educação infantil e fundamental e uma ao Ensino Médio, a escola C é considerada uma instituição de ensino de classe média-alta e assume como discurso a filosofia “ensinar a pensar”, articulando a esse princípio o fazer democrático e a construção

do conhecimento. A pesquisa foi realizada na unidade do Ensino Médio, localizada no bairro Lagoa Nova, a qual possuía sete turmas da primeira série, cinco turmas da segunda e cinco da terceira.

O questionário foi aplicado ao final do quarto bimestre, nas turmas de 2ª série do Ensino Médio, nos colégios A e B, onde os alunos têm três aulas semanais de Química e haviam estudado o conteúdo Equilíbrio Químico no bimestre anterior.

No colégio C, responderam a pesquisa os alunos da terceira série, os quais assistem a seis aulas semanais, sendo duas de Química Geral, duas de Físico-Química e duas de Química Orgânica.

Participaram desta pesquisa 150 estudantes do Ensino Médio, sendo 89 moças e 61 rapazes. No colégio A, o questionário foi respondido por 34 alunos da 2ª série, sendo 18 moças e 16 rapazes. No colégio B, o questionário foi aplicado a 2 turmas da 2ª série num total de 73 alunos, 43 moças e 30 rapazes. E o colégio C colaborou na pesquisa aplicando 43 questionários para alunos da 3ª série do Ensino Médio, num total de 28 moças e 15 rapazes. O gráfico 1 apresenta o percentual, por escola, dos alunos participantes da pesquisa.

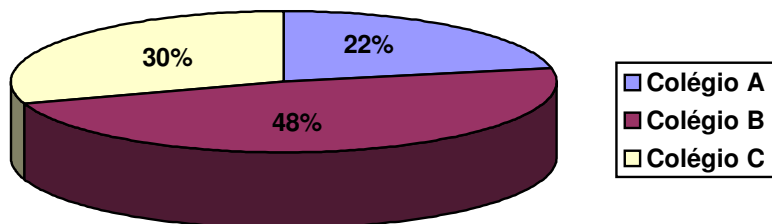
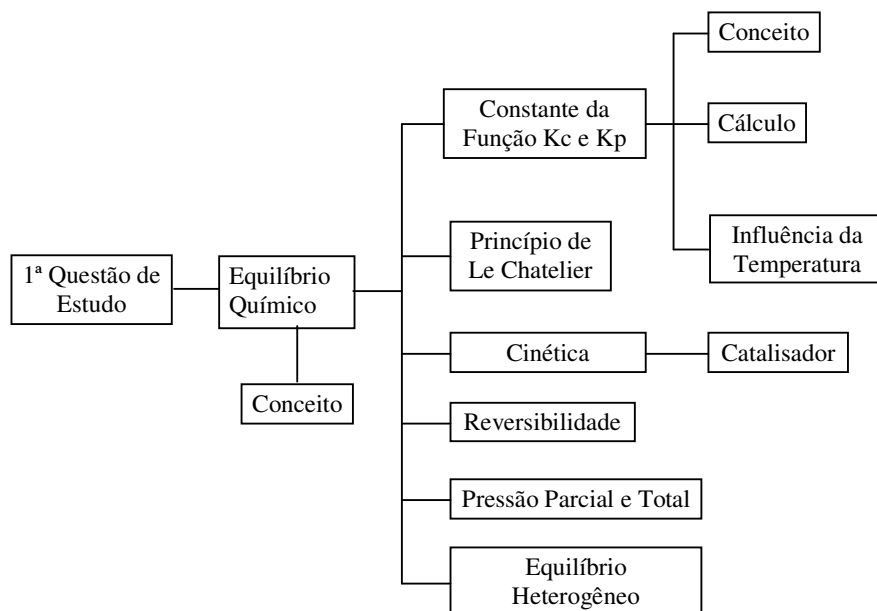


Gráfico 1: Percentual de alunos participantes da pesquisa por escola

Pelo gráfico acima, observa-se que houve uma maior participação dos alunos da escola B.

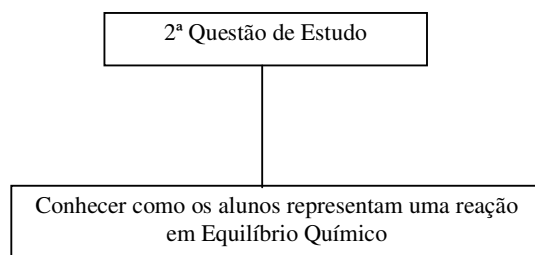
3.4 Questões de Estudo

Esta pesquisa apresenta três questões de estudos apresentada nos esquemas a seguir. A primeira questão intencionava descobrir como os alunos apresentavam os conceitos importantes dentro do tema Equilíbrio Químico.



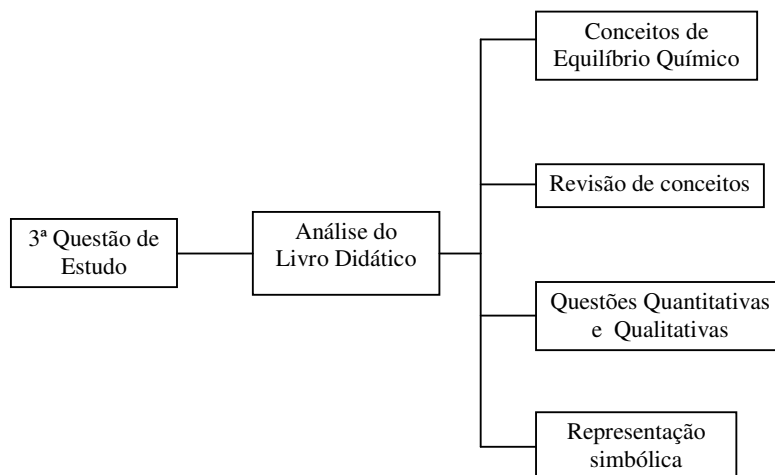
Esquema 2: Primeira questão de estudo

A segunda questão de estudo procurava conhecer como os alunos representavam através de desenhos uma reação química em equilíbrio.



Esquema 3: Segunda questão de estudo

A terceira questão de estudo analisa como o livro didático contribui na formação de erros conceituais dentro do tema Equilíbrio Químico.



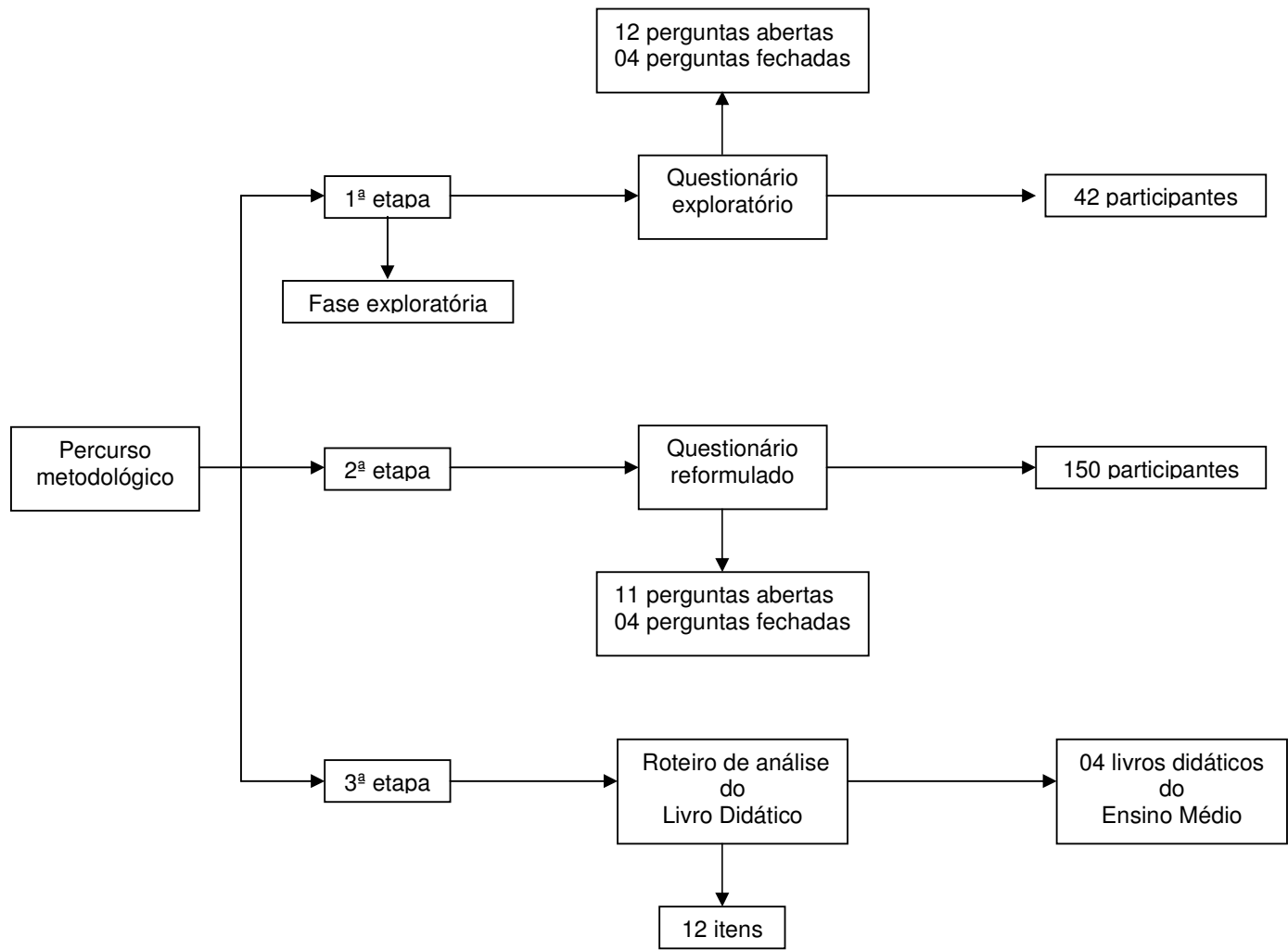
Esquema 4: Terceira questão de estudo

3.5 Caminho Metodológico: em busca de informações

A pesquisa foi então dividida em duas etapas, a primeira teve como objetivo identificar os erros conceituais cometidos pelos alunos após terem estudado o conteúdo Equilíbrio Químico. A segunda visava analisar livros didáticos de Química de grande circulação na cidade do Natal com relação à abordagem do conteúdo Equilíbrio Químico.

Para a realização da pesquisa, optou-se em iniciar por uma etapa exploratória que objetivava, entre outras, uma aproximação com o objeto de estudo. Os resultados obtidos forneceram subsídios para as demais etapas.

O esquema a seguir, apresenta o percurso metodológico seguido na pesquisa.



Esquema 5: Percorso Metodológico da pesquisa

3.5.1 Etapa 1- Fase de familiarização exploratória

Na etapa de familiarização com a pesquisa optou-se como instrumento o questionário com perguntas abertas e fechadas

Apesar de o questionário apresentar várias limitações, ele foi utilizado por facilitar o levantamento de diferentes aspectos sobre o objeto de estudo e identificar mais amplamente as idéias dos alunos sobre o estudo do tema, além de possibilitar uma maior rapidez à coleta de dados, pois intencionava-se aplicar um total de 150 questionários.

Na opinião de Richardson (1999), este instrumento permite obter informações de um grande número de pessoas simultaneamente ou em tempo relativamente curto e a tabulação de dados pode ser feita com maior facilidade e rapidez do que em outros instrumentos, permitindo conhecer as características educacionais de um grupo de alunos, focalizando assim quais os erros mais comuns cometidos.

As perguntas fechadas foram elaboradas tendo como base as investigações realizadas por outros autores; as abertas permitiam que o participante tivesse mais liberdade para expressar sua opinião.

Esta etapa favoreceu elementos sobre o entendimento dos participantes a fim de identificar algum obstáculo na compreensão das perguntas apresentadas com relação ao tema Equilíbrio Químico, e por sua vez, levaram à reformulação do mesmo. Além disso, os participantes após terem respondido ao questionário poderiam durante uma conversa falar sobre a impressão que tiveram sobre o instrumento.

O questionário apresentava 12 questões abertas e 4 fechadas. Os alunos tiveram 90 minutos para responder e, se desejassem podiam opinar respeito das questões.

O grupo de alunos participantes da fase exploratória era de 42 alunos do colégio C e cursava a 3ª série do Ensino Médio, e apresentando as características necessárias para a compreensão das perguntas.

As respostas foram transcritas e organizadas em tabelas. Após a análise dessas respostas, verificamos um grande número em branco. Por meio de uma conversa informal, como uma entrevista em grupo na qual os alunos foram interpelados sobre as questões em branco, alguns responderam que o tempo havia sido curto. O instrumento foi então reformulado, dando origem à Etapa 2.

Nessa etapa, optou-se pela redução do número de perguntas abertas e um aumento do tempo para que o instrumento fosse respondido pelos alunos.

3.5.2 Etapa 2 - A pesquisa: aplicação do questionário

O instrumento foi então reformulado para 11 questões abertas, permanecendo as 4 fechadas. Para alcançar o objetivo geral, foi elaborado um plano de questionário no qual as perguntas relacionavam-se às respectivas questões de estudo, conforme o quadro 2.

Quadro 2: Plano de Questionário

Objetivo da questão	Posição no questionário
1- Apreender o conhecimento dos alunos sobre o conceito de Equilíbrio Químico	4d (subjativa)
2- Conhecer como os alunos representam uma reação em equilíbrio	3b (subjativa)
3- Apreender o entendimento dos alunos sobre a definição e cálculo da constante de equilíbrio e os aspectos que a influenciam.	4b, 4e, 4a (subjativa).
4- Identificar se os alunos identificam o campo de aplicação do Princípio de Le Chatelier	2a (subjativa) 2,3,4 (objetivas)
5- Identificar se os alunos reconhecem a relação do conteúdo Equilíbrio Químico com os conceitos de Cinética Química	1a, 2b (subjativa) 1 (objetiva)
6- Conhecer o que os alunos sabem sobre a reversibilidade das reações químicas	1b (subjativa)
7- Conhecer como o aluno diferencia pressão parcial de pressão total	3 a (subjativa)
8- Apreender como os alunos entendem o equilíbrio heterogêneo	4c (subjativa)

O questionário foi aplicado a 150 alunos da segunda e terceira séries do Ensino Médio. Explicado o objetivo da pesquisa, os participantes dispuseram de três aulas para responderem ao questionário.

As respostas ao instrumento foram tabeladas e analisadas, sendo determinados seus percentuais segundo as questões de estudo.

3.5.3 Etapa 3 - Análise do livro didático com relação à abordagem de conceitos relacionados ao Equilíbrio Químico

Todos os livros escolhidos para esta análise, são utilizados nas escolas participantes da pesquisa e/ou na maioria das escolas de Natal, são eles os descritos no quadro abaixo:

Quadro 3: Livros analisados

Títulos	Autores
Completamente química: Físico-Química	Marta Reis (2001)
Química : volume único	João Usberco e Edgard Salvador (2000)
Química 2: físico-química	Feltre (1997)
Química realidade e contexto: 2 Físico-Química	Lembo (1999)

Nesta etapa foi elaborado um roteiro de análise do livro didático, a fim de verificarmos como este abordava o conteúdo Equilíbrio Químico. Verificam-se as mesmas no quadro a seguir:

Quadro 4: Roteiro de análise do livro didático

1- Como o livro didático apresenta o conceito de equilíbrio químico?
2- Como é abordada a função da constante de equilíbrio?
3- Como o livro didático aborda o conceito de reversibilidade?
4- Como o livro didático aborda o conceito e a diferença entre pressão parcial e pressão total?
5- O livro didático discute o equilíbrio heterogêneo?
6- O livro didático aborda a função de um catalisador?
7- O livro didático utiliza os conceitos de cinética química para explicar o equilíbrio químico?
8- Como o livro didático representa uma reação em equilíbrio?
9- Como o livro didático discute a aplicação do Princípio de Le Chatelier?
10- O livro resgata conteúdos já estudados na alusão de novos conceitos?
11- O livro apresenta questões quantitativas e qualitativas na mesma proporção?
12- O livro usa analogias?

Para a análise, segundo o roteiro, adotou-se como critérios a observação dos seguintes aspectos:

- a clareza na exposição de cada tema abordado no conteúdo Equilíbrio Químico.
- o número de exercícios sobre os conceitos quantitativos relacionados ao tema Equilíbrio Químico.
- as analogias utilizadas para explicar determinados conceitos de Equilíbrio Químico.
- o resgate de conceitos já estudados anteriormente para introdução de um conceito novo.

3.6 Análise dos resultados

3.6.1 Resultados dos questionários: 2ª etapa da pesquisa

Com relação à primeira questão de estudo, que intencionava identificar as idéias dos alunos sobre o conceito de Equilíbrio Químico, dos participantes 55,4% dos participantes responderam que uma reação está em equilíbrio químico quando as velocidades das reações direta e inversa são iguais. Já 8,0% responderam que as velocidades das reações direta e inversa são iguais e as concentrações são constantes, e 36,6% não responderam a questão. Esses resultados indicam que poucos alunos relacionam o conceito de equilíbrio em uma reação química com o processo de reversibilidade.

O gráfico a seguir ilustra esses dados:

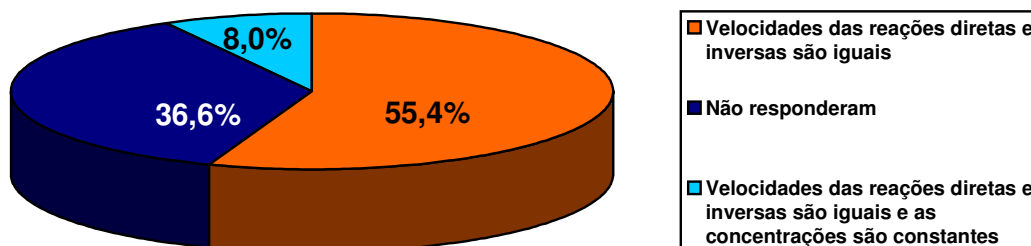
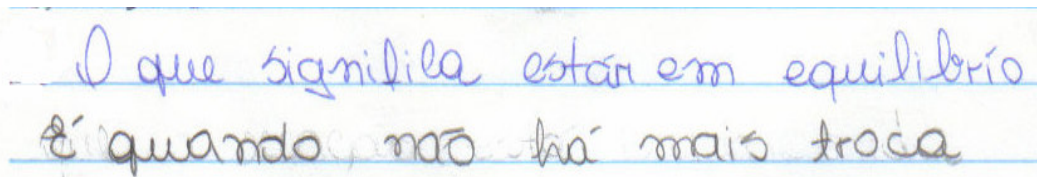


Gráfico 2: Percentual de respostas sobre o conceito Equilíbrio Químico

Com base nos dados acima, se observa-se que os participantes apresentavam em suas respostas aspectos que denotavam a não compreensão do conceito de equilíbrio, pois uma percentagem muito grande não relacionou o

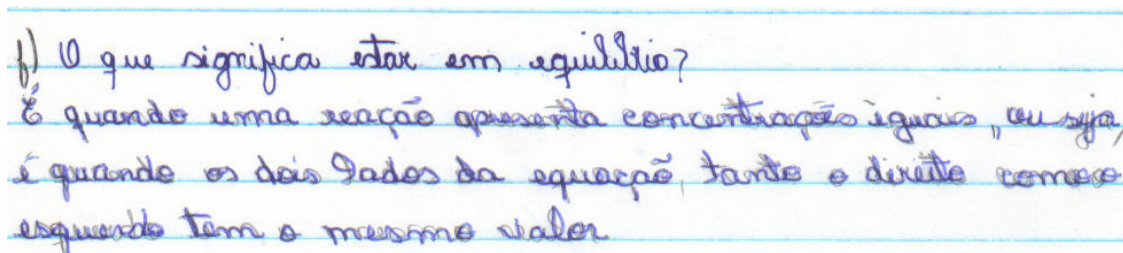
equilíbrio à dinâmica da reação, como mostram uma das respostas transcritas a seguir:



O que significa estar em equilíbrio é quando não há mais troca

Citação 1: Resposta do conceito de equilíbrio (I)

Observa-se por essa opinião que o aluno relaciona o equilíbrio a uma situação estática na qual não ocorrem mais trocas.



f) O que significa estar em equilíbrio?
É quando uma reação apresenta concentrações iguais, ou seja, é quando os dois lados da equação, tanto o direito como o esquerdo têm o mesmo valor.

Citação 2: Resposta do conceito de equilíbrio (II)

Outro ponto observado é que um percentual significativo não respondeu a questão, o que indica a falta de conhecimento sobre o conceito.

Na citação 2, observa-se que o aluno relaciona o estado de equilíbrio à ideia de igualdade. O aluno, ao definir o que representa o estado de Equilíbrio Químico, acredita que os valores das concentrações do reagente e do produto ficam iguais, não percebendo que estes permanecem constantes.

A questão 3b (subjetiva), relacionada à segunda questão de estudo, intencionava conhecer a maneira pela qual os alunos representam por meio de ilustrações livres, como ocorre uma reação química em Equilíbrio Químico. Dos participantes, 54,6% representaram a reação química colocando reagentes e produtos em recipientes separados; 18,7% representaram a reação com desenhos de forma animada; 6,7% representaram a reação em um único recipiente; e 20,0% não responderam, como é mostrado no gráfico 3.

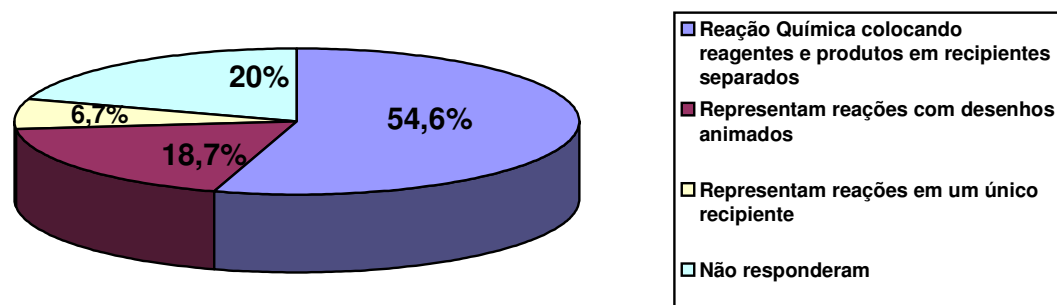


Gráfico 3: Percentual de respostas demonstrando como o aluno representa uma reação química, por meio de ilustrações.

Os alunos, em maioria não conseguiram representar a reação ocorrendo em um único recipiente. Observou-se nos desenhos a repetição fiel da representação de reação química, conforme mostram as figuras 1 e 2, ambas representando a reação $N_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)}$.

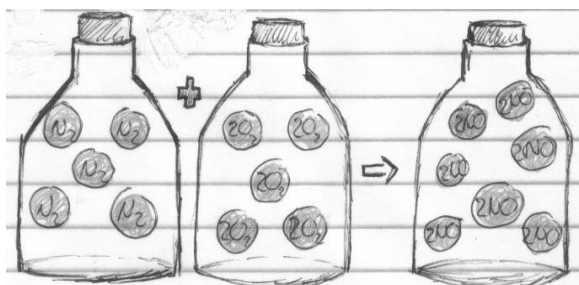


Figura 1: Representação de reação (I)

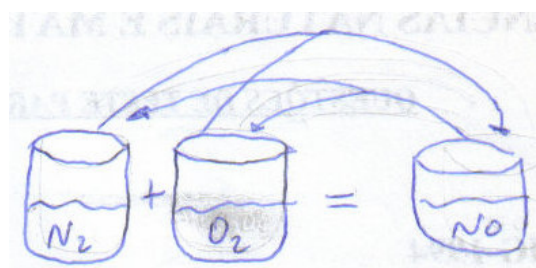


Figura 2: Representação de reação (II)

Essa dificuldade de entendimento de como se processa uma reação química constitui um obstáculo para a compreensão de conceitos mais amplos dentro do estudo da Química, tais como Cinética e Equilíbrio Químico.

A representação da maioria dos alunos para o estado de equilíbrio mostra os reagentes e o produto em recipientes separados. Essa mesma observação também foi feita por Johnstone (1997) e Gorodetsky; Gussarsky (1987) apud Machado e Aragão (1996), ao pesquisarem a opinião de alunos de diferentes níveis educativos sobre o tema.

Alguns alunos apresentaram essa mesma reação de forma animista¹⁴, representando as moléculas como bonecos ou quadrinhos, como mostram as figuras 3 e 4.

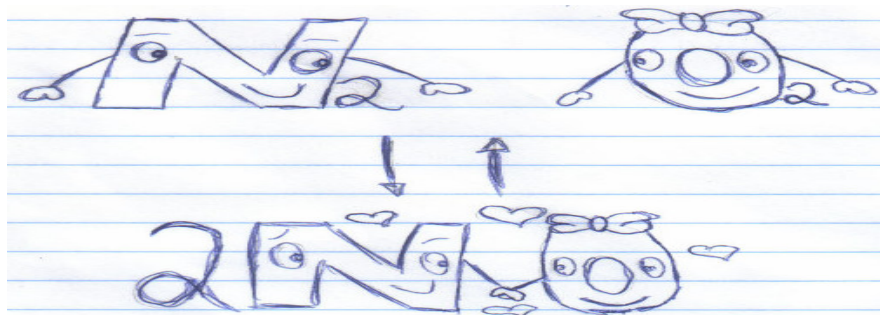


Figura 3: Representação de reação com uso de bonecos

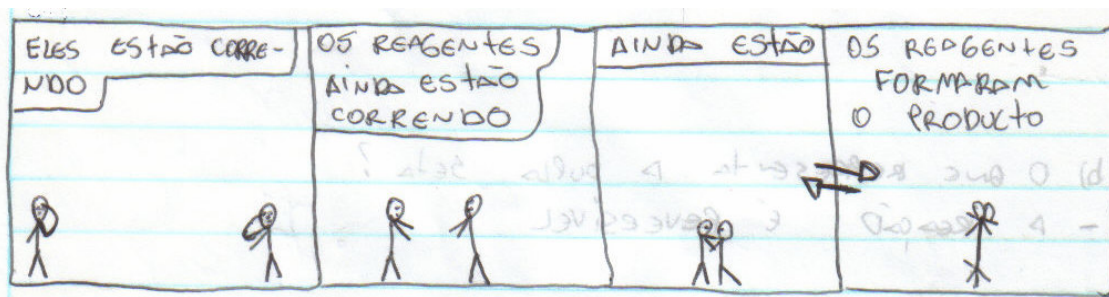


Figura 4: Representação de reação por quadrinhos

¹⁴ O termo animista foi citado por Andrade; Zybersztajn; Ferrari. Significa modo de representar atribuindo vida a objetos inanimados.

Essa representação pode estar ligada a um possível erro conceitual, em que o aluno pode estar relacionando a representação animada ao movimento das moléculas, representando a colisão efetiva destas para a formação do produto.

A terceira pergunta versava sobre o conceito da função da constante no estudo do Equilíbrio Químico. O percentual de alunos que relacionaram a constante (K_c) com a razão entre concentração molar dos reagentes e produtos de uma reação que se encontra em equilíbrio foi de 6,6% como mostra o exemplo dado a seguir.

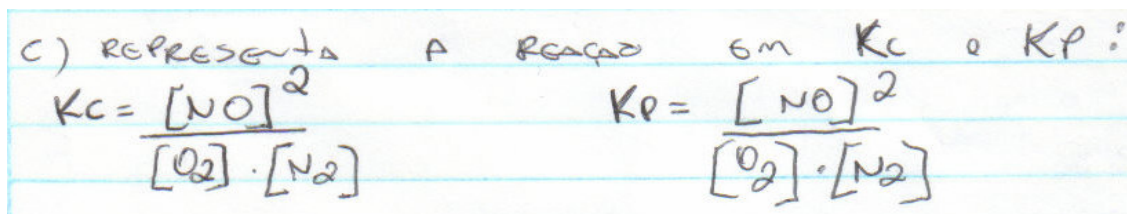
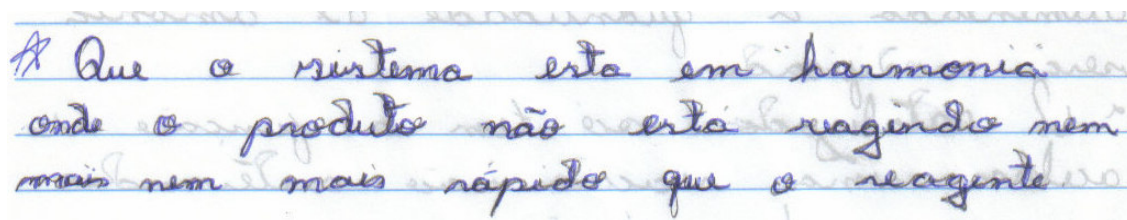


Figura 5: Representação da constante como razão entre concentração molar dos reagentes e produtos

Nessa figura, o aluno demonstra a confusão entre as representações de concentração molares e a pressão parcial.

Dos entrevistados, 37,4% afirmam que a constante é um valor numérico o qual representa o equilíbrio de uma reação, ou relacionaram o valor à velocidade da reação (citação 3), e 56,0% responderam não saber explicar o que significa a constante. A seguir é apresentada a resposta de um aluno que ilustra essa opinião:



* Que o sistema está em harmonia onde o produto não está reagindo nem mais nem mais rápido que o reagente.

Citação 3: Representação da constante relacionando à velocidade da reação

O gráfico a seguir representa o percentual das respostas.

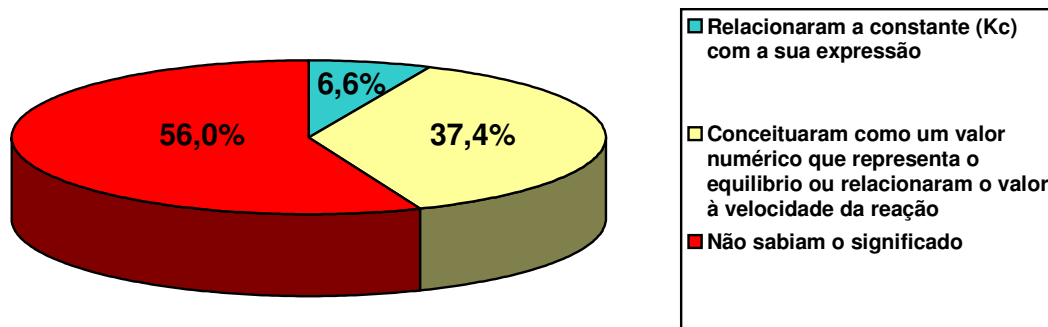


Gráfico 4: Percentual de respostas sobre o conceito da função da constante de Equilíbrio Químico

Outro ponto abordado no questionário dentro da mesma questão de estudo (4subjetiva: e) era saber como os alunos entendiam a influência que a temperatura exercia na mudança do valor da constante de Equilíbrio. Com relação a essa questão 64,0% dos alunos relacionaram suas respostas ao deslocamento do equilíbrio (processos endotérmicos e exotérmicos) associado ao valor da entalpia representado na questão, como se a constante sofresse alterações ao deslocarmos o equilíbrio no sentido de absorver ou liberar energia e 36,0% não responderam a questão, como podemos observar abaixo, no gráfico 5:

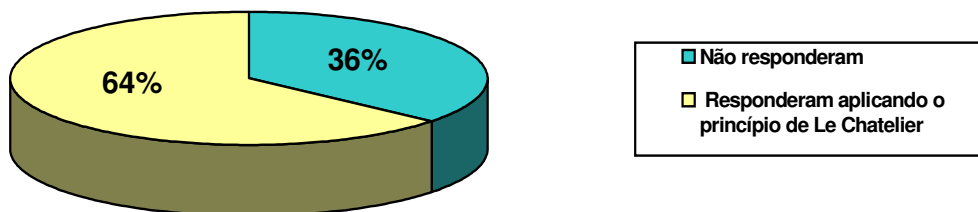
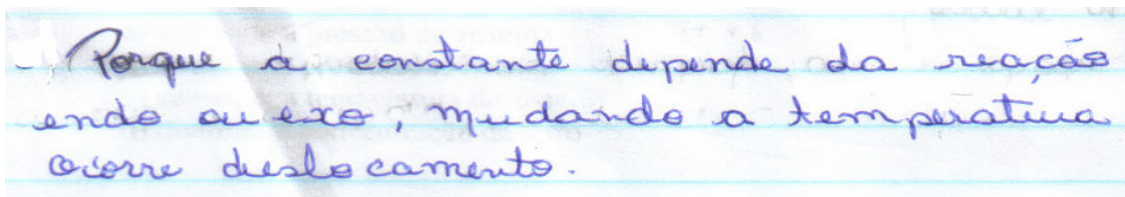


Gráfico 5: Percentual da opinião dos alunos sobre a influência de T na constante de Equilíbrio Químico

Uma possível sinalização para o número significativo de respostas em branco seria o fato de estarem relacionadas a um conceito pouco abordado nos livros didáticos de Química do Ensino Médio e, quando feito, ocorre de maneira muito vaga. Por outro lado, é possível que poucos professores justifiquem o motivo para o aluno, por necessitar de uma abordagem matemática mais complexa, como o uso de algarismo neperiano. Talvez esses motivos estejam entre os fatores que levam o aluno a normalmente não saber explicar porque somente a temperatura altera o valor da constante.

Os alunos relacionaram o deslocamento do equilíbrio ao princípio de Le Chatelier porque, como já citado, foi fornecida na questão a variação da entalpia, como podemos observar na citação 4.



Porque a constante depende da reação sendo exo, mudando a temperatura ocorre deslocamento.

Citação 4: Relação da mudança do valor da constante com o princípio de Le Chatelier

Ainda dentro da terceira questão de estudo (4 subjetiva: a), buscamos verificar como os alunos expressavam matematicamente a constante de Equilíbrio Químico. Para tanto, eram necessários cálculos das concentrações molares dos reagentes e produtos criando assim algumas dificuldades para respondê-la. Observou-se que 52,6% dos alunos participantes não calcularam corretamente o valor da constante. Outros 39,4% confundiram mol com mol/L, e 40,7% não responderam a questão. Apenas 6,7% calcularam corretamente o valor da

constante, o que nos leva a acreditar que essa é uma dificuldade relacionada ao conceito de concentração e estequiometria, conteúdos estudados anteriormente e que devem ser pré-requisitos para a construção conceitual da constante do equilíbrio, verificada na questão anterior.

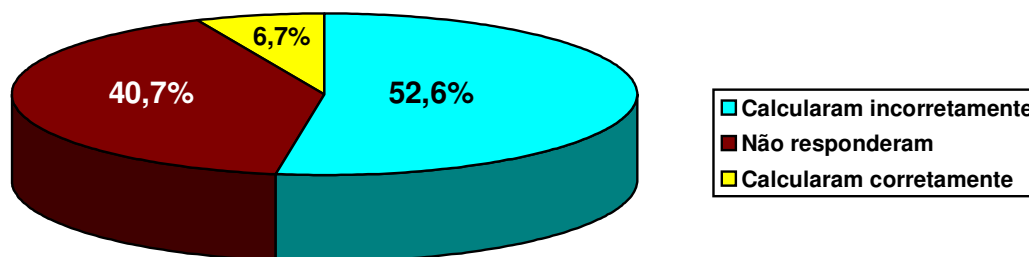


Gráfico 6: Percentual de respostas da questão 4 (subjativa) sobre o cálculo da constante de Equilíbrio Químico

As questões 2,3 e 4 (objetiva) e 2a (subjativa), abordadas dentro da quarta questão de estudo, procuravam conhecer como os alunos aplicavam os conceitos de deslocamento do equilíbrio (princípio de Le Chatelier).

Constatamos que 58,7% dos alunos aplicaram corretamente o princípio, mas dentre estes, somente 16,9% dos alunos justificaram corretamente o motivo do deslocamento tendo em vista a variação de temperatura; 24,8% aplicaram corretamente o deslocamento pela variação na concentração de reagentes ou produtos, e 12,5% justificaram corretamente o deslocamento de acordo com a variação da pressão do sistema.

Entre as demais respostas, aplicaram incorretamente o princípio de Le Chatelier 25,0% dos alunos, enquanto que 16,3% destes não responderam.

Os resultados revelam que o aluno tem facilidade para aplicar os princípios de deslocamento, mas apresentam dificuldades em justificar os motivos porque esses ocorrem, ou seja, a interpretação do conceito.

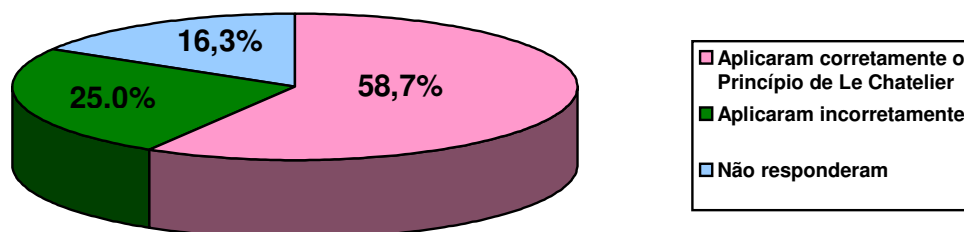


Gráfico 7: Percentual de respostas da questão 4 (objetiva) para a aplicação do princípio de Le Chatelier

Dentre os 58,7% dos alunos que aplicaram corretamente o princípio, suas respostas podem ser distribuídas conforme o quadro a seguir:

Quadro 5: Percentual de distribuição dos acertos de aplicação do princípio de Le Chatelier

Distribuição dos 58,7% dos alunos que responderam corretamente a questão 4	
Variação da temperatura	18,4%
Variação da concentração	25,8%
Variação da pressão	14,5%

A primeira questão objetiva do questionário, abordada na quinta questão de estudo apresentava fatores que aumentavam a velocidade da reação e buscava conhecer como os alunos correlacionavam os conhecimentos de cinética e equilíbrio químico. O percentual de 49,3% privilegiou o deslocamento de equilíbrio químico, tendenciou respostas que ignoravam o fator “velocidade”.

Constatamos que a resposta marcada com maior frequência foi a relacionada com a temperatura, pois a variação da entalpia(ΔH) da reação foi fornecida. Os

alunos apresentam certa dificuldade nas questões que relacionam mais de um conceito, isso deve justificar o alto percentual de resposta incorretas. Dos alunos 30,0% não responderam a questão e somente 20,7% a responderam, relacionando os conceitos de cinética e equilíbrio químico.

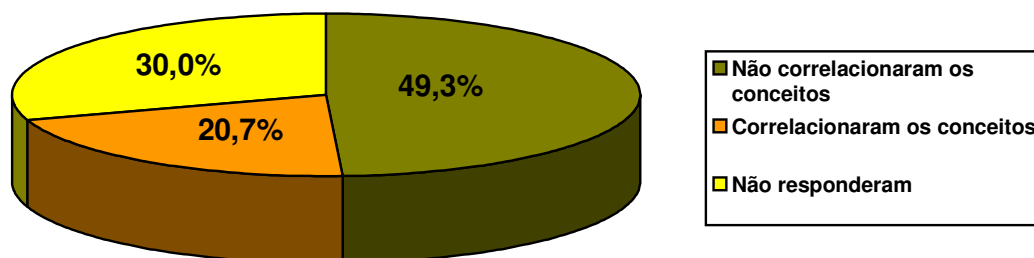


Gráfico 8: Percentual de respostas da questão 5 (objetiva) relacionando as correlações entre os conceitos de Cinética e Equilíbrio Químico

A questão 1a (subjetiva) procurava conhecer como os alunos entendem a função do catalisador, conceito importante de Cinética Química, necessário ao estudo do Equilíbrio Químico. Responderam 57,0% dos alunos que a função do catalisador é acelerar a reação, mas não colocaram em suas respostas o fator cinético (velocidade) das reações; somente 10,0% citaram que as velocidades das reações direta e inversa aumentam simultaneamente.

A percentagem de 13% respondeu que a função é manter o equilíbrio da reação e 20,0% não respondeu a questão. A alta percentagem de alunos que responderam que a função do catalisador é somente acelerar a reação deve-se ao fato desse conceito ter sido explicado em cinética química, e eles não relacionaram ao conceito de reversibilidade.

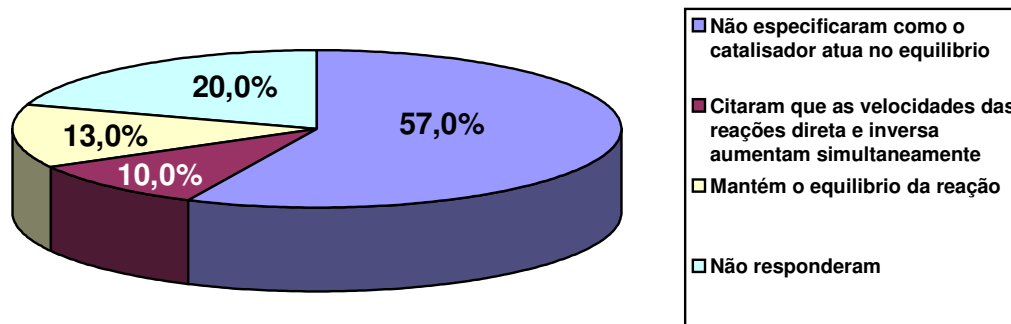


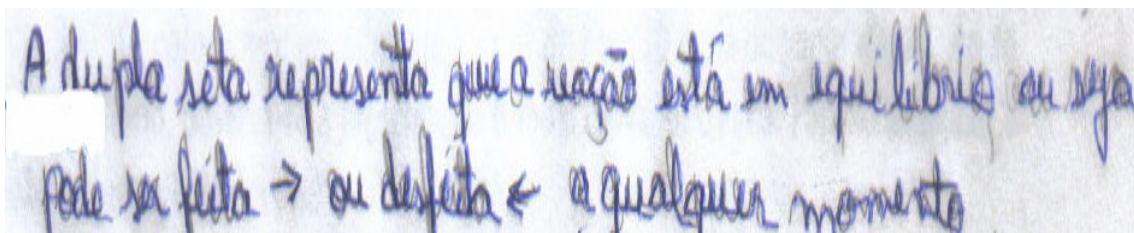
Gráfico 9: Percentual de respostas da questão 5 (subjativa) sobre a função do catalisador

Com relação à dupla seta, nossa sexta questão de estudo, abordada no questionário na questão subjetiva 1b, buscava conhecer o conceito de reversibilidade (representação simbólica de reação química). Um total de 10,0% dos alunos relacionaram o símbolo da dupla seta ao fato das reações estarem em equilíbrio. O trecho a seguir ilustra a opinião dos alunos:

Significa equilíbrio, ou seja, produto e reagente estão em harmonia.

Citação 5: Representação da dupla seta relacionada somente ao estado de equilíbrio

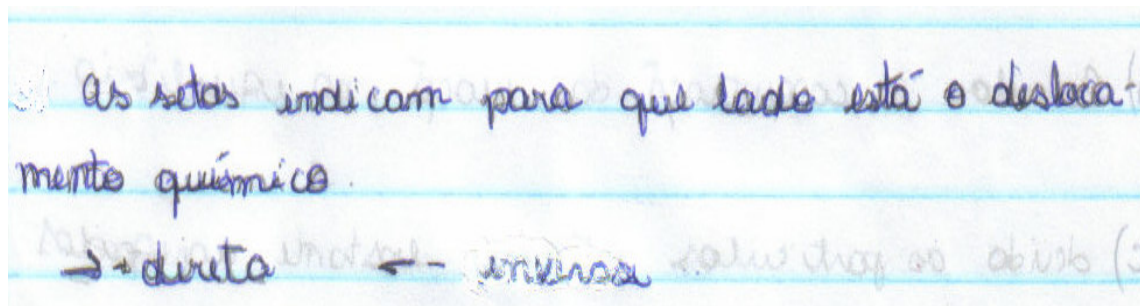
Ainda com relação à questão anterior, 32,0% apresentaram na resposta a idéia de reversibilidade, mas não conseguiram colocar com clareza o conceito, como mostra o trecho abaixo:



A dupla seta representa que a reação está em equilíbrio ou seja pode ser feita → ou desfeta ← a qualquer momento

Citação 6: Representação da dupla seta relacionada ao processo de reversibilidade

Outros 6% responderam que a dupla seta indica para qual lado o equilíbrio irá se deslocar ao alterarmos qualquer fator na reação, como ilustra a resposta a seguir:



As setas indicam para que lado está o deslocamento químico.
→ direita ← esquerda

Citação 7: Representação da dupla seta relacionada com deslocamento de Equilíbrio Químico

Esse conceito talvez esteja relacionado ao fato do aluno associar a idéia do símbolo da seta à direção indicada para o deslocamento da reação.

Os demais 52% dos alunos não responderam a questão. Esse grande número de respostas em branco é preocupante, pois o conceito de reversibilidade contribui para o entendimento de outros conceitos e fenômenos no estudo do Equilíbrio Químico.

O gráfico a seguir ilustra os resultados referentes às respostas dos alunos quanto à definição da dupla seta:

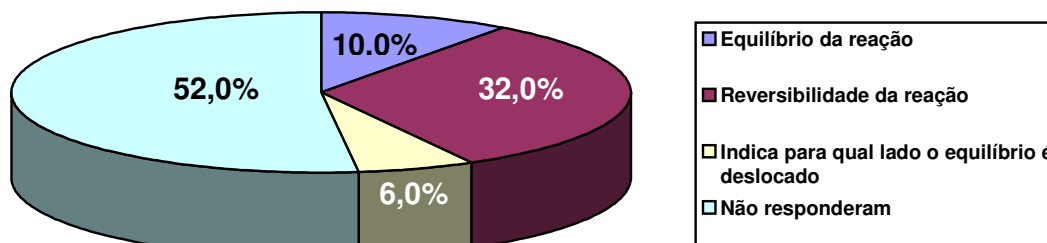


Gráfico 10: Percentual de respostas relacionadas à definição da dupla seta

A sétima questão de estudo buscava apreender o conceito de pressão total e pressão parcial, conteúdo já abordado na 1ª série do Ensino Médio. As respostas apresentadas no levantamento estatístico nos mostram que 46,7% não sabem a diferença entre as pressões e 42,0% não responderam a questão. Somente 11,1% responderam corretamente, relacionando ao nitrogênio a pressão parcial e a mistura dos gases nitrogênio e oxigênio à pressão total.

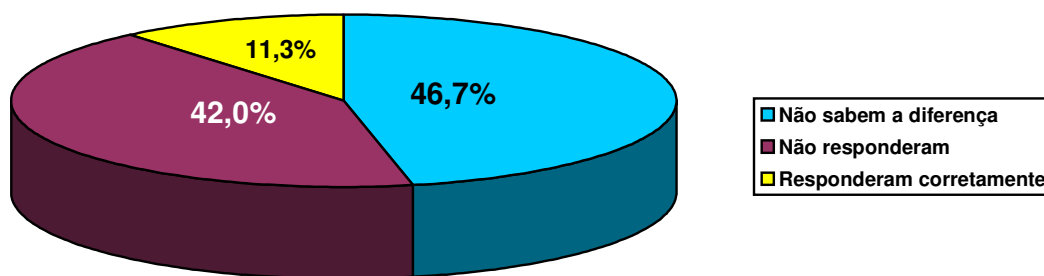


Gráfico 11: Percentual de respostas da questão sobre o conceito de pressão parcial e pressão total

O percentual de respostas em branco ou erradas credita-se à falta de conhecimento do conceito de pressão parcial e total. O fato de esse conteúdo ser abordado no final do quarto bimestre, na 1ª série do Ensino Médio tendo em vista o final do ano letivo, faz com que seja visto de forma superficial.

Algo que chamou a atenção nessa pesquisa foi o aparecimento da palavra reator em uma das alternativas da segunda questão objetiva. Como vários deles não sabiam o significado da palavra, deixaram de responder à questão. Nesse caso não houve uma interpretação errônea, mas o não conhecimento do equipamento, também por esse não fazer parte do seu cotidiano.

A oitava questão de estudo, localizada no questionário na posição 4c (subjativa), procurava conhecer como os alunos entendiam o equilíbrio heterogêneo, questionando por que os sólidos não alteram o equilíbrio químico. Apontaram o fato dos sólidos apresentarem alta concentração e portanto não participam da expressão do equilíbrio 6,6% dos alunos; 40,0% conceituaram erroneamente, relacionando a fatores diversos; e 53,4% não responderam a questão.

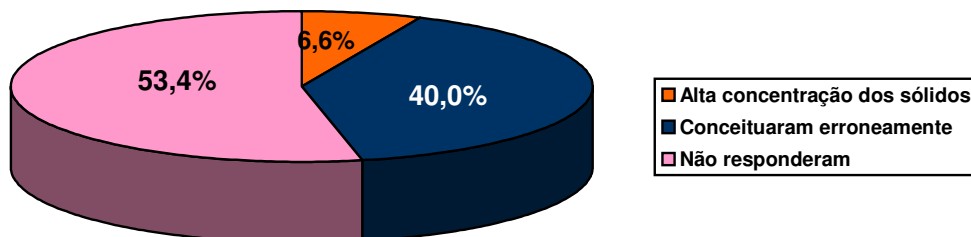


Gráfico 12: Percentual de respostas da questão relacionada ao equilíbrio heterogêneo

Ainda dentro da análise da questão, percebemos o grande número de respostas em branco, possibilitando a suposição de que os participantes ou não

compreenderam a questão dada, a sua elaboração ou não possuem ferramentas para explicitar o conceito.

Os erros encontrados por Quílez e Sanjosé (1995) também foram verificados na nossa pesquisa, como a incorreta compreensão na representação da dupla seta, levando a erros no conceito de reversibilidade; dificuldade na interpretação do estado de equilíbrio e na definição da constante e na função do catalisador; representação compartimentada de uma reação química; incorreta aplicação do Princípio de Le Chatelier e quando aplicado corretamente, revela ser por repetição de modelo; equívocos entre massa e concentração quando se tenta calcular o valor da constante.

Além dos erros em comum com a pesquisa de Quílez, também foram verificados outros, como a dificuldade de conceituar equilíbrio heterogêneo e as pressões parciais e total de um sistema. Como a maioria dos erros já faz parte dos determinados por essa pesquisa, leva-nos a pensar se essas dificuldades não seriam as mesmas que surgem em outros contextos com a utilização de métodos diversos de ensino.

3.6.2 Resultados da análise dos livros didáticos de Química

Como já explicitado, foram analisados quatro livros didáticos, objetivando saber até que ponto eles estariam influenciando o aluno na formação de erros conceituais ao estudar o tema Equilíbrio Químico.

O primeiro livro didático analisado foi “Completamente Química: Físico-Química”, da autora Martha Reis Marques da Fonseca, editora FTD, ano 2001. Nesse livro a autora apresenta a definição do Equilíbrio Químico utilizando-se de uma analogia, comparando o equilíbrio à entrada e saída de carros em um

estacionamento em época natalina. O livro relaciona o equilíbrio à velocidade das reações direta e inversa sob temperatura constante, mostrando o conceito de reversibilidade e relacionando-o ao aspecto dinâmico da reação. Caracteriza as condições do equilíbrio citando as propriedades macroscópicas e microscópicas de um sistema em equilíbrio. A autora coloca de forma clara a definição do equilíbrio e o conceito de reversibilidade, mas o livro não retoma conceitos anteriores, como cinética das reações e conceito e diferença entre pressão parcial e total.

A constante somente é analisada de forma quantitativa e seu significado é demonstrado através de cálculos experimentais. O efeito da temperatura sobre o equilíbrio somente é mencionado, mas não é justificado. O equilíbrio heterogêneo foi explicado superficialmente, através do estado físico dos reagentes e produtos.

A autora fala dos catalisadores de maneira bem abrangente, exemplificando inclusive suas diversas funções em áreas da ciência e tecnologia.

O deslocamento de equilíbrio foi colocado de forma clara. O livro apresenta textos com História da Química e Química Industrial, o que facilita o entendimento da aplicação dos conceitos. Mas o aluno terá dificuldade para compreender conceitos importantes dentro do estudo do Equilíbrio Químico, pois o livro não resgata noções anteriores e os exercícios exploram mais a parte quantitativa que a qualitativa. O livro didático apresenta vários exemplos para a definição dos conceitos do tema citado. O livro "Química Volume Único" de João Usberco e Edgard Salvador, da Editora Saraiva, 1997, foi o segundo a ser analisado.

Este livro define o conceito de Equilíbrio Químico e reversibilidade de forma muito resumida. Coloca como exemplo de processo reversível a vaporização da água dificultando o entendimento do conceito quando comparado a uma reação

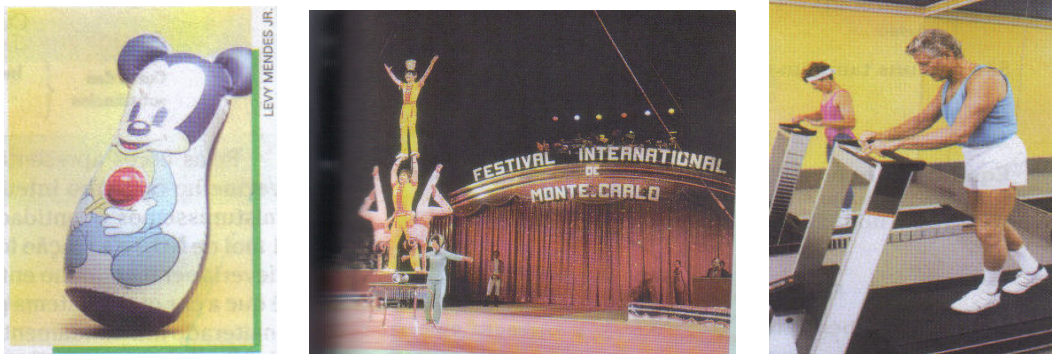
química, o que faz logo em seguida sem mencionar a diferença entre o processo físico e o químico.

A constante de equilíbrio foi definida como Lei da Ação das Massas, sem definir a lei. A constante foi mostrada ao aluno de forma pouco clara e com explicações sucintas e quantitativas. Assim também acontece com as definições de pressão parcial e pressão total que não são definidas, somente demonstradas nas expressões de K_c e K_p .

Equilíbrios heterogêneos são explanados em termos de densidade e concentração molar constante, mas as explicações são pouco esclarecedoras. A função da temperatura na modificação do valor constante não foi mencionada pelos autores.

O deslocamento do equilíbrio foi citado de forma clara, mas a ilustração apresentada no livro representa uma reação em recipiente aberto, contrariando a definição de sistema em equilíbrio. O efeito do catalisador foi apresentado de maneira simplificada, sem mostrar as várias aplicabilidades do mesmo. As definições são superficiais e pouco elucidativas. Os exercícios são modelos para repetição e priorizam o aspecto quantitativo. O livro não apresenta analogias para o tema em questão.

A terceira análise foi realizada no livro “Química 2: Físico-Química”, de Ricardo Feltre, Editora Moderna, 2000. Ele relaciona inicialmente as idéias de harmonia, moderação, boas proporções e balanço de tendência, para exemplificar o estado de equilíbrio. O livro apresenta várias ilustrações que comparam situações do cotidiano com o estado de equilíbrio. As analogias apresentadas comparam o equilíbrio com as figuras apresentadas a seguir:



Figuras 5, 6 e 7: Analogias para o estado de equilíbrio químico.

O conceito de Equilíbrio Químico é sempre relacionado à reação, como se esta estivesse “parada”, somente mais à frente esse conceito é esclarecido.

As definições de equilíbrio heterogêneo e homogêneo foram feitas pelos estados físicos das substâncias representados na reação química e explica o motivo pelo qual as substâncias no estado sólido ou líquido não aparecem na expressão do equilíbrio. Sendo que a explicação é pouco elucidativa, como demonstra o texto: “Para equilíbrios heterogêneos a lei da Ação das Massas não é válida, isto é as expressões de K_C e K_P valem somente para equilíbrios homogêneos. Portanto não podemos aplicá-las a um sistema homogêneo considerando o seu todo.

Devemos aplicá-las a cada uma das fases [...]. Em geral, a fase que melhor se presta á aplicação da lei da Ação das Massas é a fase gasosa, pois ela reúne o maior número de substâncias – os gases e os vapores dos sólidos e dos líquidos existentes no equilíbrio; conseqüentemente, é mais freqüente o uso de K_P do que do K_C .”

A constante de equilíbrio recebeu um tratamento quantitativo e o autor, ao explicar o quociente da reação (Q_r) relacionando o valor da constante ao equilíbrio (K_c), expressa que $Q_r > K_c$. Conclui-se que há mais produtos e menos reagentes no equilíbrio, isto é, a reação teria ultrapassado o ponto de equilíbrio. Uma vez que isso não pode acontecer, a reação seria obrigada a voltar ao equilíbrio. O livro define pressão parcial e solicita ao aluno que retome o livro 1 para rever o conceito.

O autor não explica o motivo pelo qual a temperatura altera a constante do equilíbrio. O deslocamento do equilíbrio foi explicado de maneira ampla, mas o texto é extenso e pouco claro para estudantes do Ensino Médio.

O quarto livro analisado foi “Química Realidade e Contexto: 2 físico-química” de Antonio Lembo, Editora Ática, 2000. Inicia os conteúdos apresentando uma transformação física para definir o estado de Equilíbrio Químico e as reações reversíveis, portanto não há correspondência entre a explicação teórica e o exemplo dado, já que o equilíbrio advém de reações químicas.

O Equilíbrio Químico, na seqüência, foi relacionado à reação de formação da amônia. Contudo, o embasamento histórico não existiu neste momento, sendo o mesmo colocado na seção “Leia Mais”, depois da apresentação do princípio de Le Chatelier.

Para a explicação da constante de equilíbrio o autor relacionou Q (Coeficiente da Lei da Ação das Massas) com K (Constante de Equilíbrio Químico). A constante é apresentada em função das concentrações molares de produtos e reagentes, mas nos exercícios a mesma é adimensional e não foi apresentada nenhuma explicação ou justificativa.

O autor apresenta um quadro demonstrando que somente a temperatura varia a constante, mas não justifica o porquê. Coloca a constante em termos de pressão

de forma simplista e direta, sem retomar nenhum conceito anterior de pressão parcial e total. O livro apresenta um bom número de exercícios voltados ao vestibular, mas o tratamento teórico deveria ser mais completo. Existe reduzida quantidade de exercícios contextualizados e ligados ao cotidiano do aluno.

Para explicar o deslocamento do Equilíbrio Químico o livro fornece a definição do princípio de Le Chatelier, mas não apresenta correlação do equilíbrio com a Cinética Química.

Os livros didáticos de maneira geral abordam os conceitos de forma rápida em função da grande quantidade de conteúdos a serem tratados durante o ano letivo. Em nossa opinião, o livro analisado mais completo em termos de definições mais abrangentes e abordagens mais contextualizadas, foi o da autora Marta Reis. Os autores talvez preocupados com a cobrança conteudista dos vestibulares, acabam se preocupando demasiadamente com os exercícios de cálculos, esquecendo-se da parte conceitual, a qual deveria ser a mais valorizada, pois a partir dela os exercícios passam a fazer sentido.

Considerações finais

Ao se determinar os percentuais de respostas dos alunos nos questionários temos um indicativo de que muitos deles ao terminarem o estudo do tema Equilíbrio Químico não dominam a parte conceitual, pois não conseguem definir com clareza suas respostas. A maioria dos alunos não respondeu as perguntas, demonstrando insegurança, ou mesmo desconhecimento sobre o assunto. Isso é um fato preocupante, visto que os alunos, ao terminarem o Ensino Médio, deveriam ter conhecimento dos conceitos básicos do tema estudado.

Vários podem ser os fatores que levam à formação desses conceitos errôneos ou até mesmo a sua não formação. Os erros que causaram maior preocupação, em relação à formação dos conceitos são: o conceito de equilíbrio e a reversibilidade e a função da constante, por serem conceitos essenciais para esse estudo. A representação de uma reação em recipientes separados apresentada por um percentual grande de alunos, também é preocupante, pois o aluno demonstra não entender a necessidade da interação entre as substâncias para a ocorrência de uma reação.

Um fator que certamente dificulta a construção do conhecimento é o tratamento do conteúdo de maneira superficial, tanto pelo professor como pelo livro didático. Seguramente, alguns fatores dificultadores estariam associados ao tempo disponibilizado ao tratamento do conteúdo, como as idéias prévias dos alunos, aulas extremamente teóricas e, portanto cansativas, o material didático utilizado e outros.

Os quatro livros didáticos analisados enfatizam os exercícios nos quais os alunos não relacionam conceitos e aplicam, para estudos dos mesmos, apenas questões semelhantes aos modelos resolvidos pelo próprio autor. O material não é

apresentado de forma que seja solicitado ao aluno o entendimento do conceito, ao contrário, ocorre apenas a aplicação simples de algoritmos em razão da memorização.

O material didático não desperta a vontade no aluno em conhecer a aplicabilidade do tema no cotidiano. Conceitos devem ser revisados antes de serem apresentados novos assuntos, mas os conteúdos são compartimentados, no livro, como se não houvesse a ligação entre os temas discutidos.

Poucos são os livros didáticos que retomam os conceitos geralmente estudados no volume 1, em sua maioria não o fazem. É importante ressaltar que os erros observados na formulação da expressão da constante e a admissão da existência de uma pluralidade de constantes para o mesmo sistema químico podem ocorrer exatamente pela falta de conhecimento do conceito, acarretando dificuldades relacionadas ao entendimento da constante e de todo o restante do conteúdo.

Seria interessante ressaltar que esta pesquisa não teve a intenção de buscar caminhos que solucionem o problema aqui questionado. Essa pode ser a finalidade de um próximo trabalho, no qual exista, inclusive, a busca pela elaboração de um material didático mais adequado ao estudo do Equilíbrio Químico, relacionando conceitos intra e interdisciplinares.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAJN, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **ENSAIO: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2002. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/v2_2/beatrice.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2003.

ARCE, C. R.; LEYVA, L. G.; DÍAZ, A. Á. **Metodología de la enseñanza de la Química II**. Ciudad de La habana: Editorial Pueblo y Educación, 1990.

BRADY, J. E.; HUMISTON, G. E. **Química geral** Tradução: Ubirajara da Silva Valença. Rio de Janeiro, LTC, 1983.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNEM: Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Química** (1999). Disponível em: <<http://www.mec.gov.br/seb/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2003.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNEM +: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Linguagens, Códigos e suas Tecnologias: Química**. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

CAJAS, F. Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 19, n. 2, p. 243-254, 2001.

CARVALHO, A. R. de; AGUIAR, M. C. A. de. O conceito de constante de equilíbrio nos livros didáticos e na representação de alunos do Ensino Médio. Disponível em: <<http://www.sbgq.org.br/ranteriores/23/resumos/1200/>>. Acesso em: 27 set. 2003.

CHASSOT, A. I. **Para que(m) é útil o ensino? Alternativas para um ensino (de química) mais crítico**. Canoas: Editora da ULBRA, 1995.

FABIÃO, L. S.; DUARTE, M. da C. Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/professores de ciências. Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias, [s.l.] v. 4, n. 1, 2005. Disponível em: <<http://www.saum.uvigo.es/reec>>. Acesso em 30 maio 2005.

FELTRE, R. Química 2: físico-química. 5. ed. São Paulo: Moderna, 2000.

FONSECA, M. R. M. da. Completamente química: físico-química. São Paulo: FTD, 2001.

FURIÓ, C. J.; ORTIZ, E. Persistencia de errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, p. 15-20, 1983.

GALAGOVSKY, L.; ADÚRIZ-BRAVO, A. Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 19, n. 2, p. 231-242, 2001.

GEPEQ, **Interações e transformações II** - química para o 2º grau - livro do aluno. São Paulo: EDUSP, 1993.

HERNANDO, M. et al. Comprensión del equilibrio químico y dificultades en su aprendizaje. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, número extra, p. 111-118, 2003.

IZQUIERDO, M. A. Hacia una teoría de los contenidos escolares. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 23, n. 1, p. 111-122, 2005.

KOTZ, J. C.; TREICHEL JÚNIOR, P. **Química e reações químicas**: 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1998.v.2.

KUWABARA, I. H. Química. In: Kuenzer, A. (Org.). **Ensino médio**: construindo uma proposta para os que vivem do trabalho. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2001.

LEMBO, A. **Química realidade e contexto: 2 físico-química**. São Paulo: Ática, 1999.

LIMA, A. A.; RAMALHO, B.; NUÑEZ, ISAURO (Org.). B. Aprendizagem por modelos: utilizando modelos e analogias. In: **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e matemática: o novo ensino médio**.

SILVA, M.G.LIMA; SILVA, A. FRANCIMAR; NUÑEZ, I.B. RAMALHO, BETÂNIA; NUÑEZ, ISAURO (Org.). Dos modelos de mudança conceitual à aprendizagem como pesquisa orientada. In: **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Porto Alegre: Sulina, 2004.

LOPES, A. R. C. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 11, n. 3, p. 324-330, 1993.

_____. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EDUERJ, 1999

LUZIA, A. M. S. Panorama da educação brasileira frente ao terceiro milênio. **Revista Eletrônica de Ciências**, [s.l.], n. 27, jun./jul./ago. 2004. Disponível em: <<http://www.cdcc.sc.usp.br/ciencia/artigos/arte27/psiedu.html>>. Acesso em: 10 fev. 2005.

MACHADO, A. H.; MOURA, A. L. A. Concepções sobre o papel da linguagem no processo de elaboração conceitual em química. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 2, p. 27-30, nov. 1995.

MACHADO, A. H.; ARAGÃO, R. M. R. de. Como os estudantes concebem o estado de equilíbrio químico. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 4, p. 18-20, nov. 1996.

NUÑEZ, I.; FARIAS, T. C. L. O enfoque sócio-histórico-cultural da aprendizagem: os aportes de L. S. Vygotsky, A. N. Leontiev e P. Ya Galperin. In: RAMALHO, B.; NUÑEZ, I. (Org.) **Fundamentos do ensino-aprendizagem das ciências naturais e da matemática: o novo ensino médio**. Sulina, 2004

PARENTE, L. T. S. Bachelard e a química: **no ensino e na pesquisa**. Fortaleza: EUFC, 1990.

PEIXOTO, D. P. **Ensino de química e cotidiano**. 1999. Disponível em: <<http://planeta.terra.com.br/educacao/lquimica/artcotidiano.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2004.

POZO, J. I. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Tradução: Ernani Rosa. Porto Alegre: ARTMED Editora, 2002.

POZO, J. I.; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **Aprender y enseñar ciencia**. Madrid: Ediciones Morata, 1998.

QUILEZ, J.P. et al. La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: limitaciones del principio de Le Chatelier. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 11, n. 3, p. 281-288, 1993.

QUILEZ, J.P, SANJOSÉ, V. Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 13, n. 1, p. 72-80, 1995.

_____. El principio de Le Chatelier através de la historia y su formulacion didáctica en la enseñanza del equilibrio químico. **Enseñanza de las ciencias**, Barcelona, v. 14, n.3, p. 381-390, 1996.

QUILEZ, J. P. et al. (Coord.). **Una propuesta curricular para el equilibrio químico fundamentada en el estudio del principio de Le Chatelier**.1996. Disponível em: <<http://www.doredin.mec.es/documentos/08980043-IND.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2004.

RAMIREZ, R. L. **Química general**. Ciudad de La habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985.

RAVILOLO, A. et al. Logros y dificultades de alumnos universitarios en equilibrio químico: uso de un test con proposiciones. **Educación Química**, México, v. 12, n. 1, p. 18-25, 2001.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ROCHA, A.; et al. Propuesta para la enseñanza del equilibrio químico. **Educación Química**. Mexico, v. 11, p. 343-351, 2000.

ROGADO, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 1, p. 63-73, 2004.

ROSA, M. I. F. P. S.; SCHNETZLER, R. P. **O perfil epistemológico de Bachelard e a noção de perfil conceitual para transformação química**. Disponível em: <<http://www.moderna.com.br/escola/prof/art31.htm>>. Acesso em: 05 nov. 1999.

SANDOVAL, R. **Reflexiones acerca del equilibrio químico**. Disponível em: <<http://132.248.175.132/quimianalitica/reflexiones/reflexiones.htm>>. Acesso em: 04 ago. 2002.

SILVA, M.G.L. **Repensando a tecnologia no ensino de química do nível médio: um olhar em direção aos saberes docentes na formação inicial**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Educação, Natal, 2003.

SOLOMON, J. Una perspectiva social de los esquemas conceptuales. **Investigacion en la escuela**, [s.l.], v.5, n.16, p. 17-20.1988.

TIEDEMANN, P. W. **Conteúdos de química em livros didáticos de ciências**. Disponível em: <<http://www.fc.unesp.br/pos/revista/pdf/revista5vol2/art2rev5vol2.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2004.

TREAGUST, D. F.; GRAEBER, W. **Teaching approaches and learning outcomes for 'Chemistry equilibrium' in senior high school in Australia and Germany**. Disponível em: <<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/esera/book/133-tre.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2004.

USBERCO, J.; SALVADOR, E. **Química volume único**. São Paulo: Saraiva, 1997.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed. 1998.

_____. **Como trabalhar os conteúdos procedimentais em aula**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul Ltda, 1999.

APÊNDICE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS E
MATEMÁTICA

REFLETINDO DIFICULDADES DE APRENDIZAGEM DE ALUNOS DE ENSINO

MÉDIO NO ESTUDO DO EQUILÍBRIO QUÍMICO

1. Considere a reação representada pela equação:



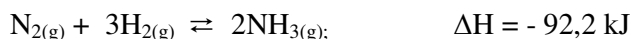
Todas as possibilidades de resposta apresentam fatores que aumentam a velocidade da reação direta, **EXCETO**:

- a) Aumento da concentração do oxigênio
- b) Diluição do sistema
- c) Elevação da temperatura
- d) Presença do catalisador

1a. Discuta cada alternativa de resposta utilizando seus conhecimentos conceituais.

1b. Qual o significado da dupla seta representada na reação?

2. A amônia é sintetizada pelo processo Haber, que se baseia na reação:



Qual das medidas a seguir **NÃO** vai alterar a quantidade de amônia presente no equilíbrio?

- a) Aumentar a proporção de nitrogênio na mistura
- b) Introduzir um catalisador apropriado
- c) Diminuir a temperatura
- d) Aumentar o volume do reator

2a. Discuta cada uma das possibilidades de respsta, utilizando seus conhecimentos conceituais.

3. O Equilíbrio $\text{N}_{2(g)} + 2\text{O}_{2(g)}$ o equilíbrio desloca-se para a esquerda, quando:

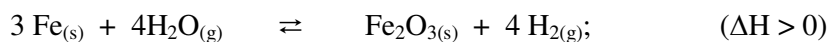
- a) a pressão do N_2 , aumentar
- b) a pressão do NO , é diminuída
- c) a pressão total aumentar

d) as pressões parciais do N_2 e O_2 diminuírem

3a. Qual a diferença entre as possibilidades de resposta (a) e (d)?

3b. Esboce um desenho representando o equilíbrio químico acima.

4. Um dos processos industriais de obtenção do gás hidrogênio é representado a seguir:



A 300°C , colocam-se inicialmente 5 mols de Fe e 10 mols de vapor d'água. Ao se atingir o equilíbrio, observa-se a presença de 6 mols de vapor d'água. Para se aumentar a produção de hidrogênio deve-se:

- a) aumentar a pressão do sistema
- b) diminuir a pressão do sistema
- c) aumentar a temperatura do sistema
- d) diminuir a concentração do sistema

4a. Calcule a constante de equilíbrio da reação representada.

4b. Qual a função dessa constante?

4c. Por que os sólidos não alteram o equilíbrio?

4d. O que significa estar em equilíbrio?

4e. Por que a constante só é alterada com a mudança da temperatura?

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)