

ANDRÉA HORTA MACHADO

EQUILÍBRIO QUÍMICO:
CONCEPÇÕES E DISTORÇÕES
NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Educação

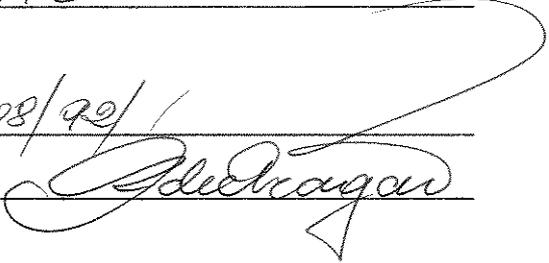
1992

UNICAMP
BIBLIOTECA GERAL

Este exemplar corresponde à redação
final da Dissertação defendida por
ANDRÉA HORTA MACHADO

e aprovada pela Comissão Julgadora
em 13/08/92

Data: 13/08/92/1

Assinatura: 

Dissertação apresentada como exigência
parcial para obtenção do Título de
MESTRE EM EDUCAÇÃO na Área de
Concentração: METODOLOGIA DE ENSINO
à Comissão Julgadora da Faculdade de
Educação da Universidade Estadual de
Campinas, sob orientação da Profa. Dra.
ROSÁLIA MARIA RIBEIRO DE ARAGÃO.†

COMISSÃO JULGADORA

Ass. Kócs

Rubio

Delgado

AGRADECIMENTOS

Carrego ainda aqui
os meus antigos fardos de delícias
carrego, mulheres e homens,
carrego - os comigo por onde vou
confesso que é impossível para mim
ficar sem eles deles estou recheado
e em troca eu os recheio.

Walt Whitman

Agradecimento Especial

À querida Rosália pela maneira
construtiva com que sempre
conduziu todo o processo de
orientação, configurando-o como um
espaço constante para a troca de
experiências e o estabelecimento
de uma relação significativa de
carinho e amizade.

DEDICATÓRIA .

À minha mãe, Maria de Lourdes, presença constante, porto seguro, que soube estar a meu lado ao longo de todo este processo, oferecendo o apoio imprescindível para sua finalização.

Ao meu pai, Hermeto, participante ativo do processo de construção de meus conhecimentos sobre a química, que me ensinou o valor do saber e que, cotidianamente, demonstrou quão gratificante pode ser a nossa opção profissional.

Ao Carlos César (Carlão), presença constante nos dias de hoje, pelo companheirismo, estímulo e carinho. Pela disposição de se inteirar das questões envolvidas neste trabalho e facilitar o estabelecimento da infra-estrutura indispensável à sua finalização.

À Paula, minha irmã de coração, por compartilharmos todas as dificuldades e recompensas da elaboração cotidiana deste trabalho. Pelo apoio e pelo carinho tão importantes.

Ao meu querido amigo Sérgio, companheiro da construção de muitos dos meus conhecimentos químicos e de vida, que, com sua presença e ausência, modificou profundamente minhas percepções. Por todos os momentos que vivemos juntos, registrados agora na lembrança e na saudade...

À Roseli, Cecília, Agustina e Antonieta que tão amavelmente abriram espaços para discussões imprescindíveis na movimentação e desequilíbrio de minhas idéias.

À Lila, por sua disponibilidade para as críticas e sugestões.

Ao Luiz Otávio (Tavinho), pelo constante estímulo, por suas históricas e efetivas contribuições.

À Lizia, Eduardo e Paulo, cuja amizade, gostosa e imprescindível, transcende ao tempo de elaboração deste trabalho. Por não bastar ser amigo, mas ter que participar!

Aos meus queridos amigos, Flávia, Lilian, Aléxia, Maria José, Silvia, Rosemeire, Mayura e Renato, por nossas relações significativas.

Aos meus irmãos Adriana e José Luiz, guardados no fundo do coração

À Simone pela paciência e disponibilidade para por em ordem as referências bibliográficas.

Aos professores e aos alunos que com tanto carinho me receberam em suas salas de aula, por sua disponibilidade ao permitirem que este trabalho fosse ali realizado. Por tudo o que me ensinaram.

RESUMO

O presente trabalho é decorrente da investigação do processo de construção do conhecimento químico no âmbito da sala de aula. Constitui, assim, como objeto as concepções e distorções envolvidas no processo ensino-aprendizagem do conceito de Equilíbrio Químico. Na situação de um estudo de caso foram analisadas as concepções construídas pelos alunos em relação às condições propiciadas pelo ensino para a produção de conhecimento sobre Equilíbrio Químico. Dentre os resultados destacam-se aqueles que configuram distorções conceituais em relação aos atributos essenciais de Equilíbrio Químico advindas de concepções, também distorcidas, envolvidas em uma abordagem de ensino pretensamente inovadora.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE QUADROS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE ANEXOS.....	v

Capítulo I - Ensino e Aprendizagem de Equilíbrio Químico:

o contexto e a investigação delineada.....	1
--	---

Introdução.....	1
Delimitação do Problema.....	4
Equilíbrio Químico.....	6

Capítulo II - Subsídios para a Compreensão do Processo

Ensino-Aprendizagem.....	17
--------------------------	----

Capítulo III - Considerações Metodológicas do Caso sob

Estudo.....	31
-------------	----

A Abordagem Qualitativa na Pesquisa

em Ensino de Ciências.....	31
----------------------------	----

O Caso Estudado.....	33
----------------------	----

Descrição dos Procedimentos Utilizados

para a Coleta de Dados.....	34
-----------------------------	----

Capítulo IV - Caracterização das Condições de Produção do Conhecimento Sobre Equilíbrio Químico.....	48
--	----

A. Objetivos, Intenções e Concepções Relacionadas ao Processo Ensino-Aprendizagem	48
--	----

B. Idéias Sobre Equilíbrio Químico Trabalhadas pelos Grupos.....	61
---	----

C. Interações Ocorridas Durante o Processo Ensino-Aprendizagem.....	71
--	----

Capítulo V - Caracterização das Concepções Construídas pelos Alunos Sobre Equilíbrio Químico.....	85
--	----

Considerações Iniciais.....	85
Concepções dos alunos.....	86
Considerações Finais.....	106

Capítulo VI - Sobre a Perspectiva de Inovação no Ensino.....	116
--	-----

Referências Bibliográficas

Anexos

LISTA DE TABELAS:

- TABELA 1: Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas contempladas pelos alunos na apresentação do grupo 1.
- TABELA 2: Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas contempladas pelos alunos na apresentação do grupo 2.
- TABELA 3: Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas contempladas pelos alunos na apresentação do grupo 3.
- TABELA 4: Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas apresentadas pelos alunos no material entregue pelo grupo 1.
- TABELA 5: Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas apresentadas pelos alunos no material entregue pelo grupo 3.
- TABELA 6: Percentagem de manifestações em função das dimensões de concepção sobre Equilíbrio expressas pelos alunos nas entrevistas em grupo.
- TABELA 7: Percentagem de manifestações em função das dimensões de concepção sobre equilíbrio químico expressas pelos alunos nas entrevistas em grupo.
- TABELA 8: Percentagem de manifestações em função das dimensões de concepção sobre equilíbrio químico expressas pelos alunos nas entrevistas individuais.
- TABELA 9: Percentagem de manifestações em função das dimensões de concepções sobre equilíbrio químico expressas pelos alunos na atividade escrita.

- TABELA 10: Representações do estado de equilíbrio químico feitas pelos alunos na primeira atividade envolvendo desenhos.
- TABELA 11: Representações do estado de equilíbrio químico feitas pelos alunos na segunda atividade envolvendo desenhos.
- TABELA 12: Idéias expressas pelos alunos na atividade de investigação da concepção de equilíbrio dinâmico nas entrevistas individuais.
- TABELA 13: Percentagem de manifestações em função das dimensões de concepção sobre a constante de equilíbrio químico expressas pelos alunos nas entrevistas em grupo.
- TABELA 14: Percentagem de manifestações em função das dimensões de concepção sobre a constante de equilíbrio expressas pelos alunos nas entrevistas individuais.
- TABELA 14: Percentagem de manifestações em função das dimensões de concepção sobre a constante de equilíbrio expressas pelos alunos nas entrevistas individuais.
- TABELA 15: Percentagem de manifestações em função das dimensões de concepção sobre a constante de equilíbrio expressas pelos alunos na atividade escrita.

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Relação sequencial dos tópicos abordados na disciplina por grupo e por aluno.

QUADRO 2 - Categorias de concepção relativas às dimensões da aprendizagem destacadas pelo professor.

QUADRO 3 - Categorias de concepção relativas às dimensões do ensino destacadas pelo professor.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1 - Algumas representações para o estado de equilíbrio químico associadas à forma da equação química.
- FIGURA 2 - Algumas representações para o estado de equilíbrio evidenciando a concepção de compartimentalização de reagentes e produtos.
- FIGURA 3 - Representação do estado de equilíbrio evidenciando a concepção de compartimentalização feita por um aluno.
- FIGURA 4 - Representação para o estado de equilíbrio feita por um aluno registrando apenas a presença dos produtos.
- FIGURA 5 - Representação para o estado de equilíbrio químico.
- FIGURA 6 - Representações para o estado de equilíbrio químico evidenciando a concepção de igualdade.

LISTA DE ANEXOS .

- ANEXO 1 - Atividade escrita envolvendo a concepção de equilíbrio dinâmico.
- ANEXO 2 - Roteiro para a avaliação das apresentações dos grupos pelo professor.
- ANEXO 3 - Primeira prova aplicada pelo professor.
- ANEXO 4 - Segunda prova aplicada pelo professor.
- ANEXO 5 - Roteiro para a auto avaliação proposta pelo professor.
- ANEXO 6 - Transcrição da aula referente à apresentação do Grupo 1
- ANEXO 7 - Transcrição da aula referente à apresentação do Grupo 2
- ANEXO 8 - Transcrição da aula referente à apresentação do Grupo 3
- ANEXO 9 - Transcrição da aula referente à resolução de exercícios pelo professor.
- ANEXO 10- Transcrição da aula referente à resolução de exercícios feita por um grupo de alunos.
- ANEXO 11- Proposições relativas às dimensões do conceito de equilíbrio químico manifestadas pelos alunos na apresentação dos Grupos 1, 2 e 3.

A prática de pensar a prática é a melhor maneira de aprender a pensar certo.

As experiências não se transplantam, se reinventam. 8
reinventar implica necessariamente em aprendizado novo

(Paulo Freire)

CAPÍTULO I

ENSINO-APRENDIZAGEM DE EQUILÍBRIO QUÍMICO:

O CONTEXTO E A INVESTIGAÇÃO DELINEADA

INTRODUÇÃO

Este trabalho é um dos resultados do processo que tem envolvido a tentativa de estudo e sistematização de algumas questões relacionadas ao ensino de Ciências e da Química em particular.

A questão da transmissão do saber científico, apesar de colocada há muitos anos, apresenta-se ainda hoje em aberto.

Muitos autores têm demonstrado que os procedimentos usualmente adotados para o ensino dos conceitos científicos têm redundado em uma aprendizagem predominantemente mecânica, não levando em conta o estabelecimento de relações e a atribuição de significados. Desta forma, constata-se que a maior parte do saber científico ensinado na escola é esquecido ao final de poucos anos senão em algumas semanas... nas raras ocasiões em que realmente possa ter sido adquirido [(PEREIRA,1991; LONGDEN,1991; BAR,1991)].

Segundo Giordan (1988), ao longo dos últimos cem anos é possível que se encontrem manifestações contundentes em relação à pouca eficiência da escola na transmissão do saber sistematizado. Giordan transcreve o trecho a seguir, da autoria de G. Le Bon, escrito em 1874:

" seria pois preferível suprimir totalmente o ensino de história natural nos Liceus. Os alunos não seriam nem mais nem menos instruídos que são pois, seis meses depois do exame, esqueceram todas as definições que haviam aprendido e ao menos não haveriam adquirido o horror profundo por uma ciência que é, dentre todas, a mais atraente e fácil de ensinar.

Há, pois, certas coisas que devem ser modificadas na instrução tal e como se desenvolve hoje em dia. As instituições e os costumes têm se modificado, as ciências têm progredido a passos agigantados, somente a estrutura do ensino (...) não tem se modificado; tal e como era há um século, assim nos encontramos hoje em dia. É chegado o momento, portanto, de ensinar ao homem a viver no presente e não no passado, com o fim de que depois de largos anos de estudo aos quais consagra sua juventude, lutando com a realidade das coisas, não se veja reduzido a recomeçar uma nova educação que apagará penosamente uma a uma as ilusões adquiridas na primeira."

Parece, ainda hoje, extremamente pertinente utilizar-se as palavras de Le Bon para retratar a situação do ensino das ciências em nossas escolas.

Sem dúvida alguma, a melhoria da qualidade do ensino e particularmente do ensino de ciências, depende de múltiplos fatores envolvendo as esferas política, econômica, social e educacional. Enfim, o problema não será resolvido por abordagens unilaterais.

Considerando-se a questão sob o prisma dos aspectos relacionados ao ensino e à aprendizagem, alguns pontos merecem destaque.

Que conhecimentos são necessários para a nossa época? Que conhecimentos devem ser trabalhados pela escola? Certamente diante do volume de informações disponíveis na atualidade e o crescente desenvolvimento da ciência, tais questões necessariamente emergem. Para Giordan (1988) a escola, frente a esses problemas, não pode reduzir-se a um programa de conhecimentos. Necessita produzir o saber como ferramenta, centrando-se, por um lado, sobre uma dezena de conceitos básicos que possibilitem a compreensão da realidade que vivemos hoje, por outro lado, precisa aprender a organizar a massa de conhecimentos atuais. Neste último plano deseja-se evitar que o aluno se veja perdido por este fluxo

continuamente renovado. A escola precisa, assim, em primeiro lugar, aprender a selecionar os conhecimentos, a estruturá-los, situar-se em relação a eles, conhecer seus campos de validade e inclusive produzi-los.

A partir disto advém um problema crucial que, certamente, ocupa posição de destaque no rol dos aspectos a serem considerados tendo em vista a melhoria da qualidade do ensino: como ensinar?

De que forma os conhecimentos científicos, tão necessários para a compreensão do mundo que nos cerca, devem ser trabalhados no contexto da sala de aula? Como se pode atuar de forma a tornar significativas as experiências dos alunos com as idéias científicas?

A busca de respostas a tais questões enseja a construção de conhecimentos relativos ao processo ensino-aprendizagem. Kyle *et al.* (1991) destacam e a pesquisa tem um papel chave na melhoria da educação científica no sentido de ampliar nossa compreensão do ensino e da aprendizagem em ciências, e estabelecem uma série de recomendações. Entre elas apontam que as investigações devem manter estreita relação com a sala de aula. Segundo os autores a importância de se estudar o ensino e a aprendizagem através da observação de estudantes e professores em seus próprios contextos de inserção tem sido reconhecida e deve-se começar a utilizar o conhecimento produzido a partir de investigações para melhorar a qualidade da ciência e tecnologia e transferi-la para todos os níveis.

DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Uma proposta de trabalho de pesquisa na área de metodologia do ensino pode oferecer valiosas contribuições advindas de um esforço de articulação entre os conhecimentos teóricos e os "que fazeres" do ensino, podendo resultar no aprimoramento da qualidade dos processos envolvidos na educação em ciências.

Ao se pensar em um problema de investigação no contexto brasileiro, é imprescindível considerar a carência de trabalhos de pesquisa que procurem caracterizar e analisar a situação do ensino de Química no segundo grau. Tal caracterização só é possível, segundo Schnetzler (1980), através dos elementos e relações que compõem o ensino no seu aspecto restrito da sala de aula.

Hyman (1974) também aponta a necessidade de compreensão dos processos de ensino e de aprendizagem, considerando-se a dinâmica que os constituem:

"O ensino envolve uma triade de elementos (professor, o aluno e o conteúdo) onde a triade é dinâmica em qualidade (...) nós devemos considerar todos os elementos juntos para compreendermos a interação que ocorre durante o ensino. Nós devemos ver que as relações estão sempre mudando. Ainda mais, devemos notar que a interação entre dois elementos quaisquer influencia como cada um dos dois reagirá com o terceiro, e, nesse sentido como todos os elementos reagirão juntos (...). Finalmente o reconhecimento das qualidades dinâmicas da triade do ensino é essencial para o conhecimento do mesmo."

Neste sentido a idéia de se investigar o processo de construção do conhecimento químico no âmbito das salas de aula, advém da necessidade de compreensão e análise sistemática dos processos envolvidos na abordagem de tais conceitos, buscando subsídios que tenham por objetivo aprimorar a qualidade do processo.

Numa perspectiva mais ampla, busca-se contribuir no sentido da compreensão dos processos envolvidos na construção do conhecimento químico em sala de aula de forma a oferecer subsídios que auxiliem o professor em sua ação mediadora.

Constitui-se como objetivo analisar as concepções e distorções envolvidas no processo ensino-aprendizagem do conceito de Equilíbrio Químico. Em termos mais específicos, busca-se analisar as concepções construídas pelos alunos sobre tal conceito, em relação às condições propiciadas pelo ensino para a produção deste conhecimento.

EQUILIBRIO QUIMICO

Um processo ensino-aprendizagem implica a questão fundamental deste envolver invariavelmente o conteúdo, neste caso, químico. A opção de se proceder a uma análise do processo implica, portanto, a necessidade de selecionar-se um tema relevante no âmbito da ciência química de tal forma a possibilitar contribuições efetivas no sentido de ampliar a compreensão do processo de construção do conhecimento químico no contexto de sala de aula.

O tema Equilíbrio Químico tem relevância nesse âmbito por razões tais como as seguintes:

- *ser um tema reconhecidamente importante no âmbito da ciência química;

- *ser um conceito abrangente, no sentido de ensejar a sistematização, articulação e aprofundamento de outros conceitos químicos;

- *ser um tema frequentemente apontado como difícil de ser ensinado e aprendido;

- *não ter sido ainda objeto de investigação por parte dos educadores químicos brasileiros.

Lindauer (1962) em seu artigo sobre a evolução do conceito de Equilíbrio Químico aponta seu papel na ciência e tecnologia destacando que, certamente, a Química não seria o que é hoje sem a compreensão que tal conceito propicia em relação ao fenômeno das combinações químicas. Sendo assim há que tecer-se considerações sobre a evolução deste conceito no sentido de evidenciar sua relevância na produção histórica do conhecimento químico.

A construção da idéia de equilíbrio químico teve seus fundamentos na tentativa de compreender-se as reações químicas. E assim evoluiu no sentido da revelação das forças envolvidas no controle destas transformações. A idéia de afinidade teve então fundamental importância vez que buscava a explicitação do porquê das combinações entre as substâncias.

No século XIII já emergia a idéia de afinidade, como expressão da tendência das substâncias a participarem de combinações químicas, mas foi durante o século XVIII que uma quantidade considerável de dados foi compilada culminando com o conceito de afinidade eletiva enunciado pelo sueco Torbern Bergman em 1775. Para Bergman as combinações químicas resultariam das afinidades eletivas das substâncias e dependeriam apenas da temperatura e da natureza da substância, mas não de suas quantidades.

Durante muitos anos ainda considerou-se que as combinações químicas seriam influenciadas basicamente pela afinidade química. Em 1777, C.F. Wenzel, na tentativa de estimar as

afinidades químicas, observou que a quantidade de substância influenciava na velocidade das reações. O trabalho de Wenzel porém não teve repercussão e somente no início do século XIX a idéia que outros fatores haveriam de estar envolvidos nos processos químicos foi retomada por Claude-Louis Berthollet que realizou uma série de experimentos que evidenciavam o efeito da quantidade de substâncias. O trabalho de Berthollet lançava as bases para o estabelecimento da Lei de Ação das Massas - de fundamental importância para a construção do conceito de Equilíbrio Químico - e foi uma tentativa de elaborar uma teoria mais inclusiva para o fenômeno das transformações químicas consistindo essencialmente de estudos do efeito das condições de equilíbrio sob as substâncias reagentes. Berthollet, porém, considerava que seria possível obterem-se combinações em diferentes proporções simplesmente pela variação das quantidades dos reagentes, o que denominou de "*Lei das Proporções Variáveis*" criando grande polêmica com a concepção defendida por Joseph-Louis Proust, em numerosos escritos de 1799 até 1808, em sua "*Lei das Proporções Definidas*". Por isto as idéias de Berthollet caíram em descrédito e conseqüentemente o equilíbrio químico bem como a cinética das reações foram ignorados até a metade do século XIX.

Apenas em 1850, Ludwig Wilhelmy, estudando a velocidade de hidrólise da sacarose, considerou novamente a relação entre velocidade da reação e quantidade de substâncias presentes, mostrando que a velocidade era proporcional à concentração de sacarose, fato representável matematicamente pela expressão - $dZ/dt = kZ$. Pela primeira vez, um fenômeno químico era representado por uma equação matemática.

A influência das quantidades de reagentes nas reações

químicas foi também estudada por J.H. Gladstone em 1855 tendo em vista a variação na quantidade de substância colorida resultante de modificações nas quantidades de ions Fe (III) e Tiocianato.

A. W. Williamson, contemporaneamente a Wilhelmy (1850), observou que quando uma reação produz uma substância a uma velocidade definida, e quando esta substância, por sua vez, reage a uma velocidade também definida regenerando assim os materiais iniciais, um determinado tempo decorre até que um equilíbrio seja alcançado.

Este conceito de reversibilidade não foi popularizado entre os químicos até que o trabalho de Wilhelmy tivesse continuidade, cerca de 12 anos depois, através das investigações realizadas por Marcellin Berthelot e L. Péan de Saint-Gilles, envolvendo a relação velocidade de reação - quantidade de substâncias.

Os experimentos realizados neste período constituem, segundo Lindauer (1962), um importante marco no desenvolvimento do conceito de Equilíbrio Químico, porque, desde então, a ação das massas foi reconhecida e aceita como um importante fator a influenciar as transformações químicas.

Os problemas do equilíbrio de reações foram cuidadosamente estudados, segundo Ihde (1984) e Lindauer (1962), entre 1863 e 1879 por Cato Maximillian Guldberg e Peter Waage que expressaram pela primeira vez o verdadeiro significado de tal conceito, em um panfleto publicado em norueguês em 1863, onde apresentaram a célebre "*Lei da Ação das Massas*", na qual baseia-se muito da Química moderna.

Guldberg e Waage trabalharam com sistemas heterogêneos contendo sólidos em contato com soluções,

demonstrando experimentalmente que o equilíbrio é atingido em reações incompletas. Tratando tais reações matematicamente expressaram as condições de equilíbrio a uma dada temperatura em termos das concentrações moleculares que denominaram "massa ativa"¹. Estabeleceram que as forças químicas envolvidas nas reações são proporcionais ao produto das massas ativas dos reagentes, e que o estado de equilíbrio resulta da igualdade das forças químicas exercidas pelas reações opostas, isto é, as reações direta e inversa.

Apesar de publicarem os resultados de suas investigações pela primeira vez em 1863 seu trabalho foi totalmente ignorado até ser publicado em francês no ano de 1867. Mas apenas em 1879, Guldberg e Waage publicaram sua teoria em um periódico alemão recebendo então crédito pelo trabalho realizado.

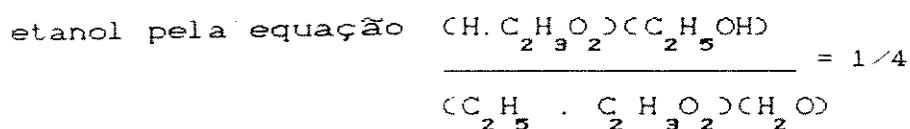
A importância do trabalho destes noruegueses reside no reconhecimento de que as concentrações das substâncias reagentes constituem as massas ativas que determinam o equilíbrio resultante das reações direta e inversa. Guldberg e Waage completaram o trabalho iniciado sessenta anos antes por Berthollet.

As forças químicas envolvidas pela Lei da Ação das Massas e conseqüentemente os coeficientes de afinidade relacionados, não eram até então passíveis de serem medidos diretamente, e portanto esforços consideráveis foram realizados na busca de um método indireto para a avaliação de tais coeficientes. Em 1877, Ostwald, em sua dissertação de mestrado mostrou que a razão dos coeficientes de afinidade C aproximadamente a constante

¹O conceito de massa ativa é essencialmente equivalente ao termo concentração e refere-se a massa por unidade de volume.

de equilíbrio) poderia ser computada prontamente a partir das massas ativas presentes no equilíbrio.

Em 1879, Berthelot e Péan de Saint-Gilles expressaram a condição de equilíbrio da esterificação de ácido acético por



Por volta da metade do século XIX, duas importantes relações foram estabelecidas possibilitando aos pesquisadores medir a quantidade de trabalho realizada por uma reação química: a Lei de Hess e o equivalente mecânico de calor de Joule. Para Marcellin Berthelot e Julius Thomsen o calor envolvido nas reações químicas era devido à operação de forças químicas e este calor de reação poderia ser interpretado como medida de afinidade química.

Thomsen e Berthelot são hoje reconhecidos como os fundadores da termoquímica, mas podem ser também lembrados por oferecerem contribuições importantes para o desenvolvimento do conceito de Equilíbrio Químico.

Em 1877, van't Hoff classificou as reações em termos do número de moléculas envolvidas, definindo várias ordens de reação, contribuindo assim para a elucidação dos mecanismos de reação. Mostrou ainda que a "Lei da Ação das Massas" é válida apenas para condições de temperatura constante e que a influência da temperatura na constante de equilíbrio pode ser determinada a partir de considerações envolvendo a Segunda Lei da Termodinâmica, fornecendo assim uma base mais lógica à "Lei da Ação das Massas". Em 1884 com a publicação de seus *Études de dynamique Chimique*, van't Hoff estabeleceu seu "Princípio do Equilíbrio Móvel" segundo o qual, em um sistema em equilíbrio, uma elevação na

temperatura favorecia a reação endotérmica..

Em seu *Études de dynamique Chimique* van't Hoff apresentou idéias sobre cinética química que pouco diferem do que é hoje apresentado nos livros de físico-química.

Na concepção de Lindauer "a Química está em débito com van't Hoff por contribuir para a consolidação da cinética química, termodinâmica e medidas físicas envolvidas na elucidação dos fenômenos químicos".

Ainda em 1884 Le Chatelier publicou um artigo enunciando o princípio que hoje tem o seu nome. Mostrou que, quando uma força perturbadora atua sobre um sistema em equilíbrio, há um reajuste na direção que minimize tal força. Suas idéias apresentaram-se como um teorema derivado do "Princípio do Equilíbrio Móvel" de van't Hoff, mas foram suficientemente gerais para delinear que outros fatores, além do calor, poderiam afetar o estado de equilíbrio de um sistema (LE CHATELIER, 1884).

Entre 1876 e 1878 Josiah Willard Gibbs publicou uma abordagem mais geral para o equilíbrio químico que a de van't Hoff, permanecendo porém desconhecida provavelmente devido à forma abstrata sob a qual era apresentada além do fato de ter aparecido na pouco divulgada revista "Transactions of the Connecticut Academy of Sciences". James Clark Maxwell foi dos poucos que percebeu a importância do trabalho do americano mas faleceu em 1879. Na década seguinte, van't Hoff, van der Waals e Ostwald tornaram a contribuição de Gibbs parte integrante da Físico-Química.

A compreensão do equilíbrio químico a partir de então evoluiu e foram desenvolvidas interpretações mais complexas principalmente com o desenvolvimento da termodinâmica.

Segundo Lindauer (1962) no desenvolvimento histórico do conceito de Equilíbrio Químico vários estudos e eventos ofereceram efetiva contribuição à nossa atual concepção de equilíbrio químico. Pode-se apontar fundamentalmente:

1. o reconhecimento e aceitação da influência da quantidade de reagentes nas reações químicas;

2. a formulação quantitativa deste efeito na "*Lei de Ação das Massas*";

3. a racionalização do efeito da massa pela cinética química e termodinâmica;

4. o refinamento da "*Lei da Ação das Massas*" com a introdução das atividades;

5. a grande aplicação da termodinâmica química à situações de equilíbrio.

A construção do conhecimento sobre equilíbrio químico trilhou, historicamente, um longo caminho, e representou uma grande contribuição no sentido de desvelar o fenômeno das transformações químicas, possibilitando ao homem a conquista de subsídios para dominá-lo e sobre ele exercer controle.

Ainda hoje muitas das medidas e estudos relacionados aos sistemas químicos só são passíveis de realização quando estes atingem o estado de equilíbrio.

Uma rápida consulta ao "Chemical Abstracts", que cataloga todos os artigos publicados em periódicos da área, permite constatar o grande número de trabalhos de pesquisa desenvolvidos considerando sistemas em equilíbrio, revelando a grande aplicabilidade desta construção teórica.

A abordagem histórica da construção do conceito de Equilíbrio Químico é essencial para que seja possível que o professor

compreenda sua importância, no âmbito da ciência química. No contexto da sala de aula tal abordagem pode oferecer aos estudantes um exemplo sobre o desenvolvimento, gradual e de natureza tentativa de uma teoria científica bem como sua articulação necessária com o restante do conhecimento químico historicamente construído.

DA ABRANGÊNCIA DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO E SUA IMPORTÂNCIA NA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO PELOS ALUNOS

Certamente o estudo do conceito de Equilíbrio Químico pode abrir espaço para ampliar e aprofundar a compreensão que o estudante tem da Química, vez que enseja a sistematização e articulação de outras idéias e conceitos a ele relacionados .

Pode-se destacar primeiramente sua estreita relação com as transformações químicas, tema central de investigação dos químicos. O estudo do conceito de Equilíbrio Químico pode permitir que o aluno atribua a estas transformações as características dinâmicas fundamentais para a compreensão de grande parte dos processos químicos.

Associada à questão do dinamismo do equilíbrio emerge a idéia de movimento das partículas, propiciando a oportunidade para a sistematização e articulação com outros conteúdos químicos como cinética, soluções, energia e outros , provavelmente estudados anteriormente.

Por envolver simultaneamente aspectos dinâmicos (no

nível microscópico a reação continua a ocorrer) e constantes (macroscopicamente não se observa modificações) abre espaço para discussões que permitam o estabelecimento de relações entre estes dois níveis, no sentido de evidenciar a necessidade da compreensão do observável e do mensurável através das teorias.

Vale ainda mencionar a possibilidade de promover o estabelecimento de relações entre a abordagem matemática e a busca de regularidades para os fenômenos químicos, evidenciando seu importante papel na predição de comportamentos e portanto no controle de tais fenômenos.

DAS DIFICULDADES NO ENSINO E NA APRENDIZAGEM DO CONCEITO DE EQUILIBRIO QUÍMICO

O conceito de Equilíbrio Químico tem sido usualmente trabalhado por duas abordagens diferentes: a termodinâmica e a cinética. O tratamento termodinâmico considera os potenciais químicos e representa uma perspectiva matemática. A abordagem cinética, predominantemente utilizada nas escolas de segundo grau, define o estado de equilíbrio pela igualdade das velocidades das reações direta e inversa, constituindo-se em um modelo relativamente mais compreensível para o ensino (GORODETSKY e GUSSARSKY, 1986). Mesmo sendo trabalhado em sala de aula sob um enfoque supostamente considerado como passível de compreensão pelos alunos, este tópico tem sido apontado por muitos autores como problemático para o ensino e a aprendizagem (MASKILL, 1989).

Finley (1982), ao fazer um levantamento buscando

determinar que conteúdos os professores de ciências consideravam importantes porém difíceis de serem ensinados , apontou o tópico de Equilíbrio Químico como o primeiro em relação à dificuldade de ensino.

Pereira (1989) destaca que o conceito de Equilíbrio Químico envolve um conjunto complexo de relações entre as espécies químicas presentes e ainda relações com outras variáveis como temperatura, pressão e adição ou remoção de substâncias do sistema. Segundo a autora vale considerar que tais relações são conceitualmente exigentes para o aluno.

Ao que parece não se tem explorado o conceito de Equilíbrio Químico em toda sua riqueza e potencial educativos no âmbito dos processos de aquisição do conhecimento químico. Em geral, as abordagens usualmente encontradas nos livros didáticos, bem como observadas em salas de aula do segundo grau, tendem a enfatizar, sobremaneira, aspectos quantitativos (matemáticos) relacionados ao conceito, em detrimento de uma abordagem qualitativa que propiciaria maior compreensão dos aspectos caracterizadores deste estado associado às reações químicas. A mera execução mecânica de cálculos sem o estabelecimento de relação com os aspectos observáveis e mensuráveis - prática rotineiramente adotada nas escolas - dificulta e até impossibilita a compreensão dos aspectos fundamentais do conhecimento químico.

Todos estes aspectos justificam a escolha deste tema químico para ser investigado tendo em vista a abordagem do processo ensino aprendizagem envolvido em sua construção no contexto da sala de aula.

CAPÍTULO II

SUBSÍDIOS PARA A COMPREENSÃO DO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM

A aprendizagem formal de Ciências nas escolas envolve o conhecimento que compreende alguns conceitos em particular, suas interrelações e representações simbólicas, as quais tornaram-se cientificamente aceitas (DRIVER, 1983).

A literatura dos anos 80, relativa a Educação em Ciências, relata inúmeros estudos apresentando evidências de que os alunos trazem consigo suas impressões sobre os fenômenos naturais que observam, visto que buscam regularidades, compreendem-nos e explicam-nos de maneira idiossincrática, utilizando seus próprios modelos, no sentido de compreender, de forma coerente, o mundo que os cerca e as novas situações a que são expostos. Esses produtos de sua atividade cognitiva têm um impacto significativo na maneira pela qual interpretam o que lhes é ensinado nas aulas de Ciências (GILBERT, 1982; OSBORNE, 1982; DRIVER, 1983). Estes trabalhos fazem parte de um grande movimento em Educação em Ciências que tem por objetivo investigar, buscando compreender, as concepções dos estudantes sobre os conceitos científicos e sua influência na aprendizagem de novos conceitos. Neste sentido muitos autores buscaram investigar as concepções dos alunos em relação ao conceito de Equilíbrio Químico (CACHAPUZ, 1989); (GUSSARSKY & GORODETSKY, 1986, 1987, 1988); (HACKLING, 1985, 1986); (JOHNSTONE, 1977), propondo alguns métodos para obter as informações relativas às compreensões dos alunos. Cachapuz &

Maskill (1989) optaram pelo Word Association Test (WAT), enquanto Gussarsky & Gorodetsky (1988) utilizaram o método de Constrained Word Associations. Ambos consistem na apresentação por escrito de palavras-chave relacionadas ao conceito em questão. Tais palavras são apresentadas em folhas separadas nas quais os estudantes devem escrever outras palavras ou pequenas frases que considerem relacionadas a cada conceito-chave inicial. Com o mesmo objetivo, Hackling & Garnett (1986) realizaram entrevistas nas quais aplicaram um instrumento envolvendo uma série de questões que requeriam dos estudantes a aplicação de seus conhecimentos sobre Equilíbrio Químico para resolvê-las.

Os trabalhos relativos às concepções dos alunos revelaram que o conceito de Equilíbrio Químico vem sendo compreendido em grande parte de forma distorcida. Johnstone, MacDonald & Webb (1977) observaram que alunos da escola secundária na Escócia visualizavam os sistemas em equilíbrio como existindo em dois compartimentos separados e independentes. Os estudantes evidenciaram ainda não compreender o significado da convenção de dupla seta, associando a eventual diferença em seu tamanho à diferença nas velocidades das reações direta e inversa. Demonstraram também dificuldades em relação ao efeito dos catalisadores no estado de equilíbrio e na aplicação do princípio de Le Chatelier.

Nos trabalhos realizados por Hackling & Garnett (1985, 1986), os estudantes evidenciaram problemas na compreensão dos aspectos quantitativos do Equilíbrio Químico e da velocidade das reações. Segundo os autores, os alunos apresentaram dificuldades em:

* explicar alterações nas velocidades das reações direta e

inversa até que o sistema atinja o equilíbrio químico;

- * considerar as reações direta e inversa separadamente.

Em relação às concepções distorcidas, as mais significativas por eles apontadas são apresentadas a seguir:

- * a velocidade da reação direta aumenta com o tempo até o equilíbrio;
- * a velocidade da reação inversa modifica-se da mesma forma que a velocidade da reação direta;
- * existe uma relação aritmética simples entre as concentrações de reagentes e produtos no equilíbrio;
- * quando um sistema está em equilíbrio e ocorre uma alteração em suas condições, a velocidade da reação favorecida aumenta mas a velocidade da outra reação decresce;
- * a constante de equilíbrio muda se as concentrações de uma ou mais espécies do sistema são alteradas;
- * a constante de equilíbrio permanece constante se a temperatura do sistema for alterada;
- * o catalisador pode afetar diferentemente as reações direta e inversa.

Gorodetsky & Gussarsky (1986) apontam como aspectos de compreensão problemática:

- * a identificação de sistemas quimicamente equilibrados;
- * a natureza dinâmica do equilíbrio;
- * a constância da constante de equilíbrio;
- * a aplicação do Princípio de Le Chatelier;
- * sistemas que envolvam duas reações com elementos em comum;
- * efeito do catalisador em sistemas em equilíbrio;
- * interpretação da composição constante no estado de equilíbrio.

Johnstone (1977) considera que os alunos evidenciam dificuldades em relação a alguns tópicos do conceito de Equilíbrio Químico devido à natureza abstrata inerente ao assunto. A influência das experiências prévias dos estudantes com outros tópicos da química ou em outras disciplinas como a física é destacada por Hackling (1986) e Gorodetsky (1986). A última autora aponta ainda a dificuldade de se compreender o comportamento do sistema no nível microscópico.

Todos estes trabalhos empíricos que procuram investigar a compreensão dos alunos sobre equilíbrio químico assumem pressupostos construtivistas para a interpretação dos resultados obtidos.

A abordagem construtivista considera a aprendizagem como um processo ativo de construção individual de conhecimentos que envolve a elaboração de significados através das interações sociais e das experiências com o mundo físico. Tal processo envolve ainda o levantamento de possíveis hipóteses e a checagem destas pelo confronto com a situação em questão, buscando coerência entre o observado e a estrutura de conhecimento do estudante. Todas essas interações resultam na construção de uma rede idiossincrática de relações que dá origem às concepções individuais sobre os fenômenos observados. Desta forma, na perspectiva construtivista, a aprendizagem depende não apenas das interações do indivíduo com o ambiente mas, também, do que ele já conhece (DRIVER & BELL, 1986; DRIVER & OLDHAM, 1986).

O crescente interesse dos educadores em Ciências acerca das questões relativas à aprendizagem de conceitos científicos confere às teorias da psicologia uma importância mais significativa,

principalmente aquelas relacionadas aos processos de aprendizagem e suas implicações para o ensino no âmbito das salas de aula (KEMPA, 1982).

As teorias de aprendizagem tornam-se necessárias na medida em que podem oferecer subsídios para a compreensão dos mecanismos provavelmente envolvidos na aprendizagem e, portanto, iluminar o caminho daqueles que pretendam facilitá-la. Neste âmbito encontra-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel (AUSUBEL, 1968).

Apesar de relativamente pouco divulgada no Brasil, a teoria de Ausubel apresenta valiosas contribuições enquanto oferece um modelo explicativo para a ocorrência de aprendizagem significativa. Neste trabalho, a teoria ausubeliana subsidiará a tentativa de compreensão do processo de construção do conhecimento sobre Equilíbrio Químico.

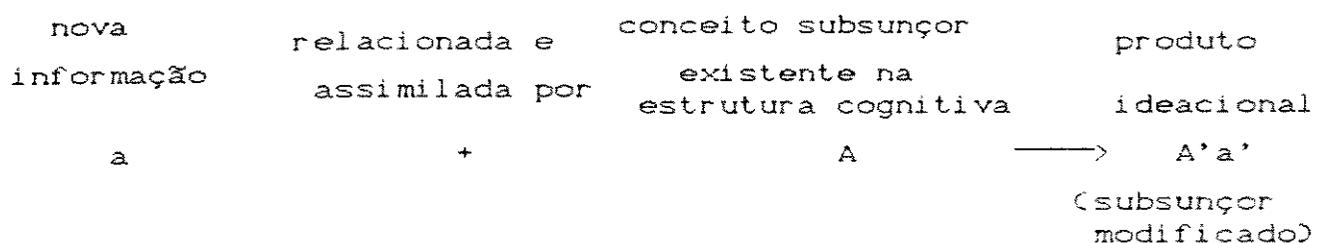
A aprendizagem significativa, para Ausubel, é um processo no qual uma nova informação é relacionada à(s) idéia(s) relevante(s), já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Essas idéias relevantes são entidades psicológicas denominadas conceitos subsunçores ou simplesmente subsunçores¹. Segundo Novak (1981), os subsunçores desempenham uma função primordial na aquisição de novas informações, vez que possuem um papel interativo, facilitando a passagem de informações relevantes através das barreiras perceptivas do indivíduo e fornecendo ligação entre a nova informação recém-percebida e o conhecimento

¹Vale destacar a nota do tradutor em NOVAK, 1981: a palavra "subsunçor" não existe em português; trata-se de uma tentativa de aporuguesar a palavra inglesa "subsumer". Seria mais ou menos equivalente a inseridor ou subordinador.

previamente adquirido.

Ausubel concebe o armazenamento de informações no cérebro como altamente organizado, com articulações formadas entre os vários elementos conduzindo a uma hierarquia conceitual. A estrutura cognitiva é um construto que procura representar um arcabouço de conceitos organizados de forma hierárquica e idiossincrática, correspondendo às representações das experiências de cada indivíduo (NOVAK, 1981).

Desta forma, durante o processo de aprendizagem significativa ocorre a interação entre a nova informação e o(s) conceito(s) subsunçor(es) integrante(s) da estrutura cognitiva do sujeito, resultando em um complexo ideacional formado pela nova idéia e pelo subsunçor modificados. Este processo interativo pode ser denominado "processo de subsunção" e é representado de forma esquemática a seguir:



Nem sempre o processo de interação entre a nova informação e os conceitos subsunçores ocorrerá sob a forma de subordinação. A aprendizagem superordenada tem lugar quando conceitos previamente aprendidos apresentam-se mais diferenciados (menos inclusivos) do que aquele que se deseja aprender - que pode ser mais amplo, mais inclusivo.

A aprendizagem significativa apresenta-se, na teoria ausubeliana, diferenciada da aprendizagem mecânica através da qual adquire-se novas informações sem o estabelecimento de interações

com conceitos relevantes na estrutura cognitiva. Vale ressaltar, entretanto, que as aprendizagens mecânica e significativa fazem parte de um contínuo, podendo estar associado ao processo de aprendizagem um maior ou menor grau de significação (NOVAK,1981).

A aprendizagem significativa pressupõe que o aluno manifeste disposição para relacionar, de forma não arbitrária (intencional) e substantiva (não verbatim), o novo material à sua estrutura cognitiva e que o material disponível seja potencialmente significativo - ou seja, passível de interação com os conhecimentos prévios do sujeito.

Desta forma, existe uma relação entre a organização do conteúdo - a ser apresentado sob forma de nova informação - e a aprendizagem significativa. Mazon (1989) sugere que a explicitação dessa relação seja feita segundo dois níveis. Um primeiro, mais geral, considerando os princípios que norteiam a facilitação da ocorrência da aprendizagem significativa, propostos por Ausubel (1968). Um segundo nível, mais específico, através da consideração de alguns critérios operacionais, relativos à aprendizagem de conteúdos químicos, que foram propostos por Schnetzler (1986) apoiados em idéias de outros educadores (CARIN & SUND,1975; TENNYSON & PARK, 1980; JOHNSTONE, 1982; KEAN, 1982).

Os princípios propostos por Ausubel (1968) para a facilitação da ocorrência de aprendizagem significativa são os de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa.

Quando um conteúdo é programado de acordo com o princípio de diferenciação progressiva, as idéias mais gerais e inclusivas são apresentadas primeiramente, e progressivamente diferenciadas em seus detalhes e especificidades. Tal sequência de apresentação,

provavelmente corresponde à sequência natural de aquisição de conhecimentos pelo ser humano. Essa afirmação baseia-se em duas hipóteses:

- i. é muito mais fácil para o ser humano compreender os aspectos diferenciados de um todo, mais inclusivo, aprendido previamente, que compreender o todo a partir de suas partes diferenciadas.
- ii. o conteúdo de uma disciplina específica é hierarquicamente organizado na mente dos aprendizes de forma que as idéias mais inclusivas ocupam o topo da estrutura e, progressivamente, subsumem proposições, conceitos e dados factuais menos inclusivos e mais diferenciados (AUSUBEL, 1968).

O princípio de reconciliação integrativa é descrito por Ausubel (1968) como sendo a antítese das abordagens usualmente adotadas nos livros textos, que tendem a compartimentalizar os conteúdos apresentados. Desta forma, além de considerar o princípio da diferenciação progressiva, a organização de um conteúdo deve ainda explorar relações entre idéias e/ou conceitos, explicando semelhanças e diferenças importantes e reconciliando inconsistências reais ou aparentes.

Para se atingir a reconciliação integrativa de maneira mais eficaz, deve-se organizar o ensino de forma a contemplar conceitos mais amplos e mais específicos, e suas relações, "descendo e subindo" nas estruturas conceituais hierárquicas, à medida que a nova informação é apresentada (MOREIRA, 1983).

Segundo Aragão (1976), os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa são mais eficazmente aplicados quando organizadores prévios também são empregados no tratamento do conteúdo.

Os organizadores prévios são estratégias propostas por Ausubel (1968) para manipular deliberadamente a estrutura cognitiva do aprendiz, com o objetivo de facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Ao fornecer-se uma nova informação ao sujeito pode acontecer de não haver, em sua estrutura cognitiva, conceitos relevantes em disponibilidade para ancorar a nova aprendizagem. Nesse caso, Ausubel recomenda a utilização de um material introdutório - um texto, uma atividade ou mesmo um experimento - que envolva idéias mais gerais e mais inclusivas que o conteúdo a ser apresentado posteriormente. Por outro lado, se conceitos adequados estiverem disponíveis os organizadores prévios poderão servir como elementos de ligação entre novas aprendizagens e subsunçores relevantes específicos. Nos dois casos a função do organizador prévio é colocar em disponibilidade, na estrutura cognitiva do aprendiz, o(s) subsunçor(es) necessário(s) para a nova aprendizagem, atuando assim, como uma "ponte cognitiva" entre o que ele já sabe e o que necessita saber para aprender significativamente a nova informação que lhe é apresentada (NOVAK, 1981; MAZON, 1989).

Os critérios operacionais, propostos por Schnetzler (1986), para a organização de conteúdos químicos dizem respeito à relacionabilidade entre:

- * fatos e generalizações;
- * definições, exemplos e não exemplos de conceitos químicos;
- * níveis macroscópico, representacional e microscópico do conhecimento químico.

Tais critérios serão apresentados a seguir.

RELACIONAMENTO ENTRE FATOS E GENERALIZAÇÕES

Na organização de conteúdos químicos a relacionabilidade entre fatos e generalizações envolve um intercâmbio dinâmico entre estes. Ou seja, é preciso considerar que fatos são eventos observáveis e reprodutíveis sobre os quais se efetuam as generalizações. Assim, estas são formulações que exprimem regularidades observadas em fatos e que são apresentadas sob a forma de conceitos, princípios, leis ou teorias. As generalizações permitem ao homem tanto construir explicações para os fenômenos que observa, como efetuar previsões acerca de outros fenômenos. Sendo assim, carece de sentido a abordagem de qualquer conteúdo químico sem que a apresentação de uma generalização venha precedida de vários fatos, de forma a possibilitar que esta seja logicamente compreendida.

Por exemplo, a relação matemática entre as concentrações de produtos e reagentes no estado de equilíbrio químico - a constante de equilíbrio - expressa uma regularidade. De modo geral, ao se estabelecer a razão entre as concentrações dos produtos e as concentrações dos reagentes, observa-se que tal quociente é constante, podendo ser sempre escrito para qualquer sistema quando atinge o equilíbrio químico (CAMPBELL, 1965). Desta forma, a apresentação desta generalização deve - se estiver presente a intenção de facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa - ser precedida ou sucedida de uma série de fatos envolvendo concentrações de reagentes e produtos medidas no estado de equilíbrio.

RELACIONAMENTO ENTRE DEFINIÇÕES, EXEMPLOS E NÃO EXEMPLOS DE CONCEITOS

Sob a concepção de Ausubel, os conceitos consistem nas abstrações dos atributos essenciais que são comuns a uma determinada categoria de objetos, eventos ou fenômenos, independentemente da diversidade de dimensões outras que não aquelas que caracterizam os atributos essenciais compartilhados por todos os membros da categoria. Os conceitos são, portanto, idéias abstratas, genéricas e idiossincráticas (AUSUBEL, 1968; AUSUBEL, NOVAK & HANESIAN, 1980).

De uma maneira geral, na idade escolar, a aquisição de novos conceitos se dá por meio do processo de assimilação de conceitos. A operação preliminar mais fundamental através da qual o indivíduo adquire o novo significado do conceito por meio da aprendizagem receptiva envolve a abstração das características determinantes e comuns - atributos criteriais - de um conjunto de objetos ou eventos. Assim, são os atributos criteriais que permitem determinar e discriminar membros (exemplos) e não membros (não exemplos) do conceito (AUSUBEL, 1968; TENNYSON & PARK, 1980; KEAN, 1982).

Dependendo dos atributos criteriais do conceito este pode ser definido operacional ou formalmente.

As definições operacionais expressam atributos concretos ou perceptíveis, enquanto definições formais consideram atributos abstratos ou não perceptíveis (KEMPA & HODGSON, 1976). O conceito de reação química, por exemplo, pode ser expresso como "uma transformação com a formação de um novo material", evocando

atributos passíveis de serem percebidos e, portanto, configurando uma definição operacional. Por outro lado, sua definição formal pode ser expressa como "uma transformação envolvendo um rearranjo de átomos ou ions".

Uma organização de conteúdo que vise facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa implica, portanto, em ênfase nas definições operacionais e que estas precedam as formais pois, neste caso, não será possível apresentar exemplos e não exemplos perceptíveis (HERRON et alli., 1977).

RELACIONAMENTO ENTRE OS NÍVEIS MACROSCÓPICO, MICROSCÓPICO E REPRESENTACIONAL

Johnstone (1982) propõe a classificação do conhecimento químico em três níveis: macroscópico, microscópico e representacional.

No nível macroscópico estão aqueles tópicos do conhecimento químico passíveis de visualização concreta, bem como de análise ou determinação das propriedades dos materiais e de suas transformações.

No nível microscópico encontram-se informações de natureza atômico-molecular, envolvendo, portanto, explicações baseadas em termos abstratos como átomo, molécula, ion, elétron, etc. Os conhecimentos químicos relacionados neste nível possuem a função de explicar e fazer previsões relacionadas ao nível macroscópico.

Finalmente, os conteúdos químicos de natureza simbólica estão agrupados no nível representacional, que compreende informações

inerentes à linguagem química, como fórmulas e equações químicas. Tais informações têm por finalidade representar, sistematizando e facilitando a comunicação, os fenômenos, fatos e regularidades observados macroscopicamente e interpretados em termos microscópicos.

Assim, com o objetivo de promover a interrelação entre estes três níveis, Johnstone (1982) propõe que a apresentação e problematização de informações no nível macroscópico precedam a consideração de noções microscópicas e que sejam explicitadas suas relações. Segundo Schnetzler (1986):

"ensinar conteúdos abstratos sem introduzir previamente conteúdos macroscópicos, impossibilita justificar a necessidade de se aprender noções microscópicas que expliquem e racionalizem os fenômenos macroscopicamente observados".

Apesar de muitos trabalhos de investigação envolvendo o conceito de Equilíbrio Químico terem como referências pressupostos construtivistas, a percepção, muitas vezes intuitiva ou advinda de experiências dos professores em sala de aula, das dificuldades que envolvem o ensino e a aprendizagem deste conceito remete os pesquisadores à procura de alternativas.

Buscando auxiliar os estudantes na formação de imagens dos processos invisíveis que têm lugar no fenômeno do Equilíbrio Químico, alguns autores sugerem a utilização de analogias (OLNEY, 1988); (RILEY, 1984); (GREEN, 1982) ou modelos físicos (RUSSELL, 1988); (DUNN, 1980). Muitas dessas sugestões foram analisadas por Pereira (1989a), que apontou dificuldades que podem ser criadas por tais modelos e analogias.

Outra vertente de pesquisas sobre Equilíbrio Químico envolve a questão da resolução de problemas. Em sua investigação, Camacho & Good (1989) procuraram acompanhar os procedimentos utilizados por especialistas e iniciantes ao longo do processo de resolução de problemas.

Uma revisão sobre as pesquisas já realizadas envolvendo o conceito de Equilíbrio Químico evidencia que a maior preocupação dos pesquisadores tem sido o levantamento das concepções dos alunos. Entretanto, não se faz a relação entre o processo de ensino e a aprendizagem de tal conceito. Ou seja, o foco das atenções não tem sido dirigido à dinâmica que envolve o processo ensino-aprendizagem em sala de aula. Os pesquisadores não têm buscado explicações para as distorções conceituais no processo deflagrador da aprendizagem dos aspectos fundamentais do equilíbrio químico, mas sim fora dele. Não se evidencia uma análise mais profunda dos aspectos envolvidos no processo de ensino do conceito mas sim daqueles concernentes à aprendizagem.

Dessa forma, pode-se apontar este trabalho como passível de oferecer contribuições no sentido de buscar o estabelecimento de relações entre a aprendizagem do conceito de Equilíbrio Químico e o processo de ensino responsável por sua deflagração, utilizando como subsídios as idéias expostas neste capítulo.

CONSIDERAÇÕES METODOLÓGICAS DO CASO SOB ESTUDO

A ABORDAGEM QUALITATIVA NA PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Nas últimas décadas evidencia-se um crescente interesse no sentido de compreender a natureza do processo ensino-aprendizagem em salas de aula de ciências. As pesquisas relacionadas a esta área de conhecimento têm enfatizado a utilização de métodos associados à pesquisa qualitativa. Entretanto o significado do termo "pesquisa qualitativa" permanece passível de questionamento (LYTHCOTT & DUSCHL, 1990). Bogdan (1982) define a pesquisa qualitativa destacando cinco características que devem constiui-la.

Primeiramente enfatiza que tem o contexto natural como fonte direta de dados. Assume-se, então, que o comportamento humano é significativamente influenciado por seu ambiente de inserção.

Em segundo lugar aponta para sua característica descritiva destacando que a abordagem qualitativa implica na assunção de que nada é trivial, e qualquer detalhe pode ser passível de contribuições no sentido de facilitar a compreensão do que está sendo estudado. Sendo assim, na busca da compreensão do contexto em questão o pesquisador não reduz inúmeras páginas de descrição e outros dados a símbolos numéricos, mas procura analisá-los em sua riqueza e diversidade.

Outra característica destacada pelo autor refere-se ao fato de os pesquisadores envolvidos em uma abordagem qualitativa estarem interessados nas questões processuais e não simplesmente nos

resultados ou produtos. Neste sentido apresenta-se particularmente adequada a investigações no contexto da sala possibilitando o acompanhamento das interações e da dinâmica envolvidas em seu dia a dia.

Em uma abordagem qualitativa a análise dos dados tende a seguir um processo indutivo. Segundo Bogdan (1982), neste modo de análise, não se busca apenas montar um quebra-cabeças de imagem conhecida, mas sim construir-se tal imagem, que toma forma a partir do momento que se coleta e examina suas partes. Sendo assim o pesquisador planeja dispendir parte de seu estudo aprendendo sobre as questões relevantes que se colocam ao longo do processo.

Finalmente merece destaque a natureza essencial da abordagem qualitativa que é a de envolver o significado. O foco de interesse de um pesquisador nesta perspectiva está nas maneiras através das quais as pessoas atribuem sentido aos acontecimentos. Através da compreensão da perspectiva dos sujeitos envolvidos nas investigações, o pesquisador qualitativo tem a possibilidade de iluminar a dinâmica inerente a cada situação. Assim, segundo Ball (1983), cada pesquisador produzirá, e passará pela experiência de produzir, um estudo qualitativo como uma única e idiossincrática série de eventos.

A opção por uma abordagem de pesquisa qualitativa aqui advém, primeiramente, da consideração que a melhoria da qualidade do processo de construção do conhecimento químico em sala de aula relaciona-se diretamente à apreensão da dinâmica de tal processo e das influências das condições oferecidas pelo contexto. Dessa forma tal abordagem, considerando as características anteriormente apontadas, apresenta-se adequada por possibilitar o acompanhamento e compreensão do processo ensino-aprendizagem em toda sua riqueza

e complexidade. É exatamente esta natureza, complexa do objeto de investigação que suscita a opção de se proceder a um estudo de caso, com o objetivo de configurar da forma mais completa possível a dinâmica do processo de construção do conhecimento sobre equilíbrio químico em sala de aula.

Segundo Bogdan(1982) um estudo de caso consiste em um exame detalhado de um contexto, um objeto, ou ainda um evento em particular. Apresenta-se sob formas diferenciadas conforme envolva estudos históricos, observacionais ou histórias de vida.

No estudo de caso observacional, como nesta investigação, a técnica mais utilizada para a obtenção de dados é a observação participante e o foco do estudo pode ser uma organização particular, como uma sala de aula por exemplo.

O CASO ESTUDADO

O conceito de Equilíbrio Químico vem sendo abordado, na maioria dos currículos de segundo grau brasileiros, preferencialmente no segundo semestre do segundo ano. Sendo assim, procedeu-se a um estudo de caso envolvendo uma classe da segunda série do segundo grau, de uma escola pública da Rede Municipal de Belo Horizonte, constituída por trinta e sete alunos.

A escolha desta classe baseou-se no fato de ser ela conduzida por um professor tido por seus pares e pelos alunos da escola como diferenciado na busca de inovações. Ou seja, o professor recebeu a indicação para participar da pesquisa por demonstrar abertura em relação a mudanças e estar habituado a receber em sua classe estagiários e observadores. O próprio professor, como foi possível constatar após o primeiro encontro, considera-se, de fato, um

inovador e manifesta sentir-se orgulhoso de sua reputação profissional.

A escola está situada em um bairro distante aproximadamente 10 km do centro de Belo Horizonte, habitado supostamente por pessoas de origem social média-inferior, sendo esta a população que a frequenta. A vida da escola parece ser dinâmica pois, no período das observações, várias atividades extra curriculares foram propostas.

Ao longo do processo de ensino a classe foi dividida em grupos de trabalho responsáveis pela apresentação de tópicos do conteúdo (ver descrição detalhada no capítulo IV) durante as aulas.

Os alunos da classe sob enfoque demonstraram ter um bom relacionamento entre si, com o professor, diretores e outras classes, e não relutaram em abrir espaços para as observações, entrevistas e outras atividades realizadas pelo pesquisador, imbuídos de um forte espírito de colaboração.

DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS UTILIZADOS PARA A COLETA DE DADOS

Tendo em vista o objetivo inicial do trabalho de analisar as concepções construídas pelos alunos sobre o conceito de Equilíbrio Químico em relação às condições propiciadas pelo ensino para a produção deste conhecimento, buscou-se levantar informações que possibilitassem a caracterização:

- i. das condições de produção do conhecimento de Equilíbrio Químico em sala de aula;

- ii. das concepções de ensino, aprendizagem e conhecimento do professor;
- iii. das concepções construídas pelos alunos sobre Equilíbrio Químico.

Desta forma foram selecionados procedimentos adequados para cada caso em especial, constando basicamente do registro das aulas, entrevistas a alunos e professor, coleta de material produzido pelos alunos e pelo professor em diversas circunstâncias.

Em uma investigação desta natureza é possível delinear-se alguns procedimentos gerais antes do início das observações, mas é imprescindível redimensioná-los ou mesmo introduzir novos procedimentos que se adaptem à natureza dinâmica dos processos observados e à riqueza de informações que os envolve. Sendo assim, a coleta de dados sobre o processo ensino-aprendizagem do conceito de Equilíbrio Químico ocorreu basicamente segundo três caminhos:

- a. Coleta de informações previamente delineada em função dos objetivos da investigação;
- b. Coleta de informações delineada ao longo do processo;
- c. Coleta de informações a partir de atividades propostas pelo professor.

Descrevem-se separadamente os procedimentos utilizados em cada uma das situações buscando explicitar a natureza fluida e aberta do processo no qual se seleciona ou se constrói os procedimentos para a coleta dos dados. Ou seja, pretende-se registrar os procedimentos utilizados na investigação de forma a estabelecer relações com a dinâmica que envolve o dimensionamento da coleta, a obtenção das primeiras informações, sua análise. o

redimensionamento e assim sucessivamente.

COLETA DE INFORMAÇÕES PREVIAMENTE DELINEADA EM FUNÇÃO DOS OBJETIVOS DA INVESTIGAÇÃO

Descrevem-se aqui procedimentos adotados para a obtenção de informações que não dependeram, inicialmente, das características específicas do contexto estudado.

Vale ressaltar que em linhas gerais tais procedimentos foram delineados antes de se entrar em campo, porém, em seus aspectos específicos, sofreram ajustes e modificações ao longo do processo de investigação.

OBSERVAÇÃO DAS AULAS

A coleta de informações relativas ao ensino-aprendizagem consistiu na observação e na gravação de todas as aulas que envolveram o conteúdo de Equilíbrio Químico. Para o registro, utilizou-se um gravador (semelhante ao utilizado pelos repórteres).

Além das gravações, foram feitas observações em um diário de campo que consistiram basicamente do registro de aspectos gerais das aulas, comentários referentes ao engajamento dos estudantes ou algum outro aspecto considerado relevante, e do registro do que era escrito na lousa. Foram gravadas 9 (nove) aulas nas quais os grupos expuseram o conteúdo, bem como 4 (quatro) aulas de exercícios, onde os alunos trabalharam em conjunto sob a orientação do professor.

ENTREVISTAS COM O PROFESSOR

As entrevistas realizadas com o professor foram elaboradas de forma semi estruturada e inicialmente planejadas com o objetivo geral de buscar saber:

- suas concepções sobre ensino, aprendizagem e conhecimento;
- seus objetivos ao ensinar o conteúdo de Equilíbrio Químico;
- os parâmetros considerados para nortear sua ação em sala de aula;
- suas expectativas em relação à aprendizagem dos alunos;
- sua percepção e avaliação do processo ensino-aprendizagem.

Vale ressaltar que, apesar de terem sido previamente delineadas, e o foram por apresentarem-se como um instrumento adequado à natureza da investigação, as questões específicas abordadas surgiram da necessidade de obter-se maiores esclarecimentos sobre determinados tópicos ao longo da observação do processo. Sendo assim, os roteiros foram elaborados de maneira geral e a proposição das questões mais específicas surgiu no momento da própria entrevista, quando considerado pertinente. Desta forma, foram realizadas três entrevistas - uma antes do início das aulas, outra em uma etapa intermediária e a última ao final das observações - em local e horário previamente combinados e a critério do professor.

PRIMEIRA ENTREVISTA

O encontro com o professor ocorreu após a primeira aula sobre Equilíbrio Químico. A entrevista foi realizada na própria escola, em uma sala tranquila e sem a presença de outras pessoas. O

professor mostrou-se muito disponível no sentido de informar o que fosse solicitado além de, com frequência, tecer comentários relacionados ao assunto, resgatando suas experiências como aluno e professor, demonstrando sempre a intenção de contribuir. Foram propostas questões que envolviam os seguintes aspectos:

- * formação e experiências com o ensino de Química;
- * justificativas para a estratégia utilizada;
- * pontos positivos e negativos da estratégia utilizada;
- * parâmetros norteadores da prática em sala de aula;
- * ensino de Equilíbrio Químico;
- * tópicos do conteúdo a serem abordados.

Após a transcrição, a entrevista foi analisada com o objetivo de se buscar elementos para a segunda entrevista.

SEGUNDA ENTREVISTA

Na segunda entrevista, realizada em condições semelhantes à anterior e organizada a partir de informações/elementos obtidos naquela ocasião e no decorrer das observações das aulas, procurou-se explicitar:

- * as expectativas do professor em relação ao desenvolvimento de habilidades nos alunos e da aprendizagem de Equilíbrio Químico;

- * as concepções do professor em relação à avaliação da aprendizagem

Da mesma forma que a primeira, a segunda entrevista foi transcrita e analisada tendo em vista o planejamento geral da terceira entrevista, descrita a seguir.

A última entrevista teve como objetivo principal registrar as percepções do professor em relação ao processo ocorrido em sala de aula. Neste momento solicitou-se que fosse feita uma avaliação ressaltando pontos positivos e negativos, abrindo-se espaço para outros comentários.

Nesta entrevista também esteve presente a preocupação com as concepções de ensino e aprendizagem trazidas pelo professor. A opção de tratar destas questões na etapa final da investigação teve como objetivo permitir que fosse estabelecida uma relação de confiança, de forma que as manifestações pudessem ocorrer mais naturalmente e não imbuídas pelo medo de julgamentos ou de acusações, além de procurar evitar com que o professor se preocupasse, ao longo do processo, com tais questões, de forma que sua prática sofresse o menor número possível de interferências.

Em todas as entrevistas realizadas com o professor, o clima configurou-se o mais cordial possível. Ao longo do processo de investigação, houve ainda a possibilidade do estabelecimento de conversas informais entre o pesquisador e o professor, contribuindo significativamente para a elucidação de alguns aspectos importantes relacionados à história da vida profissional do professor.

COLETA DE INFORMAÇÕES DELINEADA AO LONGO DO PROCESSO

A pesquisa qualitativa envolve a observação e a análise simultânea do que se registra acontecer. Desta forma, ao longo da investigação percebeu-se a necessidade de redimensionamento de

alguns procedimentos e da busca de novos que auxiliassem na configuração mais abrangente do objeto investigado.

O delineamento dos recursos a serem utilizados começou a ser revisto e ampliado a partir do momento em que se teve acesso ao tipo de estratégia proposta pelo professor para trabalhar o tópico Equilíbrio Químico.

Nos itens a seguir procura-se, além de descrever os procedimentos utilizados para a coleta de informações, explicitar os critérios envolvidos em seu redimensionamento.

ENTREVISTAS COM GRUPOS DE ALUNOS

No processo observado, a turma foi dividida em grupos, como descrito anteriormente. Sendo assim os alunos estiveram distribuídos, a cada apresentação, em dois grupos distintos: um grupo apresentando o conteúdo e os outros assistindo às apresentações.

Após cada aula, que envolvia a apresentação de um ou dois grupos, os alunos foram entrevistados em horário previamente combinado. Ao solicitar-se a colaboração para as entrevistas deixou-se claro que estas seriam sigilosas, que apenas as pessoas do grupo poderiam estar presentes e que estas não teriam propósitos avaliativos. Além disto procurou-se esclarecer que o comparecimento não seria obrigatório. Observou-se, porém, que não houve ausências a não ser daqueles que não frequentaram as aulas no dia de sua realização.

Para a seleção dos alunos, utilizou-se o critério de convidar o(s) grupo(s) apresentador(es) e um grupo assistente. Os grupos foram escolhidos sob rodízio, de forma que todos os grupos puderam

ser entrevistados pelo menos duas vezes: uma como apresentador e outra como assistente.

Como os alunos entrevistados pertenciam aos dois grupos citados anteriormente, as questões abordadas foram diferenciadas e tiveram por objetivo:

- Em relação aos grupos que apresentaram os conteúdos -

*buscar informações sobre o processo de preparação das apresentações;

*buscar informações acerca da compreensão dos alunos em relação ao conteúdo específico trabalhado;

*sondar suas concepções em relação aos conceitos de Equilíbrio, Equilíbrio Químico e Constante de Equilíbrio (considerados pelo professor importantes de serem compreendidos);

*buscar explicitar a compreensão dos alunos em relação a alguns conceitos que ao longo das apresentações pareceram distorcidos.

- Em relação aos grupos que assistiram às apresentações -

*buscar levantar pontos que lhes pareceram claros ou não;

*sondar sua compreensão em relação aos conceitos de Equilíbrio, Equilíbrio Químico e Constante de Equilíbrio.

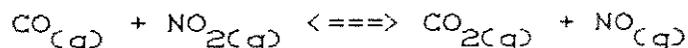
DESENHOS (ATIVIDADE 1)

No decorrer das apresentações dos grupos e da realização das entrevistas, pode-se perceber que os alunos manifestavam confundir

o estado de equilíbrio atingido pelas reações químicas com sua representação escrita, evidenciando uma deficiência na discriminação entre os conceitos de reação química e equação química. Uma aluna, por exemplo, durante a apresentação utilizou indiscriminadamente as palavras equação e reação, tomando várias vezes uma pela outra. Buscou-se, então, propor aos estudantes uma atividade que objetivasse explicitar como concebiam o estado de equilíbrio químico.

A tarefa consistiu na seguinte solicitação:

" Considerando a reação química representada pela equação



desenhe 'o que você veria se fosse possível ver' durante a ocorrência da reação. Apresente o desenho em três etapas: a primeira representando o início da reação; a segunda representando uma etapa intermediária e a terceira representando o estado de equilíbrio químico."

Esta atividade foi realizada por toda a turma, ao final de um período de aulas e, mais uma vez, enfatizou-se seu caráter não obrigatório.

Os desenhos feitos pelos alunos evidenciaram muitas de suas concepções em relação ao estado de equilíbrio químico. A utilização deste instrumento possibilitou a emergência de três outros procedimentos, descritos a seguir, e que foram propostos com o objetivo de ampliar a compreensão sobre as concepções dos alunos.

DESENHOS (ATIVIDADE 2)

Na primeira atividade de desenhos os alunos evidenciaram,

mais uma vez, a confusão entre o estado de equilíbrio e sua representação escrita, a equação química.

A análise da solicitação feita anteriormente e dos desenhos produzidos levou à elaboração de algumas hipóteses:

- a apresentação da equação por escrito poderia estar influenciando os alunos no sentido de evocar a correspondência da forma de seus desenhos à forma da equação;
- a solicitação do desenho em três etapas poderia estar facilitando a associação na qual a primeira etapa poderia corresponder aos reagentes, a segunda etapa à dupla seta e a terceira aos produtos.

Sendo assim, uma nova atividade foi proposta. Solicitou-se, verbalmente, que os alunos considerassem a reação entre o iodo (I_2) e o hidrogênio (H_2) levando à produção de iodeto de hidrogênio (HI), reação esta que atingiria o estado de equilíbrio. Sugeriu-se que desenhassem "o que veriam, se fosse possível ver," durante a ocorrência da reação. Determinou-se que os desenhos representassem a etapa inicial e o estado de equilíbrio químico.

Esta atividade foi realizada, nos mesmos moldes da anterior, por toda a turma, ao final de um período de aulas, enfatizando-se seu caráter não obrigatório.

ATIVIDADE ENVOLVENDO A CONCEPÇÃO DE EQUILÍBRIO DINÂMICO

A partir da análise dos desenhos e das manifestações dos alunos nas entrevistas em grupo, pode-se perceber que a concepção de equilíbrio dinâmico não se apresentava explicitada. Sendo assim, elaborou-se uma atividade (Anexo 1) que consistiu de duas questões a serem respondidas. Tais questões tiveram por objetivo

evidenciar as concepções dos alunos a respeito dos aspectos dinâmicos do equilíbrio químico e foram aplicadas a toda a turma.

Procurou-se ainda explicitar as concepções dos alunos em relação ao dinamismo do estado de equilíbrio, através de uma atividade proposta aos alunos nas entrevistas individuais descritas a seguir.

ENTREVISTAS INDIVIDUAIS

A primeira atividade envolvendo desenhos propiciou a emergência de critérios para a seleção dos alunos que participariam das entrevistas individuais.

A observação e análise dos desenhos elaborados pelos alunos possibilitou a identificação de alguns grupos de idéias relacionados à representação do estado de equilíbrio químico conforme considerassem:

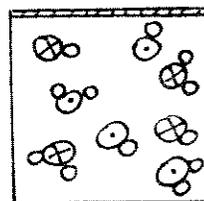
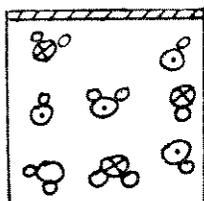
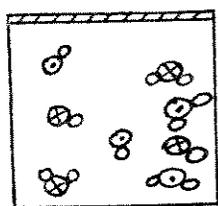
- i. apenas os produtos em recipientes separados;
- ii. apenas os produtos no mesmo recipiente;
- iii. produtos e reagentes em recipientes separados;
- iv. produtos e reagentes no mesmo recipiente;
- v. apenas os reagentes.

A partir da organização dos grupos selecionou-se a metade do número de alunos de cada grupo que foram então entrevistados individualmente. Essa seleção adveio da necessidade de redução do número de alunos para viabilizar a entrevista, contemplando os diversos grupos.

Durante as entrevistas, procurou-se discutir os desenhos produzidos buscando explicitar ainda mais a compreensão dos alunos

sobre aspectos relacionados ao conceito de Equilíbrio Químico. Buscou-se, ainda, informações sobre a compreensão do dinamismo característico do estado de equilíbrio através da seguinte atividade:

" Solicitou-se a observação da sequência de representações a seguir :



⊙ - N
 ○ - O
 ⊗ - C

informando-se que se procurava retratar de forma esquemática o estado de equilíbrio de um mesmo sistema em três momentos distintos. Perguntou-se aos alunos se consideravam tal representação correta e solicitou-se uma justificativa para a resposta".

As entrevistas individuais foram realizadas na própria escola, no período das observações. Os horários foram escolhidos pelos estudantes sendo destinado cerca de 40 minutos para cada entrevista. Mais uma vez, ressaltou-se seu caráter não obrigatório ao solicitar-se a colaboração dos alunos.

ATIVIDADE ESCRITA

Após um período de interrupção caracterizado por ausência de instrução por cerca de trinta dias, solicitou-se aos alunos uma atividade concernente ao objetivo da pesquisa. Mais explicitamente, fez-se uma sondagem sobre os conceitos de

Equilíbrio Químico e Constante de Equilíbrio, buscando-se as manifestações escritas dos alunos através das solicitações descritas a seguir:

1. Escreva tudo o que você se lembra sobre Equilíbrio Químico e Constante de Equilíbrio.

2. O que significa uma constante de equilíbrio com o valor $0,0012$?

ATIVIDADE DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO DOS GRUPOS PELO FEITA PROFESSOR

Solicitou-se ao professor que, no final de cada apresentação, procedesse a uma avaliação do grupo e de aspectos relacionados ao tópico abordado. A avaliação deveria ser feita levando-se em conta aspectos positivos e negativos observados, idéias não abordadas com clareza suficiente, conceitos não abordados segundo a expectativa do professor e outros comentários, como pode-se verificar no Anexo 2. Em geral o professor procedeu à avaliação fora da sala, não executando a tarefa para todas as apresentações realizadas.

COLETA DE INFORMAÇÕES A PARTIR DE ATIVIDADES PROPOSTAS PELO PROFESSOR

PROVAS

Ao longo do processo foram aplicados dois testes (Anexos 3 e 4) aos alunos. O primeiro envolveu os conteúdos de cinética química e equilíbrio químico. O segundo, o conteúdo de equilíbrio químico.

AUTO-AVALIAÇÃO

Ao final do processo ensino-aprendizagem, o professor solicitou aos alunos que fizessem uma auto-avaliação, relativa a aspectos da apresentação do grupo e duas questões abertas solicitando manifestações sobre idéias que ficaram e não ficaram claras. Solicitou ainda a atribuição de uma nota, de zero a dez, para o grupo e para cada aluno individualmente (Anexo 5).

Segundo o professor, que se manifestou sobre a atividade em sua última entrevista, o objetivo da auto-avaliação foi de auxiliá-lo na atribuição de notas aos alunos. Entretanto esta tarefa configurou-se como um espaço de manifestação dos estudantes sobre o conteúdo e sua percepção em relação ao processo.

MATERIAL ENTREGUE PELOS GRUPOS NA APRESENTAÇÃO

O professor solicitou aos grupos que entregassem, no dia da apresentação, um material escrito contendo um resumo do tópico apresentado, um exercício modelo, já resolvido, e um exercício para ser feito pela turma. Nem todos os grupos atenderam a esta solicitação.

De maneira geral os dados obtidos a partir destes procedimentos referiram-se à aspectos relacionados ao processo de ensino, às concepções trazidas pelo professor e às concepções trazidas e construídas pelos alunos.

Os procedimentos utilizados para a organização e análise dos dados são apresentados nos capítulos IV e V.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO

A. OBJETIVOS, INTENÇÕES E CONCEPÇÕES RELACIONADAS AO PROCESSO ENSINO - APRENDIZAGEM

As informações aqui apresentadas configuram o contexto maior de inserção do processo ensino-aprendizagem observado. Pretende-se, neste momento, explicitar as diretrizes para o ensino da Química nesta escola buscando a compreensão dos objetivos gerais, bem como dos parâmetros norteadores do processo em sala de aula. Para tanto, foram consideradas as informações do próprio professor obtidas através de entrevistas, bem como aquelas contidas no Guia Vestibular (1991) da Universidade Federal de Minas Gerais, amplamente divulgado.

Dada a ausência de informações, a Secretaria Municipal de Educação, da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, parece não estabelecer, de forma efetiva, diretrizes para o ensino de Química. A escola não possui uma coordenação específica para a disciplina porém, segundo informações do professor:

"... de um modo geral, no segundo grau, a gente trabalha com o objetivo de vestibular mesmo. Inclusive nas nossas reuniões a fala é essa"

Isso possibilita inferir que, apesar de não se ter diretrizes elaboradas pela escola ou por órgãos superiores, a orientação invocada, parece estar especificada no programa do vestibular, especialmente da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), como única instituição de ensino superior pública, que supostamente absorveria a maior parte dos alunos de baixo poder aquisitivo vinculados à escola. Segundo informações contidas no guia vestibular da UFMG as provas de química da primeira e segunda etapa têm por objetivo avaliar o candidato quanto:

- * ao conhecimento e à compreensão de princípios, leis e conceitos fundamentais da Química indicados nos programas;
- * à capacidade de utilizar esses conhecimentos na explicação de fenômenos naturais, de fatos da vida cotidiana e de fatos experimentais;
- * à capacidade de interpretar e generalizar os resultados de experimentos químicos;
- * à capacidade de interrelacionar os conteúdos dos itens do programa.

Sendo assim, parece pertinente considerar-se que os objetivos acima sejam tomados como um dos parâmetros norteadores para o ensino da Química nesta escola.

OBJETIVOS DE ENSINO

Como objetivo geral do processo, o professor aponta o vestibular. Ou seja, em relação ao conteúdo químico, os tópicos selecionados para serem solicitados no exame de ingresso na Universidade, são tomados como tópicos a serem trabalhados em sua sala de aula. Para o conteúdo de equilíbrio químico o professor destacou os seguintes tópicos:

- Conceito de equilíbrio
- Conceito de Equilíbrio Químico
- Constante de equilíbrio
- Fatores que influenciam o equilíbrio químico
- Ácidos e Bases
- Solubilidade

Em geral, para todos os tópicos, o professor pretendeu, inicialmente, trabalhar os conceitos, e a explicação de alguns aspectos relacionados ao Equilíbrio Químico.

A SITUAÇÃO DE ENSINO

DESCRIÇÃO GERAL

O processo ensino-aprendizagem investigado configurou-se por uma dinâmica peculiar. Buscando propiciar a compreensão do contexto no qual estiveram inseridos o professor, os alunos e o observador, apresenta-se aqui a descrição geral do que ocorreu em sala de aula, ao longo das observações dos trabalhos, com o conteúdo de Equilíbrio Químico.

Seguindo a tendência geral de organização de conteúdos para o segundo grau, este tema foi abordado dando sequência ao conteúdo de cinética química, e precedendo o conteúdo de eletroquímica.

Na escola em questão os alunos assistiram a três aulas de Química por semana, com duração prevista de 50 minutos, totalizando onze dias letivos dedicados à abordagem deste conceito específico. Após um período de interrupção de 30 dias, as aulas passaram a ter 30 minutos de duração com o objetivo de "repor"

aquelas perdidas, aumentando-se o número de aulas diárias. Na classe observada, estas aconteciam em dois dias da semana, sendo uma aula em um dos dias e duas no outro.

A deflagração do processo de ensino deu-se a partir de uma proposta do professor envolvendo a divisão do conteúdo por tópicos e a turma por grupos (ver Quadro 1), o que foi prontamente aceito pelos alunos. O professor recomendou que fosse apresentado um resumo do assunto tratado pelo grupo incluindo, principalmente nos tópicos que envolvessem cálculos, um modelo de exercício a ser resolvido pelos outros alunos. Houve ainda uma solicitação no sentido que todos estudassem integralmente o tópico. A elaboração dos trabalhos não deveria restringir-se ao livro adotado - Princípios Básicos de Química (BRAGA, 1990). Os alunos foram estimulados a buscarem outros livros, no sentido de complementar as informações contidas no livro texto indicado. Foi suprimida a avaliação mensal sob a alegação que não haveria tempo, sendo os pontos a esta atribuídos transferidos para a avaliação dos trabalhos a serem apresentados pelos grupos.

Quando o primeiro grupo começou sua exposição a classe encontrava-se conturbada e agitada, com muitos falando ao mesmo tempo. No desenrolar da exposição pode-se, contudo, observar um pequeno engajamento da classe com a atividade proposta. Poucos alunos acompanhavam o que ocorria em sala de aula naquele momento. Os alunos do grupo responsável pela apresentação seguinte demonstravam preocupação e perguntavam ao professor sobre pontos do conteúdo que suscitavam dúvidas. Um dos integrantes do segundo grupo encarregou-se de escrever na lousa o que seria abordado a

QUADRO 1: RELAÇÃO SEQUENCIAL DOS TÓPICOS ABORDADOS NA DISCIPLINA POR GRUPO E POR ALUNO

Grupo	Tópico do Grupo	Alunos	Tópico por aluno
1	Introdução à Equilíbrio Químico (conceitos)	Silvia	Equilíbrio/Reversibilidade/EQ
		Dani	Velocidade de reação/E.Q
		Nádia	Eq.Dinâmico / Estacionário
		Romilda	Grau de equilíbrio
2	Constante de Equilíbrio	Vanessa	Grau de Equilíbrio
		Bruno	Dedução da Cte de Equil. Cálculos da Cte de Equil.
		Otto	Kp/Relação Kp-Kc
		Luci	Resolução de Exercícios Cálculos c/ Cte de Equil.
3	Fatores que Influenciam o Deslocamento do Equilíbrio	Gilmara	Efeitos Externos Princípio de Le Chatelier
		Janaina	Efeito da Concentração
		Fernanda	Efeito da Pressão
		Luciana	Efeito da Temper. e Catalisad.
4	Teoria dos Ácidos e Bases	Geise	Histórico da Teor. Acido/Base
		Carla	Histórico de Arrhenius
		Rodrigo	Teoria de Bronsted-Lowry
		Dayse	Teoria de Lewis
		Roberto	Teoria de Lewis-Aplicação
5	Dissociação e Ionização de Ácidos, Bases e Sais	Eloisa	Dissociação/Ioniz./Conceitos
		Sayonara	Dissociação de sais
		Gláucia	Ionização de Ácidos
		Shirley	Força de Ácidos e Bases
6	Dissoc. de Ac. e Bases fracas/ Ka/Cte de Ioniz. dos Ac./Força de Ac. em função do Ka	Carlos	Ácidos e Bases fracos
		Vasco	Hidrólise do Sal
		Antonietta	Grau de Ionização
		Maurício	Cálculo com a Cte de Ioniz.
7	Produto Iônico da Água	Leila	Produto Iônico da Água
		Patrícia	Aumento da Temp e Ioniz. Água
		Elba	Conc.de H e OH/Valor do produto iônico da Água
8	Concentrações Hidrogeniônicas - pH -	Isabel	pH e pOH Conceito e Cálculos
		Júnia	Titulação
		Simone	Solução Tampão
		Fati	Hidrólise de Sais
		José	Grau e Const. de Hidrólise
9	Produto de Solubilidade	Adriana	Eq. Homogêneos/Heterogêneos/Iônicos/Moleculares
		Fabiana	Solubilidade/Kps
		Daniela	Resolução de Exercícios

seguir. O clima era de dispersão com muitos fatos acontecendo simultaneamente. Apesar disto, alguns alunos, mesmo sem evidenciar participação e engajamento com o ambiente da sala de aula, permaneciam em silêncio. O professor pareceu ansioso em relação ao que seria dito pelos alunos. Os conceitos básicos sobre Equilíbrio Químico foram abordados em quinze minutos. Em geral, ao longo da apresentação dos grupos, a situação descrita anteriormente repetiu-se.

Os grupos dispuseram em torno de vinte minutos para a apresentação, tendo em vista que as atividades raramente tiveram início no horário previsto, além de ser necessário dispender um certo tempo para que a turma se organizasse minimamente, de forma a permitir a fala dos alunos.

Ao longo das apresentações, o professor pouco interferiu. Na etapa final do processo, três aulas foram dedicadas à resolução de exercícios, com os alunos trabalhando em grupos ou individualmente, recorrendo ao professor quando necessário. Em alguns momentos, o professor resolveu problemas na lousa de forma silenciosa. Houve ainda uma aula dedicada à correção de uma prova aplicada aos alunos.

"O professor é capaz de trabalhar sobre o possível e o provável, é capaz de interagir com o mundo simbolizado inclusive através da palavra escrita. Provavelmente conhece algo sobre a aprendizagem e o ensino".

(VALLE FILHO, 1988)

A prática pedagógica reflete, de uma forma ou de outra, as concepções do professor em relação ao conhecimento, ao ensino e à aprendizagem. Para Postman e Weingartner (1971), as crenças, sentimentos e suposições do professor são a base de um ambiente de aprendizagem; isto é o que determina a qualidade de vida do mesmo. A relação concepção/ prática pedagógica é também apontada por Kelly (1955), no sentido de considerar que os professores apresentam todo um leque de epistemologias e perspectivas sobre a aprendizagem e o ensino, e que os indivíduos vão diferir em seus objetivos, aspirações, expectativas e modos de operar em relação a como constroem a educação.

Segundo Coll (1985), o ato educativo não consiste unicamente em um processo de aprendizagem, mas implica também uma vontade explícita de incidir ou intervir sobre tal processo. Esta vontade se traduz em uma série de decisões sobre o que tem que aprender o aluno e sobre as condições ótimas para que o aprenda, e pressupõe um conhecimento que as coordene. É da busca destes conhecimentos norteadores do processo em sala de aula que emerge a necessidade de explicitação das concepções de ensino e de

aprendizagem manifestas pelo professor, no decorrer desta investigação, bem como de seus objetivos de ensino e de suas expectativas em relação ao processo. A configuração de tais informações põe em disponibilidade elementos imprescindíveis para a compreensão de todo o processo em sala de aula, por constituir-se uma instância geradora dos parâmetros atinentes ao processo de tomada de decisões pelo professor. As informações aqui apresentadas buscam configurar, a partir das três entrevistas realizadas com o professor:

- * como ele concebe o Ensino, a Aprendizagem e o Conhecimento, ao fornecer subsídios para a compreensão de sua prática em sala de aula;
- * os seus objetivos de ensino e as suas expectativas em relação aos resultados, no sentido de buscar coerência entre o discurso do professor e sua prática pedagógica.

Tais informações foram organizadas a partir da leitura das entrevistas transcritas e da extração de núcleos de idéias referentes a manifestações do professor sobre o ensino e a aprendizagem. Buscou-se então categorizá-los, incluindo-os em dimensões mais amplas no sentido de evidenciar os aspectos mais destacados pelo professor.

CONCEPÇÃO DE APRENDIZAGEM

"Ninguém aprende com o professor"

(trecho da fala do professor)

A partir das entrevistas realizadas com o professor em três momentos distintos do processo - imediatamente antes de seu início, em um momento intermediário e ao final - foi

possível organizar suas percepções sobre o que é aprender em três dimensões mais amplas, relativas às formas de aprendizagem, evidências de aprendizagem e aspectos facilitadores da aprendizagem. No Quadro 2 apresentam-se essas dimensões, bem como as categorias nas quais puderam ser organizadas as manifestações do professor.

QUADRO 2: CATEGORIAS DE CONCEPÇÃO RELATIVAS ÀS DIMENSÕES DA APRENDIZAGEM DESTACADAS PELO PROFESSOR

DI MENSÃO	CATEGORIAS DE CONCEPÇÃO
FORMAS DE APRENDIZAGEM	<ul style="list-style-type: none"> .o aluno não aprende com o professor .o aluno aprende com ele mesmo .o aluno aprende estudando de maneira correta
EVIDÊNCIAS DE APRENDIZAGEM	<ul style="list-style-type: none"> .saber falar sobre o que está estudando .saber resolver os exercícios sem auxílio .falar que está conseguindo resolver os exercícios .apresentar um assunto para a classe
ASPECTOS FACILITADORES DA APRENDIZAGEM	<ul style="list-style-type: none"> .apresentação em grupos .envolvimento dos alunos .liberdade do aluno para trabalhar

As categorias de concepções incluídas no Quadro 2 evidenciam que o professor concebe a aprendizagem do aluno como uma atividade autônoma, já que este aprende por si mesmo, estudando de maneira 'correta'. Parece aí revelar-se a concepção da aprendizagem como envolvendo a interação do aluno com o conhecimento escrito nos livros, independente do contexto da sala

de aula, e pouco sujeita à influência do professor ou de seus pares . Segundo Coll (1985), a consideração de que a atividade direta e imediata do aluno sobre o objeto de conhecimento é a única fonte válida de aprendizagem, tem levado à planejamentos e práticas pedagógicas que ignoram ou deformam as características próprias e específicas dos processos educativos escolares.

Apesar de considerar que *"o aluno aprende com ele mesmo"* o professor demonstra perceber que pode atuar no sentido de facilitar a aprendizagem. Porém, segundo sua concepção, sua participação estaria centrada na organização dos alunos, promovendo situações de trabalhos em grupo, propiciando um maior envolvimento com o processo e dando-lhes liberdade para agir da forma mais independente possível, ou seja, sua contribuição estaria no âmbito de fornecer as contingências consideradas necessárias para a aprendizagem, em consonância com a sua concepção.

O professor considera ser possível perceber que o aluno está aprendendo a partir de sua própria manifestação, quer no momento no qual expresse verbalmente ter adquirido a capacidade de resolver exercícios sem auxílio, quer no momento em que se manifeste sobre o conteúdo em questão, por exemplo, apresentando para a classe o que estudara.

Desta forma, pode-se depreender que tanto o processo de aprendizagem quanto sua avaliação estão sob a responsabilidade do aluno, não sendo atribuído ao professor uma participação efetiva e não sendo possível perceber-se uma vontade explícita de incidir ou intervir sobre tais processos.

CONCEPÇÃO DE ENSINO

"Agora eu acredito, no ensino... é quando o professor consegue fazer o aluno acreditar que ele pode aprender".

(trecho da fala do professor)

As manifestações do professor em relação ao ensino foram organizadas em duas dimensões gerais, relacionadas às dificuldades do ensino e ao papel do professor. No Quadro 3, a seguir, apresentam-se tais dimensões e as categorias incluídas em cada uma delas.

QUADRO 3 : CATEGORIAS DE CONCEPÇÃO RELATIVAS ÀS DIMENSÕES DO ENSINO DESTACADAS PELO PROFESSOR

DIMENSÃO	CATEGORIAS DE CONCEPÇÃO
DIFICULDADES DO ENSINO	<ul style="list-style-type: none">. ausência de experimentação. aulas expositivas favorecendo a dispersão dos alunos. conteúdo trabalhado de forma deficiente
PAPEL DO PROFESSOR	<ul style="list-style-type: none">. encaminhar o aluno para a aprendizagem. chamar atenção para aspectos não mencionados pelos alunos. fazer o aluno acreditar que ele pode aprender. esperar que os alunos falem. atender aos grupos na elaboração dos trabalhos. auxiliar os alunos

Em relação às dificuldades do ensino, o professor demonstra sua insatisfação com a utilização de aulas expositivas como

estratégia de ensino, além de apontar também a ausência usual de experimentação e a forma deficiente de trabalhar o conteúdo. Em outros momentos das entrevistas, o professor destacou a necessidade de ter acesso a um laboratório para a realização de experimentos, deixando transparecer a idéia de que, desta forma, os conteúdos poderiam ser abordados de forma mais adequada

As manifestações do professor em relação a seu papel evidenciam considerar importante a ação afetiva de estímulo, encorajamento e amparo aos alunos. Em relação à sua interferência no processo ensino/aprendizagem procura atenuar seu papel enquanto admite como funções *"ficar esperando que os alunos falem"*, *"atender aos grupos na elaboração do trabalho"*.

Embora na entrevista o professor tenha atribuído a si o papel de chamar a atenção dos alunos para aspectos omitidos durante as apresentações, pode-se perceber que, ao longo do processo, em raros momentos foi possível observar este tipo de manifestação. O professor evidencia não levar em conta seu papel como efetivo mediador entre o conteúdo e os alunos. Para ele na relação ensino/aprendizagem sua função mediadora transparece na medida em que impulsiona os alunos para a aprendizagem ou mesmo em seu silêncio tantas vezes presente no decorrer do processo.

CONCEPÇÃO DE CONHECIMENTO

As observações realizadas ao longo do processo ensino-aprendizagem, bem como as entrevistas realizadas com o professor, possibilitaram que se depreendesse como o conhecimento

estava sendo por ele concebido.

Ao estabelecer seus objetivos de ensino o professor enfatizou os aspectos atinentes aos conteúdos químicos a serem trabalhados, não mencionando questões relativas ao processo. Esta manifestação pode estar relacionada à concepção do conhecimento como um conjunto de informações passíveis de serem absorvidas pelos alunos.

Em consonância com esta percepção, em sua ação pedagógica, o professor propiciou espaço para que os alunos lidassem com o conteúdo de maneira livre e independente, enquanto buscou atuar, de forma ativa, apenas durante a resolução de exercícios. Sendo assim, o conjunto de informações que constituem o conhecimento químico, aparece limitado à função de fornecer dados para a resolução de problemas. Aliado a isso, o fato da seleção dos exercícios a serem resolvidos restringir-se àqueles solicitados pelo vestibular, principalmente sob a forma de questões objetivas, contribui para que se configure ser o conhecimento concebido pelo professor como algo imutável, que responde sempre a todos os problemas. Isso também parece evidenciado na desconsideração de aspectos relativos à evolução histórica dos conceitos químicos.

A falta de preocupação com o estabelecimento de relações entre os conceitos evidencia, por sua vez, a concepção do conhecimento como passível de fragmentação e compartimentalização.

De forma articulada com a concepção do conhecimento como algo dado, imutável, passível de ser absorvido, o professor manifesta acreditar que a aprendizagem realiza-se através da "atividade independente" dos alunos sobre o conhecimento químico.

B. IDÉIAS SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO TRABALHADAS PELOS GRUPOS

O processo de ensino investigado envolveu, como descrito anteriormente, a apresentação de nove grupos sobre diversos tópicos relacionados ao conceito de Equilíbrio Químico.

Os três primeiros grupos foram os responsáveis pela apresentação das idéias fundamentais relacionadas a Equilíbrio Químico, sendo a 'introdução ao conceito' apresentada pelo primeiro grupo, a 'constante de equilíbrio' pelo segundo e os 'fatores que influenciam o deslocamento do equilíbrio' apresentado pelo terceiro grupo. Isto significa que os atributos mais importantes do conceito de Equilíbrio Químico foram prioritariamente trabalhados nestes momentos. A partir do quarto grupo foram apresentados outros tópicos diretamente relacionados ao conceito de Equilíbrio Químico, tais como 'ácidos e bases', 'pH' e 'solubilidade'. Porém, ao longo do processo pode-se observar que tais grupos distanciaram-se cada vez mais do conceito central em questão, não evidenciando o estabelecimento de relações entre o tópico apresentado e o conceito de Equilíbrio Químico. Isto pode ser observado ao proceder-se à organização das idéias abordadas por estes grupos em categorias, onde foi possível verificar-se a quase total ausência daquelas relativas a atributos do conceito de Equilíbrio Químico. Além disto, durante as entrevistas realizadas com os alunos envolvendo quase todos os grupos (do grupo 4 ao 9) procurou-se investigar se estes estabeleceram tal relação, apesar de não evidenciarem isto em suas apresentações. Na maior parte dos grupos houve momentos de silêncio após o questionamento sobre a

relação existente entre o tópico apresentado e o conceito em questão. Apenas um aluno conseguiu manifestar-se esboçando uma tentativa de estabelecer a relação no momento mesmo da entrevista.

Desta forma, tendo em vista que a partir do grupo 4 as idéias aparecem bastante desvinculadas do conceito de Equilíbrio Químico em si, optou-se por levar em conta apenas as idéias envolvidas nas apresentações dos três primeiros grupos. Não se deixa, contudo, de considerar que a aprendizagem significativa dos conceitos de ácido e base, pH e solubilidade depende, certamente, da compreensão dos atributos essenciais de Equilíbrio Químico que deveriam ser abordados pelos grupos 1, 2 e 3.

Ao longo do processo ensino-aprendizagem em questão, os alunos lidaram com as informações sobre o conceito de Equilíbrio Químico em três momentos distintos: enquanto selecionavam idéias relevantes durante a elaboração dos trabalhos a serem apresentados; enquanto assistiam as apresentações dos outros grupos. Tais informações puderam ser registradas durante as aulas observadas e através do material distribuído pelo grupos.

Em relação ao momento de elaboração dos trabalhos, não foi possível ter acesso à bibliografia utilizada pelos estudantes visto que, em geral, estes não sabiam precisar os livros consultados. Entretanto, ao que parece, a maioria procurou outros livros de Química para o segundo grau, além daquele adotado pelo professor.

As informações aqui apresentadas foram organizadas, por conseguinte, a partir da transcrição das aulas que envolveram as apresentações dos três primeiros grupos e do material escrito por

eles elaborado.

Procedeu-se, nos dois casos, à extração de núcleos de idéias químicas que foram, subsequentemente, organizadas em torno de dimensões de idéias buscando explicitar aquelas mais contempladas pelos alunos durante o processo. Tais idéias são apresentadas nas Tabelas 1 a 5.

Idéias contempladas pelos alunos

A introdução a Equilíbrio Químico foi feita pelo grupo 1. Segundo a orientação do professor, os alunos deveriam apresentar as idéias fundamentais relacionadas a este conceito.

Durante a apresentação foram abordadas, basicamente, as ideias contidas na Tabela 1 apresentada a seguir.

TABELA 1 : Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas contempladas pelos alunos na apresentação do GRUPO 1

D I M E N S Õ E S	Nº de ocorrência
1. Aspectos gerais do equilíbrio (. equilíbrio está na química)	8
2. Reação química (. numa reação os reagentes se transformam em produtos)	5
3. Reversibilidade (. transformação reversível se processa do reagente para o produto e do produto para o reagente)	5
4. Relação concentração/velocidade de reação (. se as concentrações molares diminuem a velocidade diminui)	4
5. Condições para o estabelecimento do estado de equilíbrio (. só há equilíbrio químico em um recipiente fechado e à temperatura ambiente)	3
6. Aspectos dinâmicos do estado de equilíbrio (. estado dinâmico da reação implica na sua continuidade)	3
7. Concepção estática (. o sistema como um todo permanece parado)	3
8. Representações (. a seta que vai para a direita expressa a reação direta)	3
9. Velocidade da reação química (. a velocidade da reação diminui com o tempo)	2
10. Igualdade (. se partirmos de 10 moléculas de reagente estas serão refeitas pela reação inversa)	1

A Tabela 1 apresenta as dimensões de idéias químicas abordadas pelo grupo 1 e seu número de ocorrência, que está relacionado ao número de proposições nelas agrupadas.

Pode-se observar que houve um maior número de ocorrências das manifestações incluídas na dimensão "aspectos gerais do equilíbrio". Ao que parece, apesar de bastante contemplada, a idéia mais geral de equilíbrio não foi configurada de maneira clara, como pode ser evidenciado pelo episódio apresentado a seguir:

A ... o que é equilíbrio?

A1 É você ficar em pé e não cair.

A2 É! A não ser que alguém vá e te empurre, né?

A Equilíbrio é um estado que umas substâncias... é invariável com o tempo, independente da força que estiver atuando no sistema. Pde ser força interna ou externa. E o equilíbrio está na física, está na química, tá na biologia. Temos equilíbrio mecânico, temos equilíbrio térmico e temos equilíbrio termoquímico...dinâmico, químico e os conceitos... tá tudo na folha, eu não vou falar aqui não.

A idéia de reação química também foi contemplada e apresentou-se relacionada ao conceito de reversibilidade. No momento da apresentação destes conceitos também pode-se perceber a fragilidade no estabelecimento das relações conceituais, tal como expressa a fala do aluno:

A Numa reação os reagentes se transformam em equilíbrio. Essa transformação pode ser completa ou incompleta. Completa quando ela é irreversível e incompleta quando ela é reversível. Irreversível é quando ela vai e volta. Quando ela vai do reagente para o

produto. Reação irreversível é quando se processa nos dois sentidos, que vai do produto para... do reagente para o produto e esse produto para o reagente... esse é o irreversível. Essa reversibilidade é representada ... não...

Houve, no entanto, preocupação com o estabelecimento de relações entre as variações envolvendo concentração de espécies químicas e as velocidades das reações direta e inversa através da análise de gráficos, buscando, desta forma, caracterizar o estado de equilíbrio químico pela igualdade das velocidades. Mais uma vez as relações conceituais careceram de clareza e estabilidade:

A Vai chegar um determinado momento, um determinado tempo, que as velocidades v_1 e v_2 vão entrar em equilíbrio químico...

A caracterização do equilíbrio químico como um estado dinâmico foi feita pela rápida menção que, no nível das moléculas a reação continua.

Foi possível perceber-se uma certa preocupação com o esclarecimento do significado das setas que aparecem na equação que representa a reação química envolvida no processo de estabelecimento da estado de equilíbrio químico.

A grande maioria das proposições relativas à apresentação do grupo 1 contemplou o nível microscópico do conhecimento químico, não incluindo o estabelecimento de relações a nível macroscópico e pouco considerando o nível representacional.

O grupo 2, como seria esperado, deteve-se, primordialmente, nas considerações sobre a constante de equilíbrio, privilegiando, sobretudo, os aspectos relacionados às representações e aos

cálculos matemáticos.

A Tabela 2, apresentada a seguir, relaciona as dimensões abordadas pelos alunos do grupo 2.

TABELA 2 : Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas contempladas pelos alunos na apresentação do GRUPO 2

D I M E N S Õ E S	Nº de ocorrência
1. Representações Matemáticas	9
2. Constante de equilíbrio (.a constante de equilíbrio é a razão entre as duas constantes de velocidade)	6
3. Velocidade da reação química (.a reação inversa tem uma velocidade)	4
4. Reversibilidade (.uma reação reversível acontece nos dois sentidos)	2
5. Rendimento da reação (.quanto menos A + B maior o rendimento)	2
6. Condições para o estabelecimento do estado de equilíbrio químico (.no equilíbrio a velocidade da reação direta é igual à velocidade da reação inversa)	2
7. Grau de equilíbrio (.é representada por alfa)	2

Houve preocupação em deduzir a relação matemática que expressa a proporção entre as concentrações de reagentes e produtos, a partir da igualdade das velocidades das reações direta e inversa.

Os alunos retomaram a idéia de reversibilidade e procuraram estabelecer relações entre o rendimento das reações e o grau de equilíbrio químico.

Além disto, grande parte do tempo de exposição foi dedicado ao estabelecimento de relações matemáticas entre a constante de equilíbrio envolvendo as pressões e aquela envolvendo as concentrações.

Pode-se observar uma grande ênfase aos aspectos matemáticos da constante de equilíbrio, em detrimento de sua caracterização qualitativa, o que ocasionou um grande número de proposições contemplando o nível representacional do conhecimento químico.

Na apresentação do grupo 3 os alunos detiveram-se na consideração dos aspectos relacionados à questão do deslocamento do equilíbrio. Neste sentido, abordaram a influência da modificação das condições a que um sistema está submetido e as alterações sistematizadas pelo princípio de Le Chatelier.

As dimensões contempladas pelos alunos do grupo 3 são apresentadas na Tabela 3, a seguir.

Foi possível observar-se manifestações que evidenciaram distorções conceituais ao longo de toda a apresentação.

Em vários momentos os alunos, e também o professor em um deles, referiram-se ao sistema, demonstrando conceberem-no de forma compartimentalizada:

Prof. Para o outro, né, então o que acontece é isto, se algum fator desequilibra ou os produtos...os reagentes...num sentido da reação(...). Então, toda vez que um dos lados for desequilibrado, a tendência é que equilibre para o outro lado.

A Agora isso também tem o lado oposta não é? Se o fator externo já favorecer os produtos, entendeu, a velocidade da reação...

A(...). Porque a pressão ela é proporcional ao número de moles. Ou seja, o lado que possui um maior número de moles, possui a maior pressão e o lado que possui menor número de moles possui a menor pressão.

TABELA 3: Número de ocorrências das dimensões de idéias químicas contempladas pelos alunos na apresentação do GRUPO 3

D I M E N S Õ E S	Nº de ocorrência
1. Relação variação na concentração/deslocamento do equilíbrio (.se a concentração dos reagentes variar, varia o deslocamento do equilíbrio)	22
2. Relação variação da pressão/deslocamento do equilíbrio (.se a pressão variar, varia o estado de equilíbrio)	11
3. Relação variação da temperatura/deslocamento do equilíbrio (.se a temperatura variar varia o deslocamento do equilíbrio)	10
4. Princípio de Le Chatelier (PLC) (.o deslocamento do equilíbrio é explicado pelo PLC)	10
5. influência do catalisador no estado de equilíbrio (.o catalisador não altera o estado de equilíbrio)	9
6. Compartimentalização de reagentes e produtos (.se favorecer os reagentes aumenta a velocidade dos reagente)	7
7. Relação fatores externos/deslocamento do equilíbrio (.a alteração do equilíbrio é devida a três fatores)	6
8. Relação quantidade\concentração (.se aumentar o reagente a concentração vai variar)	6
9. Entalpia (.a reação é endotérmica quando a entalpia é negativa)	6
10. Condições para o estabelecimento do estado de equilíbrio químico (.a reação atinge o equilíbrio quando as concentrações são constantes)	4
11. Relação fator externo/velocidade da reação (.se acontecer algum fator externo a velocidade da reação direta é diferente da velocidade da reação inversa)	3
12. Igualdade (.o nº de moléculas que passa do Iodo para a solução é igual ao nº de moléculas que passa da solução para o Iodo)	2
13. Concepção estática (.no equilíbrio não altera mais)	2
14. Aspectos dinâmicos do estado de equilíbrio (.no estado de equilíbrio a reação está continuando)	1
15. Outros	27

As setas utilizadas para representar a reversibilidade das reações parecem, para os alunos, sofrer as consequências das mudanças nas condições a que o sistema está submetido:

A (...) Quando tem o equilíbrio a setinha que vai dos reagentes para os produtos é igual a do produto para o reagente, mas como o fator externo vai atuar então, se ele favorecer dos reagentes para o produto a setinha da velocidade dos reagentes, da direita, vai ser maior que a setinha dos fatores... da velocidade indireta. Entenderam?

Em vários momentos os alunos referiram-se ao equilíbrio como sendo "capaz de deslocar-se para a direita ou para a esquerda" evidenciando, como no caso das setas, confusão entre características relacionadas ao fenômeno da reação química e sua representação. No segundo caso, talvez fosse mais adequado lidar-se com "o equilíbrio desloca-se no sentido de formar mais produto (ou mais reagente)".

Não foi possível perceber-se o estabelecimento de relações com os conteúdos abordados pelos grupos anteriores. Por exemplo, as condições para o estabelecimento do estado de equilíbrio aparecem reduzidas à "igualdade de velocidades e concentrações constantes". Além disto não foram tecidas considerações sobre a constante de equilíbrio buscando configurá-la de forma associada às alterações do sistema.

Em relação ao material escrito e entregue pelos alunos de cada grupo, vale ressaltar que estes apresentaram, apenas de forma esquemática, um resumo das idéias trabalhadas pelo grupo. As dimensões por eles abordadas estão apresentadas nas Tabelas 4 e 5 que não incluem o trabalho do grupo 2 (não foi entregue durante a aula).

TABELA 4: Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas apresentadas pelos alunos no material entregue pelo GRUPO 1

D I M E N S Õ E S	Nº de ocorrência
1. Aspectos gerais do equilíbrio (.eq. é um estado de um sistema que é invariável com o tempo)	3
2. Condições para o estabelecimento do estado de equilíbrio químico (.será atingido por todas as reações reversíveis)	3
3. Igualdade (.equilíbrio é igualar o peso na balança)	3
4. Aspectos dinâmicos do equilíbrio (.equilíbrio dinâmico envolve a continuidade da reação no nível microscópico)	1
5. Grau de equilíbrio (.o grau de equilíbrio é uma grandeza para medir o equilíbrio químico)	3
6. Constante de equilíbrio (.A constante de equilíbrio é uma grandeza para medir o equilíbrio químico)	1
7. Aspectos estáticos do equilíbrio	1
8. Reversibilidade	2
9. Velocidade da reação	2
10. Variação das concentrações	2
11. Outros	1

TABELA 5: Número de ocorrência das dimensões de idéias químicas apresentadas pelos alunos no material entregue pelo GRUPO 3

D I M E N S Õ E S	Nº de ocorrência
1. Relação fatores externos/equilíbrio	5
2. Princípio de Le Chatelier	5

O processo ensino-aprendizagem ocorrido em sala de aula envolveu, além da exposição do conteúdo químico, o estabelecimento de interações entre os diversos elementos participantes. A seguir apresenta-se a descrição e análise da qualitativa dessas interações.

C. INTERAÇÕES OCORRIDAS DURANTE O PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM

Segundo Coll (1984), tradicionalmente, psicólogos e pedagogos têm considerado a interação professor aluno como a mais decisiva para se atingir os objetivos educativos, tanto os que se referem à aprendizagem dos conteúdos, como os concernentes ao desenvolvimento cognitivo e social.

Para configurar as interações estabelecidas durante o processo ensino-aprendizagem em questão, vale inicialmente considerar as idéias de Hyman (1974) sobre o ensino e os elementos e relações nele envolvidos.

Segundo este autor, o ensino envolve o professor, o aluno e o conteúdo, constituindo-se em uma tríade dinâmica de elementos. Desta forma, não é possível compreender a natureza do ensino focalizando apenas um ou dois elementos da tríade ou se concebendo o ensino como estático. Deve-se considerar todos os elementos com o objetivo de compreender as interações ocorridas durante o ensino, bem como perceber que estas estão sempre em processo de mudança, e que a interação entre quaisquer dois elementos influencia como cada um dos dois interage com o terceiro.

Nas últimas décadas entretanto, como aponta Coll (1984), têm se conduzido numerosas investigações cujos resultados coincidem em assinalar que as relações entre alunos incidem de forma decisiva sobre aspectos do processo educativo. Entretanto, o impacto da interação com o grupo não é por suposto, constante nem em intensidade nem em sentido. Quer dizer, não basta colocar os alunos uns ao lado dos outros e permitir-lhes que interajam para obter efeitos favoráveis. O elemento decisivo não é a quantidade

de interação, mas sim sua natureza.

Neste sentido, procura-se descrever as interações estabelecidas ao longo do processo ensino-aprendizagem do conceito de Equilíbrio Químico imbricando as seguintes dimensões:

Professor-Aluno

Professor-Conteúdo

Aluno-Aluno

Aluno-Conteúdo

Ao focalizar-se questões relativas aos aspectos envolvidos nas interações ocorridas durante o processo ensino-aprendizagem, cabe ressaltar a carência de teorias que permitam uma sistematização para a análise das informações obtidas.

Por envolverem um processo de natureza essencialmente dinâmica e complexa entre os sujeitos, que não necessariamente corresponde àquilo por eles evidenciado ou passível de observação, não é possível configurar tais interações de forma integral, registrando todas as suas dimensões. Desta forma, não cabe aqui a pretensão de uma análise sistemática das interações ocorridas durante o processo ensino-aprendizagem. Cabe sim, uma descrição que procure contemplar seus aspectos qualitativos tendo em vista o importante papel que desempenham na construção do conhecimento sobre equilíbrio químico pelos alunos.

Pode-se perceber que, ao longo das observações, o professor optou muito mais por uma forma de interação silenciosa do que por interferir ou participar através da fala no decorrer do processo. Isto pode configurar também, contudo, segundo Coll (1985), a concretização da vontade de ensinar, mesmo que fosse através da decisão de não interferir em absoluto no processo.

Os silêncios do professor constituem-se em uma maneira de interagir vez que, desta forma, evidenciam considerar suficientemente adequado o desenrolar do processo ensino-aprendizagem. Assume assim, nessa forma de interação, o sentido do refrão popular "quem cala consente".

Esses momentos de silêncio, observados várias vezes, acabaram por configurar a passividade da mediação do professor entre o conteúdo e os alunos. Isto significa que, em várias oportunidades, o professor não interferiu, por exemplo, buscando atribuir significados pertinentes às idéias distorcidas apresentadas pelos alunos no decorrer das exposições. O episódio abaixo pode explicitar tal situação.

S Equilíbrio é um estado de um sistema se não variar com o tempo dependendo da força ... é... como é que é ? Peraí! Estado de Equilíbrio é um estado que umas substâncias... é invariável com o tempo dependendo da força que estiver atuando no sistema. Pode ser força interna ou externa. E o equilíbrio está na física, está na química, tá na biologia. Temos equilíbrio mecânico, temos equilíbrio térmico e temos equilíbrio termoquímico...dinâmico, químico e os conceitos ... tá tudo na folha, eu não vou falar aqui não. Bom, antes de... agora eu vou falar reação. Uma reação ela se processa... ahm...a reação ...

PROF. Sílvia, você falou que não vai explicar mas eu queria que ficasse claro o que é equilíbrio estático e equilíbrio dinâmico. Você vai falar?

A1 Ela é que vai falar.

PROF. Então tá.

Pode-se depreender que se o professor considera que o aluno é o principal responsável pela aprendizagem, suas intervenções poderiam configurar-se como intenção de transmitir ou ajudar a

construir conhecimentos. Contudo, poderiam configurar-se também, como limitação do espaço de autonomia do aluno, o que, nesse caso, sob o ponto de vista do professor, não seria desejável. Sendo assim, ele opta por interagir silenciosamente e deixar que os alunos conduzam inteiramente o processo, acreditando ser essa sua melhor contribuição para que a aprendizagem "autônoma" se efetive.

Ao longo do processo ensino-aprendizagem em questão, pode-se considerar que a interação professor-conteúdo explicita-se em suas manifestações verbais relativas ao assunto. Tais manifestações ocorreram durante as apresentações dos grupos, bem como nas aulas em que o professor dedicou-se à resolução de exercícios. As interferências do professor em relação ao conteúdo, em geral, tiveram o propósito de organizar a fala do aluno, explicitar conceitos ou significados, regular a linguagem dos alunos ou reforçar manifestações. Em poucos momentos, entretanto, o professor interagiu com o propósito de propiciar esclarecimento efetivo de aspectos conceituais mais gerais ou específicos do conteúdo, restringindo-se apenas a informar ou a responder questões referentes a aspectos casuísticos do conteúdo. Pode-se perceber estas características nos trechos a seguir, extraídos das transcrições das aulas observadas.

A O equilíbrio químico ele só vai haver em recipientes fechados e temperatura constante.

A2 Por que professor?

PROF. Porque se tiver trocas com o meio né, pode alterar. Vocês vão falar depois da temperatura.

A Depois que a reação atinge o equilíbrio ela por si própria pode se desequilibrar?

PROF. Não. Só se tiver alteração nas condições. Pressão, temperatura. Só se tiver uma interferência.

Ao longo do processo observado, as aulas dedicadas à resolução de exercícios pelo professor configuraram-se como momentos de interação mais intensa e evidente do professor com o conteúdo.

Em geral, como se nota na transcrição apresentada no Anexo 9, o professor lida com o conteúdo de forma fragmentada, atendo-se quase exclusivamente aos aspectos essenciais (mínimos necessários) para a resolução matemática dos problemas. Observa-se também que, em alguns momentos, evoca conteúdos anteriores já estudados pelos alunos sem, contudo, facilitar o estabelecimento de relações significativas ou explicitar significados relativos ao tópico em questão. O trecho a seguir exemplifica um destes momentos.

PROF. A primeira questão é: " a amônia é um dos materiais mais importantes da indústria química. É produzido pelo processo de Haber cuja reação é representada pela equação:



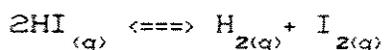
Então é uma reação exotérmica, né? Para aumentar a concentração de amônia no equilíbrio, qualquer das medidas abaixo é adequada (refere-se ao texto do problema). Então vocês sabem que a diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica. Favorece a reação exotérmica no sentido exotérmico aqui, né? O equilíbrio, então, a diminuição de temperatura altera o equilíbrio no sentido exo. Então diminuição da temperatura é... altera o equilíbrio no sentido exo, né... e o aumento de temperatura no sentido endo. Vocês sabem que a injeção de um dos... dos... aqui

no caso os reagentes são todos gases, né, é... de um dos reagentes da reação direta favorece o equilíbrio, né, para o lado da formação dos produtos. Vocês sabem que o aumento de pressão... e isso aí é que eu acho interessante, porque aqui nessa questão...então a questão está falando só disso. Diminuindo a temperatura. Diminuir a temperatura favorece o lado exotérmico. Então tá certo, aumenta a concentração do lado da amônia. adicionar catalisador. Adicionar catalisador não altera o equilíbrio, né? Então seria a resposta errada. É esta. Porque o catalisador, ele apenas faz aumentar a velocidade da reação porque diminui a energia de ativação, né? Vocês sabem disto desde a termoquímica, né? Olha aqui gente, não existe maneira de aumentar a velocidade da reação só direta, ou só inversa, né, com o catalisador, o que ele faz é o aumento da velocidade como um todo, tanto da direta como da inversa. Só que o catalisador não altera o equilíbrio (...)

O professor lida com o conteúdo envolvido nos exercícios de forma mecânica reduzindo sua resolução à aplicação de fórmulas, que ele traduz enquanto escreve na lousa os passos a serem seguidos, ou quando do estabelecimento de procedimentos padrão a serem utilizados pelos alunos. A análise da resolução do exercício a seguir, feita pelo professor em sala de aula, demonstra claramente o que se quer enfatizar:

EXERCÍCIO PROPOSTO

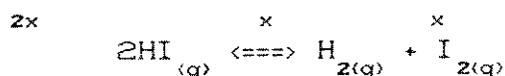
"Introduziu-se em um balão uma certa quantidade de HI, aquecendo-se até 425 graus centígrados e mantendo-se esta temperatura até atingir o equilíbrio descrito pela equação:



Sabendo-se que a concentração de HI no balão, quando a reação atinge o equilíbrio, é 0,0353 mol/l e que a constante de equilíbrio desta reação, a 425 graus centígrados, é 54,6, calcule as concentrações de equilíbrio dos outros gases”.

RESOLUCAO FEITA PELO PROFESSOR

PROF. Esse já foi feito ontem, tá? Página 136, número 3. Quem tiver dúvida aí. Inicialmente só possuía HI, né. O H₂ ... sabendo que a concentração de HI, quando a reação atingir o equilíbrio é 0,03 mol e que a constante de equilíbrio dessa reação é 54,6, calcule as concentrações dos outros. Então eu tenho o HI no equilíbrio. Tenho inicialmente. Bom, a reação



E no equilíbrio eu vou ter a quantidade que eu sei que reagiu menos 2x. Essa aqui eu já tenho, essa concentração já é dada, né, é 0,0353. Foi dada. A quantidade que eu tinha inicial eu não sei qual é, e não interessa também, então fica zero e zero.

	Quant. inicial	0	0	
	2x	x	x	
reacao	2x	x	x	
no eq.	0,0353	x	x	

(alguns alunos resolvem o exercício individualmente)

Então no equilíbrio eu tenho 0,0353 e a concentração do H₂ e I₂ continua x e x. Então no equilíbrio nós vamos ter isso, x e x. Bom, constante de equilíbrio é igual

$$K_{eq} = \frac{[\text{H}_2] [\text{I}_2]}{[\text{HI}]^2}$$

Então nós vamos ter... eu tenho a [HI] e tenho o valor do Kc, não é? Então eu vou achar... aqui eu posso substituir por n, né, então

eu tenho $K_c = \frac{x^2}{[HI]^2}$ então, $x^2 = K_c [HI]^2$.

K_c é quanto \approx $E HI \approx x = 54,6 (0,0353)$. Então o valor de x é o valor da concentração do H_2 e do I_2 .

A escolha dos exercícios a serem trabalhados pelos alunos é feita em função daqueles mais solicitados pelas provas do vestibular e não por oferecerem aos alunos oportunidades de lidar com os atributos básicos necessários à compreensão do conceito de Equilíbrio Químico.

PROF. Bom, a maioria dos exercícios do livro, de equilíbrio... de vestibular, né, envolve ou as alterações de equilíbrio em função da pressão etc. ou então envolve os conceitos de pH (...)

Isto explica porque os alunos resolveram, basicamente, exercícios envolvendo a aplicação do Princípio de Le Chatelier e do conceito de pH.

A ênfase na resolução de problemas de vestibular parece ser tão grande que o professor chega a afirmar em determinado momento das aulas:

PROF. Ó gente, é interessante que a gente pode misturar os problemas das soluções porque a gente pode colocar ácido e base para reagir e ver o pH final (...)

Desta forma, ao que parece, o conteúdo de Equilíbrio Químico constitui-se, para o professor, apenas um meio para atingir o

objetivo principal a que se propõe: a resolução de exercícios do vestibular. Isto pode ser depreendido tanto por sua opção de pouco interferir ao longo dos momentos em que se lida com os atributos básicos que permitiriam a compreensão do conceito em si, quanto por sua participação, quase onipresente, durante a resolução de exercícios. Pode-se inferir que, para ele, são importantes apenas aqueles aspectos do conteúdo que permitam estabelecer as relações necessárias e suficientes para levar à resposta correta ao problema em questão e, assim, ele organiza sua ação pedagógica no que concerne à sua interação com o conteúdo.

Durante as entrevistas realizadas comos grupos de alunos, esteve presente a preocupação de buscar saber a maneira pela qual os trabalhos a serem apresentados foram elaborados. Neste sentido os alunos manifestaram que o momento de elaboração dos trabalhos constituiu um espaço para a troca de informações e experiências com seus pares. Entretanto, não é possível ter-se explicitas tais interações vez que não se estabeleceram no contexto da sala de aula.™ Desta forma, trata-se aqui de buscar a configuração das interações ocorridas em sala de aula no momento das apresentações dos trabalhos e durante a resolução de exercícios por um grupo de alunos. Pretende-se explicitar as falas dos alunos, buscando depreender seu conteúdo e suas funções no momento das interações, que se deram com o objetivo de compreender e analisar a sua natureza e qualidade.

No curso das apresentações dos trabalhos em sala de aula, a interação entre os alunos se fez presente de forma explícita em suas falas. Assim, a configuração de tais momentos pode ser

estabelecida em função dos propósitos dessas falas nas interações aluno-aluno. Na transcrição das aulas referentes às apresentações dos grupos (Anexos 7, 8 e 9) é possível observar tais momentos, nos quais foi possível considerar-se como explícitas alguns tipos de interação entre os alunos.

Nas aulas reservadas à resolução de exercícios em sala de aula pelos alunos, procedeu-se à gravação das manifestações de um grupo, enquanto os alunos procuravam resolver um problema do livro texto indicado pelo professor. Solicitou-se ao grupo que resolvesse a questão proposta indicando, verbalmente, o caminho percorrido.

Pode-se observar que a interação entre os alunos se estabeleceu, no sentido de trocar informações que permitissem a emergência de procedimentos que levassem à resolução do problema.

Uma análise preliminar das dimensões envolvidas nas interações aluno-aluno, ao longo do processo ensino-aprendizagem sob enfoque, permite depreender que os alunos assumem papéis diferentes conforme estejam conduzindo o processo ou não.

Em relação aos alunos que conduziram as apresentações, observa-se que a interação com os colegas se evidenciou mais intensamente nos momentos em que:

- * Buscavam explicitar ou explicar o conteúdo;
- * Checavam a compreensão;
- * Tentavam operacionalizar com exemplos;
- * Faziam perguntas buscando relacionar idéias;
- * Expunham simplesmente.

Considerando-se a perspectiva dos outros alunos envolvidos no processo, o estabelecimento de interação foi mais intenso quando:

- * Expressavam suas concepções;
- * Assentiam para continuação;
- * Respondiam às perguntas;
- * Apresentavam dúvidas.

Parece que os alunos, enquanto apresentavam o conteúdo, agiam do modo como seu professor, supostamente, agiria. As interações advindas dessa busca de semelhança carecem de espontaneidade apresentando-se com um certo tom de dramatização. O planejamento, segundo um estereótipo de professor, levou muitas vezes ao embaraçamento dos alunos, vez que não atuaram seguindo seus próprios esquemas. Além disto, tais momentos caracterizaram-se por envolver a participação de duas ou três pessoas em um tipo de "fala marcada".

Em alguns momentos, entretanto, quando a atuação não parece ser planejada, observa-se uma movimentação interativa mais espontânea, mais envolvente, mais dinâmica, com a participação de um grupo maior. Isto pode ser constatado em alguns momentos das apresentações e na resolução de exercícios em grupo. Ai os alunos se expõem mais e chegam a solicitar a intervenção de colegas que julgam mais capazes.

Por se apresentarem artificiosas, as interações não evidenciaram o uso de raciocínios ou a manifestação de pensamento por parte dos alunos envolvidos. Observou-se sim, um baixo nível de solicitações cognitivas. Há uma preocupação que se situa no nível de articulação para a resolução mecânica de problemas, não havendo, porém, o estabelecimento de relações ideacionais. Parece estabelecer-se um pacto "você finge que ensina que eu finjo que aprendo", advindo da cumplicidade e conivência estabelecida entre

os alunos.

Nas interações entre alunos, vale destacar alguns aspectos relacionados mais claramente ao conteúdo em questão. Essas interações aluno- conteúdo ocorreram de forma mais explícita nas exposições de tópicos específicos de conteúdo pelos grupos. Tais interações estabeleceram-se ainda no momento em que se mobilizaram para a resolução de exercícios. Sendo assim, busca-se aqui destacar o sentido destas interações nos momentos citados.

Pela observação dos alunos enquanto engajados na resolução de exercícios pode-se observar que, em geral, houve uma redução das operações cognitivas àquelas que envolveram o estabelecimento de relações matemáticas, com o objetivo de encontrar uma "fórmula" que resolvesse o problema em questão. Os alunos evidenciaram não trabalhar no nível conceitual e não buscar compreender o conceito em si, mas traduzir ou relacionar idéias químicas que permitissem a formulação matemática, buscando elementos que auxiliassem na definição do cálculo a ser efetuado. Ou seja, restringiram-se à mera manipulação mecânica dos dados numéricos envolvidos nos problemas.

Não se pode deixar de ressaltar que os exercícios propostos pelo professor para serem resolvidos solicitaram que os alunos invocassem relações matemáticas para sua resolução. Entretanto procurou-se interferir no grupo, buscando a explicitação de significados dessas relações por parte dos alunos. Nesses momentos, como pode-se notar no trecho descrito a seguir, os alunos não evidenciaram a capacidade de ir além, estabelecendo relações de significado com os valores numéricos obtidos na

resolução do problema.

OBS. O exercício pede para vocês calcularem... o valor numérico para a constante de equilíbrio. Quanto é que vocês encontraram?
I Um molar.

OBS. Um molar... o que é que significa isso? (silêncio e risos)

OBS. Vocês encontraram um certinho?

I Um certinho. (silêncio)

OBS. Se por exemplo vocês tivessem encontrado um valor menor que um, o que é que significaria?

I Eu acho que a constante de equilíbrio é um número que vai multiplicar por toda essa reação, que vai continuar deixando constante. Como a gente pode ver aqui que o produto foi constante, a concentração molar dele.

A configuração das condições propiciadas pelo ensino para a construção do conceito de Equilíbrio Químico pelos alunos suscita que sejam feitas algumas considerações, tendo em vista o que pode ser observado.

O objetivo do ensino deste tópico reduziu-se ao de propiciar aos alunos condições para que estivessem, ao final do processo, aptos a resolver questões propostas pelo vestibular. Demonstrando coerência com tal objetivo, foram propostas atividades relacionadas à sua consecução.

Foi possível constatar-se também certa coerência entre as concepções de ensino, aprendizagem e conhecimento trazidas pelo professor, e sua prática pedagógica, evidenciada pela opção por uma abordagem que manifestou a fragmentação usual do conteúdo no tratamento escolar, desconsiderando ainda sua articulação com o processo.

A observação do Quadro 1, apresentado no início do capítulo,

permite a constatação do nível a que chegou a fragmentação tendo em vista o conteúdo trabalhado por cada aluno. Certamente, esta falta de articulação entre os diversos conceitos contribuiu sobremaneira para que o processo de aprendizagem evidenciasse dimensões mecânicas.

A mecanização das informações pode ser evidenciada ao longo das apresentações, pelo tom "verbatim" das exposições, impossível de ser captado através das transcrições das aulas ou das tabelas apresentadas no texto, porém, evidente para quem observasse as aulas ou escutasse as gravações. As distorções conceituais observadas também durante as apresentações reiteram a fragilidade das relações conceituais estabelecidas.

A baixa qualidade das interações, em termos de solicitações cognitivas, pouco propiciaram a troca de informações, o estabelecimento ou a resolução de conflitos cognitivos.

Nesse sentido, pareceu notória a despreocupação com o processo restringindo-a apenas ao nível meramente instrucional. Até mesmo as experiências evocadas pelos alunos situam-se nesse nível. Satisfaz ao aluno ter uma resposta, mesmo que esta só possa ser útil em uma determinada situação específica ou alguma outra bem semelhante.

As interações estabelecem-se, fala-se sobre equilíbrio químico. Mas o que isto resulta em termos do conhecimento construído pelos alunos?

CAPÍTULO V

CARACTERIZAÇÃO DAS CONCEPÇÕES PRODUZIDAS PELOS ALUNOS SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A desejável compreensão do conceito de Equilíbrio Químico pelos alunos constituiu um objetivo declarado do professor, como se pode perceber nos trechos a seguir, extraídos de uma das entrevistas:

"...eu espero que eles tenham um domínio bom, um domínio razoável do conteúdo. Que eles saibam os conceitos, dominem os conceitos, que eles saibam aplicar as leis que eles vão estudar, a Lei de Le Chatelier...que eles saibam ... resolver alguns problemas onde haja aplicação desses conceitos... agora, no final de tudo, eu espero que eles dominem os conceitos para fazer prova de vestibular."

Ao longo do processo ensino aprendizagem em questão, várias atividades foram propostas aos alunos com o objetivo de explicitar sua compreensão em relação ao conceito de Equilíbrio, Equilíbrio Químico e Constante de Equilíbrio. As informações obtidas através dos instrumentos utilizados foram organizadas a partir das manifestações dos alunos sobre esses conceitos.

A primeira etapa da organização dos dados de aprendizagem envolveu a análise proposicional das entrevistas e atividades escritas, bem como o agrupamento de tais proposições em conjuntos mais amplos, incluindo as várias manifestações referentes a uma mesma idéia.

Na organização das concepções manifestas nas atividades envolvendo desenhos buscou-se, em um primeiro momento, apreender

os significados químicos ali evidenciados, transformando-os em proposições contendo idéias químicas, que foram posteriormente agrupadas segundo um procedimento análogo ao utilizado para as entrevistas e atividades escritas.

CONCEPÇÕES DOS ALUNOS

CONCEPÇÕES SOBRE EQUILÍBRIO

Na escola, o ensino do conceito de Equilíbrio Químico está restrito apenas à disciplina de Química. Entretanto, quando este conceito é introduzido em sala de aula, os estudantes já trazem consigo concepções sobre o conceito de Equilíbrio, o que pode ocasionar dificuldades na aprendizagem do conceito científico de Equilíbrio Químico.

As idéias dos estudantes sobre o conceito de Equilíbrio foram exploradas, principalmente, durante as entrevistas em grupo e são apresentadas na Tabela 6.

TABELA 6 - PERCENTAGEM DE MANIFESTAÇÕES EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO EXPRESSAS PELOS ALUNOS NAS ENTREVISTAS EM GRUPO

DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO	Porcentagem de manifestações
Igualdade	63,0
Ausência de modificações	9,0
Proporção	2,0
Outros	4,0

Em geral pode-se perceber uma maior associação do conceito de Equilíbrio (63% do total de manifestações) à idéia de 'igualdade'. Ao se manifestarem neste sentido, alguns alunos evocam a balança que se equilibra a partir do momento que seus pratos contenham

massas iguais. A igualdade de quantidades, é outro aspecto abordado pelos alunos. Essa concepção foi detectada no trabalho realizado por Maskill (1989). Utilizando testes de associações de palavras o autor observou que a maior parte das respostas relacionadas à palavra estímulo "equilíbrio" poderia ser incluída nas categorias denominadas pelo autor "Balance" e "Dynamic". À idéia de "Balance" foram atribuídos significados de natureza estática.

As manifestações relacionadas à idéia de ausência de modificações evidenciam que alguns alunos tendem a conceber o equilíbrio como um estado no qual nada ocorre. Ou seja, aparece aqui a concepção de Equilíbrio limitada, no sentido em que corresponde apenas ao "equilíbrio estático", isto é, um conceito subordinado ao conceito mais geral de equilíbrio que é abstraído do conhecimento relativo a "equilíbrio dinâmico" (GORODETSKY & GUSSARSKY, 1987).

A noção de proporção foi evocada em apenas 2% das manifestações evidenciando, assim, ser pouco relevada pelos alunos.

Ao que parece os estudantes possuem seus próprios conceitos de equilíbrio, advindos de experiências com algumas situações tais como andar de bicicleta, observar uma balança ou ainda de estudos formais envolvendo tal conceito que têm lugar, sobretudo, na disciplina de Física. Tais idéias, de natureza macroscópica e sensorial, apresentam-se associáveis a apenas o mundo cotidiano concreto e não ao abstrato. Em consonância com essas experiências, as concepções de equilíbrio aparecem associadas à idéia de igualdade, apresentando também dimensões relacionadas à características estáticas que envolvem estes tipos de equilíbrio.

CONCEPÇÕES SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO

A construção do conceito de Equilíbrio Químico envolve o estabelecimento de relações entre seus atributos essenciais, de forma a propiciar apreensão de seu significado pelo aluno.

Ao longo da investigação algumas atividades (descritas no Capítulo II) foram propostas aos alunos com o objetivo de evidenciar, de maneira geral, que idéias eram associadas ao conceito de Equilíbrio Químico. Apresentam-se nas Tabelas 7, 8, 9, 10 e 11 as concepções sobre o estado de equilíbrio químico expressas pelos alunos durante as entrevistas, individuais e em grupo, na atividade escrita e nas atividades envolvendo a elaboração de desenhos.

TABELA 7 - PERCENTAGEM DE MANIFESTAÇÕES EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO EXPRESSAS PELOS ALUNOS NAS ENTREVISTAS EM GRUPO

DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO	Porcentagem de manifestações(n=119)
Ausência de alterações	26,0
Continuidade das transformações	11,0
Alterações devido a forças externas	10,0
Igualdade	10,0
Produtos e reagentes com concentração constantes	7,6
Reversibilidade	6,7
Existência de reagentes	6,0
Ausência de reagentes	3,4
Igualdade das velocidades das reações direta e inversa	3,4
Dinâmico	2,5
Coexistência de reagentes e produtos	1,7
Outros	12,0

As idéias associadas ao conceito de Equilíbrio Químico aparecem, segundo a Tabela 7, de forma heterogênea, podendo-se verificar que não há apenas um ou dois aspectos privilegiados pela maioria dos alunos nas entrevistas em grupo.

Entretanto, a "ausência de alterações" suscitou um maior número de manifestações (26%), em contraposição à concepção que considera haver uma "continuidade das transformações" (11%) no estado de equilíbrio químico.

A dimensão "ausência de alterações", que associa ao estado de equilíbrio características estáticas, refere-se, principalmente, ao fato da reação, para alguns alunos, deixar de ocorrer, mas envolve também manifestações genéricas como "no equilíbrio já acabou tudo".

As manifestações relativas a "alterações devido a fatores externos" incluem aquelas que envolvem o Princípio de Le Chatelier como, por exemplo, "o equilíbrio é alterado pelo aumento da pressão", ou ainda "se adicionar reagente vai mais para a direita produzindo mais produto".

Parece ainda estar presente uma sobreposição de conceitos relacionada às quantidades ou concentrações de reagentes e produtos que oscila, na concepção dos alunos, entre ser "constante" e "igual".

A reversibilidade é considerada condição para que uma reação atinja o estado de equilíbrio químico. Foram agrupadas nessa dimensão expressões como: "no equilíbrio a reação pode ser reversível".

As dimensões relativas à ausência e existência de reagentes relacionam-se à concepção da coexistência de reagentes e produtos no estado de equilíbrio sendo consideradas manifestações tais como

"no equilíbrio não tem reagente" ou "no equilíbrio pode existir reagentes".

Apesar de constituírem-se atributos essenciais do conceito de Equilíbrio Químico, o dinamismo, a coexistência de reagentes e produtos e a igualdade das velocidades das reações direta e inversa aparecem dispersas em poucas manifestações.

A concepção de igualdade relaciona-se, muitas vezes, à percepção por parte do aluno de que "algo" no equilíbrio químico é 'igual'. Isso pode ser observado nas seguintes manifestações: "o equilíbrio químico é quando se iguala as forças"; "no equilíbrio tem que estar de igual para igual" .

Na dimensão "outros" estão agrupadas manifestações de caráter geral e com frequência unitária. Nesse grupo encontram-se, dentre outras, as expressões apresentadas a seguir, que, apesar de incluírem-se nessa dimensão, merecem consideração por informarem outras associações feitas pelos estudantes.

"Equilíbrio Químico é tipo um gráfico"

"No equilíbrio precisam haver substâncias afins para que forme outras substâncias que se anulem"

"No equilíbrio a quantidade de substâncias é macroscópica"

"No equilíbrio a setinha do produto e do reagente são do mesmo tamanho"

Em relação à Tabela 8, pode-se observar que uma maior percentagem de manifestações evidencia que os alunos concebem o estado de equilíbrio químico, atribuindo a ele características estáticas. Tais manifestações incluem a concepção de que no equilíbrio a reação não acontece mais .

TABELA 8 - PERCENTAGEM DE MANIFESTAÇÕES EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO EXPRESSAS PELOS ALUNOS NAS ENTREVISTAS INDIVIDUAIS

DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO	Percentagem de manifestações(n=24)
Ausência de alterações	33,0
Igualdade das velocidades das reações	17,0
Ausência de reagentes	13,0
Reversibilidade das reações	8,0
Igualdade	8,0
Outros	21,0

Algumas manifestações ressaltam a igualdade das velocidades das reações direta e inversa como característica de um sistema em equilíbrio, evidenciando o estabelecimento de relações pertinentes na construção do conceito de equilíbrio químico. Entretanto, uma investigação no sentido de buscar saber que significados os alunos atribuíam a este atributo do conceito, revelou as dimensões mecânicas da aprendizagem. Os trechos apresentados em seguida exemplificam o que se pretende explicitar e foram extraídos das transcrições das entrevistas individuais de dois alunos. As letras E e A indicam, respectivamente o Entrevistador e o Aluno.

ALUNO 1

- E O que é necessário para uma reação atingir o equilíbrio?
- A É...que a velocidade da reação direta seja igual à velocidade da reação inversa.
- E E como é que você sabe que a velocidade é igual?
- A É...como é que se fala? Acho que a partir do momento que... as concentrações... dos reagentes e dos produtos se mantêm constantes.
- E Hum...como é que eu posso medir a concentração? Você tem idéia?
- A (silêncio) No caso acho que pode medir a concentração assim pela... pelo número de moles...é...naquele volume.
- E E como é que eu posso contar o número de moles?
- A É...ai, ai, ai...é...(silêncio)
- E Eu vou lá e conto?...
- A Não.
- E Não tem jeito? Por quê?
- A É difícil né. Porque vai misturar. Não tem jeito de chegar lá.

- E Então como é que eu sei que está em equilíbrio?
 A (silêncio) Oh, eu pensei o seguinte, a gente vai colocar uma quantidade para começar. Quantas gramas de NO_2 . Ai vai dar é... tantos gramas de CO_2 e NO_2 . Eu acho assim, de antes, né.

ALUNO 2

- E A gente fala que (no equilíbrio) as velocidades são iguais. Mas como é que a gente sabe que a velocidade é igual?
 A Não sei responder...
 E Você pode enxergar?
 A Não.

Nas manifestações dos alunos durante as entrevistas evidencia-se que a absorção das informações sobre o conceito de Equilíbrio Químico se deu de forma fragmentada, propiciando fragilidade nas fragilidade das relações por eles estabelecidas e a ausência da atribuição de significados ao que consideram características do estado de equilíbrio químico.

A Tabela 9, de maneira análoga às Tabelas 7 e 8, coloca a ausência de alterações como a característica mais destacada pelos alunos na atividade escrita.

TABELA 9 - PERCENTAGEM DE MANIFESTAÇÕES EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO SOBRE EQUILÍBRIO QUÍMICO EXPRESSAS PELOS ALUNOS NA ATIVIDADE ESCRITA

BIMENSÕES DE CONCEPÇÃO	Percentagem de manifestações(n=40)
Ausência de alterações	30,0
Igualdade	15,0
Implica em transformação constante	12,5
Concentração constante para produtos e reagentes	10,0
Acertar os coeficientes da equação	7,5
Outros	25,0

A questão das quantidades ou concentrações serem constantes ou iguais aparece mais uma vez. Pode-se perceber ainda a manifestação da confusão do conceito de equilíbrio químico com a operação de acertar os coeficientes estequiométricos das equações

químicas. Vale ressaltar que é comum a referência ao balanceamento das equações como: " vamos equilibrar essa equação...", possibilitando, assim, que se tome uma idéia pela outra.

As concepções sobre o estado de equilíbrio químico reveladas nos desenhos elaborados pelos alunos são apresentadas nas Tabelas 10 e 11.

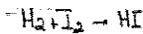
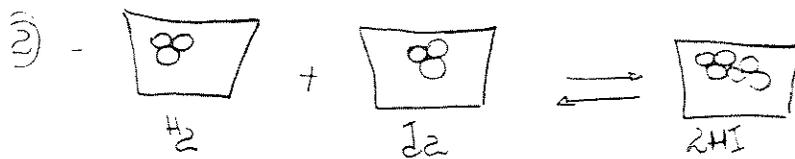
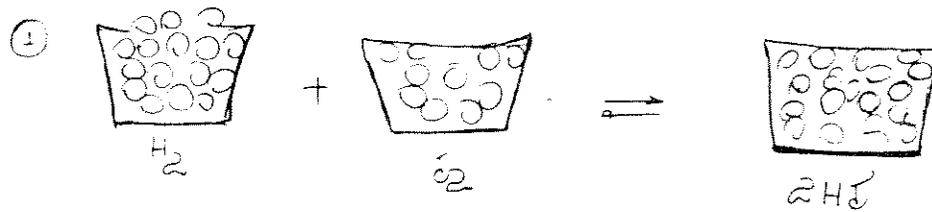
TABELA 10 - REPRESENTAÇÕES DO ESTADO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO FEITAS PELOS ALUNOS NA PRIMEIRA ATIVIDADE ENVOLVENDO DESENHOS

Representações para o estado de equilíbrio	Porcentagem em relação ao número total de desenhos(n=35)
Somente produtos	50,0
Forma análoga à equação química	50,0
Reagentes e produtos	37,0
Espécies químicas em recipientes separados	34,0
Concepção de igualdade	8,0

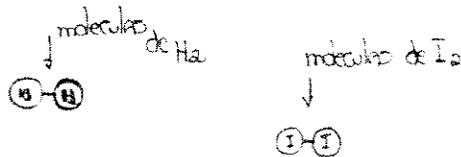
TABELA 11 - REPRESENTAÇÕES DO ESTADO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO FEITAS PELOS ALUNOS NA SEGUNDA ATIVIDADE ENVOLVENDO DESENHOS

Representações para o estado de equilíbrio	Porcentagem em relação ao número total de desenhos(n=35)
Forma análoga à equação química	49,0
Espécies químicas em recipientes separados	40,0
Somente produtos	37,0
Reagentes e produtos	29,0
Concepção de igualdade	17,0

A análise das Tabelas 10 e 11 evidencia que, ao representarem o estado de equilíbrio químico através de desenhos, os alunos tenderam a utilizar formas análogas às das equações químicas. Os desenhos apresentados a seguir exemplificam bem o que se quer apontar.



Nessa reação podemos considerar o equilíbrio químico em 2 etapas. (início e fim). Se podemos ver o equilíbrio.



Gerat.

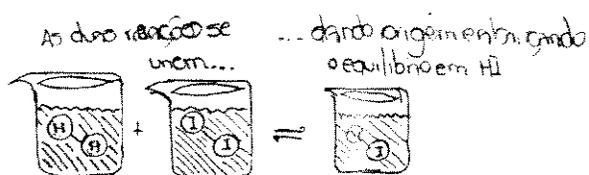
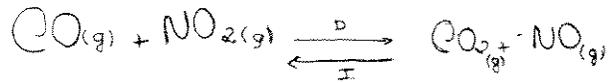


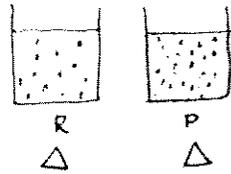
FIGURA 1: ALGUMAS REPRESENTAÇÕES PARA O ESTADO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO ASSOCIADAS A FORMA DA EQUAÇÃO QUÍMICA

Parece que os alunos tendem a sobrepor os conceitos de reação química e equação química. Ou seja, são levados a tomar o fenômeno por sua representação. Tal resultado não parece surpreendente se o processo de ensino ocorrido for considerado e submetido a uma análise mais detida. A grande ênfase dada ao nível representacional, na organização e apresentação dos tópicos do conteúdo, repercutiu nitidamente na construção do conceito de Equilíbrio Químico pelos alunos. Ao longo do processo de ensino, não foi possível observar-se uma abordagem de conteúdos que levasse em conta seus aspectos macroscópicos. O mesmo se deu em relação à articulação entre os níveis macroscópico, microscópico e representacional, o que seria imprescindível para a discriminação entre o fenômeno da reação química, suas possíveis explicações no nível das partículas e sua representação escrita. Vale aqui comentar que, para os alunos, esse trânsito entre os três níveis não é fácil de ser feito e exige conhecimentos que vão muito além da simples reprodução de conteúdos. Portanto, não seria difícil prever que em suas apresentações tal aspecto não fosse considerado. Caberia sim, ao professor, buscar interferir no sentido de explicitar a articulação e promover atividades que facilitassem a atribuição de significado aos conteúdos em questão.

A representação do estado de equilíbrio, feita pelos alunos, de forma análoga à da equação química, na maioria dos casos, propiciou espaço para a consideração de que as espécies químicas se encontrariam em recipientes separados. Entretanto, alguns alunos concebem reagentes e produtos compartimentalizados sem, contudo, aproximar seu desenho ao de uma equação química. A seguir são apresentados exemplos das representações feitas pelos alunos, onde revela-se tal concepção.

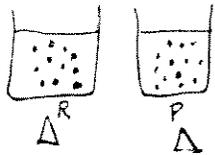


1)

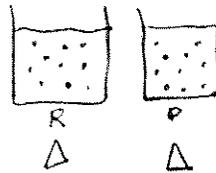


A velocidade do reagente é mais lento do que a do produto Mas com forças externas

2)

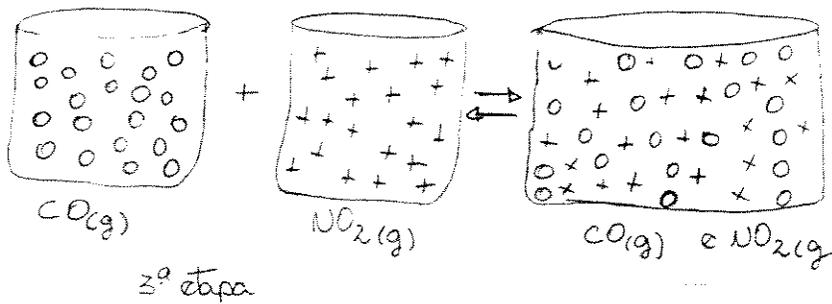


3)

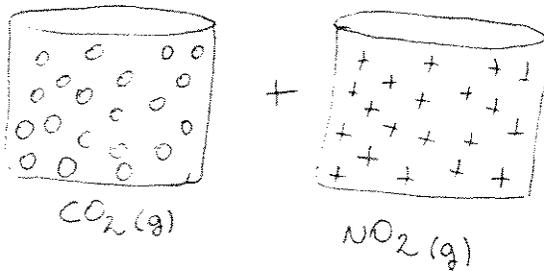


1º etapa

2º etapa



3º etapa



1º etapa → Um recipiente contendo CO(g) e outro contendo $\text{NO}_2\text{(g)}$

2º etapa → Um recipiente contendo os 2 elementos (mistura)

3º etapa → os 2 elementos separados (produção de $\text{CO}_2\text{(g)}$)

FIGURA 2: ALGUMAS REPRESENTAÇÕES PARA O ESTADO DE EQUILÍBRIO EVIDENCIANDO A CONCEPÇÃO DE COMPARTIMENTALIZAÇÃO DE REAGENTES E PRODUTOS

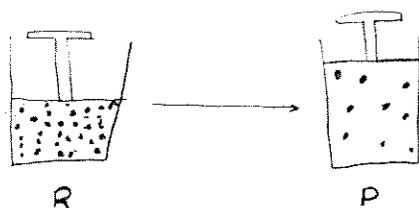
Johnstone (1977) analisando testes aplicados a 255 alunos escoceses, encontrou a visualização de sistemas em equilíbrio como dois sistemas separados. O autor atribui a origem de tal concepção à abordagem usualmente encontrada nos materiais instrucionais utilizados para trabalhar o conceito de equilíbrio químico, que levariam os alunos a adquirirem essa visão compartimentalizada dos sistemas em equilíbrio. Segundo o autor, os alunos trazem consigo o conceito de equilíbrio derivado de experiências mecânicas e físicas nas quais os sistemas, em geral, constituem-se de dois compartimentos. Além disso, a ênfase ao uso das equações químicas, tendo a dupla seta separando reagentes dos produtos, bem como dos diagramas de energia, podem também contribuir para que os alunos adotem a visão compartimentalizada do sistema em equilíbrio químico.

Uma investigação realizada em Israel por Gorodetsky e Gussarsky (1987) também evidenciou essa distorção conceitual em alunos de cursos avançados de Química.

Hackerman (1946) aponta que tal distorção conceitual resulta da consideração das espécies químicas nos dois lados da dupla seta, na representação da reação química, como entidades separadas. Segundo o autor, conceber dessa forma os sistemas em equilíbrio pode levar os alunos a pensar que:

- * é possível alterar a concentração só dos reagentes ou só dos produtos;
- * as colisões têm lugar apenas entre os reagentes ou entre os produtos;
- * é possível aplicar pressão ou calor a apenas um dos "lados" do equilíbrio.

Pode-se observar claramente a última consideração do autor em um desenho feito por um dos alunos envolvidos na investigação.

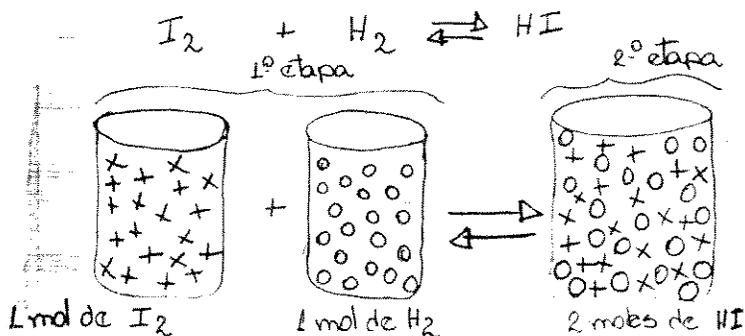


Um sistema está pressionando as moléculas dos reagentes, então vai haver mais de colisão, entre as moléculas, consequentemente a velocidade da reação direta vai ser maior.

FIGURA 3: REPRESENTAÇÃO DO ESTADO DE EQUILÍBRIO EVIDENCIANDO A CONCEPÇÃO DE COMPARTIMENTALIZAÇÃO FEITA POR UM ALUNO.

Cerca de 50% dos alunos, na primeira tarefa envolvendo desenhos, e 37% na segunda, representaram o estado de equilíbrio registrando apenas a presença dos produtos da reação (CO_2 e NO).

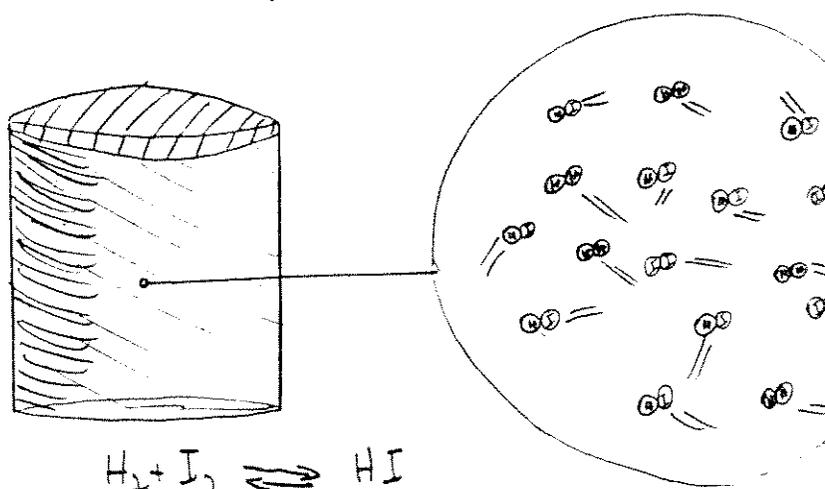
FIGURA 4: REPRESENTAÇÃO PARA O ESTADO DE EQUILÍBRIO FEITA POR UM ALUNO REGISTRANDO APENAS A PRESENÇA DOS PRODUTOS



Tal distorção conceitual pode ser atribuída, dentre outros fatores, a não estabilidade do conceito de reversibilidade, à falta de ênfase aos aspectos dinâmicos do equilíbrio químico e à falta do estabelecimento de relações entre eles.

A presença de reagentes e produtos foi registrada nos desenhos (37% na primeira atividade e 29% na segunda), como pode-se observar nas Tabelas 9 e 10, e nesse caso estão incluídas representações bastante adequadas para o estado de equilíbrio como a apresentada na Figura 5.

FIGURA 5: REPRESENTAÇÃO
PARA O ESTADO DE EQUILÍBRIO
QUÍMICO

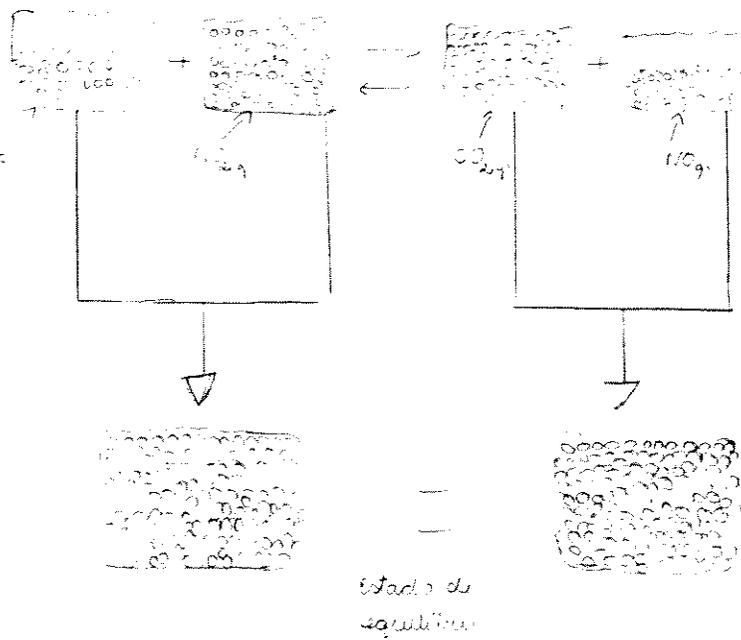


A concepção de igualdade , também revelada nas atividades anteriormente apresentadas, aparece registrada nos desenhos, como pode ser observado na Figura 6.

Muitos desenhos foram acompanhados de explicações escritas que explicitavam, ainda mais, as concepções dos alunos. A manifestação apresentada a seguir exemplifica, mais uma vez, que os alunos têm idéia de que "algo" no estado de equilíbrio químico é "igual".

"A reação está em equilíbrio, ou seja, a velocidade, ou pressão, ou temperatura ou concentração estão iguais".

Em geral, pode-se observar que os alunos associam ao estado de equilíbrio a idéia da ausência de alterações. Tal concepção parece estar mais relacionada, pelo menos, a dois aspectos. Em primeiro lugar, pode-se apontar a característica, destacada durante o processo de ensino, relacionada à constância do sistema no nível macroscópico. Os alunos parecem não atribuir significados a este atributo, como pode-se perceber no trecho da entrevista de um dos alunos, apresentado a seguir:



esta reação está em equilíbrio
 tanto no início como no final tem o mesmo e mesmo
 número de substâncias.

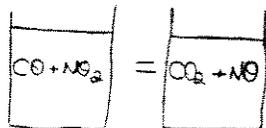


FIGURA 6: REPRESENTAÇÕES PARA O ESTADO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO EVIDENCIANDO A CONCEPÇÃO DE IGUALDADE

E - E o que é preciso para atingir o equilíbrio ?

A - Ser a ... reação ser reversa e ... macroscopicamente não se transformar mais porque...

E - Suponhamos que sejam todos gases incolores, como é que eu vou saber que não está mais havendo modificações ?

A - (Silêncio).

E - Como é que eu poderia saber ?

A - (Silêncio) Não sei !

E - Não tem nenhuma idéia ?

A - Não.

Em segundo lugar, vale mencionar a concepção de que, no estado de equilíbrio, cessa a ocorrência de reação. Essa concepção parece estar relacionada ao fato de os alunos acreditarem que apenas os produtos estejam presentes no equilíbrio.

Alguns alunos tendem a considerar que as concentrações de produtos e reagentes sejam iguais para o sistema em equilíbrio Hackling (1985) também detectou tal concepção. Para o autor, nesse caso, os alunos baseiam-se na consideração dos coeficientes das equações químicas e atribui esta distorção à ênfase dada à estequiometria nos cursos introdutórios de Química.

Sem dúvida, os aspectos apontados por Hackling merecem consideração, porém, vale destacar outros aspectos da questão.

Como foi possível observar na análise da Tabela 6, a concepção de Equilíbrio manifesta pelos alunos assume significados de 'igualdade'. Tal associação, enquanto pouco considerada ao longo do processo de ensino, ainda se faz presente em relação ao conceito de Equilíbrio Químico.

A concepção da igualdade das quantidades de reagentes e produtos aparece juntamente com a idéia de sua concentração constante. Tendo em vista o processo de ensino observado, parece

que tal distorção pode ser explicada desde que não se propiciou oportunidades para que os alunos diferenciasssem os conceitos de 'igual' e 'constante'. Não houve também um momento em que se especificasse quais aspectos do sistema, no estado de equilíbrio, permaneceriam inalterados e quais seriam passíveis de sofrer alterações. A sobreposição dos conceitos de 'igual' e 'constante' pode também ser evidenciada pelas Tabelas 7, 8 e 9.

As idéias expressas pelos alunos sobre os aspectos dinâmicos do equilíbrio referem-se à atividade de investigação proposta durante as entrevistas individuais (Capítulo II) e são apresentadas na Tabela 12.

TABELA 12 - IDEIAS EXPRESSAS PELOS ALUNOS NA ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO DA CONCEPÇÃO DE EQUILÍBRIO DINÂMICO NAS ENTREVISTAS INDIVIDUAIS

Considerações em relação às representações para o estado de equilíbrio químico	Percentagem de alunos(n=12)
Considera a representação incorreta	17,0
Considera a representação correta mas não justifica corretamente	50,0
Considera a representação correta e justifica utilizando significados atribuídos a aspectos dinâmicos do equilíbrio	33,0

Um exame da Tabela 12 revela que 67% dos alunos entrevistados não evidenciaram a assimilação do conceito de equilíbrio dinâmico. Tal percentagem inclui aqueles alunos que consideraram as representações incorretas ou não souberam apontar adequadamente a razão de considerem-nas corretas.

A baixa frequência de associação de características dinâmicas ao conceito de Equilíbrio Químico pode ser observada nas Tabelas 7, 8 e 9, que registram poucas manifestações contemplando essa dimensão.

A dificuldade na compreensão dos aspectos dinâmicos do equilíbrio químico foram também detectadas por Gorodetsky (1977) e Maskill (1989) e parece estar fortemente associada à concepção de equilíbrio com dimensões estáticas.

As concepções dos alunos sobre a constante de equilíbrio são apresentadas na Tabelas 13, 14 e 15.

TABELA 13 - PERCENTAGEM DE MANIFESTAÇÕES EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO SOBRE A CONSTANTE DE EQUILÍBRIO EXPRESSAS PELOS ALUNOS NAS ENTREVISTAS EM GRUPO

Dimensões de concepção	Percentagem de manifestações(n=30)
Sempre constante	57,0
Relação entre concentrações de produtos e reagentes	10,0
Diferente para cada reação	10,0
Valor no qual a reação atinge o equilíbrio	10,0
Alterada em função da temperatura	3,0
Outros	10,0

TABELA 14 - PERCENTAGEM DE MANIFESTAÇÕES EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO SOBRE A CONSTATANTE DE EQUILÍBRIO EXPRESSAS PELOS ALUNOS NAS ENTREVISTAS INDIVIDUAIS

DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO	Percentagem de manifestações(n=44)
Relação entre concentração de produtos e reagentes	16,7
Alterada em função da temperatura	16,7
Alterada em função das concentrações	16,7
Diferente para cada reação	13,3
Alterada em função da pressão	10,0
Não é alterada em função das concentrações	6,7
Outros	20,0

TABELA 15 - PERCENTAGEM DE MANIFESTAÇÕES EM FUNÇÃO DAS DIMENSÕES DE CONCEPÇÃO SOBRE A CONSTATANTE DE EQUILÍBRIO EXPRESSAS PELOS ALUNOS NA ATIVIDADE ESCRITA

Dimensões de concepção	Percentagem de manifestações(n=44)
Relação entre concentrações de produtos e reagentes	31,8
Valor numérico atingido no estado de equilíbrio	11,4
Alterada em função de fatores externos	11,4
Mostra a quantidade de reagente que reagiu	11,4
Mede a concentração de cada substância	6,8
Valor numérico aplicado a uma reação desequilibrada para que o equilíbrio seja atingido	4,5
Diferente para cada reação	4,5
Representada pela letra K	4,5
Outros	13,6

A análise da Tabela 13 revela que 57% das manifestações dos alunos sobre aspectos relacionados à constante de equilíbrio a consideram "sempre constante". Por outro lado, as Tabelas 14 e 15 evidenciam que os alunos relacionam a alteração do valor da constante de equilíbrio à ação de fatores externos como, por exemplo, modificações na temperatura, pressão ou concentração de reagentes e produtos. Parece que os alunos têm dificuldades para julgar quando e como a constante de equilíbrio é modificada.

A constante de equilíbrio é vista como uma relação entre as concentrações de reagentes e produtos apresentando valores diferentes para cada reação. Entretanto, parece também ser concebida como uma 'entidade matemática' que influencia diretamente o fenômeno da transformação química, vez que alguns alunos acreditam ser ela:

"um valor numérico aplicado a uma reação desequilibrada para que o equilíbrio seja atingido" ou ainda "um valor no qual a reação atinge o equilíbrio".

Ao que parece os alunos não atribuem à constante de equilíbrio significados que lhes possibilitem, por exemplo, relacionar seu valor numérico ao que este pode estar representando em termos da concentração de reagentes e produtos, e, portanto, em termos da extensão da reação.

Tais resultados não parecem surpreendentes se considerarmos que, ao longo do processo de ensino, a abordagem deste tópico enfatizou exclusivamente seus 'aspectos matemáticos'; que os exercícios propostos pelo professor exigiam a mera execução mecânica de cálculos, envolvendo a substituição de valores numéricos para as concentrações na fórmula da constante; que as questões apresentadas nas provas, também invocaram o mesmo tipo de

solicitação e que, em momento algum houve a preocupação de se propiciar o estabelecimento de relações significativas entre o instrumento matemático e sua função, no sentido de buscar sistematizar e representar regularidades observadas no fenômenos químicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das concepções sobre equilíbrio químico construídas pelos alunos, ao longo do processo ensino-aprendizagem em questão, evidenciou que as concepções manifestas apresentaram várias dimensões distorcidas em relação ao conceito cientificamente aceito.

A construção de tais concepções distorcidas pode ser relacionada, em muitos casos, às condições propiciadas pelo processo de ensino. De maneira geral, pode-se considerar aspectos relacionados à organização de conteúdo, ao processo de mudança conceitual e ao papel do professor em todo o processo ensino-apredizagem.

Analisando-se ainda as ditorções conceituais é possível obter-se evidências de que os aspectos relacionados à organização do conteúdo, de forma a facilitar a ocorrência de aprendizagem significativa, não foram considerados.

As concepções envolvendo a compartimentalização de reagentes e produtos e a representação do estado de equilíbrio de forma análoga à da equação química, por exemplo, evidenciam a despreocupação com o relacionamento entre os níveis macroscópico, microscópico e representacional do conhecimento químico. Sendo

assim, os alunos demonstram não diferenciarem aspectos relacionados aos fenômenos em si, suas explicações no nível das partículas e suas representações.

A ausência da atribuição de significados à constante de equilíbrio, por exemplo, evidencia carência do estabelecimento de relações entre fatos e generalizações. Seria desejável que a apresentação desta relação matemática fosse precedida ou sucedida por uma série de fatos envolvendo dados experimentais relacionados às concentrações das espécies químicas presentes no equilíbrio. Desta forma, provavelmente, os alunos poderiam conceber a constante de equilíbrio com dimensões mais significativas.

A confusão dos significados de 'igual' e 'constante', manifesta de forma associada aos mais diferentes significados, bastante evocada pelos alunos, evidencia também a necessidade de que se propiciasse a diferenciação mais explícita entre aqueles conceitos.

As Tabelas de 7 a 11 mostram que a concepção dos alunos sobre equilíbrio químico apresenta-se, ainda relacionada a idéia de igualdade e aos atributos estáticos associados ao conceito de equilíbrio. Desta forma, apesar do conceito de Equilíbrio Químico apresentar atributos diferenciados e, principalmente, envolver dimensões relacionadas ao dinamismo das reações químicas e às proporções nelas envolvidas, não foram propiciadas oportunidades para que a diferenciação desses conceitos fosse efetivada.

Tais aspectos, relacionados à organização do conteúdo, têm como importante e indispensável função começar a organizar as idéias presentes na estrutura cognitiva dos alunos e as novas informações, buscando propiciar as condições para a tecitura de novas relações conceituais, com dimensões significativas.

Entretanto, tal organização não seria , ainda, o único fator a promover a aprendizagem do conceito de equilíbrio químico com seus significados cientificamente aceitos.

Nas últimas décadas parece haver um consenso entre os educadores em ciências no sentido de considerar que a aprendizagem é o resultado da interação entre o que o estudante está aprendendo e as idéias já existentes em sua estrutura cognitiva, sua ecologia conceitual. A partir de estudos sobre as concepções trazidas pelos estudantes tem sido possível constatar-se que estes apresentam-se, muitas vezes, diferentes das concepções científicas, estáveis e resistentes à mudanças (POSNER *et al.*, 1982). O processo de aprendizagem tem sido visto como um processo adaptativo, no qual os esquemas conceituais dos aprendizes são progressivamente reconstruídos em função de suas novas experiências. Desta forma, aprender implica um processo de mudança conceitual (DRIVER, 1990).

Segundo Hewson (1981), o processo de mudança conceitual pode ocorrer de diferentes formas. Pode ser resultado da adição de novas concepções através de novas experiências, do desenvolvimento pessoal, do contato com outras pessoas, etc. Pode ser uma reorganização das concepções existentes. Pode, ainda, configurar-se como uma rejeição a algumas das concepções já existentes por causa de uma reorganização conceitual ou devido a um confronto com novas concepções. Para o autor estes caminhos não são independentes, mas fazem parte de um esquema bastante complexo.

A complexidade que envolve a dinâmica deste processo de mudança conceitual na aprendizagem de conceitos, tem sido a principal questão investigada atualmente por pesquisadores ligados à área de Educação em Ciências.

Um modelo de mudança conceitual foi desenvolvido por Posner *at alli* (1982) baseado na analogia entre a mudança conceitual ocorrida nos indivíduos, e as diferentes fases da mudança conceitual nas diversas áreas do conhecimento científico.

No modelo elaborado por Posner *at alli* (1982) aparecem dois grandes fatores envolvidos no processo de mudança conceitual: as condições que necessitam ser satisfeitas no sentido de propiciar oportunidades para que as pessoas mudem suas concepções, e a ecologia conceitual pessoal que provê o contexto no qual a mudança conceitual ocorre, ou seja, a estrutura de conceitos já existente no sujeito.

Ao atribuir sentido às observações que faz, uma pessoa utiliza seus esquemas conceituais, que podem estar relacionados a suas experiências anteriores, a imagens de modelos que constituem um veículo através do qual um determinado conjunto de problemas possa parecer inteligível.

Desta forma, antes que se proceda a uma mudança conceitual radical, denominada acomodação por Posner *at al.* (1982), é desejável algumas condições sejam satisfeitas:

- 1) O sujeito deve sentir-se insatisfeito com as concepções existentes.

A insatisfação pode ocorrer quando o esquema conceitual da pessoa não é capaz de atribuir sentido a algo novo ou seja, não é conciliável a um novo conhecimento ou a uma nova experiência.

2) A nova concepção deve ser inteligível

O sujeito não incorporará uma nova concepção se não puder atribuir-lhe sentido. Para que isto ocorra ele deve ser capaz de identificar ou construir uma representação coerente de tal concepção. Isto requer a capacidade de perceber, consistência na nova idéia, independentemente desta apresentar-se, de início, conciliável com seus próprios conhecimentos. Desta forma deve ser possível que a pessoa perceba a nova informação como inteligível apesar de, ainda nesta fase, não acreditar nela.

3) A nova concepção deve parecer inicialmente verossímil.

O sujeito deve ser capaz de perceber que a nova concepção é passível de reconciliação com suas próprias concepções. Ou ainda, que pode ser consistente com suas experiências passadas.

4) A nova concepção deve sugerir a possibilidade de um programa de investigação frutífero.

A nova concepção deve apresentar possibilidade para a resolução de problemas que fazem parte da experiência anterior do sujeito sugerindo novas abordagens e experimentos.

Se o novo conhecimento não favorecer ganhos, não ampliar a compreensão, não resolver problemas, os esforços requeridos em sua incorporação, particularmente se envolver reformulação nos esquemas conceituais existentes, terão sido em vão.

A ecologia conceitual dos sujeitos é considerada como um fator passível de influenciar a seleção de novos conceitos centrais, determinando a direção na qual ocorrerá a mudança conceitual.

Nesse sentido as concepções existentes que apresentem-se em dissonância com as novas possibilitam o estabelecimento de um conflito cognitivo, que prepara a estrutura conceitual para uma acomodação, ou seja uma mudança conceitual radical. Quanto maior a insatisfação com os conceitos vigentes, mais preparados os sujeitos estarão para acomodarem novos conceitos.

As crença metafísicas e os compromissos epistemológicos formam a base sobre a qual se emitem juízos sobre um novo conhecimento. É a partir daí que os estudantes selecionarão o que lhes seja mais conveniente apreender.

Sob a perspectiva da mudança conceitual a intervenção do professor é crucial em todos os estágios do processo.

Se o processo de mudança conceitual envolve o confronto entre as concepções existentes e as novas idéias a serem aprendidas o professor precisa ser capaz de diagnosticar as concepções utilizadas pelos estudantes para interpretar os fenômenos com o objetivo de selecionar novas experiências passíveis de propiciar o estabelecimento de conflitos cognitivos.

Cabe ainda ao professor oferecer condições para que tais conflitos sejam resolvidos, ou seja, o professor deve propiciar os recursos e fontes necessárias para o estabelecimento de relações e significados apropriados.

PARA A ABORDAGEM CONSTRUTIVA DO CONCEITO DE EQUILIBRIO QUÍMICO

Muitos autores, investigando a aprendizagem sob o prisma da mudança conceitual, têm proposto estratégias para o ensino de conceitos. A idéia central de tais propostas considera que, com o objetivo de aprender um novo conceito, o aluno deve ser ativamente

envolvido no processo de reformular e reestruturar seu conhecimento.

Em linhas gerais considera-se que o processo de mudança conceitual tem início com as concepções trazidas pelos estudantes que, apesar de muitas vezes diferenciadas dos conceitos científicos, apresentam-se úteis aos alunos no sentido de oferecer-lhes subsídios para a compreensão dos fenômenos que observam. Desta forma, em uma primeira fase é recomendável que tais concepções sejam identificadas.

No caso do ensino do conceito de Equilíbrio Químico é importante que se identifique, inicialmente, as idéias associadas pelos alunos ao conceito de equilíbrio.

Ao longo desta investigação foi possível constatar-se que os alunos associam a equilíbrio dimensões de idéias como 'igualdade' e 'ausência de modificações'. Tais idéias, segundo as manifestações dos estudantes, apresentam-se associáveis ao mundo cotidiano concreto, macroscópico e não abstrato.

Os atributos essenciais relacionados ao conceito de Equilíbrio Químico consideram a perspectiva do mundo microscópico e é neste sentido que se deseja a reorganização dos esquemas conceituais dos alunos. Desta forma, a partir da explicitação da concepção de equilíbrio seria desejável promover-se o confronto destas idéias com a nova perspectiva microscópica a ser assumida e relacionada à concepção de equilíbrio no âmbito da química, o equilíbrio químico.

Em relação à compreensão do conceito e das relações a serem estabelecidas entre seus atributos, três aspectos podem ser considerados: aqueles relacionados ao que ocorre no sistema até que uma reação atinja o estado de equilíbrio químico; aqueles

relacionados ao estado de equilíbrio químico; aqueles relacionados a alterações do estado de equilíbrio químico.

A configuração do que ocorre em um sistema até que o estado de equilíbrio seja estabelecido implica a consideração da ocorrência de uma reação química. Desta forma, é essencial que o aluno compreenda os atributos essenciais relacionados a este conceito e, principalmente, tenha a concepção de reação química como uma transformação que resulta na formação de nova(s) substância(s) a qual envolve um rearranjo de partículas decorrente do movimento e choque entre elas.

A concepção da reversibilidade associada às transformações químicas configura-se também de grande importância tendo em vista sua associação às características dinâmicas do estado de equilíbrio químico.

Igualmente importante seria uma concepção temporal ligada ao conceito de reação química, isto é, a idéia de que uma reação química se processa ao longo do tempo. De início, mesmo que por um tempo infinitesimalmente pequeno, existem apenas os reagentes e no instante seguinte vão se formando os produtos enquanto, concomitantemente, dá-se início à regeneração dos reagentes. A ênfase à questão da possibilidade da ocorrência simultânea de duas reações, associada à coexistência de reagentes e produtos no mesmo recipiente e à probabilidade da ocorrência de choques entre quaisquer partículas, deve ser bem trabalhada neste momento.

Nesta etapa, considerando-se a abordagem cinética para o equilíbrio químico, vale assegurar-se a compreensão de que uma diferença na velocidade das reações direta e inversa existe em função das variações nas concentrações das espécies químicas presentes.

A caracterização do estado de equilíbrio químico envolve, assim, a compreensão de várias idéias em um mesmo nível de importância.

A idéia do dinamismo, que se faz presente na etapa anterior, assume agora uma grande importância. No estado de equilíbrio, as modificações macroscópicas não são observáveis. Isto pode ser interpretado como uma evidência de que as transformações não mais ocorrem, em consonância com as idéias associadas ao conceito de equilíbrio. Desta forma, torna-se imprescindível certa ênfase aos aspectos dinâmicos que caracterizam o estado de equilíbrio químico.

A idéia da igualdade nas velocidades das reações direta e inversa é importante, pois é a partir dela que se torna possível explicar a não ocorrência de modificações no nível macroscópico.

Outra concepção necessária para a caracterização do estado de equilíbrio químico é a da existência de uma proporção constante entre reagentes e produtos, o que possibilita também a compreensão da constante de equilíbrio e o que ela representa, no sentido de ser uma relação matemática que expressa uma regularidade passível de ser observada em sistemas que atinjam o estado de equilíbrio químico.

Um dado sistema, em equilíbrio químico, pode sofrer interferências externas que causam perturbação e levam o sistema a se reorganizar de forma a atenuar o efeito desta interferência.

A compreensão dos fatores que alteram o estado de equilíbrio químico torna-se importante na medida que oferece evidência clara da natureza dinâmica do equilíbrio químico. Neste momento, o aluno poderá ter a oportunidade de confrontar a constância da proporção de reagentes e produtos e a alteração das suas concentrações.

A consideração de outros tópicos diretamente associados ao conceito de equilíbrio químico, tais como ácidos e bases, pH e solubilidade, deve ser feita para ampliar a compreensão do conceito buscando explicitar as relações conceituais existentes e evidenciar, sempre que possível, a necessidade da compreensão do conceito de Equilíbrio Químico.

CAPÍTULO VI

SOBRE A PERSPECTIVA DE INOVAÇÃO NO ENSINO...

O processo ensino-aprendizagem observado, apresentou características que podem, de certa forma, diferenciar-se das usualmente encontradas no ensino tradicional.¹

Como explicitado anteriormente (Capítulo II), o professor em questão foi considerado, por seus pares e pelos alunos da escola, como diferenciado por buscar inovações. O próprio professor considera-se, de fato, um inovador, manifestando sentir-se orgulhoso de sua reputação profissional.

No Capítulo IV, foram analisadas as condições propiciadas pelo ensino para a construção do conhecimento sobre Equilíbrio Químico. No Capítulo V, foi possível constatar os impactos desta 'nova' proposta de organização sobre o conhecimento construído pelos alunos. Cabe agora analisar o processo ensino-aprendizagem sob a perspectiva da inovação.

Um exame na literatura especializada, revela que, em geral, quando os educadores referem-se à 'inovação' consideram que a introdução de qualquer elemento novo, ou mudança, na estrutura do sistema escolar, ou em um de seus processos, consiste em uma

¹ Assume-se a concepção de ensino tradicional tal qual apresentada por Mizukami (1986): "o ensino tradicional é caracterizado pelo verbalismo do mestre, e pela memorização do aluno... os alunos são instruídos e ensinados pelo professor. Evidencia-se uma preocupação com a forma acabada, as tarefas de aprendizagem quase sempre são padronizadas, o que implica poder recolher-se a rotina para se conseguir a fixação de conhecimentos/conteúdos/informações (...). Encontrado em vários momentos da história, permanecendo atualmente sob diferentes formas.

renovação (HUBERMAN, 1976. Grifo nosso).

Contudo, alguns autores propuseram-se a sistematizar os aspectos envolvidos nos processos inovadores no âmbito educacional.

Miles (1964, Apud Goldberg, 1980) aponta a necessidade de se fazer uma distinção entre 'mudança' e 'inovação'. Para o autor, a inovação refere-se a algo mais deliberado, intencional e planejado e não a algo que ocorre espontaneamente.

Para Richland (1965, Apud Goldberg, 1980), inovação é a seleção criadora, a organização e a utilização de recursos humanos e materiais de uma forma nova e original que conduza a uma mesma consecução dos fins e objetivos definidos.

Nas duas concepções parece que se entende constituir inovação fazer remanejamentos, dispondo o "velho" de forma original e criativa, ainda que sob a forma intencional e planejada. Nestes casos, corre-se o risco de que sejam estabelecidas apenas modificações superficiais, mantendo-se, ao final, os mesmos objetivos.

O termo 'inovação' é um conceito sedutor e enganoso ao mesmo tempo: sedutor porque sugere aperfeiçoamento e progresso, quando, em realidade, geralmente, apenas significa algo novo e diferente. Enganoso porque desvia a atenção da essência da atividade em causa - o aprendizado - em favor do cuidado da tecnologia da Educação (WESTLEY, 1969, Apud Goldberg, 1980). Neste sentido, Huberman (1976) aponta a necessidade de distinguir entre as inovações em si e aquelas que representam melhoria do ensino ou do aprendizado, e define inovação como "um aprimoramento mensurável, deliberado e suscetível de produzir-se com frequência". O autor destaca ainda a

importância do processo segundo o qual o novo produto que se torna disponível, é difundido pelo sistema e integrado em outras práticas.

Na definição utilizada por Goldberg (1980), a inovação aparece como um processo planejado e científico de desenvolver e implantar no sistema educacional uma mudança, cujas possibilidades de ocorrer com frequência são poucas, mas cujos efeitos representam um real aperfeiçoamento para o sistema.

As concepções de Huberman (1976) e Goldberg (1980) explicitam a preocupação com a repercussão da inovação para o sistema educacional, principalmente, no sentido de resultar em uma melhoria efetiva.

Em geral, as concepções de inovação disponíveis na literatura contemplam aspectos relacionados ao nível do sistema educacional, em seu sentido mais amplo e genérico.

A definição elaborada por Freitas (1988), tendo como base os elementos contidos na definição de Miles (1964, Apud Goldberg, 1980) configura-se mais específica por tratar a inovação como:

"uma mudança deliberada, intencional, planejada e abrangente para produzir um real aperfeiçoamento no ensino. Por 'mudança' está-se entendendo uma alteração significativa do estado anterior de maneira a promover melhoria no ensino. Por 'deliberada' entende-se a referência a decisões coletivas, após exame dos problemas específicos da realidade escolar. Por 'planejada' entende-se uma ação adequada que se orienta dos problemas detectados para os objetivos definidos de reformulação. Por 'abrangente' entende-se uma reformulação em todos os aspectos, desde a concepção de ensino e de Ciências, no caso, até a ação em

sala de aula. Por 'real aperfeiçoamento', entende-se uma melhoria do estado anterior, indesejável, para uma situação atual, 'per-feita', ou seja, coerente, articulada, envolvente, na relação dos elementos caracterizadores da própria situação de ensino: professor, aluno, conteúdo específico. Além disso, se faz necessário, ainda, no envolvimento, na articulação ou na busca de coerência, que não se perca de vista o contexto de inserção da situação de ensino e de sua decisiva influência, não só sobre a triade fundamental referida (professor - aluno - conteúdo), mas também, e principalmente, sobre as ações e interações desses elementos no ensino".

Tendo em vista a concepção apresentada por Freitas (1988), pretende-se colocar a questão da inovação no âmbito do processo ensino-aprendizagem em sala de aula, buscando a compreensão da proposta de abordagem no contexto observado.

Focalizando o sentido de mudança, entendida como alteração significativa do estado anterior de maneira a promover melhoria no ensino, é preciso analisar cuidadosamente as intenções e ações pedagógicas do professor.

Considerando-se o aspecto das "alterações" significativas, pode-se tentar estabelecer relação com o fato de os alunos assumirem a condução do processo, que, segundo manifestação do professor, foi a principal modificação trazida por sua proposta, em relação a que vinha até então sendo adotada. Tal procedimento, em sua concepção, efetivamente acarretaria uma melhoria no ensino, vez que, assim, os estudantes, supostamente, estariam agindo de forma independente, sendo responsáveis por seu próprio processo de aquisição de conhecimentos, em consonância com a percepção da

aprendizagem do aluno como uma atividade autônoma por parte do professor.

Nesse caso, sob a ótica do professor, a mudança estaria sendo efetivada.

Entretanto, vale considerar que, utilizando-se parâmetros construtivistas - já explicitados no Capítulo II - para a análise do processo ensino-aprendizagem, e ainda, os resultados relativos à construção do conhecimento químico pelos alunos, esta visão do professor pode apresentar algumas distorções.

A principal distorção implicada nessa maneira de conceber a mudança, talvez esteja no fato de o professor avaliar a melhoria do ensino utilizando como evidências de aprendizagem, apenas parâmetros externos ao processo (saber falar sobre o assunto, resolver exercícios, apresentar o assunto para a classe) como foi apresentado no Quadro 3. Não há referências ao estabelecimento de relações entre conceitos, tão importantes para a facilitação da ocorrência de aprendizagem significativa. O que pode ser observado foi que os alunos estabeleceram, ao longo do processo, relações frágeis entre os conceitos, na maior parte dos casos distorcidas, evidenciando a carência da atribuição de significados às novas informações.

Vale ainda ressaltar que esse processo manteve características verbalísticas, memorísticas, evidenciando preocupação com a forma acabada, com as tarefas de aprendizagem - quase sempre padronizadas - e recolhendo-se à rotina para a fixação de conhecimentos/conteúdos/informações (MIZUKAMI, 1986). Além disto, configurou-se, de forma semelhante aos procedimentos usualmente adotados nas salas de aula de ciências, com dimensões

arbitrárias, carentes de sistematizações e fundamentações teórico-metodológicas.

Considerando o sentido de deliberação - referida à decisões coletivas, após exame dos problemas específicos da realidade escolar - pode-se considerar que houve, por parte do professor, uma ação deliberada, constituindo-se, no entanto, em uma iniciativa decididamente individual.

Segundo depoimento, ao longo das entrevistas e conversas informais com o professor, foi evidenciado que a intenção de mudança originou-se de um descontentamento com sua prática, a partir da constatação de que, durante as suas exposições, os alunos permaneciam desatentos e inquietos. Ou seja, foi baseada em uma sensação de desconforto e não em uma análise detida de sua prática que, eventualmente, viesse a evidenciar a existência de problemas de aprendizagem.

Examinando-se o significado atribuído a planejada, como uma ação adequada que se orienta dos problemas detectados para os objetivos definidos de reformulação, é possível depreender-se certa coerência entre as concepções trazidas pelo professor sobre o ensino e a aprendizagem, sua insatisfação e a busca de mudanças efetuadas em sua prática pedagógica.

Em função do seu descontentamento com o modelo de aula expositiva que vinha adotando até então, o professor intenciona modificar sua ação. Trazendo consigo as concepções de que "ninguém aprende com o professor", "o aluno aprende com ele mesmo", acreditando que é capaz e tendo liberdade para agir de forma independente, o professor planeja e implementa uma forma de mediação passiva na condução do processo. Passa então a agir, com

o sentido de mudança, com o objetivo de "encaminhar o aluno para a aprendizagem", exercendo assim sua função mediadora. Pode-se dizer, então, que houve uma ação adequada desde que coerente com os objetivos de reformulação definidos pelo professor.

Entretanto, suas decisões em relação ao planejamento de sua ação pedagógica "inovadora" parecem basear-se, por um lado, em um curso feito pelo professor no qual ele declarou ter ouvido que "aula expositiva não vale nada". Por outro lado, em sua experiência como aluno, quando sentia-se desestimulado e incapaz de aprender. Desta forma, planeja nova ação utilizando, ao invés de critérios específicos para a resolução de problemas detectados, suas preferências pessoais advindas de sua história de vida.

O sentido de abrangência - entendido como uma reformulação em todos os aspectos desde a concepção de ensino e de Ciências, no caso, até a ação em sala de aula - não foi passível de ser captado, visto que não se observou a prática pedagógica do professor antes de sua 'proposta inovadora', nem em outras situações de ensino. Portanto não foi possível verificar se houve alguma outra mudança nas concepções sobre o ensino e a aprendizagem.

Contudo, foi possível perceber que o professor concebe o ensino e a aprendizagem de forma restrita, contemplando, em geral, apenas aspectos organizacionais envolvidos no processo. Isto o leva a uma atuação circunscrita a tais aspectos, e, por isso, passiva, ao não considerar as ações e interações envolvidas no processo de construção do conhecimento pelos alunos.

Na relação dos elementos caracterizadores da própria situação de ensino (professor, aluno e conteúdo), é preciso considerar-se

que, sob a ótica do professor a situação anterior indesejável, parece ter sido substituída por uma outra, atual, ainda carente de melhorias, porém, aceitável, constituindo, dessa perspectiva, real aperfeiçoamento.

Mesmo assim, apesar de ser possível observar-se uma certa coerência entre as intenções do professor ao nível de suas concepções e de sua ação pedagógica, quase nada se evidencia em termos da articulação entre os elementos caracterizadores da situação de ensino, sob a perspectiva construtivista. Assim, a construção dosaber químico parece se ter dado em termos estritamente funcionais e não ideacionais, vez que evidenciou a atuação do formalismo escolar. Pretendeu-se inovar, mas não se lidou com as estruturas ou com a organização de conhecimento. A aprendizagem parece, então, estar relacionada a formas e dependente, tão somente, das formas como se organizam e se cumprem as tarefas. A preocupação do professor com o processo situa-se ainda no nível meramente instrucional.

Considerando-se a definição de inovação apresentada por Ferreira (1985) - no Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa - que aponta os sentidos de "tornar novo; introduzir modificações em; renovar; consertar", é possível perceber-se elementos para caracterização no nível do senso comum, destacando-se, então, os sentidos de aperfeiçoamento e novidade.

Pode-se dizer, nesse sentido, que, apesar de intencionar mudança, o professor, em sua prática supostamente inovadora, pautou-se mais pela concepção de inovação do senso comum, como explicitada na definição proposta por Ferreira (1985). Tal asserção foi passível de ser evidenciada anteriormente, em função

da ausência de parâmetros, relativos à compreensão do processo ensino-aprendizagem, que propiciassem ao professor uma base para a tomada consciente de decisões, com o objetivo de efetivamente atuar na melhoria da qualidade do processo. A ausência desses parâmetros acabou por conduzir à utilização de outros, bem mais restritos e tradicionais, relacionados apenas às questões de organização geral, deixando de contemplar, como se disse, a organização de conteúdo.

Apesar de, muitas vezes, ter sido possível observar-se coerência entre a insatisfação com a prática pedagógica do professor e a busca de inovação na sua ação em sala de aula, seria necessário aprofundar a mudança no nível conceitual para que esse processo redundasse na efetiva melhoria do ensino do conceito de Equilíbrio Químico.

Pensar inovação em relação ao processo ensino-aprendizagem implica, em primeiro lugar, um exame das situações usualmente encontradas, no que diz respeito ao conhecimento químico adquirido pelos alunos em sala de aula. Em geral, como foi apontado em alguns momentos deste trabalho, os resultados encontram-se muito aquém do desejável.

A perspectiva construtivista e a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel parecem iluminar esta questão, enquanto oferecem subsídios para a compreensão do processo ensino-aprendizagem e apontam caminhos alternativos para facilitá-lo. Os parâmetros propostos por Schnetzler (1986) para a organização do conteúdo químico constituem um bom exemplo de como estes princípios se tornam operacionalizáveis em sala de aula.

Certamente, uma abordagem construtivista do ensino da Química

pode constituir inovação enquanto oferece condições de efetivar-se a melhoria da qualidade do processo de aquisição - pela construção - de conhecimentos e, conseqüentemente, das concepções dos alunos sobre os conceitos químicos. Isto porque contemplam inúmeras facetas do processo, destacando a aprendizagem de atributos dos conceitos, com o estabelecimento de relações significativas.

As concepções de Goldberg (1980) e Huberman (1976) destacam que as possibilidades da inovação acontecer com frequência são poucas. Talvez isto ocorra porque, via de regra, não se parece ter parâmetros estabelecidos ao se buscar inovação. Ora, se é possível o estabelecimento de diretrizes que orientem a facilitação da aprendizagem de conceitos em ciências, é possível que o processo se torne disponível e, a partir da sala de aula, possa ser difundido pelo sistema e integrado em outras práticas.

Torna-se imprescindível relevar, ainda, a importância da reflexão e compreensão do processo ensino-aprendizagem tendo em vista a construção de conhecimentos científicos. Ao longo deste trabalho, evidenciou-se serem estes procedimentos passíveis de estabelecimento pelo próprio professor.

O conhecimento e a reflexão sobre o processo de construção do saber químico, no contexto escolar, constituem-se elementos fundamentais para inovações nas abordagens dos conteúdos químicos, de forma a possibilitar a aprendizagem significativa.

Nessa perspectiva, essa reflexão e esse conhecimento necessitam ancoragem em parâmetros que orientem o professor em sua busca de ações mais atingentes no ensino, que possibilitem que ele faça e saiba porque faz ou não faça e saiba porque não faz.

Aponta-se, assim, para a urgência de se possibilitar que

tais subsídios teórico-metodológicos sejam levados até o professor, quer através dos cursos de aperfeiçoamento para professores em exercício, quer durante o processo de formação de novos professores nos cursos de Licenciatura.

Além disso, é desejável que a busca de inovações possa ser pautada pelo conhecimento do processo ensino-aprendizagem, de forma que seja possível revelar-se o que ele tem de essencial - a potencialidade de propiciar a construção do saber de modo ativo, dinâmico, não alienado e repleto de significados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAGÃO, R. M. R. Teoria da Aprendizagem Significativa de David P. Ausubel - Sistematização dos Aspectos Teóricos Fundamentais, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1976, 105p.
- AUSUBEL, D. P. Educational Psychology : A Cognitive View, New York: Holt, Rinehart and Winston Inc., 1968.
- AUSUBEL, D. P., NOVAK, J. D. & HANESIAN, H. Psicologia Educacional, Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BALL, S. J. Case Study Research in Education: some notes and problems, HAMMERSLEY, M. [Ed.] In: The Ethnography of Schooling, England: Nafferton Books, 1991.
- BAR, V. & TRAVIS, A. S. Children's views concerning phase changes. Journal of Research in Science Teaching, v.28, n.4, 1991.
- BOGDAN, R. C. & BIKLEN, S. K. Qualitative Research for Education: an introduction to theory and methods, Boston: Allyn and Bacon, Inc., 1982, 255p.
- CACHAPUZ, A. F. C. & MASKILL, R. Using word association informative classroom tests: following the learning of Le Chatelier's principle, International Journal of Science Education, v.11, n.2, p.235-246, 1989.
- CAMACHO, M. & GOOD, R. Problem solving and Chemical Equilibrium: successful versus unsuccessful performance, Journal of Research in Science Teaching, v.263, p.251-272, 1989.
- CAMPBELL, J. A. Por que ocorrem as reações químicas? São Paulo: Edgard Blucher, 1965, 132p.
- CARIN, A. & SUND, R. B. La Enseñansa de la Ciencia Moderna, Buenos Aires: Editorial Guadalupe, 1975
- COLL, C. Estructura grupal, interaccion entre alumnos y aprendizaje escolar, Infancia y Aprendizaje, v.27-28, p.119-138, 1984
- COLL, C. Accion, interaccion y construccion del conocimiento en situaciones educativas, Anuário de Psicologia, v.33, n.2, 1985
- DRIVER, R. & ERICKSSON, G. Theories -in- Action: Some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science, Studies in Science Education, v.10, p.37-60, 1983
- DRIVER, R. & BELL, B. Students' thinking and the learning of science: a constructivist view. The School Science Review, v.67, n.246, p.443-456, 1986

- DRIVER, R. & OLDHAM, V. A Constructivist approach to curriculum development in science, *Studies in Science Education*, v.13, p.105-122, 1986
- DUNN, B.W. Model of dynamic equilibrium, *The School Science Review*, v.62, n.219, p.334, 1980
- FERREIRA, A.B.H. *Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa*, Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1985
- FINLEY, F.N., STEWART, J. & YARROCH, L. Teacher's Perceptions of Important and Difficult Science Content. *Science Education*, v.66, n.4, p.531-538, 1982
- FREITAS, D. *O Aperfeiçoamento de Professores em Exercício no Ensino de Ciências: a quem interessam os resultados?*, Diss. de Mestrado, Centro de Educação e Ciências Humanas, Universidade Federal de São Carlos, 1988
- GILBERT, J.K., OSBORNE, R.J. & FENSHAM, P.J. Children's science and its consequences for teaching, *Science Education*, v.66, n.4, p.623-633, 1982
- GIORDAN, A. & VECCHI, G. *Los origenes del saber*, Sevilla: Díada Ed., 1988, 239p.
- GOLDBERG, M.A.A. *Inovação Educacional: a saga de sua definição*, In: GARCIA, W.E. *Inovação Educacional no Brasil: problemas e perspectivas*, São Paulo: Cortez Autores Associados, 1980
- GORODETSKY, M. & GUSSARSKY, E. Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods, *European Journal of Science Education*, v.8, n.4, p.427-441, 1986
- GORODETSKY, M. & GUSSARSKY, E. The roles of students and teachers in misconceptualization of aspects in "chemical equilibrium". *Proceedings of the Second International Seminar Misconception and Educational Estrategies in Science and Mathematics*. NY: Cornell University, NY, USA, vol.III, Ithaca, 187-193, 1987
- GREEN, A. Confessions of a Chemistry teacher - or More trouble with equilibrium. *The School Science Review*, Mar., 504-507, 1982
- GUSSARSKY, E. & GORODETSKY, M. On the chemical equilibrium concept: constrained word associations and conception, *Journal of Research in Science Teaching*, v.25, n.5, p.319-333, 1988
- HACKLING, M.W. & GARNETT, P.J. Misconceptions of chemical equilibrium, *European Journal of Science Education*, v.7, n.2, p.205-214, 1985

- HACKLING, M. W. & GARNETT, P. J. Chemical equilibrium: learning difficulties and teaching strategies, *The Australian Science Teachers Journal*, v.31, n.4, p.8-13, 1986
- HERRON, J. D., CANTU, L. L., WARD, R. & SRINIVASAN, V. Problems Associated with concept analysis, *Science Education*, v.61, n.2, p.185-199, 1977
- HEWSON, P. W. A conceptual change approach to learning science, *European Journal of Science Education*, v.3, n.4, p.383-396, 1981
- HUBERMAN, A. M. *Como se Realizam as Mudanças em Educação: subsídios para o estudo da inovação*, São Paulo: Cultrix, 1976
- HYMAN, R. T. *Ways of Teaching*, New York: Lippincott Company, 1974
- IHDE, A. J. *The Development of Modern Chemistry*, New York: Dover Publications, Inc., 1984
- JOHNSTONE, A. H. *at alli*, Chemical equilibrium and its conceptual difficulties, *Education in Chemistry*, n.14, p. 169-171, 1977
- JOHNSTONE, A. H. Macro and microchemistry, *School Science Review*, v.64, n.227, p.377-379, 1982
- KEAN, E. Concept Learning Theory and Design of College Chemistry Instruction, *Journal of Chemical Education*, v.59, n.11, p.956-959, 1982
- KELLY, G. A. *A Theory of Personality-the psychology of personal constructs*, New York: The Norton Library, 1955, 190p.
- KEMPA, R. F. & HODGSON, G. H. Levels of Concept Aquisition and Concept Maturation in Students of Chemistry, *British Journal of Education Psychology*, n.46, p.253-260, 1976
- KEMPA, R. F. Learning theories and Chemical Education, *Proceedings of a Symposium at the University of Aston, Birmingham, England*, 1982
- KLAUSMEIER, H. J. A research strategy for educational improvement. *Educational Researcher*, v.11, n.2, p.8-13, 1982
- KYLE, J. R. *at alli*, The role of research in science teaching: an NSTA theme paper, *Science Education*, v.75, n.4, p.413-418, 1991
- LE CHATELIER, H. Sur un énoncé général des lois des équilibres chimiques, *Compt. Rendus*, n.99, p.786-789, 1884
- LINDAUER, M. W. The Evolution of the concept of chemical Equilibrium from 1775 to 1923. *Journal of Chemical Educacion*, v.39, n.8, p.384-390, 1962.
- LEICESTER, H. M. *The Historical Background of Chemistry*, New York: Dover Publications, 1971

- LONGDEN, K., *at alli*, Children's interpretation of dissolving
International Journal of Science Education, v.13, n.1,
p.59-67, 1991
- LYTHCOTT, J. & DUSCHL, R. Qualitative Research: from methods to
conclusions, *Science Education*, v.74, n.4, p.445-460, 1990
- MASKILL, R. & CACHAPUZ, A.F.C. Learning about the chemistry topic
of equilibrium: the use of word association tests to detect
developing conceptualizations. *International Journal of
Science Education*, v.11, n.1, p.57-69, 1989
- MAZON, A.B. *Aprendizagem de Química: parâmetros de significação
e de investigação no ensino de segundo grau; um estudo do
material instrucional do PROQUIM*, Diss. de Mestrado, Faculdade
de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1989
- MOREIRA, M.A. *Uma abordagem Cognitivista ao Ensino da Física*,
Porto Alegre: Ed. Universidade, 1983
- NOVAK, J.D. *Uma Teoria de Educação*, São Paulo: Pioneira, 252p., 1981
- OLNEY, D.J. Some analogies for teaching rates / equilibrium.
Journal of Chemical Education, v.65, n.8, p.696-697, 1988
- OSBORNE, R. Science education: Where do we start? *The Australian
Science Teachers Journal*, v.28, n.1, p.21-30, 1982
- PEREIRA, M.P.B.A. Equilíbrio Químico: dificuldades de aprendizagem
I - revisão de opiniões não apoiadas por pesquisa, *Química Nova*
v.12, n.1, p.76-81, 1989
- PEREIRA, M.P.B.A. Equilíbrio Químico: dificuldades de aprendizagem
II - uso de analogias e modelos, *Química Nova*, v.12, n.2,
p.182-187, 1989
- PEREIRA, M.P. & PESTANA, M.E.M Pupil's representations of models of
water, *International Journal of Science Education*, v.13, n.3,
1991
- POSNER, G.J. *at alli*, Accommodation of a scientific conception:
toward a theory of conceptual change, *Science Education*, v.66,
n.2, p.211-227, 1982
- POSTMAN, N. & WEINGARTNER, L. *Teaching as a Subversive Activity*,
London: Penguin Books, 1971
- RILEY, P.D. Dynamic equilibria- a simple model, *The School Science
Review*, v.540, 1984
- RUSSELL, J.M. Simple models for teaching equilibrium and Le
Chatelier's Principle, *Journal of Chemical Education*, v.65,
n.10, p.871-872, 1988

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

SCHNETZLER, R. P. Fundamentos Teóricos e Características do PROQUIM- Projeto de Ensino de Química para o Segundo Grau. Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1986

SILVA, R. H. da & SILVA, E. B. da Princípios Básicos de Química, São Paulo: Harbra, v.1, 1982, 240p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Guia Vestibular, Belo Horizonte, 1990

VALLE F. M. R. do . O professor como produtor de conhecimento sobre o ensino. In: CARVALHO, A. M. P. de [org.] A formação do professor e a prática de ensino, São Paulo: Pioneira, p.61-65, s.d

A N E X O I

Estas questões foram elaboradas com o objetivo de se ter uma idéia do que você compreendeu sobre o conceito de EQUILÍBRIO QUÍMICO, por isto é muito importante que suas respostas procurem refletir o que VOCÊ PENSA!

NOME _____ ESCOLA _____ DATA _____

I. Considere a seguinte reação química, representada pela equação:

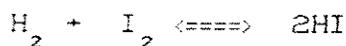


Suponhamos que o carbono do monóxido de carbono (CO) seja marcado (isto é, radioativo) de maneira que possamos detectar facilmente sua presença. Vamos representar o carbono marcado assim: *CO . Quando a reação acima atingir o equilíbrio encontraremos carbono marcado:

- SOMENTE EM MOLÉCULAS DE CO
- EM MOLÉCULAS DE CO E EM MOLÉCULAS DE CO_2
- SOMENTE EM MOLÉCULAS DE CO_2

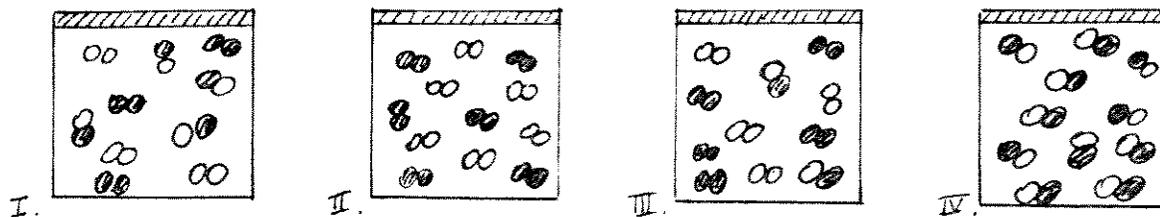
Justifique sua resposta

II. Considere a seguinte reação, representada pela equação



A seguir estão esquematizados quatro momentos correspondentes à reação enquanto está ocorrendo. Para esquematizar estes momentos representamos as partículas assim: $O \rightarrow H$ $\bullet \rightarrow I$

Indique qual etapa da reação cada desenho representa



- Início da reação
- Etapa intermediária
- No estado de equilíbrio

A N E X O II

ESCOLA MUNICIPAL C. L.

ROTEIRO PARA O ACOMPANHAMENTO DAS APRESENTAÇÕES DOS ALUNOS

GRUPO:

DATA:

TÓPICO APRESENTADO:

1. ASPECTOS POSITIVOS OBSERVADOS

2. ASPECTOS NEGATIVOS OBSERVADOS

3. IDÉIAS QUE NÃO FORAM ABORDADAS COM CLAREZA SUFICIENTE

4. CONCEITOS QUE NÃO FORAM ABORDADOS SEGUNDO A EXPECTATIVA DO PROFESSOR

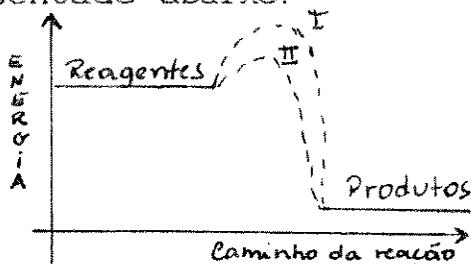
5. OUTROS COMENTÁRIOS SOBRE A APRESENTAÇÃO

A N E X O III

1ª Questão: Pela teoria das colisões:

- a) a maior frequência das colisões resulta em menor velocidade de reação.
- b) o aumento da concentração dos reagentes resulta em diminuição da velocidade da reação.
- c) diminuindo-se o volume ocupado por uma mistura gasosa, diminui-se a velocidade da reação.
- d) a velocidade das reações é diretamente proporcional ao número de colisões por segundo.
- e) a velocidade das reações independe do número de colisões por segundo.

2ª Questão: Considere o diagrama de energia de uma reação representado abaixo:



Os caminhos I e II têm em comum:

- a) o número de etapas intermediárias da reação.
- b) o valor da velocidade de formação dos produtos.
- c) o valor da energia de ativação.
- d) o valor da entalpia de reação.
- e) a obtenção dos mesmos complexos ativados.

3ª Questão: (PUC - SP)

A reação $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_3$ está se processando

num recipiente fechado, e em condições tais, que sua velocidade obedece à equação

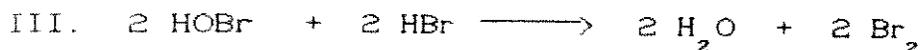
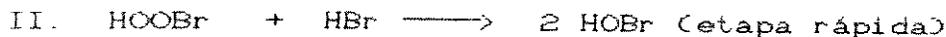
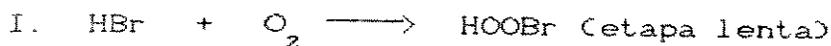
$$V = K [N_2][H_2]^3$$

Duplicando-se as concentrações molares do nitrogênio e do hidrogênio, e permanecendo todas as demais condições constantes iremos notar que a velocidade da reação

- a) irá permanecer constante
- b) irá duplicar
- c) ficará 4 vezes maior
- d) ficará 8 vezes maior
- e) ficará 16 vezes maior

4ª Questão - (PUC - MG)

Uma determinada reação química ocorre em etapas que são:



A velocidade da reação é:

a) $V = K [\text{HOBr}]^2 [\text{HBr}]^2$

b) $V = K [\text{HOBr}]$

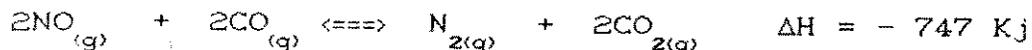
c) $V = K [\text{HBr}] [\text{O}_2]$

d) $V = K [\text{HOBr}] [\text{HBr}]$

e) $V = K [\text{H}_2\text{O}]^2 [\text{Br}_2]^2$

5ª Questão: (UFMG)

O óxido nítrico e o monóxido de carbono são duas substâncias poluidoras produzidas por automóveis. Para reduzir sua concentração ligas de níquel e cobre têm sido usadas como catalisadores para a reação:



Quanto à ação dos catalisadores mencionados acima, a afirmativa certa é:

a) eles aumentam o calor liberado na reação.

b) eles alteram o valor da constante de equilíbrio

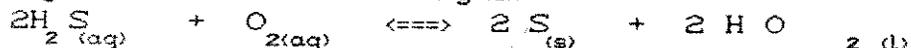
c) eles diminuem a velocidade apenas da reação direta.

d) eles diminuem a velocidade apenas da reação inversa.

e) eles diminuem a energia de ativação da reação inversa e direta.

6ª Questão: (UFMG)

H_2S é um sério agente poluidor encontrado na água eliminada por certas indústrias. Um dos meios para purificar a água é a oxidação do H_2S pelo oxigênio dissolvido na água:



Com respeito à oxidação do H_2S , a afirmativa errada é

a) a velocidade da reação é alterada pelo uso de O_3 como oxidante em lugar de O_2 .

b) a velocidade da reação é aumentada pela agitação da água poluída

c) a energia de ativação é diminuída pela adição de um catalisador adequado à água.

d) a velocidade da reação é aumentada pelo aumento da concentração do oxigênio dissolvido.

e) a velocidade da reação é independente da presença de outros agentes poluidores na água.

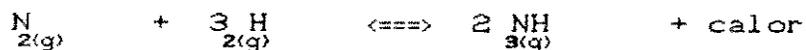
7ª Questão: (UFMG)

Um incêndio é auto-sustentável quando existem, em abundância três componentes: combustível - oxigênio - calor. A maioria dos incêndios pode ser extinta pela remoção de um dos componentes. Com relação a incêndios e a sua extinção afirmativa errada é:

- a) a água ao vaporizar-se em contato com o fogo absorve calor, abaixando assim a temperatura do material em combustão.
- b) o gás carbônico atua na extinção de incêndios principalmente pelo deslocamento do oxigênio da zona de combustão.
- c) a água é usada na extinção de certos incêndios porque ela eleva a energia de ativação da reação de combustão.
- d) a água na forma de gotículas, é mais eficiente devido ao aumento da superfície de contato.
- e) a água não é eficaz em incêndios de hidrocarbonetos porque, sendo mais densa não flutua sobre essas substâncias.

8ª Questão: (UFMG)

A amônia é um dos materiais mais importantes na indústria química. É produzida pelo processo de Haber, cuja reação pode ser representada pela equação:



Para aumentar a concentração de amônia no equilíbrio, qualquer das medidas abaixo é adequada, EXCETO:

- a) diminuir a temperatura
- b) adicionar um catalisador
- c) aumentar a pressão
- d) aumentar a concentração de H₂
- e) aumentar a concentração de N₂

9ª Questão: (UFMG)

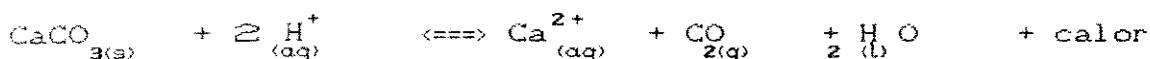
Na síntese da amônia pelo processo de Haber, nitrogênio e hidrogênio reagem a uma temperatura e uma pressão elevadas, conforme equação da questão anterior.

- a) Por que é conveniente utilizar pressão elevada?
- b) Por que sendo o processo exotérmico é conveniente utilizar temperatura elevada?
- c) Escreva a lei de equilíbrio da reação representada pela equação da questão 8, em termos de concentração e pressão parcial.

A N E X O I V

1ª Questão: (UFMG)

Adiciona-se uma solução de HCl ao carbonato de cálcio, CaCO₃, contido num recipiente fechado; o equilíbrio que se estabelece pode ser descrito pela equação



Em relação a esse equilíbrio, afirmação ERRADA é:

- a) para diminuir a quantidade de CaCO₃, pode-se adicionar mais HCl.
- b) para aumentar a concentração dos íons Ca²⁺, pode-se resfriar o sistema.
- c) para aumentar a quantidade de CaCO₃, pode-se aumentar a pressão parcial do CO₂.
- d) para diminuir a pressão parcial do CO₂, pode-se adicionar um sal solúvel de cálcio.
- e) para aumentar a pressão parcial do CO₂, pode-se adicionar mais CaCO₃.

2ª Questão: (UFMG)

Qual é afirmação ERRADA?

- a) ácidos, quando dissolvidos em água elevam o pH.
- b) bases, conforme Arrhenius, são substâncias que liberam OH⁻ em solução aquosa.
- c) em solução aquosa diluída os ácidos e bases estão completamente dissociados.
- d) uma solução aquosa, cuja concentração de H⁺_(aq) é 1,0 × 10⁻⁵ M, tem pH = 5.
- e) ácidos reagem com bases para formar um sal e água.

3ª Questão: (FCMMG)

Uma solução aquosa saturada de CaF₂ encerra 0,0078 gramas deste sal por litro de solução. O K_{ps} do CaF₂ é igual a:

- a) 1 × 10⁻⁶
- b) 2 × 10⁻¹²
- c) 4 × 10⁻⁹
- d) 2 × 10⁻⁸
- e) 4 × 10¹²

4ª Questão: (FCCMG)

A concentração molal de H⁺ de uma solução aquosa de um ácido HA, de K_a = 2 × 10⁻⁷, é igual a: dado: K = α² · M ; [H⁺] = μ · α

- a) 4×10^{-4}
- b) $1,6 \times 10$
- c) $2,0 \times 10^{-7}$
- d) $1,0 \times 10^{-3}$
- e) $0,8 \times 10^{-3}$

5ª Questão: (FCMMG)

Uma solução 0,37 % p/v de hidróxido de cálcio, apresenta pH igual a:

- a) 13,0
- b) 12,7
- c) 12,0
- d) 1,3
- e) 1,0

6ª Questão: (Diamantina)

Determinar o pH de uma solução preparada pela dissolução de 54 g cujo $K_a = 4,0 \times 10^{-10}$, em $2,0 \times 10^3$ ml de solução.

- a) 5,3
- b) 4,7
- c) 9,3
- d) zero
- e) 6,0

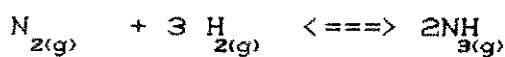
7ª Questão: (UFMG)

Considere o sistema em equilíbrio $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} + \text{calor}$

- a) A razão numérica entre a velocidade de formação (Vf) e a velocidade de decomposição (Vd) do HCl é :
- b) Que efeito terá um aumento de temperatura sobre o sistema em equilíbrio?
- c) Que efeito terá um aumento da pressão externa sobre o sistema em equilíbrio?

8ª Questão: (PUC - MG)

Para qualquer reação num sistema fechado, o rendimento máximo do produto é determinado pelas limitações do estado de equilíbrio. Um exemplo disso pode ser visto no processo de Haber, método de fabricação de amônia:



a) Em termos de concentração dos reagentes, qual a condição para que seja aumentado o rendimento da amônia?

b) Qual o número total de moles obtidos no sentido de decomposição da amônia?

c) A conversão de nitrogênio e hidrogênio em amônia é exotérmica. Com base apenas no Princípio de Le Chatelier, o que deveria ser feito em termos de temperatura para que o rendimento da amônia não diminuísse?

d) O processo de Haber utiliza altas temperaturas e altas pressões para a produção de amônia. Explique.

A N E X O V

ESCOLA MUNICIPAL C. L.

AVALIAÇÃO DE QUÍMICA

NOME

NÚMERO

ASSUNTO: EQUILIBRIO QUÍMICO

GRUPO:

Tópico apresentado:

Ítems para avaliação: + , - ou +/-

1. Participação geral do grupo
2. Organização do grupo
3. Conhecimento geral do assunto
4. Disciplina da sala
5. Entendimento geral do grupo
6. Explicação clara
7. Resumo dos ítems importantes
8. Participação da sala
9. Segurança dos apresentadores
10. Criatividade

Nota do grupo

de 0 a 10 _____

Idéias que ficaram claras:

Idéias que não ficaram claras:

Nota de 0 a 10 para o aluno: _____

A N E X O V I

TRANSCRIÇÃO DA AULA REFERENTE A APRESENTAÇÃO DO GRUPO 1

O gente, silêncio! A gente pegou essa matéria de outros livros porque o nosso livro fala muito pouco, então a gente pegou a mais do nosso livro e as folhas que a gente vai dar vão falar tudo, né. Então, antes de eu começar a falar para vocês o que é equilíbrio químico eu posso falar sobre equilíbrio. O que é equilíbrio?

A1 E você ficar em pé e não cair.

A2 E. A não ser que alguém vá e te empurre, né?

S Equilíbrio é um estado de um sistema se não variar com o tempo dependendo da força... é... como é que é? Peraí! Estado de equilíbrio é um estado que umas substâncias... é invariável com o tempo independente da força que estiver atuando no sistema. Pode ser força interna ou externa. E o equilíbrio está na física, está na química, tá na biologia. Temos equilíbrio mecânico, temos equilíbrio térmico e temos equilíbrio termoquímico... dinâmico, químico e os conceitos... tá tudo na folha, eu não vou falar aqui não. Bom, antes de... agora eu vou falar reação. Uma reação ela se processa....ahm.a reação...

PROF. Sílvia, você falou que não vai explicar mas eu queria que ficasse claro o que é equilíbrio estático e equilíbrio dinâmico. Você vai falar?

A1 Ela é que vai falar.

PROF. Então tá.

S Oh! Numa reação esse processo... ih! Caramba, só!

A3 Calma!

S Numa reação os reagentes se transformam em produto e esse processo pode ser... pode não ser... ih, gente eu não sei.

..

A3 Calma!

S Ah! Tá tudo escrito aí, ó!

(PAUSA)

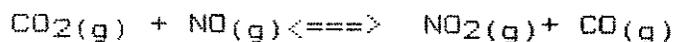
S Numa reação os reagentes se transformam em equilíbrio. Essa transformação pode ser completa ou incompleta. Completa quando ela é irreversível e incompleta quando ela é reversível. Irreversível é quando ela vai e volta. Quando ela vai do reagente para o produto. Reação irreversível é quando se processa nos dois sentidos, que vai do produto para... do reagente para o produto e esse produto para o reagente... esse é o irreversível. Essa reversibilidade é representada... não...

PROF. I é não reversível, né. Irreversível é não reversível.

S Então, reversível é quando... essa reversibilidade...

PROF. Você falou que não há reversibilidade...

S ... é representada na equação por duas setas em sentidos opostos. A que vai para a direita expressa a reação direta, a que vai para a esquerda é a inversa. -(PAUSA) Vou dar um exemplo. (vai para a lousa)



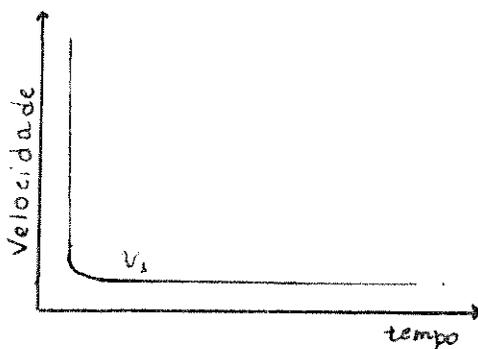
S Essa é a direta, essa é a indireta. Essa reação pode ir daqui para cá e de lá para cá. Deu para entender?

VARIOS Deu!

S Então quando é que essa reação, ela atinge o equilíbrio químico? Quando as velocidades da reação direta e inversa se igualam. Então quer dizer que toda reação reversa vai... atingir o equilíbrio químico. Agora a Daniela vai explicar para nós isso que eu acabei de falar. Tá aqui no gráfico.

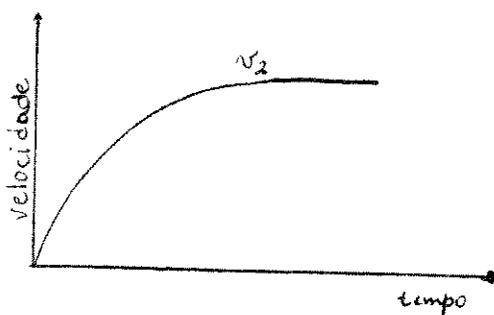
D Aqui está representado o gráfico da reação direta (apontando para o gráfico que já estava na lousa desde o início da apresentação) A+B dando C+D

GRAFICO DA REAÇÃO DIRETA $A + B \longrightarrow C + D$



D Aqui o gráfico está nos dizendo que a velocidade vai diminuindo com o tempo. Por que? As concentrações molares dos reagentes ... para elas serem... elas com o tempo vão ter que diminuir as concentrações molares. Já que a gente já sabe, pela lei, que a velocidade é diretamente proporcional à concentração molar das duas. Então, se vai diminuir a concentração dos reagentes, lógico que vai diminuir a velocidade, né. Então, quando vai sendo produzido o produto, a gente vai aumentar a concentração do produto. Então vai aumentar a concentração de C e vai aumentar a concentração de D. Então o que vai acontecer? Se aqui tá aumentando, pela lei, né, igual a gente viu lá na outra, se aqui aumentou, logicamente a velocidade dela vai aumentar. (mostra o gráfico a seguir)

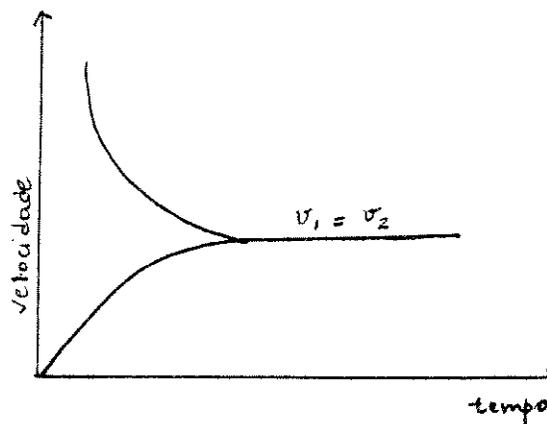
GRAFICO DA REAÇÃO INVERSA



$$V = K \frac{[C]}{2} \frac{[D]}{2}$$

D Então aqui o gráfico mostra que a velocidade dela vai aumentar com o tempo. Então se você for levar a nível do sistema microscópico, quer dizer, a nível de moléculas, a reação ela ainda está continuando, se for levar em consideração esse gráfico de equilíbrio aqui (mostra o gráfico a seguir)

GRAFICO DO EQUILIBRIO QUIMICO



D Vai chegar um determinado momento, um determinado tempo que a velocidade v_1 e v_2 vão entrar em equilíbrio químico, foi o que a Silvia disse. A reação só vai entrar em equilíbrio quando as duas velocidades da reação direta e inversa ficarem em igualdade, né. Então se a gente for levar a nível de moléculas, na reação do exemplo, ainda vai continuar a reação. Então a gente disse que isso aqui é um estado dinâmico.

mico da reação, se for levar em consideração só as moléculas. Agora se for levar a nível de um todo, o sistema todo, né, a gente vai ver que vai acontecer o seguinte: vai ficar parada essa reação aqui. Quer dizer, se você gastar 10 moléculas do reagente A e B, quer dizer, simultaneamente, na hora em que você fizer a reação inversa essas 10 moléculas vão ser refeitas como produto de novo. Então vai ficar uma coisa quase que joga para lá, joga para cá.

A Ping-pong.

D Vai ficar num estado parado, num estado estacionário.

N Daniela praticamente já falou, agora o que ela falou tem um nome, né, chama-se equilíbrio dinâmico e equilíbrio estacionário. Equilíbrio dinâmico: a nível das moléculas continua havendo reação nos dois sentidos, direto e inverso. O equilíbrio estacionário, que é a nível macroscópico do sistema inteiro, a reação é como se tivesse parada mas, se tem aqui duas moléculas A e B que são consumidas, outras moléculas A e B são refeitas pela reação inversa. Então, no final da reação, as moléculas A, B, C, D, todas as moléculas, permanecerão inalteradas. É o equilíbrio estacionário.

Bom gente, eu vou falar da importância de se estudar equilíbrio químico. Bom, através desse estudo do equilíbrio você vai conseguir saber até onde a reação caminha. Existem dois processos para se estudar o equilíbrio. Um deles é através do grau de equilíbrio químico e o outro é através da constante de equilíbrio. Bom, a parte da constante de equilíbrio químico será explicada pelo próximo grupo, então eu vou explicar o grau de equilíbrio químico de uma reação. Grau de equilíbrio de uma reação em relação a um reagente é o quociente entre o número de moles do reagente que reagiu e o número de moles que foi colocado para reagir. Esse grau de equilíbrio químico é representado pela letra grega alfa, isto é, o número de moles do reagente que reagiu, sobre o número de moles, número inicial, né. Vou dar um exemplo prático aqui (mostra a tabela).

T (min)	A+B	C+D
0	1,00	0
20	0,32	0,68
30	0,24	0,76
40	0,20	0,80
50	0,20	0,80
60	0,20	0,80

N No tempo inicial zero vai ter 1 mol da substância A e 1 mol da substância B. E vai ter zero da substância C e zero da substância D. No tempo 20 min vai ter 0,32 de A e 0,32 de B, e vai ter 0,68 de C e D. Nos 30 min, 0,24 de A (termina de ler os dados da tabela). Então dá para notar o seguinte: até aqui, 30 minutos (confusão na sala de aula). Até aqui oh, a reação está caminhando. Do tempo inicial até os trinta minutos. Dos 40 minutos em diante... ela atinge o estado de equilíbrio. Bom, agora se você quer calcular o grau de equilíbrio desta reação, então você vai pegar inicialmente o número de moles que reagiu. Qual o número de moles que reagiu?

VARIOS 0,80.

N E vai colocar sobre o número de moles inicialmente quando reagiu. Foi 1 mol. Ai você vai tirar que o grau de equilíbrio desta reação é 0,80. Tá entendido?

VARIOS Tá entendido.

N Só vou explicar mais uma coisinha aqui. Quando esse grau de equilíbrio químico, ele é... Quanto maior for o grau de equilíbrio químico, mais a reação caminhou até atingir o equilíbrio químico. Tá entendendo?

VARIOS Entendi.

N Por exemplo, é... aqui no caso ele é alto, né. Porque geralmente ele fica entre zero e um, esse grau de equilíbrio, então aqui como ela caminhou muito nós temos uma pequena parte que sobrou de reagente, sem reagir e a maior parte do produto. Agora se esse grau de equilíbrio químico, se ele for pequeno, mais próximo de zero, nós teremos o contrário, is-

so vai significar que a reação, ela mal começou e atingiu o equilíbrio químico. Então nós temos uma maior parte do reagente sem reagir e uma pequena parte do produto. Então a primeira reação ela é altamente produtiva né, e a segunda tem baixa produtividade. E o equilíbrio químico ele só vai haver em recipiente fechado e temperatura constante.

A Por que Professor?

PROF. Porque se tiver trocas com o meio, né, pode alterar, vocês vão falar depois da temperatura.

A Eu sei explicar isso. E porque se por exemplo, a reação de equilíbrio... o equilíbrio químico ele só acontece com a reação que é reversível, né. Ela acontece de lá para cá e de cá para lá. Então se por exemplo, quando ocorre a reação direta e ela está em um recipiente aberto, ela pode escapar algum gás, né, e daí a reação vai ficar sem esse gás para ela acontecer ao inverso

PROF. E quando outros fatores pode, se tiver interferências como a pressão, aí pode alterar o equilíbrio. Oh, gente quando eu falei de equilíbrio estático e equilíbrio dinâmico, eu esperava que ela falasse um pouquinho mais, de equilíbrio antes de entrar em equilíbrio químico, alguém tem alguma dúvida quanto a equilíbrio estático e equilíbrio dinâmico? Equilíbrio estático é o equilíbrio de uma coisa que está parada, sem que haja nenhuma alteração no sistema e o equilíbrio dinâmico é isso que está acontecendo na reação. Por um lado continua acontecendo, mas a nível macroscópico parece que não está acontecendo nada. Está formando a mesma quantidade de produto no sentido direto da reação e de reagentes no sentido inverso da reação, então, macroscopicamente parece que nada ali está acontecendo. A reação se processa.

A Mas ela falou.

PROF. Ela falou, mas eu esperava que vocês dissessem um exemplo fora da química para ficar bem claro o entendimento químico da coisa.

A Depois que a reação atinge o equilíbrio ela por si própria tem a capacidade de se desequilibrar?

PROF. Não. Só se tiver alteração das condições: pressão e temperatura. Só se tiver uma interferência.

ANEXO VII

TRANSCRIÇÃO DA AULA REFERENTE A APRESENTAÇÃO DO GRUPO 2

V A gente pensou que tivesse grau de equilíbrio no nosso grupo, aí a gente ia explicar, só que ela explicou e a gente não sabia.

O Você quer que a gente explica de novo, ou pula?

PROF. Vocês é quem sabem. Vocês querem que fale de novo?

VÁRIOS Queremos! Fala mais um pouquinho!

PROF. Então fala resumidamente Otto.

V Já é resumido aqui "fessor"!

(tempo)

V "Fessor" é a mesma coisa...vai explicar?

PROF. Não tem importância não.

V O que é chamado grau de equilíbrio de uma reação é...o do reagente vai ser representado pelo número de moles de um determinado reagente que reage até o seu equilíbrio, sobre o número de moles inicial daquele reagente. Ela explicou a fórmula desse aí. Alfa vai ser o grau de equilíbrio e esse o número de moles do reagente..sobre o número de moles iniciais..a gente tem A mais B dando C mais D. A gente vai ver que tem 100 moles, se no final do equilíbrio tiver sobrado 20 moles, quanto vai ter reagido?

VÁRIOS 80!

V 80. Aqui ó, esse gráfico aqui. Aqui tá falando...

PROF. Tá até interessante, porque você está falando em termos de porcentagem e ela não falou. Ela falou 0,80 é o grau. Você está falando em termos percentuais. Eu quero deixar bem claro que é em termos de porcentagem.

V Quanto menos sobrar moles de $A + B$, né, que são os reagentes, mais a reação vai estar conseguindo chegar ao seu equilíbrio. Então mais alto será o rendimento dessa reação. E quanto mais sobrar reagentes de $A+B$, quer dizer que mais baixo é o rendimento desta reação. Aqui esse gráfico, o que é que ele está falando? O número inicial de moles de A: 20 moles. E.. dissociam-se, pois 0,5 moles de H_2O ...então vai ser 2,0 moles de água menos 0,5. Vai dar 1,5. Então a gente viu que de 2 moles passou para 1,5. Isso aqui é uma reação de alto ou baixo

rendimento?

ALGUNS Baixo!

V É! Acertou! Nossa! E no outro foram 2 moles de reagente que vão reagir e aqui ao invés de ser 0,5 vai ser 1,5 então esses dois aqui...vai vir aqui...vai fazer isto aqui ó. Então vai ser uma reação de alto rendimento e o Oz também. Só isso.

B Quando uma reação é reversível quer dizer que ela pode acontecer nos dois sentidos. Ela pode ser direta ou indireta, que é o caso, por exemplo, dessa reação: A+B...

TODA A TURMA É igual a C+D!

B A reação pode ser direta ou indireta. A reação direta vai ter uma velocidade, que vai ser a velocidade da reação direta, que vai ser a constante direta vezes a concentração de A vezes o B (mostra na lousa)

$$V_i = K_i [C][D]$$

B Quando essa reação atinge o equilíbrio químico, essa velocidade da reação direta e da inversa vão ser iguais...então velocidade de reação direta vai ser igual a velocidade de reação inversa (escreve na lousa)

$$V_d = V_i$$

B Igualando

$$K_d [A][B] = K_i [C][D]$$

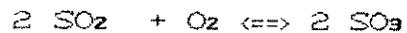
B Bem, a razão entre essas duas constantes que é

$$\frac{K_d}{K_i} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

B E a razão aí dessas duas constantes vai ser a constante de equilíbrio que vai ser isso aqui olha, que é a razão entre a constante da reação direta e a constante da reação inversa. E essa constante da equação quando é usada para...para expressar a concentração é... a molaridade ela é representada por Kc. Agora o exemplo prático disso...

PROF. K_c é a constante de equilíbrio em função das concentrações, não é?

B É... a reação do $\text{SO}_2 + \text{O}_2$ para formar o SO_3 (escreve na lousa)



O "Fessor" isso é só quando for gasoso, né?

B Aqui primeiro a gente vai fazer... inicialmente vai escrever a expressão da constante de equilíbrio para essa reação que vai ser... o produto... vai ser o SO_3 ... vai ser elevado ao coeficiente do...

V Do SO_3 !

B Do SO_3 .. vai ser sobre o SO_2 , que é o reagente, que vai ser elevado ao coeficiente do SO_2 e o O_2 ... o O_2 vai ser elevado a o que aqui? O coeficiente dele é um (escreve na lousa)

$$K_c = \frac{[\text{SO}_3]}{[\text{SO}_2][\text{O}_2]}$$

B Para achar a constante de equilíbrio tá dando... vai ser dado a concentração molar do SO_2 , que é 1 mol por litro. A concentração do O_2 que é 1,5 mol por litro e a concentração do SO_3 que é 0,1 mol por litro (escreve na lousa)

$$\text{SO}_2 = 1 \text{ mol/L}$$

$$\text{O}_2 = 1,5 \text{ mol/L}$$

$$\text{SO}_3 = 0,1 \text{ mol/L}$$

B Agora que a gente já tem a expressão para achar a constante de equilíbrio, agora a gente substitui aqui... substitui a concentração desse reagente vai ser igual a 0,1 e a concentração do SO_3 , que vai ser elevado a dois, sobre a concentração do SO_2 que é um mol por litro e vai ser elevada a dois, vezes a concentração do oxigênio que é 1,5 mol por litro.

$$K_c = \frac{[0,1 \text{ mol/L}]}{[1,0 \text{ mol/L}]^2 [1,5 \text{ mol/L}]}$$

B Agora aí gente fazendo isso aqui a gente vai achar...os numeros vão ser... 0,666...dizima periódica e a molaridade é... vai ser...é a concentração vai ser em mol por litro elevada a 1, por causa dos expoentes aqui e quanto maior for esse número mais completa vai ser a reação direta. Como esse aqui é um número bastante pequeno vai ser muito pouco se SO₂ mais do O₂ que vai se transformar em SO₃.

V Entendeu professor?

O Bom, isso é constante, você pegando os moles da coisa. Agora pegando a pressão parcial...

D Como é que é? Essa constante que você falou, que os reagentes vão ter uma baixa produtividade?

B É... vai ter uma baixa produtividade. Muito pouco produto... do reagente...vai se transformar em produto. Agora eu não...ou se fosse um número bastante grande seria uma reação de alto rendimento.

D Você tá falando só da reação direta ou inversa?

B Da reação direta.

D Da inversa...

B Da reação inversa vai ser o contrário já que esse é um número bastante pequeno o outro vai ser um número grande. Quer dizer que a reação inversa vai ter maior produtividade.

PROF. A constante de equilíbrio...você vê que está conservando a concentração dos produtos. Está mantida constante. Não igual, mas constante. Então na constante de equilíbrio estão dadas as concentrações que não variam durante o equilíbrio.

O Agora eu vou explicar a constante dentro da pressão parcial. O caso é o seguinte: é... para um gás A, por exemplo, nós temos que a pressão dele vai ser de...(escreve na lousa)

$$A = P_A V = n_A RT$$

O Aí vamos trabalhar nessa equação aí.

V P_A é pressão do A. Vai falando Otto...

O Isso aqui é o número de mol sobre volume (escreve na lousa)

DIMENSÕES DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO MANIFESTAS NO MATERIAL ENTREGUE PELOS ALUNOS NA APRESENTAÇÃO DOS GRUPOS 1, 2 e 3

GRUPO 1

1. *Equilíbrio - Aspectos Gerais*

*Equilíbrio é igualar o peso na balança

*Equilíbrio é o estado de um sistema que é invariável com o tempo

*Equilíbrio mecânico implica a resultante nula de todas as forças que atuam no sistema

*Equilíbrio térmico implica igualdade de temperatura em todos os pontos do sistema

*Equilíbrio termodinâmico implica a existência de equilíbrio mecânico, químico e térmico

*Equilíbrio termodinâmico implica a inexistência de transporte de cargas elétricas e variação de grandezas magnéticas

2. *Equilíbrio Químico*

*É o estado onde as propriedades macroscópicas permanecem constantes num recipiente fechado a temperatura constante

*Será atingido por todas as reações reversíveis

3. *Relação Equilíbrio/Velocidade da reação*

*O equilíbrio químico é atingido quando as velocidades das reações direta e inversa se igualam

4. *Dinamismo*

*Equilíbrio Dinâmico envolve a continuidade da reação no nível microscópico

5. Grau de Equilíbrio

*O grau de equilíbrio é uma grandeza para medir o equilíbrio químico

*Grau de equilíbrio químico em relação a um reagente é o quociente entre o número de moles do reagente que reagiu até o equilíbrio e o número inicial de moles do mesmo reagente

*Quanto maior for o grau de equilíbrio, mais terá caminhado a reação até chegar ao equilíbrio

6. Constante de Equilíbrio

*A constante de equilíbrio é uma grandeza para medir o equilíbrio químico

7. Aspectos Estacionários do Equilíbrio

*Estado estacionário implica a inalteração das quantidades de produtos e reagentes da reação

8. Reversibilidade

*Reação reversível é aquela que se processa simultaneamente nos dois sentidos

*A reversibilidade de uma reação é indicada na equação química por duas setas em sentidos contrários

9. Variação de velocidade da reação

*A velocidade da reação direta diminui com o tempo

*A velocidade da reação inversa aumenta com o tempo

10. Variação das Concentrações

$$P_a = \frac{n_a}{V} RT$$

O Ai vai ser $P_a = [A] RT$

O Passando pra cá $[A] = \frac{P_a}{RT}$

O Na outra equação era assim, os moles, né, agora você vai colocar a pressão parcial. A outra equação... a constante era o seguinte: (escreve na lousa)

$$K_c = [X]^y$$

O Por exemplo, numa equação (escreve na lousa)



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

O Entendeu como é que é? Então o número do coeficiente...entendeu? Ai o que ele explicou era o seguinte...esse daqui...

V Esse daqui qual?

O É...esse reagente aqui...

VARIOS Produto!

O Produto, aqui é como y mais...

VARIOS Vezes!

O Vezes! Vocês estão complicando...

V Calma!

O Sobre...B elevado a b e sobre o A elevado a alguma coisa. Isso aqui é o que ele explicou. Agora vamos substituir esse C aqui, esse B e esse A por isso aqui ó aponta para

$$[A] = \frac{P_a}{RT}$$

O Que é igual, sacaram?

V O professor não está entendendo não Otto!

O Aqui ó...isso aqui é o número de mol por...

PROF. Por pressão. Então escreve...

O Então a gente faz o seguinte (escreve na lousa)

$$K_c = \frac{\left[\frac{P_c}{RT} \right]^c \left[\frac{P_d}{RT} \right]^d}{\left[\frac{P_a}{RT} \right]^a \left[\frac{P_b}{RT} \right]^b}$$

O Agora tudo tem RT, né? Então vamos fatorar. Fatorando isso aqui vira Kp (escreve na lousa)

$$K_p = \frac{P_c^c \cdot P_d^d}{P_A^a \cdot P_B^b} \cdot \left[\frac{1}{RT} \right]^{(c+d)-(a+b)}$$

O Então é $\frac{1}{RT}$ esses índices aqui. Então tá, assim é que é a equação então vamos relacionar Kp com Kc. Então o Kc vai ser igual a Kp vezes... a única diferença desse daqui para esse é isso aqui ó. Então (escreve na lousa)

$$K_c = K_p \cdot \left[\frac{1}{RT} \right]^n$$

O O n é a... é esse somatório aqui.

V Otto, Kp é o que?

O Constante de pressão.

PROF. Constante de equilíbrio em relação à pressão parcial. No caso, tenho uma observação a fazer. Ele me perguntou se são só gases, né. Ele observou e me perguntou baixinho, isso aí é relativo a número de mol gasoso.

M É eu perguntei para ele e ele me falou...

O Ou Kp, né, substituindo ali é igual a Kc... então é isso. Agora vou dar um exemplo prático, pode?

C Agora vocês vão fazer, já que vocês estão sabendo (escreve na lousa)



C Como é que faz? Primeiro você pega a fórmula. A fórmula é a

pressão do produto sobre...

PROF. Gente, nessa expressão aí são as pressões parciais, né?

C Aí, o n vai ser igual ao 2-1+3 (escreve na lousa)

$$K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} P_{\text{H}_2}^3} \quad \begin{array}{l} n = 2 - (1+3) \\ n = -2 \end{array}$$

A O que é n?

C n é a somatória dos índices. Então o Kp fica (escreve na lousa)

$$K_p = K_c (RT)^{-2}$$

ANEXO VIII

TRANSCRIÇÃO DA AULA REFERENTE A APRESENTAÇÃO DO GRUPO 3

G O que os dois outros grupos tinham explicado, que é muito importante para a gente entender a nossa parte, é que, quando a velocidade da reação direta...o equilíbrio...ele atinge o equilíbrio quando a velocidade da reação direta é igual a da...a velocidade da reação indireta. Certo? E quando as concentrações também são constantes. Isso foram as coisas que os outros grupos já explicaram, mas que você tem que saber para você entender o nosso. Agora o que nós vamos falar aqui é se algum fator externo, alguma coisa externa atingir a equação ela vai deslocar o equilíbrio. Então, por exemplo, se a temperatura variar, ou a pressão variar, a concentração dos reagentes ou produtos também variar, vai variar o deslocamento do equilíbrio. Então olha aqui ó...então se acontecer algum fator externo a velocidade da reação direta vai ser diferente da velocidade da reação indireta.

M Se a reação sofrer a influência de...

G Fatores externos. Ou temperatura, ou pressão, ou concentração dos reagentes. Agora se essa atuação, desses três fatores, ela favorecer a velocidade da reação direta, olha aqui ó, então essa equação aqui, se o fator externo favorecer aos reagentes, que é a velocidade direta, que é de lá para cá...

M Como é que é?

G Se o fator externo favorecer a velocidade da reação direta ela vai... o equilíbrio vai deslocar mais para a velocidade da reação direta do que a da indireta. Quando tem o equilíbrio a setinha que vai dos reagentes para o produto é igual a do produto para o reagente, mas como o fator externo vai atuar então se ele favorecer dos reagentes para o produto a setinha da velocidade dos reagentes, da direta, vai ser maior do que a setinha dos fatores... da velocidade indireta. Entenderam?

Vários Entendemos!

Prof. Isso aí depende do fator, né, porque nem sempre vai alterar o equilíbrio nesse sentido...

M Pois é...

V Professor depende das substâncias também!

Prof. Depende do fator que está influenciando.

A No caso da concentração... quando ela favorecer...

G Se a temperatura, entendeu, for... for por exemplo... aumentar ou a pressão, alguma coisa assim, entendeu, nos reagentes, vai favorecer os reagentes, que devido aos reagentes vai aumentar a velocidade dos reagentes, que é a direta... e vai... porque vai ser menor.

Prof. O equilíbrio é dinâmico né, que vocês viram na aula passada. E o seguinte, se você é... imagina um equilibrista, né, tá lá com a sombrinha na corda bamba. Se ele desequilibra para o lado o que é que ele faz?

Vários Vai para o outro.

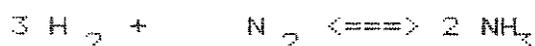
Prof. Para o outro, né, então o que acontece é isto, se algum fator desequilibra ou os produtos ... os reagentes... num sentido da reação... na reação direta ou na reação inversa. A tendência é equilibrar para o outro lado, né. Então, toda vez que um dos lados for desequilibrado, a tendência é que equilibre para o outro lado.

G Agora isso também tem o lado oposto não é? Se o fator externo já favorecer os produtos, entendeu, a velocidade da reação... da reação vai ser maior do que a da reação direta. Entenderam? Então olha aqui. Então a alteração do equilíbrio de um sistema químico é devida a três fatores. Três fatores que vão variar o deslocamento do equilíbrio. Ou a concentração dos componentes, entendeu, se aumentar ou diminuir o reagente ou o produto, a concentração dos dois vai variar. Ou a pressão aumentar ou diminuir vai variar também no deslocamento do equilíbrio. Ou a temperatura, Também se ela aumentar ou diminuir. Esses são três fatores que vão ser explicados né, que variam o equilíbrio. Agora tem um princípio, do Le Chatelier, esse princípio vocês vão entender mais quando tiver explicando ali, entendeu, nos três itens, depois vocês vão entender direito esse princípio. Esse princípio explica o seguinte: que quando um fator externo exerce, numa... numa equação né...

Prof. Numa reação...

G Numa reação é...essa reação vai se deslocar para anular essa ação externa. Falando assim vocês não vão entender muito mas, quando explicar ali vocês vão entender. Então, quando algum fator externo atuar em uma reação, entendeu, essa reação vai deslocar para o sentido de anular esta ação externa. Só isso. Agora a Janaina vai explicar concentração. o primeiro item que altera o equilíbrio..

J Eu vou falar sobre a influência da concentração dos componentes neste sistema aqui (mostra na lousa a equação)



Nesta reação... bom, esta reação pode ser alterada através da adição de reagentes, da adição de produtos, da retirada de reagentes e da retirada de produtos. Bom, com a adição de reagentes. Adicionando H₂ nessa reação, o equilíbrio vai se deslocar para a direita, isto é, para a formação de NH₃. Isto é explicado através do Princípio de Le Chatelier, onde ele diz: o sistema reage no sentido de anular a adição do H₂, isto é, reagindo e produzindo mais NH₃ e conseqüentemente o equilíbrio vai se deslocar para a direita. Entenderam?

Vários Entendemos!

J Bom, é isto que acontece quando eu adiciono H₂, ele reage, aumenta a concentração do NH₃ e o equilíbrio desloca para a direita.

M Peraí, tanto H₂ quanto N₂...

J E... essa situação é tanto válida para H₂ e para N₂, na retirada e na adição dos reagentes.(...) Nesse sistema o equilíbrio vai deslocar para a esquerda, isto é, para a formação do H₂ e do N₂. Isto é explicado através do Princípio de Le Chatelier, que, quando adicionamos NH₃ no sistema ele sofre uma perturbação, né, e reage no sentido de anular a adição do 3, decompondo e formando mais N₂ e mais H₂. Conseqüentemente aumenta a concentração do N₂ e do H₂ e deslocando o equilíbrio para a esquerda. Entenderam?

Vários Entendemos!

J Retirada de reagentes. retirando H₂ dessa reação o equilíbrio se desloca para a esquerda. isto é, para a formação do H₂ que foi retirado. Isto é explicado pelo Princípio de Le Chatelier. Que a retirada De H₂ do sistema em equilíbrio causa uma perturbação. O sistema reage no sentido de anular o efeito da retirada do H₂ produzindo mais...

A Decompondo, né?

J E, decompõe o NH₃

A Pois é, mas se você retirou dos reagentes é no sentido de compor...

J De compor, de fazer mais H₂ que foi retirado, deslocando o equilíbrio para a esquerda. Aumenta a concentração. Entendeu?

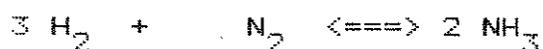
A Entendi.

J Retirada de produto. Retirando NH₃, o...equilíbrio vai-se deslocar para a direita, para a formação do nh₃ que foi retirado. Isto é explicado através do Princípio de Le Chatelier. Que a retirada do NH₃ do sistema em equilíbrio causa uma perturbação e o sistema reage no sentido de anular a retirada do NH₃ produzindo mais NH₃ e consequentemente deslocando o equilíbrio para a direita, Alguma dúvida sobre o assunto?

Vários Não.

J Então agora a Fernanda vai explicar o outro fator.

F Agora eu vou explicar sobre a pressão. Primeira coisa. A variação da pressão ela só vai alterar o equilíbrio, provocar o deslocamento do equilíbrio em reações que envolvem gás, ou seja, só nas reações gasosas. Primeira coisa, vou explicar dessa reação aqui (mostra na lousa a equação)



Essa reação, ela atingiu o equilíbrio a uma pressão de 10 atm, a uma temperatura de 300 graus centígrados e a porcentagem da formação do NH₃ é igual a 14,7%. Então agora a gente vai aumentar essa pressão para 100 atm. Então a gente vai notar o seguinte, que só variando a pressão a porcentagem do NH₃ aumentou, ela passou para

52% o que indica que com a variação da pressão o equilíbrio, ele se deslocou para a formação do NH_3 . Porque? Porque a quantidade do NH_3 aumentou, né? Agora para agente... para explicar porque é que a uma pressão mais alta, ou seja, de 10 atm para 100 atm o equilíbrio, ele se deslocou para a direita, para a formação do NH_3 , agente vai usar o Princípio do Le Chatelier, que diz que se aumentarmos a pressão sobre o sistema o sentido do equilíbrio, ele é... ele se desloca no sentido de diminuir a pressão. Então nesse caso aqui ele se deslocou para a formação de NH_3 . Mas como é que a gente sabe que ele possuía a menor pressão? Porque a pressão ela é proporcional ao número de moles. Ou seja, o lado que possui um maior número de moles, possui a maior pressão e o lado que possui menor número de moles possui a menor pressão. Então através do Princípio de Le Chatelier, que eu já falei, nós aumentamos a pressão, então o sentido do equilíbrio, ele se deslocou para diminuir a pressão. Então nesse caso aqui os produtos, eles possuem menor número de moles e então eles possuem a menor pressão. Então por isto o equilíbrio, ele se deslocou para a formação do NH_3 , não é? Para a direita. Alguma dúvida?

Vários Não.

F Agora tem uma observação. Nem sempre a variação da pressão, ela vai afetar o equilíbrio, ou seja, ela vai provocar o deslocamento do equilíbrio. E nesse caso aqui, nesse exemplo aqui. Aqui o número de moles dos reagentes, eles possuem dois moles e aqui no produto eles também possuem dois moles. Então eles possuem a mesma quantidade de moles, então não dá para a gente saber, qual deles possui a menor ou a maior pressão para saber em que vai ser o deslocamento. Então a variação da pressão, ela não vai afetar o equilíbrio quando for neste tipo de reação em que o número de moles do reagente é igual ao número do produto. Entendeu? E tem esse caso aqui também. E o seguinte. O equilíbrio... o deslocamento do equilíbrio, os fatores.. só ocorrem em reações que possuem gás, ou seja, em reações gasosas. Neste exemplo aqui pelo que eu falei, neste caso aqui os reagentes iam possuir dois moles, um mol do carbono e um mol do oxigênio e aqui possuíam, um mol. Mas o carbono, ele se encontra no estado sólido, então a

gente não conta. Quando ocorrer isto a gente não conta como o número de moles do... podia ser no líquido ou no sólido, a gente não conta com o número de moles, não vai influenciar. Podia até ter 8 moles que não iria influenciar. Por que? Porque ele não está no estado gasoso. Então nesse tipo de equação aqui nós vamos contar apenas com o número de moles dos elementos que estão no estado gasoso.

A Tá, com um mol dos reagentes e um mol dos produtos, ali não está faltando uma seta?

F Não, aqui a setinha está aqui...

A Pois é mas essa seta não pode voltar?

F Não, ela pode...pois é ela pode ser nesse sentido aqui. Igual aqui, entendeu?

G E porque o número de mols do reagente é igual ao número de mol dos produtos, então não vai haver deslocamento, entendeu, porque a pressão é igual dos dois.

A Mas eu não estou querendo falar isto não, ela pode ser reversível?

Prof. Pode.

F E pode ser.

M E porque ela colocou ali cima então..

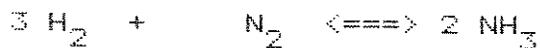
Ad O Fernanda, se fosse sólido ali a gente não ia contar como no gasoso? O produto for sólido?

F E, agente não ia contar. Porque é o seguinte, quando é sólido não...

Ad Não. Eu entendi.

Prof. Bem, nesse caso não teria nenhum...é... nenhum mol gasoso do lado dos produtos e o equilíbrio seria deslocado naquele sentido porque quando aumentasse a pressão do O₂ estaria aumentando consequentemente a concentração né, em função da pressão, ela é inversamente proporcional ao volume, ai deslocaria o equilíbrio no sentido da formação... como ali o número de mol gasoso é igual não desloca o equilíbrio.

L Agora eu vou explicar a influência da temperatura. Nós temos (mostra na lousa)



a entalpia dela é -26 Kcal. E só para demonstrar o seguinte, a reação é endotérmica, ela é direta quando o H... a entalpia, ela é...negativa...positiva...não é negativa...então a reação é endotérmica, direta quando a entalpia é negativa. E ela é inversa quando é exotérmica e a entalpia é positiva. Agora nós vemos aqui a amônia, será que quando a gente aumentar a temperatura... como é que vai ser a síntese do NH₃ aumentando a temperatura? Vai ser o seguinte, nós vamos começando pelo rendimento. Nós vamos demonstrar o rendimento em porcentagem do NH₃ obtido pela temperatura. Aos 200 graus centígrados é 82,14%. Aumentando para 300 é 51,35%. De 400 é 25,22%. De 500, 8,75%. Isso aqui é o gráfico da reação. O que é que ficou provado aqui? Aumentando a temperatura o rendimento do NH₃ tá diminuindo.

(...) Então o catalisador tanto faz ter como não ter, tendo também não infui em nada.

Ad No equilíbrio, né?

F No equilíbrio...

Prof. Só altera a velocidade. Tanto a velocidade da reação direta quanto a velocidade da reação inversa. Só vai voltar a reação mais rápida.

F Agora nós vamos demonstrar que nesse caso de temperatura a seguinte experiência: nós conseguimos Iodo sólido, Iodo metálico também e nós vamos misturar num recipiente com água.

Prof. O gente o Iodo é chamado Iodo metálico por causa da aparência dele, mesmo sendo ele sendo um ametal.

F E também quando sublima...esse vidrinho, ele é claro, ele era branquinho, quando sublima, ele vai evaporando.

A Passou para gás.

F Passou para essa cor que está aqui que não é branco. Então a gente vai fazer o seguinte: a água tá na temperatura de 20 graus, então a gente vai dissolver uma pequena porção de Iodo sólido, ele tem um odor super desagradável...

Ad Deixa eu ver?

Prof. Não fica respirando isso não! Isso é tóxico....Adriana isso não se faz...

F No primeiro instante o Iodo, ele não altera, ele é super lento.

A Alá, tá ficando amarelo!

F Vai ficando castanho claro, né? O iodo dissolve melhor no iodeto, não dissolve muito bem na água pura.

Prof. Dissolve no álcool...

F E, com álcool, mas eu não lembrei de trazer não. Então com o iodeto também dissolve que é uma beleza. Vai chegar um ponto que não vai dissolver mais, ele vai...

Ad Satura...

F Satura. Não vai altrar e também não chega a dissolver todo ele vai ficar sempre uma porção.

M Ai ele entra em equilíbrio?

F Entrou em equilíbrio.

M E se aquecer?

F Então as moléculas aqui no caso olha, as moléculas de iodo que passam à solução é igual ao número de moléculas que passam para o Iodo

Prof. Não fala molécula não porque ai não tem molécula, né!

Ad O prof. ele não reage com o plástico não?

Prof. Não sei, acho que não.

Ad Não, né.

F Ai chegou o equilíbrio, não vai alterar mais o que vai acontecer se a gente mudar a temperatura dessa reação? Vamos ver o que acontece.

Ad Vai voltar ao normal?

F Não, a gente vai perceber um pouquinho, assim bem pouco que ela vai é... tá aumentando a cor, mas tão ligeiro...

Prof. Isto é só pelo fato de você ter esquentado a pouco.

F A cor ficou mais forte. então essa nossa experiência demonstrou que mudando a temperatura, que chegou no equilíbrio, intensificou um pouquinho a cor, mas voltou ao equilíbrio outra vez, tá tudo equilibrado, não altera essa cor.

M Agora e se essa água esfriar?

F Aí é que ela vai ficar dessa cor aqui.

A Esfriar, ficar natural ou colocar na geladeira?

F E...depois da temperatura que a gente aumentou ela vai escurecer um pouquinho. Aqui oh tá um pouco mais escuro.

M E se colocar água fervendo?

Ad Aí estoura o vidro.

F Essa foi a nossa experiência demonstrando o que é que acontece quando numa reação a gente muda a temperatura. Outra experiência também que a gente iria fazer mas não deu, era sobre o equilíbrio geral, né, a gente usa o ácido acético e o álcool etílico, só que a gente achou o ácido mas não achou o álcool etílico, o etanol, né. Então, eu vou ter rapidinho o que seria esta experiência para demonstrar o equilíbrio geral, né. O equilíbrio geral, deslocamento...não, equilíbrio mesmo! Então aqui ó. 60g de ácido acético, 46g de álcool etílico. Essas duas substâncias reagem produzindo éter de acordo com a equação. Precisa falar da equação?

Vários Não! Não!

F Então, entretanto se a gente fizer uma análise dos produtos restantes comprova que junto com o éter formado, e a água, há ainda uma boa parte, uma boa quantidade de ácido e álcool, mesmo um dia após ser feita a mistura. Este é um exemplo de reação que estabelece um equilíbrio. De fato na reação está contido... está continuando mas de tal forma que sempre que uma molécula de ácido e álcool reagam formando éter e água também uma molécula de éter reage com uma molécula de água regenerando o álcool e o ácido. Apresentando então mais transformações. Dzemos que a reação...

Prof. E ester tá...

F Tá...Atingiu o estado de equilíbrio. Então o que é aqui no caso, é a reação inversa e reversa porque vai dar o álcool etílico com o etanol vai dar o éster e nem mesmo, o éster e água e a mesma..

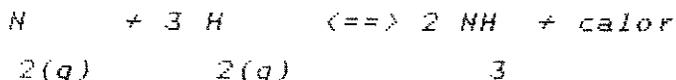
Prof. O álcool etílico com o ácido acético?

F E. E no mesmo tempo que esta reação acontecem também as moléculas regiram produzindo ácido acético e álcool retornando.

A N E X O I X

TRANSCRIÇÃO DA AULA REFERENTE A RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS FEITA PELO PROFESSOR

Prof. A primeira questão é: a amônia é um dos materiais mais importantes da indústria química. É produzida pelo processo de Haber cuja reação é representada pela equação abaixo:



Então é uma reação exotérmica, né? Para aumentar a concentração de amônia no equilíbrio, qualquer das medidas abaixo é adequada. Então vocês sabem que a diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica. Favorece a reação exotérmica no sentido exotérmico aqui, né? O equilíbrio, então, a diminuição de temperatura altera o equilíbrio no sentido exo. Então a diminuição de temperatura e... altera o equilíbrio no sentido exo, né... e o aumento de temperatura no sentido endo. Vocês sabem também que a injeção de um dos... aqui no caso os reagentes são todos gases, né, é... de um dos reagentes da reação direta favorece o equilíbrio, né, para o lado da formação dos produtos. Vocês sabem que o aumento de pressão... e isso aí eu acho interessante, porque aqui nessa questão. Então a questão está falando só disso. Diminuindo a temperatura. Diminuir a temperatura favorece o lado exotérmico. Então tá certo, aumenta a concentração do lado da amônia. Adicionar catalisador. Adicionar catalisador não altera o equilíbrio, né? Então seria a resposta errada. E esta. Porque o catalisador ele apenas faz aumentar a velocidade da reação porque diminui a energia de ativação, né? Vocês sabem disto desde a termoquímica, né? Olha aqui gente, não existe maneira de aumentar a velocidade da reação só direta, ou só inversa, né, com o catalisador. O que ele faz é o aumento da velocidade como um todo, tanto da direta como da inversa. Só que o catalisador não altera o equilíbrio. Aumentar a pressão do sistema favorece o equilíbrio para o lado que tem menor número de mols gasoso, né, então, o aumento de pressão favo-

rece o lado da formação de amônia, também. Aumentar a concentração de H_2 , aumentar a concentração de um dos reagentes favorece a formação do produto da reação direta, né? E a mesma coisa para o N_2 , então qualquer um dos reagentes que eu aumentar a concentração eu faço aparecer mais amônia, né? Então essa questão a maioria acertou. Aí quando chega na outra que é parecidíssima com a primeira, só que agora, aberta, aí então a gente vê que não...o que vocês estavam pensando, né? Então, é...a síntese da amônia pelo processo de Haber, o nitrogênio e o hidrogênio reagem a uma temperatura e uma pressão elevadas, conforme equação da questão anterior. Então a reação representada pela equação anterior, então a questão não tenha deixado bem claro, mas o processo industrial de Haber aplica é em altas pressões. Qual é o inconveniente de utilizar pressão elevada? Aí pressão elevada é fácil. Porque aumentando-se a pressão, né, do sistema, então não aumenta a pressão do reagente. Aumenta a pressão do sistema, né? Aumentando-se a pressão do sistema é favorecida a formação da amônia porque ela é que está em menor número de mol, né, então a pressão há maior choque das moléculas. Teve gente que identificou isto, né. o número de choques, colisões, aumenta, por causa do número de colisões aumentar, o número de colisões efetivas aumenta e o N_2 e o H_2 então vão reagir com maior facilidade para a formação da amônia, né? Bom, essa questão muita gente acertou e o resto errou. Agora porque sendo um processo exotérmico, né? Talvez os outros pudessem ter colocado, porque apesar do produto ser (incompreensível) a temperatura elevada? Para ficar bem claro, não ficou claro. Tudo bem. Então talvez esteja confuso, a pergunta foi seca, né? Então, mesmo sendo um processo exotérmico é conveniente utilizar a temperatura elevada, né? Ficou o apesar aí para...bom, a temperatura elevada, a Luciana...ela explicou isso aqui, então o dia que...apesar do aumento da temperatura o NH_3 tem rendimento, né, apesar do NH_3 render menos com o aumento da temperatura, o que está em jogo é o tempo da reação. E a velocidade que vai acontecer. E a velocidade. A reação vai ocorrer mais rápido à temperaturas mais elevadas. Na indústria o que interessa é o tempo. Então a síntese feita em temperatura elevada rende menos em

A N E X O X

termos de quantidade mas ela gasta um tempo menor para acontecer, então, no final das contas você vai ter mais amônia em menos tempo. O que acontece é isto.

Então ela explicou com as palavras dela aí, mas é isso aí. O que acontece, essa temperatura aqui não foi para favorecer o equilíbrio no sentido da formação de amônia não. Não favorece o equilíbrio. Então o que é que é o equilíbrio? Uma coisa fica sem equilíbrio o tempo todo? Não. Quando o equilíbrio é deslocado, o que é que o sistema faz? Reage no sentido de restabelecer o equilíbrio. Então quando aumenta a temperatura, né, momentaneamente o equilíbrio favorece a formação de H_2 e N_2 . Mas quando forma H_2 e N_2 o que é que acontece? Forma amônia também, né? E o que mais? Só que à temperatura elevada toda reação ocorre mais rapidamente. Lembram-se lá da termoquímica? Fatores que aumentam, de cinética, né? Fatores que alteram a velocidade da reação. A temperatura. Aumentando-se a temperatura há maior...favorece as colisões, né, e aí aumenta a velocidade das reações embora não favoreça este equilíbrio. Então a questão foi isto, o que está em jogo é o tempo, Para a indústria não é conveniente que a reação ocorra lentamente, né? O equilíbrio lá favorece o lado da amônia mas ocorrendo muito lentamente porque o número de choques não é favorecido, né. Então é por causa disto. Muita gente errou e muita gente falou que foi atrapalhado lá pela questão anterior, onde está falando, diminuir a temperatura. Diminuir a temperatura é conveniente para favorecer. E adequado ao equilíbrio. Agora quando se trata de obter... aí é uma questão de tempo. Na mesma questão, escreva a lei de equilíbrio da reação representada pela equação da questão, em termos de concentração e de pressão parcial. Então o que eu queria discutir com você agora, depois eu posso até rever isto, eu queria que nós vamos colocar K_c é igual, né, concentração lá dos produtos sobre reagentes (não dá para entender) né, era somente isto, em termos de concentração e em termos de pressão parcial. Essa é a lei de equilíbrio, né? Ela é representada assim. Agora... (todos falam ao mesmo tempo). Agora vamos passar para (os alunos perguntam vários ao mesmo tempo e se instala uma confusão não sendo possível compreender o que se fala).

TRANSCRIÇÃO DA AULA REFERENTE A RESOLUÇÃO DE EXERCÍCIOS FEITA POR
UM GRUPO

Exercício Proposto

"Quando a reação descrita pela equação



atinge o equilíbrio a 850 graus centígrados, as concentrações para as substâncias $\text{CO}_{2(g)}$, $\text{CO}_{(g)}$ e $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ são respectivamente

0,0040 M; 0,64 M; 0,036 M. Qual é o valor numérico da constante de equilíbrio?"

P A constante, né, é pegar as concentrações e jogar na fórmula.

I Primeiro a gente vai calcular as concentrações.

P E você sabe se tem dado para isto?

I Deve ter porque aqui ele deu a concentração de cada um. A gente... nós vamos colocar... nós estamos mais por fora...

I A concentração molar... a fórmula aí não tem nada a haver a temperatura não, entendeu? Como é que eu vou pegar a fórmula e usar a temperatura?

L O A e B é reagente, né?

I E.

L Então vamos colocar na fórmula.

I E como é que você vai saber se é elevado ao quadrado ou não?

N Isso aqui não é ao quadrado não, aqui...CO...nenhum vai ao quadrado.

I Então tudo bem. Então vai ser o que? $K_c = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^2}{[\text{AB}]}$

E o AB que é o produto. Pois é.

F Concentração de A versus a concentração de B, não é?

I E. Sobre C...

F Dividido...concentração de C?

I Dividido. Sendo que o C é o AB. Então, agora vamos colocar os valores . Leila...

L Do CO₂ é 0,0040, do H₂ é 0,64, do CO é 0,16 do H₂O é 0,16. Agora...

I Calculadora, Nádia.

L Soma o debaixo primeiro, 0,16 vezes
(fazem a conta)

I Os dados do problema foram: temperatura, 850 ;
[CO]=0,40; [H]=0,64; [CO]=0,16; [H O]=0,16. Aplicando-se a fórmula da constante de equilíbrio o A, a concentração do A é igual..
.a constante de equilíbrio, na fórmula, é a concentração do A vezes a concentração do B sobre a concentração do A vezes B. Colocando os valores 0,040, 0,64 sobre 0,16 vezes 0,16 que vai dar 0,0256 dividido por 0,0256, que é igual a 1. Então a constante de equilíbrio é igual a um molar. Depois que substituirmos.

Obs. O exercício pede para vocês calcularem...o valor numérico para a constante de equilíbrio. Quanto é que vocês encontraram?

I Um Molar.

Obs. Um Molar..

A N E X O X I

PROPOSIÇÕES RELATIVAS AS DIMENSÕES DO CONCEITO DE EQUILÍBRIO QUÍMICO MANIFESTAS PELOS ALUNOS NA APRESENTAÇÃO DOS GRUPOS 1,2,3

GRUPO 1

1. Aspectos Gerais do Equilíbrio

- *Está na física
- *Está na química
- *Está na biologia
- *Na física temos equilíbrio mecânico
- *Na física temos equilíbrio térmico
- *Na física temos equilíbrio termoquímico
- *Equilíbrio é o estado de um sistema
- *Equilíbrio não varia com o tempo

2. Condições para o estabelecimento do estado de equilíbrio químico

- *Só há equilíbrio químico em um recipiente fechado e à temperatura ambiente
- *Só em uma reação reversível acontece o equilíbrio químico
- *A reação atinge o equilíbrio químico quando as velocidades da reação direta e inversa se igualam

3. Reação química

- *Numa reação os reagentes se transformam em produtos
- *Numa reação os reagentes se transformam em equilíbrio
- *Numa reação a transformação pode ser completa
- *Numa reação a transformação pode ser incompleta
- *Transformação completa vai do reagente para o produto

4. Representações

- *A seta que vai para a direita expressa a reação direta
- *A seta que vai para a esquerda expressa a reação inversa
- *É representada na equação por duas setas de sentidos opostos

5. Reversibilidade

- *Transformação incompleta é reversível
- *Transformação reversível se processa do reagente para o produto e do produto para o reagente
- *Transformação completa é irreversível
- *Toda reação reversível vai atingir o equilíbrio químico

6. Velocidade da Reação Química

- *A velocidade da reação diminui com o tempo
- *Em um dado momento as velocidades v_1 e v_2 vão entrar em equilíbrio químico

7. Relação Concentrações / Velocidade de reação

- *As concentrações molares dos reagentes diminuem com o tempo
- *Se as concentrações molares diminuem a velocidade diminui
- *Se a concentração do produto aumenta a velocidade aumenta
- *A velocidade é diretamente proporcional às concentrações molares

8. Dinamismo

- *A reação no nível das moléculas continua
- *Estado dinâmico da reação implica na sua continuidade
- *Equilíbrio Dinâmico implica, a nível microscópico, a continuidade da ocorrência da reação

9. Aspectos Estáticos do Equilíbrio Químico

- *O sistema como um todo permanece parado no equilíbrio
- *Equilíbrio estacionário se dá ao nível macroscópico
- *No equilíbrio estacionário a reação permanece parada

10. Igualdade

- *Se partirmos de 10 moléculas de reagente estas serão refeitas pela reação inversa

GRUPO 2

1. Grau de Equilíbrio

- *É representado pelo número de moles do reagente que reage até o equilíbrio sobre o número de moles inicial do reagente
- *É representado por alfa

2. Condições para o estabelecimento do estado de Equilíbrio Químico

- *Na reação $A + B \rightleftharpoons C + D$ quanto menos sobrar de $A + B$ mais a reação atinge seu equilíbrio

3. Rendimento da Reação

- *Quanto menos $A + B$ maior o rendimento
- *Quanto mais $A + B$ menor o rendimento

4. Reversibilidade

- *Uma reação reversível acontece nos dois sentidos
- *Uma reação reversível pode ser direta ou indireta

5. Velocidade da Reação

- *Reação direta tem uma velocidade
- *A velocidade da reação direta é a constante direta vezes a concentração de A vezes a concentração de B
- *A reação inversa tem uma velocidade
- *A velocidade da reação inversa é a constante inversa vezes a concentração de C vezes a concentração de D

6. Constante de Equilíbrio

- *A cte de equilíbrio é a razão entre as duas constantes de velocidade
- *Kc é a constante da equação quando se usa a molaridade para expressar a concentração
- *Quanto maior a constante mais completa é a reação direta
- *Se o valor da constante for 0,067 muito pouco reagente vai se transformar em produto
- *Um grande valor para a constante de equilíbrio indica uma reação de alto rendimento
- *Kp é a constante de pressão

7. Representações Matemáticas

- *A razão entre as duas constantes de velocidade é $K_d = \frac{[C][D]}{[A][B]}$
- * $V_d = K_d [A][B]$
- * $V_i = K_i [C][D]$
- *No equilíbrio $V_d = V_i$
- * $K_d [A][B] = K_i [C][D]$
- *Para a reação $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ a constante de equilíbrio é

$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2 [O_2]}$$

$$* K_p = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b} \cdot \frac{1}{RT}^{(c+d)-(a+b)}$$

$$* \text{Para a variação } N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3, K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} P_{H_2}^3}$$

$$* K_c = K_p \cdot \frac{1}{RT}^n$$

$$* \text{Para a reação } N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 \quad K_p = K_c (RT)^{-2}$$

GRUPO 3

1. Reversibilidade

* Na reação $CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightleftharpoons \text{éter} + H_2O$ sempre que uma molécula de ácido e álcool reagem para formar éter, uma molécula de éter reage com uma molécula de água regenerando o álcool e o ácido.

2. Dinamismo

* No estado de equilíbrio a reação está continuando

* O número de moléculas que passa do I₂ para a solução é igual ao número de moléculas que passa da solução para o iodo

3. Reação Química

* A reação atinge o equilíbrio quando a velocidade da reação direta é igual à indireta

* A reação atinge o equilíbrio quando as concentrações são constantes

* A reação entre o ácido acético e o álcool etílico produz éter

4. Relação Fatores Externos/Deslocamento do Equilíbrio

* Se algum fator externo atingir a equação desloca o equilíbrio

*Se o fator externo favorecer os reagentes equilíbrio desloca mais para a velocidade direta

*Se o fator externo favorecer a velocidade direta o equilíbrio desloca mais para a velocidade direta

*A alteração do equilíbrio é devida a três fatores

*Três fatores variam o equilíbrio

*Quando algum fator externo atuar em uma reação esta reação vai deslocar no sentido de anular esta ação externa

5. Relação Variação da Temperatura/Deslocamento do Equilíbrio

*Se a temperatura variar varia o deslocamento do equilíbrio

*Se a temperatura diminuir varia o deslocamento do equilíbrio

*Se a temperatura aumentar varia o deslocamento do equilíbrio

*Se a temperatura aumentar desloca a reação no sentido endotérmico

*Se a temperatura aumentar a reação absorve energia

*Se a temperatura diminui a reação vai no sentido endotérmico

*Se a temperatura aumenta a reação desloca no sentido endotérmico

*Com o aumento da temperatura a reação consome a energia que foi dada

*A diminuição da temperatura desloca o equilíbrio no sentido exo

*A diminuição da temperatura desloca o equilíbrio no sentido de repor o calor retirado

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ o sistema foge para o lado endotérmico

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ o sistema foge para o lado que vai absorver calor

*No equilíbrio mudando a temperatura intensifica a cor

6. Relação variação na concentração/Deslocamento do Equilíbrio

*Se a concentração dos reagentes variar varia o deslocamento do equilíbrio

*Se a concentração dos produtos variar varia o deslocamento do equilíbrio

*A reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ pode ser alterada através da adição

de reagentes

*A reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ pode ser alterada através da adição de produtos

*A reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ pode ser alterada através da retirada de produtos

*A reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ pode ser alterada através da retirada de reagentes

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ a adição de H_2 faz o equilíbrio deslocar para a direita

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ a adição de H_2 faz o equilíbrio deslocar para a formação de NH_3

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ para anular a adição de H_2 o sistema produz mais NH_3

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ para anular a adição de H_2 o sistema desloca para a direita

*Com a adição de H_2 o equilíbrio se desloca para a direita

*O deslocamento ocorre com a adição de N_2

*O deslocamento ocorre com a retirada dos reagentes

*O deslocamento ocorre com a adição dos reagentes

*Com a adição de NH_3 o sistema sofre uma perturbação

*Com a adição de NH_3 o sistema reage no sentido de anular a adição de NH_3

*Com a adição de NH_3 o sistema reage decompondo o NH_3

*Com a adição de NH_3 o sistema reage formando mais N_2 e H_2

*Com a adição de NH_3 o sistema reage deslocando o equilíbrio para a esquerda

*Retirando H_2 o equilíbrio desloca para a esquerda

*Retirando NH_3 o equilíbrio desloca para a direita

*Retirando NH_3 o equilíbrio desloca para a formação de NH_3 que foi retirado

7. Relação Deslocamento/Substâncias

*O deslocamento depende das substâncias

8. Relação Favorecimento de Reagentes e Produtos/Velocidade da Reação

- *Se favorecer os reagentes aumenta a velocidade dos reagentes
- *Se favorecer os reagentes aumenta a velocidade direta
- *Se o fator externo favorecer os produtos a velocidade da reação inversa é maior que a velocidade da reação direta
- *Se o fator externo favorecer dos reagentes para o produtos a seta da reação direta vai ser maior que a da reação inversa

9. Relação Quantidade/Concentração

- *Se aumentar o reagente a concentração vai variar
- *Se aumentar o produto a concentração vai variar
- *Se diminuir o produto a concentração vai variar
- *Se diminuir o reagente a concentração vai variar
- *A adição de H₂ aumenta a concentração de NH₃
- *A retirada de H₂ aumenta a concentração de H₂

10. Relação Solubilidade/Equilíbrio Químico

- *Quando não dissolve mais entra em equilíbrio
- *No equilíbrio as moléculas de I₂ passam para a solução e as moléculas da solução passam para o I₂

11. Princípio de Le Chatelier (PLC)

- *O PLC explica que quando um fator externo exerce numa reação essa vai se deslocar para anular essa ação externa
- *O deslocamento do equilíbrio é explicado pelo PLC
- *Para a reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ o PLC diz que o sistema reage no sentido de anular a adição de H₂
- *Pelo PLC a retirada de H₂ do sistema causa uma perturbação
- *Pelo PLC com a retirada de H₂ o sistema reage no sentido de anular o efeito da retirada do H₂

*Pelo PLC a retirada de H₂ decompõe o NH₃

*Pelo PLC a retirada de H₂ vai fazer mais H₂ que foi retirado

*Pelo PLC se aumentarmos a pressão do sistema o sentido do equilíbrio se desloca no sentido de diminuir a pressão

*Pelo PLC se aumentarmos a pressão o equilíbrio se desloca para diminuir a pressão

*Pelo PLC o sistema tem que fugir para um lado

12. Aspectos Estáticos do Equilíbrio

*No equilíbrio não altera mais

*No equilíbrio não altera a cor

13. Relação Fator Externo/Velocidade da Reação

*Se acontecer algum fator externo a velocidade da reação direta é diferente da velocidade da reação inversa

*Se a atuação de um fator externo favorecer a velocidade direta o equilíbrio se desloca para a velocidade direta

*Se a atuação de um fator externo favorecer os reagentes o equilíbrio se desloca para a velocidade inversa

14. Relação Pressão Concentração

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ o NH₃ possui menor pressão porque a pressão é proporcional ao número de molés

*O lado que possui maior número de molés possui maior pressão

*Os produtos possuem menor número de molés e menor pressão

15. Entalpia

*Para a reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ a entalpia é de -26 Kcal

*A reação é endotérmica

*A reação direta é endotérmica

*A reação é endotérmica quando a entalpia é negativa

*A reação é exotérmica quando a entalpia é positiva

*A reação inversa é endotérmica

16. Temperatura/Rendimento

*A 200 C o rendimento da reação é 82,14%

*A 300 C o rendimento da reação é 51,35%

*A 400 C o rendimento da reação é 25,22%

*A 500 C o rendimento da reação é 8,75%

*Aumentando a temperatura o rendimento diminui

*Aumentando a temperatura o rendimento é menor

*Diminuindo a temperatura o rendimento é maior

*A diminuição da temperatura ocasiona rendimento maior e tempo menor

*Com o aumento da temperatura o rendimento é maior e o tempo é maior

17. Relação Pressão/Deslocamento do Equilíbrio

*Se a pressão variar varia o deslocamento do equilíbrio

*Se aumentar a pressão nos reagentes favorece os reagentes

*Se aumentar a pressão varia o deslocamento do equilíbrio

*Se diminuir a pressão varia o deslocamento do equilíbrio

*A variação da pressão só altera o equilíbrio das reações que envolvem gás

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ a variação de pressão desloca o

equilíbrio para a formação de NH_3

*Na reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ a variação de pressão desloca o

equilíbrio para a direita

*Nem sempre a pressão afeta o equilíbrio

*Nem sempre a pressão provoca o deslocamento do equilíbrio

*Se o número de moles dos reagentes for igual ao dos produtos não se sabe em que sentido será o deslocamento

*Se o número de moles dos reagentes for igual ao dos produtos então a variação de pressão não altera o equilíbrio

18. Catalisador

- *O catalisador diminui a energia de ativação da reação
- *O catalisador aumenta a velocidade da reação
- *O catalisador aumenta por igual a velocidade direta e a velocidade inversa
- *O catalisador não altera por igual o rendimento do processo
- *O catalisador é desnecessário para atingir o equilíbrio
- *O catalisador não altera o estado de equilíbrio
- *O catalisador não altera a constante de equilíbrio
- *O catalisador não altera K_p
- *Para o equilíbrio tanto faz ter ou não catalisador

19. Outros

- *A pressão de 10 atm e temperatura de 300 C a reação $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ tem 14,7% de formação de NH_3
- *A pressão de 100 atm teremos 52% de NH_3
- *Se o reagente ou produto estiver no estado sólido não se conta o número de moles
- *Só se conta o número de moles dos elementos no estado gasoso
- *Na indústria não compensa baixa temperatura porque a reação é muito lenta
- *Na indústria é melhor um tempo menor e um rendimento maior
- *A indústria não está interessada em um tempo maior
- *Se a temperatura aumenta não interessa por causa da velocidade
- *A temperatura não pode ser muito alta nem muito baixa
- *A temperatura não pode ser muito alta porque compromete o equilíbrio da reação
- *O iodo não dissolve rapidamente na água
- *O iodo dissolve melhor no iodeto
- *Em um ponto o I_2 não vai dissolver mais no iodeto
- *Quando não dissolver mais satura
- *Não dissolve tudo em iodeto
- *No iodeto fica sempre uma porção de iodo

- *A concentração dos reagentes da reação direta diminui com o tempo
- *A concentração dos produtos da reação direta aumenta com o tempo

11. Outros

- *Propriedades macroscópicas são o sistema inteiro, tanto a reação direta como a inversa

GRUPO 3

1. Deslocamento do Equilíbrio

- *Deslocamento do equilíbrio é uma alteração da velocidade direta ou da velocidade inversa
- *Deslocamento do equilíbrio provoca modificações nas concentrações das substâncias
- *Deslocamento do equilíbrio leva a um novo estado de equilíbrio

2. Relação Fatores Externos/Equilíbrio

- *Variação na concentração das substâncias afeta o equilíbrio
- *Variação na pressão equivale à variação na concentração
- *Catalisadores não influem no equilíbrio
- *Catalisadores afetam tanto a reação direta quanto a reação inversa
- *A cada valor de temperatura corresponde um equilíbrio diferente

3. Princípio de Le Chatelier (PLC)

- *O PLC é também chamado de "princípio da fuga ante a força"
- *Pelo PLC quando um fator externo age sobre um sistema em equilíbrio, ele se desloca procurando anular a ação do fator aplicado e procurando atingir um novo estado de equilíbrio