

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**UTILIZAÇÃO DE MODELOS MOLECULARES NO
ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA PARA ALUNOS DO
ENSINO MÉDIO**

José Roberto Migliato Filho*

Orientador: Luiz Henrique Ferreira

* Bolsista CAPES

**São Carlos
Abril de 2005**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

M634um

Migliato Filho, José Roberto.

Utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do ensino médio / José Roberto Migliato Filho. -- São Carlos : UFSCar, 2005.
120 p.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2005.

1. Química - ensino. 2. Ensino de segundo grau. 3. Material didático. 4. Ensino - aprendizagem. 5. Metodologia de ensino. I. Título.

CDD: 540.7 (20^a)

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre confiaram em mim, e me ensinaram a lutar com dignidade, acreditaram no meu sonho e sempre rezaram por mim, pelo meu sucesso profissional e pela minha felicidade

Agradecimentos

A Deus, pela minha família e pelos meus amigos maravilhosos.

A CAPES, pelo apoio acadêmico.

Ao professor Luiz Henrique, que me acompanhou durante estes anos, meu muito obrigado, por depositar confiança na minha capacidade, possibilitando a execução deste trabalho; pela atenção, dedicação e paciência ao transmitir seus conhecimentos; por aconselhar-me com sabedoria, visando sempre meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço ao meu irmão, Gustavo, que sempre me apoiou e me ajudou em mais uma etapa de minha carreira.

Agradeço a Fabiana, meu grande amor e companheira.

Agradeço aos professores, Dácio, Massami e Adriana, pelas colaborações para a consecução deste trabalho e para o meu crescimento profissional.

Agradeço aos amigos do grupo, Irineu e Chico, pelas discussões e colaborações para a realização desta pesquisa.

Agradeço ao DQ/UFSCar, pelo espaço cedido para a realização da “1ª Semana como Químico na UFSCar”.

Agradeço ao CDCC, pelos materiais cedidos e pela colaboração para a realização da pesquisa.

Agradeço a diretora e as professoras das escolas que participaram deste estudo, que sempre foram prestativas e receptivas para com este trabalho.

Agradeço as crianças, pela aprendizagem que me proporcionaram.

Índice de tabelas

Tabela 1: Freqüência relativa de respostas sobre o interesse pelo curso.....	45
Tabela 2: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante a semana.....	45
Tabela 3: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante os finais de semana.....	46
Tabela 4: Freqüência relativa de respostas sobre a pretensão dos alunos ao terminarem o Ensino Médio.....	46
Tabela 5: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares.....	47
Tabela 6: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei da Conservação das Massas.....	48
Tabela 7: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei das Proporções Definidas.....	49
Tabela 8: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre reagente limitante.....	50
Tabela 9: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre rendimento de reação...	52
Tabela 10: Desempenho dos alunos quanto à avaliação realizada ao final do curso.....	53
Tabela 11: Fala dos alunos durante as atividades com os modelos moleculares.....	54
Tabela 12: Freqüência relativa de respostas sobre o interesse pelo curso.....	56
Tabela 13: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante a semana.....	56
Tabela 14: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante os finais de semana.....	57
Tabela 15: Freqüência relativa de respostas sobre a pretensão dos alunos ao terminarem o Ensino Médio.....	57
Tabela 16: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade A.....	59
Tabela 17: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade B.....	59
Tabela 18: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei da Conservação das Massas.....	60
Tabela 19: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei das Proporções Definidas.....	61
Tabela 20: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre reagente limitante.....	62
Tabela 21: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre rendimento de reação...	63
Tabela 22: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Constante de Avogadro.....	64

Tabela 23: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre Volume Molar.....	66
Tabela 24: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre Balanceamento a partir de Reações de Óxido-Redução.....	67
Tabela 25: Desempenho dos alunos quanto à avaliação realizada ao final do curso.....	68
Tabela 26: Fala dos alunos durante as atividades com os modelos moleculares.....	69
Tabela 27: Frequência relativa de respostas sobre o interesse pelo curso.....	71
Tabela 28: Frequência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante a semana.....	72
Tabela 29: Frequência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante os finais de semana.....	72
Tabela 30: Frequência relativa de respostas sobre a pretensão dos alunos ao terminarem o Ensino Médio.....	72
Tabela 31: Tipo de resposta referente ao balanceamento da equação de formação de cloreto de sódio sem a utilização do material didático.....	73
Tabela 32: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade A.....	74
Tabela 33: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade A.....	75
Tabela 34: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade B.....	75
Tabela 35: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei das Proporções Definidas.....	76
Tabela 36: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre reagente limitante.....	77
Tabela 37: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre rendimento de reação...	78
Tabela 38: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Constante de Avogadro.....	79
Tabela 39: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre Volume Molar.....	79
Tabela 40: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre Balanceamento a partir de Reações de Oxido-Redução.....	80
Tabela 41: Desempenho dos alunos quanto à avaliação realizada ao final do curso.....	81
Tabela 42: Fala dos alunos durante as atividades com os modelos moleculares.....	82

Índice de figuras

Figura 1 – Representação esquemática das formas de representação.....	10
Figura 2 - Estrutura simplificada de como os modelos mentais são desenvolvidos.....	18
Figura 3- Representação da organização do conhecimento químico.....	24

Resumo

UTILIZAÇÃO DE MODELOS MOLECULARES NO ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA PARA ALUNOS DO ENSINO MÉDIO. A falta de materiais instrucionais para o ensino de ciências é um problema comum no Brasil e, em relação ao ensino de química, em particular, este problema pode ser observado mesmo em países mais desenvolvidos. Os modelos moleculares, embora sejam um dos poucos materiais didáticos disponíveis para o ensino de química, têm sido pouco utilizados e sua aplicação tem ficado restrita ao ensino de conceitos relacionados à geometria molecular. A falta de materiais didáticos interfere especialmente no ensino da estequiometria, uma vez que diversos autores apontam este tópico como sendo dos mais difíceis de serem compreendidos pelos estudantes. Este trabalho descreve diversas atividades que foram desenvolvidas em mini-cursos de estequiometria, as quais utilizaram os modelos moleculares como recurso didático principal. Os mini-cursos foram oferecidos para estudantes do Ensino Médio nas instalações do DQ/UFSCar, bem como em duas escolas públicas da cidade de São Carlos – São Paulo, uma na periferia e uma na região central. Para a coleta de dados, foram desenvolvidas diversas atividades nas quais os alunos podiam optar pelo uso de modelos moleculares. Os resultados revelaram que a utilização de modelos moleculares facilitou o processo de aprendizagem envolvido na realização de atividades relacionadas a balanceamento de equações químicas, Lei de Lavoisier, Lei de Proust, volume molar e rendimento de reações químicas. Além disso, verificou-se que os alunos tornaram-se independentes de simulações com o material didático ainda nas primeiras atividades, e quase completamente independentes dos mesmos quando tinham que resolver problemas mais complexos. Segundo depoimento dos alunos, a utilização de modelos moleculares contribuiu muito para a compreensão dos temas abordados nos mini-cursos, o que está de acordo com afirmações de pesquisadores que propõe metodologias de ensino que privilegiem a introdução de conceitos químicos sem a abordagem dos aspectos matemáticos envolvidos como forma de evitar as dificuldades de aprendizagem de química, comum em nossas escolas de Ensino Médio.

Abstract

THE USE OF MOLECULAR MODELS FOR TEACHING STOICHIOMETRY TO SECONDARY SCHOOL STUDENTS. The lack instructional materials for science teaching is a common problem in Brazil, and concerning to chemistry teaching in particular this problem can be observed even in more developed countries. Although molecular models are one of the few materials available for chemistry teaching, they have been hardly used, and this application has been restricted to lessons related to molecular geometry. The lack of materials has specially interfered with stoichiometry teaching, inasmuch as many authors have pointed out that it is one of the most difficult topics for students to understand. This works describes different exercises which were carried out in stoichiometry short courses by using the molecular models as a major teaching resource. These courses were provided for secondary school students in the laboratories of the DQ/UFSCar as well as in two public schools in the city of São Carlos – São Paulo, one in a suburb and one in the city center. To collect data, the exercises were performed so that students could use the molecular models. The results showed that such material facilitated the learning process involved in completing exercises related to balancing chemical equations, Lavoisier Law, Proust Law, molar volume, and performance of chemical reactions. It was also verified that the students became independent of simulations with the material during the first exercises at once, and concerning more complex problem, they were almost completely independent. According to the students the use of molecular models made it much easier for them to understand the topics of the short courses. It thus supports researches suggesting that teaching methodologies should prioritize the introduction of new concepts without including mathematical aspects as means of avoiding difficulties in learning chemistry, which are so common in Brazilian Secondary Schools.

Sumário

<u>1- Introdução</u>	1
1.1- O ensino de química	1
1.2- Referenciais teóricos para o ensino de estequiometria	4
1.3- Materiais didáticos para o ensino de química	7
1.4- Materiais didáticos para o ensino de estequiometria	11
<u>Questão de Pesquisa</u>	14
<u>Objetivos</u>	14
<u>2- Referenciais Teóricos</u>	15
2.1- Modelos de modelagem no ensino de ciências	15
2.1.1- Como os modelos são utilizados na ciência	16
2.1.2- Como os modelos são utilizados no ensino de ciências	17
2.2- O ensino de conceitos	19
2.2.1- Aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica	20
2.2.2- Tipos de aprendizagem	22
2.3- Processo de organização do conhecimento químico	23
2.4- Metodologia e ensino e motivação para a aprendizagem	24
2.4.1- Tipos de metas	30
2.4.2- Metas de aprendizagem e metas de execução	31
<u>3- Método</u>	32
3.1- Participantes	32
3.2- Descrição dos ambientes de pesquisa	33
3.3- Coleta de dados	36
3.4- Procedimento de coleta de dados	37
3.5- Procedimento de análise de dados	41
3.6- Receptividade do curso por parte da direção e professores	42
3.7- Lista de Materiais e Reagentes Utilizados nas Atividades Experimentais	43
<u>4- Resultados e Discussão</u>	44
<u>5- Conclusões</u>	83
<u>6-Referências Bibliográficas</u>	85
<u>Anexos</u>	88

1- INTRODUÇÃO

Este trabalho surgiu como resultado de algumas experiências vividas na universidade, enquanto aluno de graduação em Química e mesmo referente a minha vida como aluno do Ensino Médio.

Em ambas situações notei a dificuldade que não apenas eu possuía, mas também grande parte do alunado apresentava resistência ao conceito de estequiometria, pois diziam que a Química é uma disciplina muito difícil e complicada de ser compreendida. Vale ressaltar também a questão da motivação em estudar tal disciplina.

Na tentativa de entender o porque dessa resistência relacionado em particular ao conceito de estequiometria resolvi propor o ensino deste conceito, utilizando-se para isso, uma maneira inovadora, em que não seriam utilizados somente a lousa, o giz e a saliva.

A partir da observação de como alguns educadores ministravam suas aulas foi constatado que na maioria das aulas, as aulas eram completamente repletas de fórmulas, raciocínio matemático, não havia contextualização, muito menos a problematização do assunto. Santos afirma "(...) a Química da escola não tem nada a ver com a Química da vida" (apud BOSSOLANI, 2004).

Sendo assim, tem-se como questão de pesquisa deste trabalho avaliar a aplicabilidade, ou seja, a funcionabilidade da utilização de modelos moleculares no ensino de estequiometria para alunos do Ensino Médio e de possíveis motivadores no processo de ensino-aprendizagem.

1.1- O ENSINO DE QUÍMICA

A reflexão sobre o ensino de Química e o seu papel na escola de nível médio, passa pela caracterização do conhecimento químico, de sua produção científica, representando a caminhada do pensamento da sociedade humana, como tradução da realidade da natureza. O conjunto de conhecimentos de Química, acumulado ao longo dos tempos, trata da composição dos materiais, das transformações químicas sofridas por estes materiais e das variações energéticas que as acompanham (URQUIETA, 1991).

Essas considerações implicam que ensinar Química pressupõe a compreensão da natureza e do seu processo de elaboração, além do compromisso com os conhecimentos universalmente elaborados e convalidados.

A Química é uma ciência que apresenta intensas relações com as atividades desenvolvidas pelo ser humano, pois desempenha nelas papel de grande importância. Nesse sentido, contudo, é preciso reconhecer que a compreensão do significado real dos fenômenos químicos surgiu há relativamente pouco tempo, tendo em vista que foi a partir do século XVIII que a Química começou a atingir foros de ciência.

Hoje, devido a grande utilização do conhecimento químico, atribui-se relevante importância à pesquisa das relações entre ciência e tecnologia, de modo a fornecer meios para que o estudante, em função da sua aprendizagem, possa distinguir e avaliar o avanço tecnológico - científico, equacionando-o pela relação de causa e efeito.

A compreensão do conhecimento químico e de sua aplicação como um todo, como uma unidade, é, por sua vez, parte do conhecimento universal com o qual deverá estar relacionado. Para que se atinja o todo geral, torna-se importante a oportuna análise e correlação dos pontos de interface desses conhecimentos com o de outras áreas exatas, como também com as biológicas e as humanas.

O ensino de Química, como uma disciplina autônoma, é oferecido no Nível Médio e ao lado da Física e da Biologia, sendo em geral ministrado em três anos. Nesta fase do ensino, o aluno começa a receber a imagem e o conteúdo de cada ciência em separado, de uma forma tal que as relações entre as diversas disciplinas científicas propostas no programa de ciências no Ensino Fundamental, aparecem abruptamente fragmentadas. O caráter integrado que a Química possui com as ciências mais próximas requer uma abordagem mais adequada e realista, pois a interdisciplinaridade deve permear o conteúdo de cada ciência em separado, de tal forma que as relações entre as diversas disciplinas revestir-se-á de extrema importância para apresentar a ciência como um fator de integração social, conforme aponta GIESBRECHT (1979). Pode-se dizer ainda, que a Química atua também no sentido de socialização dos alunos conforme HOFSTEIN e LUNETTA (2004).

As semelhanças e interligações com as demais áreas das ciências exatas, biológicas e humanas, devem ser ressaltadas e deve-se procurar usar o fenômeno em estudo de forma que o aluno tenha uma visão global dos fatos científicos, tendo

em vista a necessidade de se apresentar a ciência como um edifício bem montado e estruturado.

É possível que muitas das dificuldades apresentadas pelos alunos do Ensino Médio tenham também sido apresentadas por importantes pesquisadores durante o processo de desenvolvimento do conhecimento científico. Dentre os assuntos que os alunos apresentam grande dificuldade de compreensão está a estequiometria. Baseando-se no caráter histórico da química, a estequiometria teve início apenas no século XVIII, com Richter que foi aluno do filósofo Immanuel Kant que acreditava que todas as ciências eram ramos da Matemática. Na década posterior a morte de Lavoisier, Richter publicou três livros sobre as relações matemáticas e foi então que ele criou a expressão *estequiometria* (do grego: *stoikheion* = elemento estequiometria = "medidas de elementos"). Em geral, os químicos se entregavam às investigações quantitativas e admitiam tacitamente que os corpos químicos tinham composições bem definidas (VIDAL, 1970).

No que se diz respeito às dificuldades de aprendizagem de estequiometria no Ensino Médio, estas normalmente estão relacionadas com a maneira como o assunto é abordado. Muitos dos educadores estão somente preocupados com o aspecto matemático em que a estequiometria está envolvida, em detrimento de uma interpretação química. Desta forma, o aluno é conduzido ao desenvolvimento de raciocínio lógico-matemático com a finalidade exclusiva de mecanizar os procedimentos para a solução de problemas envolvendo os aspectos quantitativos dos fenômenos químicos. Por outro lado, o que leva o aluno a não entender as relações matemáticas necessárias à compreensão das relações estequiométricas é a dificuldade que os mesmos apresentam em conhecimentos básicos de matemática (HARTWIG, 1981).

Levando-se em consideração a metodologia adotada por esses educadores em que privilegiam o aspecto matemático, dificuldades podem ser geradas e influenciam também, por exemplo, nas avaliações realizadas por esses alunos.

De acordo com a Lei Número 9.394/96 – Lei De Diretrizes e Bases (LDB), no artigo 36 parágrafo II diz: “adotará metodologias de ensino e de avaliação que estimulem a iniciativa dos estudantes”. O que se pode observar que não ocorre diante do exposto anteriormente.

Um dos grandes problemas ainda envolvendo dificuldades de compreensão dos conceitos relacionados à estequiometria é que ao discutir os fenômenos

químicos faltam abordagens no nível submicroscópico, que exige maior abstração por parte dos alunos. Assim, pouca ênfase é dada pelos professores à compreensão do assunto por meio de recursos didáticos diferentes da tradicional utilização de lousa e giz. Deve-se levar em conta também, que os professores não conseguem organizar o pensamento químico de acordo com o que sugere JOHNSTONE (1991), organização esta que será discutida melhor durante este trabalho.

1.2 – REFERENCIAIS TEÓRICOS PARA O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA

Diante do que foi exposto anteriormente, nota-se a necessidade de um melhor estudo a respeito do assunto estequiometria. A seguir temos quais são as pesquisas desenvolvidas não só a respeito de estequiometria, mas de todo o leque que norteia este assunto que é:

- ✓ Balanceamento;
- ✓ Lei da Conservação de Massas;
- ✓ Lei das Proporções Definidas;
- ✓ Constante de Avogadro;
- ✓ Reagente Limitante e em Excesso;
- ✓ Rendimento;
- ✓ Volume Molar;
- ✓ Pureza;
- ✓ Fórmulas Químicas;
- ✓ Balanceamento por Número de Oxidação;

DUNCAN e JOHNSTONE (1973) relatam a surpresa a respeito do número de pessoas que tem dificuldade em entender o conceito de mol em cálculos químicos. Eles utilizaram quatro testes, o primeiro estava relacionado a quantidades em mol, no segundo os alunos eram designados a examinar equações químicas e realizar os cálculos solicitados. O teste seguinte relacionava os cálculos a soluções molares, e no último teste os alunos eram questionados a respeito de reações químicas envolvendo soluções molares. Eles relatam que as dificuldades encontradas no ensino de conceito de mol são: i - superar a impressão que um mol de um composto sempre vai reagir com um mol de outro composto sem considerar a estequiometria da reação; ii - balanceamento de equações e iii – manuseio de soluções envolvendo concentração em mol por litro.

GABEL e SHERWOOD (1984), se mostravam interessados nas pesquisas relacionadas ao tema estequiometria em que estudaram quais seriam os conceitos que os alunos teriam que possuir como pré-requisito para resolver problemas envolvendo o conceito de mol. Eles utilizaram dois testes de analogias, um deles referia-se a analogia com laranjas e o outro em analogia com açúcar. Neste trabalho, os pesquisadores constataram que o tamanho do objeto não faz diferença com relação à dificuldade do problema. Como resultados os pesquisadores notaram que os estudantes entenderam bem os conceitos de massa, volume e partículas, porém apresentaram maiores dificuldades em problemas envolvendo notação científica.

O trabalho de YARROCH (1985), seguiu no sentido de estudar as dificuldades que os alunos possuem em balanceamento de equações químicas. Os estudantes eram solicitados a balancear as equações utilizando representações em diagramas. Foram propostas quatro equações para balanceamento; era de conhecimento do autor que todos os alunos estavam aptos a terem sucesso na atividade, contudo, sete de cada doze estudantes não se mostraram capazes de construir os diagramas propostos.

SCHMIDT (1990) analisou a conexão entre as respostas de questões de múltipla escolha em problemas envolvendo estequiometria e examinou o efeito de certas variáveis na facilitação destas questões. A partir deste estudo, o autor recomenda aos professores, que ao iniciar o conceito de estequiometria, devem ir aumentando o nível de dificuldade dos problemas gradativamente.

Em um outro trabalho de SCHMIDT (1994), é proposto um estudo descritivo para criar e testar questões em estequiometria com proporções de números para rápidos cálculos mentais e para identificar as estratégias utilizadas pelos estudantes ao resolver estas questões. O estudo foi componente de uma investigação mais ampla na qual 7441 estudantes de nível superior participaram respondendo um questionário de 154 testes de 10 diferentes tópicos. Tal estudo revelou que cinco estratégias foram utilizadas pelos estudantes para resolver as questões de estequiometria. As questões mostraram a possibilidade que os estudantes tem de acertar a resposta, mesmo que eles tenham utilizado uma estratégia incorreta. Isto indica que o sucesso das estratégias de resolução dos estudantes tem que ser conhecidas no sentido de decidir se um método foi ou não completamente desenvolvido e eficaz.

Foi característico de duas estratégias desenvolvidas pelos estudantes nas quais estes realizavam importantes relações de seus próprios raciocínios ao invés de utilizarem algoritmos matemáticos. Concluindo, portanto que os estudantes podem desenvolver suas próprias estratégias. Segundo o autor este estudo pode ser muito válido para ajudar os estudantes na introdução de cálculos estequiométricos nas escolas.

GOMEZ et al. (1995) discutiram sobre as concepções alternativas utilizadas pelos estudantes para seu próprio entendimento a respeito das propriedades da matéria, em especial a conservação da matéria. Diversas classificações têm sido propostas para analisar as concepções dos estudantes a respeito da matéria e suas mudanças. O estudo consistiu basicamente de cinco objetivos:

- ✓ Comparar as representações de conservação da matéria de estudantes de diferentes níveis de conhecimento em química;
- ✓ Analisar como o contexto em que a questão é proposta pode influenciar na formação das concepções;
- ✓ Comparar as diferenças nas concepções utilizadas para os mesmos objetivos quando temos mudanças químicas e mudanças físicas;
- ✓ Mostrar a importância relativa de cada concepção alternativa;
- ✓ Analisar a consistência das concepções alternativas.

O início deste estudo levou em conta o entendimento que os estudantes possuíam a respeito de aspectos qualitativos de conservação da matéria e como isto influencia na introdução a química.

Na pesquisa de HUDDLEY e PILLAY (1996) os estudantes de Química 1 da Universidade de Witwatersrand, Joanesburgo, África do Sul, foram submetidos a testes envolvendo estequiometria e revelaram possuir dificuldades em compreender este assunto. Estes resultados estão de acordo com outros estudos conduzidos em outros países e revelaram que a maior dificuldade neste tópico é a alta abstração que este assunto acarreta. Para os autores, exemplos concretos devem ser utilizados para a introdução deste assunto para os estudantes. O aprendizado em grupos pequenos deve ser incentivado para dar aos estudantes a oportunidade de identificarem e refletirem sobre suas concepções alternativas.

Ainda relacionado a pesquisas em estequiometria BOUJAOUDE e BARAKAT (2000) identificaram e descreveram os equívocos e as estratégias dos estudantes secundários quando resolvem problemas de estequiometria. Os dois testes

aplicados pelos autores, revelaram que os alunos apresentam alguma dificuldade em cinco tópicos relacionados a estequiometria os quais são os mais comumente relatados por outros autores: quantidades molares, reagente limitante, conservação da matéria, volume molar e coeficientes químicos em uma equação.

AULT (2001) oferece uma concisa e consistente ilustração representacional das maneiras que os químicos descrevem quantidade de matéria. No artigo, o autor sugere diversas maneiras de conversão de unidades, utilizando um esquema geral, o qual ele chama de mapa, em que expressa as diferentes maneiras de conversão entre as diversas unidades presentes na estequiometria. De acordo com o autor, a utilização deste esquema facilita muito a vida do aluno.

De acordo com ROGADO (2004) os estudantes apresentam grande dificuldade para a compreensão do conceito de quantidade de substância, sugere em seu trabalho, a necessidade de uma maior compreensão por parte dos professores e alunos dos conceitos científicos em amplo espectro, não limitados apenas a definições.

1.3 – MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

Segundo FERREIRA (2000) a utilização de material didático no ensino de ciências, usado em sala de aula e/ou laboratórios didáticos, tem importância historicamente reconhecida no processo de aprendizagem. No entanto, alguns dos materiais didáticos (livros, apostilas, modelos moleculares, filmes, etc.) utilizados no processo de aprendizagem foram desenvolvidos há décadas e continuam sendo utilizados sem terem sofrido alterações significativas.

Temos, portanto a partir dos anos 50, o ensino brasileiro de ciências passando por profundas reformulações, influenciadas, sobretudo pelos avanços científicos da corrida espacial. Assim, o Instituto Brasileiro de Ciência e Cultura (IBECC), criado em 1946, iniciara, na década de 1950, uma série de projetos voltados à produção de material didático e atividade que incluíam a organização de feiras de ciências, museus e clubes de ciências, além do treinamento de professores. No ano de 1967, é criada a Fundação Brasileira para o Ensino de Ciências (Funbec), ligada ao IBECC, a Funbec teve a função de comercializar os mais diversos tipos de materiais didáticos.

O autor cita ainda que a década de 1970 foi marcada pelo desenvolvimento de projetos que visavam preparar professores e adequar os materiais didáticos para

o uso em sala de aula. São apontadas inúmeras dificuldades em se alcançar essas metas, devido às condições mínimas (laboratórios, equipamentos, salas de aula etc), nas escolas, para o desenvolvimento das aulas.

Portanto, diante da dificuldade de aquisição de materiais didáticos e laboratórios, a escola pública, pratica ainda um ensino de ciências que pouco desperta o interesse do aluno. Ficando assim o trabalho do professor dificultado, uma vez que o aluno não tem motivação para o aprendizado. Evidentemente, nosso sistema público de ensino enfrenta uma série de outras dificuldades, além dos escassos recursos para aquisição de materiais.

A preocupação com o desenvolvimento de materiais didáticos para o ensino de química é muito grande e tem sido objeto de pesquisa de inúmeros pesquisadores em todo o mundo, uma vez que estes facilitam o processo de aprendizagem. Como exemplo podemos citar o trabalho de LIMA e DE LIMA-NETO (1999) que descrevem a construção de um kit de modelos moleculares para a ilustração de estruturas moleculares em aulas de química. Os átomos são representados por esferas de plástico e as ligações entre eles por varetas. Para isto, são usados canudos, bolinhas de isopor, bexigas, arames e alfinetes. Contudo kits desta natureza podem apresentar desvantagens, como por exemplo: a fragilidade dos modelos, uma vez que são feitos com materiais que a princípio não foram produzidos para esta finalidade; o grande volume que ocupam, especialmente no caso de modelos produzidos com bexigas.

De acordo com os autores acima citados, o profissional do ensino da química construindo seu próprio conjunto de material didático poderá adaptá-lo da melhor maneira possível e que julgar necessária, sempre com o intuito de melhorar o processo de aprendizagem. As vantagens frente aos comerciais são: (a) número suficiente de peças; (b) representação de átomos particulares; (c) versatilidade e (d) baixo custo.

CAMPBELL, FREIDEINGER e QUERNS (2001), utilizam blocos plásticos de encaixe, LEGO[®], para ensinar o conceito de cristalização. Este trabalho descreve métodos simples de demonstração em macroescala de cristalização espontânea. Tal demonstração ilustra este tópico tanto no Ensino Médio quanto em nível superior, revelando aspectos termodinâmicos da cristalização e também o efeito quelante. A união das unidades é feita pela combinação tanto de blocos convencionais de LEGO quanto de blocos magnéticos.

SHUSTERMAN e HOISTAD (2001) abordam o assunto de densidade eletrônica utilizando modelagem molecular via softwares. De acordo com uma codificação adequada para as cores é mostrado como varia o potencial eletrostático de uma molécula. O uso de mapas de potenciais requer a consideração de carga atômica, raio atômico e configuração eletrônica. Estes pontos são ilustrados por meio da análise destes mapas de potencial de várias moléculas contendo halogênios. Por fim, os autores relatam que mapas de potencial eletrostático provêm a representação de haletos de hidrogênio como moléculas polares e são amplamente utilizados como ferramentas para ensinar os estudantes sobre distribuição de densidade eletrônica.

KNAGGE e RAFTERY (2002) sugerem a construção de um espectrofotômetro com LEGO[®]. O equipamento é construído com o intuito de dar ao estudante a capacidade de reconhecer as partes que o compõe, seus respectivos funcionamentos e entender as etapas mais importantes do projeto deste importante instrumento científico. O espectrofotômetro foi desenvolvido para examinar espectros de absorção e curvas de calibração do permanganato de potássio.

MONTES, PRIETO e GARCÍA (2002), utilizam o modelo molecular como ferramenta para o ensino de química orgânica. Os autores revelam que a modelagem molecular consegue relacionar os aspectos teóricos com os práticos. Os conceitos tais como análise conformacional, estereoquímica, espectros no Infravermelho, propriedades eletrônicas, orbitais moleculares e reatividade química são enfatizados no trabalho.

Outro trabalho muito interessante e que busca ensinar química com o auxílio de materiais didáticos foi desenvolvido por DE CASTRO (2003). A autora busca elaborar técnicas alternativas de ensino de química para alunos que possuem necessidades especiais como, por exemplo, para os alunos que são deficientes visuais. O material desenvolvido pela autora é simples, os materiais utilizados são cartolina, bolinhas de isopor, grãos de feijão e pequenos ímãs. O que a autora propõe é que em uma cartolina, por exemplo, representa-se o modelo de Rutherford, utilizando-se para isso barbante para delinear a eletrosfera e o núcleo; bolinhas de isopor, representando os prótons e nêutrons; feijão representando os elétrons. Neste simples modelo pode-se desenvolver com o aluno os conceitos de: elétron, próton, nêutron, número atômico, número de massa, isótopos, isóbaros, isótonos. Todo o material é obtido com baixo custo, tornando-o acessível tanto às escolas particulares

quanto às públicas. Para obter-se um bom resultado, é fundamental dar atenção especial a cada aluno, pois cada um deles precisa manusear o material elaborado. Ao final das atividades, aplica-se um questionário para avaliar a apropriação do conhecimento pelos alunos. Além disso, observa-se a participação freqüente dos mesmos durante a realização de todas as atividades propostas pela pesquisadora.

Para HARDIWICKE (1995), os educadores na área de ciências concordam amplamente que os modelos moleculares como ferramenta para o Ensino de Química são essenciais. Relaciona também a natureza filosófica do modelo e as relações entre modelos e analogias. Sendo que tais idéias são, no entanto, aplicadas em particular nos modelos moleculares. O autor também sugere uma ótima estrutura organizacional para as formas de representação.

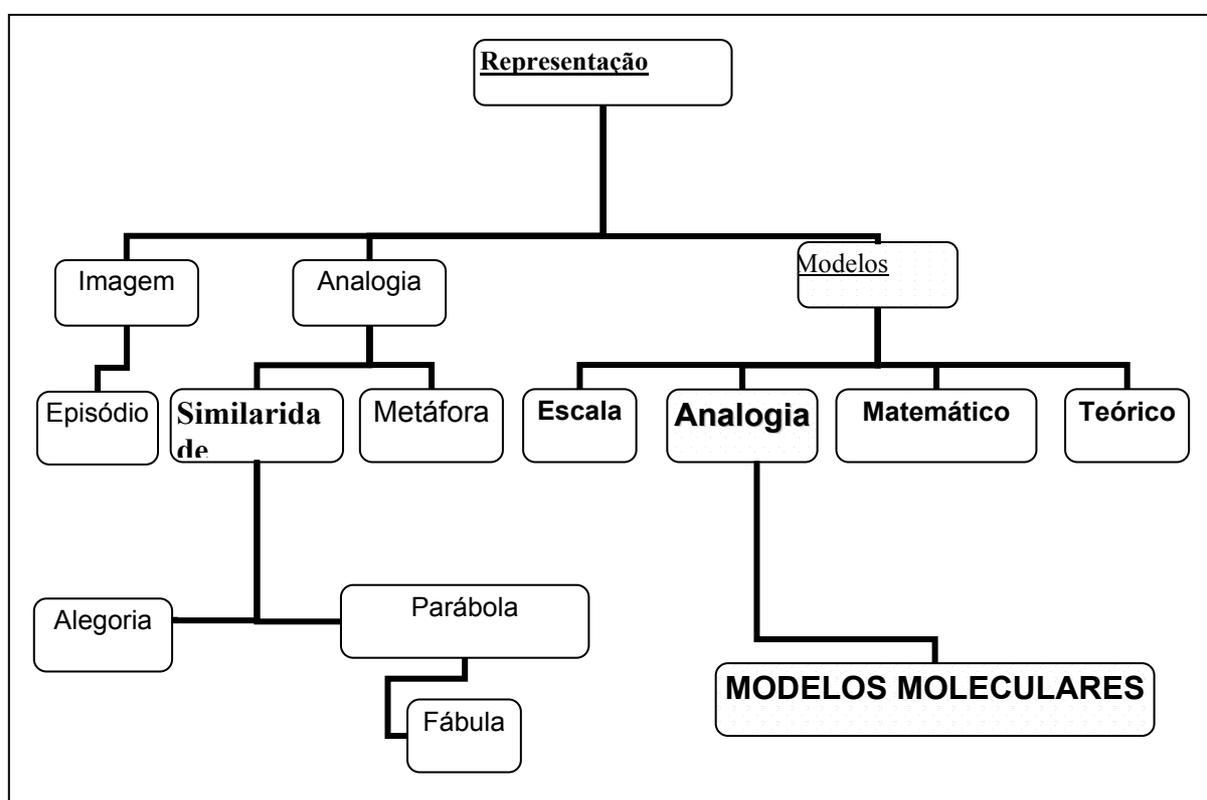


FIGURA 1 – Representação esquemática das formas de representação

É apresentado acima um esquema das formas de representação. A partir desta figura nota-se que uma representação pode ser apresentada de três maneiras distintas: através de uma imagem, de analogias ou modelos. Com relação à imagem, esta pode ser representada por um episódio. A analogia divide-se em dois ramos, a alegoria e a parábola, sendo que esta última pode ser representada por uma fábula. Para os modelos, que é a forma de representação utilizada nesta pesquisa, tem-se

quatro divisões. A primeira relaciona que um modelo pode ser de escalas, a segunda de analogias, na qual o material didático utilizado na pesquisa, os modelos moleculares, está inserido. A terceira mostra que os modelos podem ser matemáticos e por fim, os modelos teóricos. Tais definições serão discutidas mais profundamente no decorrer do trabalho.

1.4 – MATERIAIS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ESTEQUIOMETRIA

Considerando a universalidade das dificuldades de compreensão deste assunto, inúmeros pesquisadores por todo o mundo têm se preocupado em sanar, ou pelo menos diminuir as utilizando-se para isso uma infinidade de materiais didáticos e metodologias de ensino.

KASHMAR (1997) propôs um método ilustrativo da estequiometria de uma reação química, com introdução da noção de reagente limitante, fazendo uso do retroprojetor. Na opinião deste autor, os alunos, ao longo do seu processo de aprendizagem, adquiriram conceitos errôneos em diversas áreas da Química, fruto das dificuldades que apresentam em compreender e conceitualizar a natureza particular da matéria. O autor relata que os alunos falham porque, desde logo, não conseguem interpretar o que se passa em uma reação química. Nos últimos tempos tem-se dado grande importância a este aspecto pela implementação, no mercado, de programas de computador em que a natureza dinâmica das reações químicas é evidenciada. O autor receia que alguns professores não têm computadores ou *software* necessários para poderem dispor deles durante as suas aulas, fato frequentemente constatado em escolas brasileiras. Neste sentido, em uma tentativa de contornar este problema, o autor partilha um método inovador, no qual se utilizam modelos moleculares, feitos a partir da sobreposição de círculos de tamanhos e cores diversos. Dispostos no retroprojetor, estes são manipulados e rearranjados fisicamente, sendo sobrepostos, posteriormente, nas moléculas dos produtos da reação. Em alguns casos, o aluno será conduzido ao conceito de reagente limitante. O autor salienta por último que, além deste ser um método útil e de grande aplicabilidade do ponto de vista pedagógico, é, sobretudo um método prático, que pode inclusive levá-lo para uma aula num envelope.

Com relação ao que diz SISAK (1997) sobre a utilização de sessões de cartaz como uma técnica de aprendizagem, a autora relata que uma das suas mais

perturbadoras observações foi a de ver a falta de entusiasmo com que muitos dos estudantes respondiam ao desafio da aprendizagem de conceitos difíceis; o que a levou a ponderar a idéia de como conseguir que os seus estudantes experimentassem a sensação de serem eles os peritos em algum assunto.

Tais pensamentos conduziram a autora a propor aos seus alunos sessões de cartaz uma vez que esta técnica já fora usada como uma ferramenta pedagógica em muitas áreas. Segundo a autora, as sessões de cartaz oferecem muitas vantagens e são mais eficazes que os documentos tradicionais ou os seminários para os estudantes. As vantagens apresentadas são:

- ✓ Podem ser aplicadas a qualquer tamanho da turma;
- ✓ Promovem uma aprendizagem baseada na colaboração;
- ✓ Encorajam a criatividade e o pensamento independente do aluno;
- ✓ Desenvolvem a habilidade de pesquisa e de comunicação do aluno;

PERRIN (1997) aborda uma questão polêmica, como a utilização de "auxiliares de memória" durante os exames, em particular, nos exames de Química. É aqui atribuída uma conotação diferente às palavras "auxiliares de memória (reminder sheets)" e "colas (cheat sheets)". O autor advoga em favor da realização deste tipo de auxiliares por parte dos alunos, por entender que estes os ajudam a organizar o seu próprio conhecimento e a desenvolver uma visão geral da matéria. Além disso, encontra nestes auxiliares uma justificativa de ordem prática pelo fato de facilitar a tarefa aos vigilantes, na detecção de colas durante um exame, com um número elevado de alunos. Por último, desmistifica a preocupação que alguns professores sentem quanto à utilização destes auxiliares, pondo em evidência a importância de que estes se revestem para os alunos. Como sugestão, fornece um exemplo de um possível "auxiliar de memória" na área em que leciona: a Química Orgânica.

A utilização de diferentes recursos didáticos no aprendizado de conceitos químicos não é muito comum em nossas escolas, sobretudo quando se considera a importância da experimentação. O desafio em uma disciplina laboratorial de Química é o de motivar os estudantes para registrarem imediatamente as observações feitas e escrevê-las de forma clara sem nenhum tipo de ambigüidade (PENDLEY, 1997). Mas também há a necessidade de estimular os alunos a discutirem os fenômenos químicos que estão envolvidos em cada atividade experimental que é realizada, sob

pena de os alunos tornarem-se meros “anotadores” de resultados não formando, portanto uma visão mais crítica do mundo que o rodeia. O problema mais observado é que os estudantes, na maioria das vezes, não registram imediatamente as observações realizadas e preferem reconstruí-las depois de deixarem o laboratório. No que se refere à escrita dessas mesmas observações, elas são ambíguas e incompletas. Como conclusão deste estudo, o autor aponta a necessidade de se elaborarem métodos para sanar as dificuldades apresentadas pelos estudantes.

KRIEGER (1997) pretende transmitir o conceito de mol por meio de um processo que recorre ao uso/funcionamento de um centro comercial (O Moe's Mall ou Centro Comercial do Moe), ou seja, o ensino de estequiometria por meio de uma aproximação cognitiva, utilizando, para isso um tabuleiro para poder transmitir tal conceito. O Centro Comercial do Moe é desenhado com o objetivo de reduzir a carga cognitiva da aprendizagem da resolução de exercícios baseados em moles, de modo que alunos com capacidades diferentes, possam focar-se no desenvolvimento de um conhecimento profundo e flexível deste conceito. O Moe's Mall é um dispositivo de localização, concebido para ser utilizado pelos estudantes como um algoritmo simples para a resolução, eficiente e exata, de exercícios envolvendo "moles", recorrendo à análise dimensional.

O esquema de construção do Moe's Mall é muito importante, pois é a base da resolução dos problemas. O Moe's Mall é composto por uma praça central de onde saem três corredores, no fim de cada corredor existe uma loja. O papel de cada uma destas lojas é a de relacionar mol com massa molar, mol com número de partículas e mol com volume molar. A resolução dos exercícios envolve o "passear" pelas várias lojas e corredores do referido centro comercial. A autora refere ainda, a possibilidade de extensão do centro comercial à resolução de problemas que envolvem: mol-mol; mol-massa; massa-massa; cálculos estequiométricos e cálculos de concentrações. No entanto, é preciso salientar que este "método" não elimina erros de cálculo e, além disso, os alunos devem estar familiarizados com a análise dimensional antes de tentarem usar este dispositivo.

Para WITZEL (2002), a estequiometria deve ser apresentada usando-se objetos de nosso cotidiano. O autor explora em seu trabalho, o uso de blocos plásticos (tipo “LEGO”) para o ensino da estequiometria. Os blocos são usados para explorar a relação entre massa e números e os estudantes descobrem e desenvolvem os conceitos de reagentes limitantes em que estes conceitos são

introduzidos de uma maneira concreta. Os resultados obtidos pelo autor são muito satisfatórios, pois com simples blocos plásticos utilizados em nosso cotidiano, os estudantes conseguem ter uma base sólida dos conceitos químicos abordados, neste caso ele também não aborda com muita intensidade a questão matemática da estequiometria.

A partir do que foi exposto tem-se como questão de pesquisa os seguintes tópicos: Qual seria a receptividade deste material por parte do alunado? De que modo esta nova metodologia de ensino colaboraria no processo de ensino-aprendizagem? Como a motivação estaria relacionada a questão socioeconômica de cada aluno?

Portanto, com esse trabalho de pesquisa e considerando-se a deficiência de material didático destinado ao ensino de química e a necessidade de inovações no ensino de estequiometria, em particular, foi proposta a utilização de materiais destinados à simulação e ao desenvolvimento de subsunções relacionados ao tema. Para o desenvolvimento do presente trabalho, consideraram-se como **objetivos** principais:

- ✓ Aplicação de modelos moleculares em cursos regulares de química de escolas públicas de Ensino Médio da cidade de São Carlos - SP;
- ✓ Levantamento dos possíveis motivadores para o aprendizado de estequiometria;
- ✓ Avaliação pedagógica do material desenvolvido, considerando as demais condições presentes no ambiente escolar e
- ✓ Definição de uma metodologia adequada a utilização dos materiais desenvolvidos para o ambiente escolar de escolas públicas.

No capítulo inicial, foi sistematizado o referencial teórico que sustenta a análise desenvolvida nesse estudo. Para tanto, apresentou-se algumas definições importantes, discutiu-se a respeito da utilização de modelos nas ciências e no ensino de ciências, os tipos de aprendizagem, o processo de organização do conhecimento químico e também alguns aspectos relacionados a motivação.

O segundo capítulo mencionou-se os procedimentos metodológicos adotados na elaboração do material instrucional, no desenvolvimento das atividades de simulação do material didático junto aos alunos, no desenvolvimento das atividades experimentais e na análise e coleta dos dados.

No terceiro capítulo, sistematizaram-se as análises realizadas diante dos dados e identificou-se a partir dos dados relações ou não com o referencial teórico.

E, por fim apresento minhas considerações finais sobre as atividades de simulação com modelos moleculares, citando suas limitações e propostas de atividades futuras, bem como algumas alternativas que poderiam ser adotadas para futuras aplicações deste material.

2 – REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 – MODELOS E MODELAGEM NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O uso de modelos no ensino de ciências tem se demonstrado muito eficiente no que se diz respeito aos resultados obtidos com sua utilização. Historicamente, a primeira obra substancial na teoria atômica foi “*New System of Chemical Philosophy*”, publicado em 1808 por John Dalton (1766-1844), ele propunha que cada elemento possuía diferentes massas. Em 1811, Dalton desenvolveu um jogo de modelos de átomos e moléculas simples diatômicas para ajudar a ilustrar suas idéias. A outra indicação da construção de modelos ocorreu após 1867, feito por Kekulé. Van’t Hoff usou modelos tetraédricos para ligar os vértices às faces, em 1874 para descrever os isômeros ópticos do ácido tartárico. Pasteur tinha observado os isômeros ópticos em 1848, mas ainda não tinha disponível uma explicação estrutural. Sachse foi o único de poucos químicos do seu tempo a utilizar modelos para fazer previsões. Em 1890 ele publicou um artigo predizendo a existência das estruturas da “cadeira” e “barco” para o ciclohexano. E durante os primeiros vinte anos deste século, no desenvolvimento da Teoria de Valência, os modelos de bolas e varetas tornaram-se cada vez mais utilizados (apud HARDWICKE 1995).

A partir do que foi exposto acima, nos perguntamos, afinal o que são os modelos? Para que servem os modelos?

Várias são as definições para modelo. Para LEVINE (1974), modelo é definido como um auxílio, uma ferramenta específica para compreendermos conceitos.

Segundo INGHAM e GILBERT (1991), um modelo é a representação simplificada de um fenômeno no qual concentra a atenção em aspectos específicos e facilita o pensamento científico.

De acordo com HARDWICKE (1995) modelo é uma representação de um objeto ou de um conceito. A totalidade das idéias da ciência é investigar e representar o mundo natural, no entanto não devemos nos surpreender que a

modelagem é o aspecto central da ciência e que a palavra “modelo” pode ter vários e diferentes usos.

Temos apresentada abaixo a classificação dos modelos de BLACK, em que estes são classificados de acordo com sua utilidade. Para muitos, o mais familiar tipo de modelo é o *modelo de escala*, que é uma réplica projetada para parecer o real, o melhor possível. O modelo pode ser maior ou menor que o original. Outras classificações para os modelos seriam:

- ✓ *modelo de analogia*: representa algum objeto material, sistema ou processo designado a produzir tão fielmente quanto possível em algum novo meio a estrutura ou tecer uma relação com o original.
- ✓ *modelo matemático*: as propriedades físicas são representadas como variáveis. Essas variáveis podem ser por uma equação matemática. Ex.: $P = m \cdot g$
- ✓ *modelo teórico*: é o que envolve a produção concreta de algum fenômeno, o qual pode ser aplicado para o estudo do fenômeno sem sequer fazermos suposições teóricas sobre ele (apud HARDWICKE 1995).

É interessante também, tentarmos estabelecer certas “regras” para julgarmos a validade da seqüência lógica “passo-a-passo” dos modelos, os quais, de acordo com LEVINE (1974), são:

- ✓ O modelo não deve introduzir observações ou fatos que ainda não são conhecidos pelo estudante;
- ✓ O modelo não deve se chocar, com nenhum outro modelo mais sofisticado que será introduzido no futuro;
- ✓ O modelo não deve se chocar com o que o estudante já sabe, isto levando-se em conta cada estudante, o qual um nunca é igual ao outro.

Modelos são usados extensivamente tanto nas ciências, quanto no ensino das ciências. Contudo, sobre seu uso no ensino de ciências ele pode levar a confusões como pode servir também de forma a “iluminar” pensamentos e idéias.

2.1.1- COMO OS MODELOS SÃO UTILIZADOS NA CIÊNCIA?

Em ciência, a palavra modelo tem vários significados, mas tende a ser restrito em seu uso para as “idéias inventadas” a qual tenta explicar porque os aspectos físicos, naturais e feitos pelo homem podem comportar-se como eles imaginaram. Nosso conhecimento do comportamento do mundo físico nunca poderá ser completo. Como consequência, nossa compreensão das causas deste

comportamento também nunca poderá estar completamente correta. O melhor que nós podemos fazer é especular racionalmente alguma provável origem destas causas, para construir figuras imaginárias do processo o qual nos dá um amparo a respeito do comportamento observado. Essas teorias imaginárias ou modelos, como essas figuras são chamadas, tem sido a característica essencial de especulações científicas ao longo de nossa história. Existem aventureiros imaginativos do intelecto e eles trazem o ingrediente essencial da criatividade para a ciência. A qualidade destes modelos é extremamente importante. Como KAC (1969) havia sugerido, modelos na ciência são em sua maior parte caricaturas da realidade, mas se eles são bons, então, como boas caricaturas, eles retratam, talvez de uma maneira distorcida, alguns destes aspectos do mundo real.

A principal função dos modelos, não é somente explicar e predizer - apesar de ultimamente esta ser a principal função na ciência – mas polarizar pensamentos e gerar questões aguçadas. Se determinação e qualidade são o foco central, qual é a função dos modelos no avanço da ciência? As possíveis respostas podem ser:

1. Fornecer uma versão simplificada de um fenômeno a ser produzido conseqüentemente concentrando o estudo em aspectos especiais do fenômeno em questão e
2. Estimular a investigação amparada pela visualização de um fenômeno e imaginar projeções de acordo com suas propriedades.

KAC (1969), também sugere que modelos científicos são desenvolvidos para duas principais razões – para relatar o fenômeno observado ou para elucidar pontos delicados e difíceis de uma teoria. Em todos esses casos os modelos adquirem uma posição intermediária entre a realidade observada e teoria.

2.1.2- COMO OS MODELOS SÃO UTILIZADOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS?

Existem vários relatos apontando que o ensino de ciências está intimamente associado com modelos, e estes podem ser categorizados de acordo com o objeto de estudo do conhecimento, habilidades e atitudes. Cada uma destas três áreas será discutida neste trabalho.

Com respeito ao conhecimento científico, os cientistas desenvolvem *modelos mentais* de um aspecto da realidade, por exemplo, de um átomo. No entanto, embora um modelo não deva ser confundido com a própria realidade, o mesmo

permite a análise de suas próprias contradições. Por esta razão, os modelos mentais têm sido desenvolvidos pelos cientistas em uma variedade de ocasiões:

- 1- Da experiência direta da realidade por meio de situações experimentais e do uso de analogias, experiências anteriores e do conhecimento da teoria;
- 2- Por meio da tentativa de desenvolver modelos verbais, ícones, analogias e matemáticos mais claros, em que as idéias podem ser relacionadas com outras; (Todos os professores sabem, que um modelo mental se torna mais claro considerando a tentativa de relacionar com outros aspectos);
- 3- Por meio do estudo de representações mentais verbais, ícones, diagramáticas e simbólicas, modelos matemáticos e de analogia de outros cientistas.

O problema no ensino de ciências é desenvolver um modelo mental do estudante que seja representativo tal qual o modelo mental proposto pelos cientistas. Este é um problema de comunicação e que requer a transferência de uma figura mental por meio de uma representação de ícones, verbal, diagramática e simbólica (matemática). Para que se tenha êxito nesta “transferência” é necessário que se submeta o estudante ao confronto de modelos que pode ser realizado, por exemplo, por meio da interpretação de algum resultado obtido de uma experimentação (OSBORNE et al 1980).

VOSNIADOU (1998), sugere um esquema bem interessante de como os modelos mentais se desenvolvem, conforme apresentado a seguir.

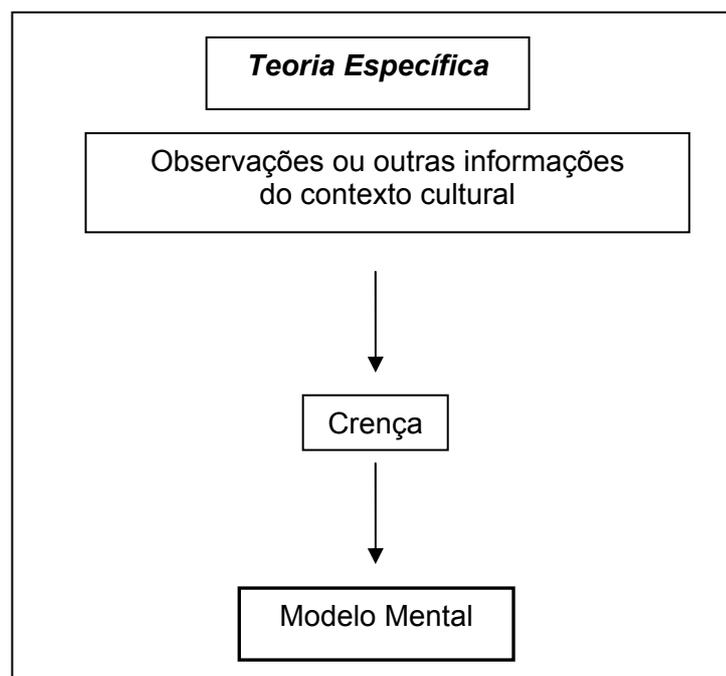


FIGURA 2 - Estrutura simplificada de como os modelos mentais são desenvolvidos

A *teoria específica* consiste de um conjunto inter-relacionado de proposições ou crenças que descrevem as propriedades e o comportamento de objetos físicos.

Crença é gerada a partir de observações e/ou por meio da informação presente na cultura apoiado na força da teoria das concepções alternativas.

As concepções alternativas e as teorias específicas provêm as bases para a geração dos *modelos mentais*. Os modelos mentais têm sido utilizados de diversas maneiras pelos cientistas. Por exemplo, pode servir para representar um tipo especial de representação, uma representação de analogia, desenvolvida durante o exercício cognitivo, e que tem como característica especial a preservação da estrutura do pensamento.

Modelos mentais iniciais são as primeiras representações do mundo físico que a criança constrói, depois ela vai ser exposta ao ensino da ciência. Um dos mais importantes achados das pesquisas em desenvolvimento cognitivo é que a criança não vai aprender ciência como sendo uma *tabula rasa*, mas que ela vai adquirir um rico conhecimento a respeito do mundo físico que a cerca VOSNIADOU (1998).

2.2- O ENSINO DE CONCEITOS

Baseando-se na Teoria da Aprendizagem Significativa, a definição para conceito é descrita como sendo “eventos, situações ou propriedades, objetos que possuam atributos essenciais comuns que são designados por algum signo ou símbolo” (AUSUBEL, 1980, p. 47). Sendo assim, conceito é definido como sendo um conjunto de eventos que possuem propriedades fundamentais comuns, as quais são indicadas por um signo.

De acordo com LEVINE (1974), conceito pode ser definido como amplas generalizações as quais envolvem algum aspecto do mundo físico.

A aquisição de conceitos envolve um conjunto de experiências relevantes. Sendo assim, a aprendizagem de algum conceito vai depender de vários fatores, como por exemplo, as propriedades existentes na estrutura cognitiva do aluno, a natureza do conceito e o estágio de desenvolvimento. Portanto, divide-se a aquisição de conceitos em duas categorias, a primeira refere-se à formação de conceitos e a segunda a assimilação dos mesmos.

No que diz respeito à formação de conceitos iniciais, esta consiste na aquisição espontânea e indutiva de idéias genéricas e é própria de crianças menores. Esta se baseia em experiências concretas da criança e refere-se a

aprendizagem por descoberta, na qual estão presentes processos psicológicos tais como a comprovação de hipóteses, generalização e discriminação.

Com relação à assimilação de conceitos, tal categoria esta presente em crianças que possuem mais de sete anos de idade, adolescentes e adultos, os novos significados conceituais são aprendidos e relacionados com idéias pertinentes de sua estrutura cognitiva.

A formação de conceitos acontece quando, na formulação de uma hipótese até a solução de um problema, a pessoa vai estabelecendo certas relações com as idéias pertinentes que estão em sua estrutura cognitiva e podendo ou não estabelecer uma confirmação para a hipótese. Pode-se dizer, segundo AUSUBEL (1980 p. 83), que os atributos essenciais para o conceito em questão tornam-se significativos e são interiorizados.

O principal fator que influencia na aprendizagem de um indivíduo é a sua estrutura cognitiva. Pois nela estão contidas o conjunto de idéias e suas propriedades organizacionais. Portanto, teremos uma aprendizagem e a retenção de novas informações facilitadas quando o indivíduo possuir em sua estrutura cognitiva uma certa clareza e organização.

AUSUBEL propõe que a estrutura cognitiva é organizada hierarquicamente, onde desta forma, os conceitos e proposições com maior poder de generalização, as mais inclusivas, fiquem localizadas no topo da hierarquia, seguido dos menos inclusivos, os quais possuem um menor poder de generalização.

2.2.1- APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E APRENDIZAGEM MECÂNICA

Apoiando-se no que foi dito no item anterior, neste momento, procura-se discutir brevemente a respeito dos tipos de aprendizagem, que para AUSUBEL se dá de duas maneiras distintas: aprendizagem mecânica ou significativa. Ambas se encontram entre duas extremidades distintas, mas independente disto, não podem ser separadas em dois ramos.

Para AUSUBEL a aprendizagem mecânica se diferencia muito da aprendizagem significativa, a aprendizagem mecânica (automática) é definida como àquela em que as novas informações são aprendidas sem interagir com os conceitos relevantes da estrutura cognitiva do aluno, sendo assim, essas informações não se ligam aos conceitos subsunçores específicos, sendo, portanto assimiladas de forma arbitrária e literal.

Pode-se dizer que a aprendizagem é significativa, quando ocorre um processo por meio do qual uma nova informação se relaciona a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do aluno, de maneira não-litera e não-arbitrária (por acaso). Nesse processo a nova informação irá interagir com um determinado conhecimento específico, o qual é denominado *conceito subsunçor* ou *subsunçor*, porque já existe na estrutura cognitiva do aluno.

Subsunçor é, portanto, um conceito, uma idéia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva do aluno, tendo capacidade de funcionar como um “amparo”, “suporte”, “âncora” à nova informação de tal forma que ela adquira um significado para o indivíduo.

Portanto, de acordo com MOREIRA (1999 p.11) pode-se afirmar que:

A aprendizagem significativa ocorre quando a informação “ancora-se” em conhecimentos especificamente relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva. Ou seja, novas idéias, conceitos, propriedades, proposições podem ser aprendidos significativamente (e retidos) na medida em que outras idéias, conceitos, proposições relevantes e inclusivas estejam adequadamente claros e disponíveis na estrutura cognitiva do indivíduo e funcionem, desta forma, como ponto de ancoragem para os primeiros.

Para ONTORIA et al. (1995), a aprendizagem significativa caracteriza-se, portanto, por um processo de interação e não por uma simples associação entre os conhecimentos relevantes e específicos da estrutura cognitiva do indivíduo e as novas informações. As novas informações adquirem significado e são agora integradas à estrutura cognitiva de forma não-litera e não-arbitrária, contribuindo para a diferenciação, estabilidade e elaboração de subsunçores preexistentes na própria estrutura cognitiva.

2.2.2- TIPOS DE APRENDIZAGEM

Segundo AUSUBEL, a aprendizagem se distingue em três categorias, sendo elas: 1- aprendizagem representacional; 2- aprendizagem de conceitos; 3- aprendizagem proposicional. Definindo-se melhor cada uma delas tem-se:

1-Aprendizagem Representacional – esta ocorre quando é estabelecida uma equivalência de significado entre o símbolo arbitrário e seus correspondentes referentes (objetos, idéias ou eventos) que passam a remeter o aprendiz do mesmo significado, FARIA (1989 p.13).

A aprendizagem representacional faz referência ao significado de palavras ou símbolos unitários e ela satisfaz a maioria dos critérios exigidos a uma aprendizagem significativa, uma vez que o conteúdo a ser aprendido pode estabelecer relações, na estrutura cognitiva do aluno, com as idéias disponíveis.

2-Aprendizagem de Conceitos – A aprendizagem conceitual acontece por meio do conhecimento dos atributos comuns a uma classe de eventos, situações ou objetos. Nesta categoria, se distingue a formação de conceitos e a assimilação de conceitos, os quais já foram tratados anteriormente.

3-Aprendizagem de Proposições – refere-se ao significado das idéias. “Uma proposição consiste em uma idéia composta, que se expressa verbalmente sob forma de oração e que contém, tanto os significados denotativo e conotativo das palavras como suas funções sintáticas e relações” RONCA (1980, p.85).

O que é aprendido na aprendizagem do tipo proposicional é o significado de uma nova estrutura uma vez que: i- “a estrutura proposicional propriamente dita é o resultado da nova combinação de várias palavras isoladas que se relacionam entre si, cada uma representando uma unidade referencial”., ii- “ as palavras isoladas combinam-se de tal forma que compõem o todo” AUSUBEL (1980, p.40).

A sentença a ser aprendida, quando ocorre a aprendizagem significativa proposicional, é relacionada com idéias já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz e esse relacionamento pode ser do tipo subordinado, superordenado ou uma combinação dos dois.

Conforme citado anteriormente, a estrutura cognitiva está organizada hierarquicamente, em que os conceitos mais inclusivos estão no topo da hierarquia e aqueles com menos inclusão estão na base. Sendo assim a aprendizagem proposicional reflete uma relação subordinada entre aquilo que será aprendido e a estrutura cognitiva do aluno.

A aprendizagem superordenada ocorre quando o aluno aprende uma nova proposição que pode abranger várias idéias já estabelecidas em sua estrutura cognitiva. Esse tipo de aprendizagem ocorre quando se parte de casos específicos e chega-se em generalizações.

2.3 - PROCESSO DE ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO QUÍMICO

O conhecimento químico em qualquer nível de escolaridade pode ser classificado, basicamente, em três categorias: macroscópico, submicroscópico e simbólico JOHNSTONE (1991). A primeira categoria, diz respeito a fenômenos que podem ser percebidos sensorialmente e mensurados, como por exemplo, mudança de cor, liberação de gás, formação de precipitado, mudança de temperatura, além de outras diversas medidas, Este nível também está intimamente ligado à Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS).

A segunda é caracterizada pela explicação do nível macroscópico, fundamentado em entidades abstratas como átomos, ligação química, íons, moléculas, elétrons, prótons, etc., a qual visa compreender a razão e o porque de tal fenômeno estar ocorrendo ou não.

Com relação ao nível simbólico, este diz respeito às várias representações usadas em química, como por exemplo, fórmula das substâncias, equações químicas, gráficos, cálculos, modelos. Este representa o que está ocorrendo, tanto em nível macro quanto submicroscópico.

De acordo com GABEL (1999), o conhecimento torna-se complexo aos alunos iniciantes porque embora os fenômenos possam ser percebidos macroscopicamente, somente serão compreendidos no nível submicroscópico. Não é de se estranhar que os alunos não consigam estabelecer alguma relação entre os níveis. De acordo com o que afirma NAKLETH (1992), o aluno só compreende o conceito químico, quando consegue explicá-lo no nível submicroscópico.

Podemos dizer também, que o aluno conseguiu compreender o conceito químico, quando ele consegue transitar livremente pelos três níveis de conhecimento químico. Temos abaixo, a representação dos níveis do conhecimento químico.

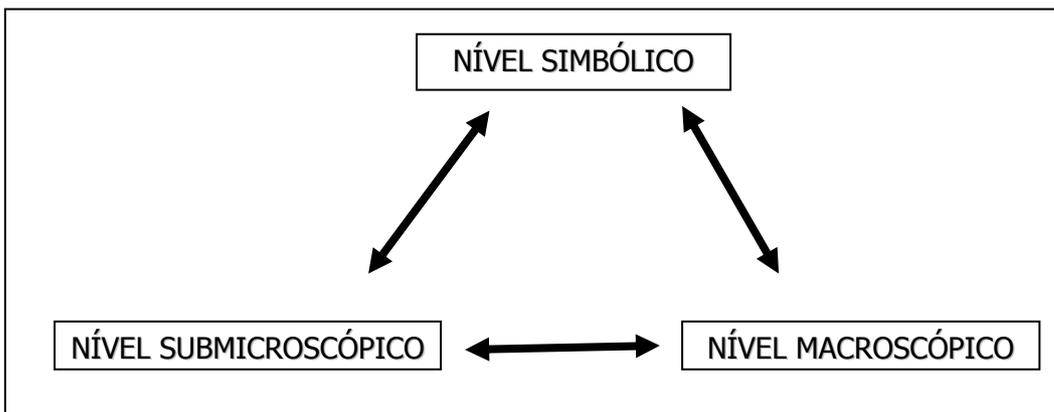


FIGURA 3- Representação da organização do conhecimento químico.

Sendo assim, a apresentação e problematização de informações no nível macroscópico devem preceder àquelas de noções submicroscópicas, uma vez que ensinar conteúdos que necessitem de abstração antes dos macroscópicos impede o aprendizado de noções submicroscópicas que explicam os fenômenos observados macroscopicamente.

De posse dessas informações, acredita-se que uma organização de conteúdo que vise facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa deve enfatizar as informações macroscópicas, e essas devem encaminhar às noções submicroscópicas, a fim de que se tornem explícitos os relacionamentos entre ambas.

Importante mencionar também que os livros didáticos de Química para o Ensino Médio sofreram mudanças importantes após a implantação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e a partir de então adotam cada vez mais a abordagem do conhecimento químico nos três níveis de organização.

2.4- METODOLOGIA DE ENSINO E MOTIVAÇÃO PARA A APRENDIZAGEM

É possível desenvolver com os alunos os conceitos fundamentais de estrutura atômica, inclusive distribuição eletrônica, utilizando-se apenas cartolina, barbante, bolinhas de isopor, grãos de feijão e pequenos ímãs. Segundo URQUIETA (1991), cada ato de ensino é resultante da interação entre fins e meios, educando e educador. Esta interação constitui o âmago do processo ensino-aprendizagem.

É pela reflexão em torno de objetivos, e neles baseado, que o professor disporá de condições para selecionar o tipo, a natureza do material pedagógico, os métodos e técnicas mais adequados. O ensino da Química, tendo como objetivo principal desenvolver a capacidade de pensar e agir de forma crítica e consciente,

tornar-se-á viável pela adoção de uma metodologia de ensino que proporcione condições para que o aluno possa exercitar essas capacidades. Isto significa ajudar o aluno a aprender, observar, elaborar hipóteses, obter dados, aplicar o conhecimento às novas situações, planejar e realizar investigações.

Desta forma, deve-se considerar além dos materiais e recursos didáticos utilizados, a metodologia de ensino de química. GOMES e NÉRICE apud URQUIETA (1991), propõem cinco metodologias de ensino para a compreensão da química, conforme segue:

- ✓ Método Dedutivo: consiste na apresentação do assunto estudado, do geral ao particular. Este método pressupõe a apresentação de afirmações, conceitos ou princípios, a partir dos quais as conclusões serão extraídas;
- ✓ Método Indutivo: neste método, o assunto estudado é apresentado por meio de casos particulares, sugerindo-se que se descubra o princípio que rege os mesmos. É considerado um método ativo, quando conta com a participação dos alunos;
- ✓ Métodos de Projetos: Este método ganhou destaque a partir de 1918 tendo como precursor Kilpatrick, inspirados nas idéias de Dewey e tem como objetivo levar o aluno individualmente ou em grupo a realizar algo de concreto e executá-lo. Tal método também é considerado ativo, baseando-se no desenvolvimento do espírito de iniciativa, responsabilidade, solidariedade e de liberdade;
- ✓ Método de Problemas: consiste em propor situações problemáticas aos alunos que, para solucioná-las, deverão promover pesquisas, revisões ou reestudo sistemático de temas ainda não devidamente assimilados. Este método é considerado ativo, pois a proposição de um problema leva o aluno a encontrar a solução para o mesmo;
- ✓ Método Prático-Teórico: consiste fundamentalmente em levar o aluno à realização de algo concreto a respeito de um tema, antes de seu estudo teórico. Tal método, objetiva despertar no aluno a percepção da ligação entre a prática e a teoria e fornecer a visualização da teoria como algo que se refira a realidade.

A caracterização de dois aspectos complementares no ensino da química, os modos de agir e pensar, constituem, segundo CHAGAS (1986): “a atividade prática, que é uma maneira toda especial de manusear a matéria, encarando-a de forma macroscópica, e a atividade teórica, que é o pensar sobre fatos observados em

termos do que genericamente se chama de teoria molecular, encarando a matéria sob o ponto de vista microscópico”.

Compartilhando essa idéia, MORAES (1988) ressalta que no permanente movimento entre ação e reflexão, “a ação constitui-se essencialmente no experimento químico, visto num sentido bem abrangente e a reflexão é em essência a exploração do experimento, inclusive a procura gradual da teorização mais profunda a partir deste.”. Depreende-se do pensamento de Moraes, que a aceitação deste dipolo implica no movimento entre o concreto e o abstrato, num retorno permanente ao concreto, de modo a atingir níveis de compreensão e abstração mais elevados.

Uma possibilidade de ação pouco explorada no ensino de química consiste na técnica de simulação, que se refere à atividade na qual os alunos são envolvidos em uma situação problemática hipotética, sendo que na busca de soluções para a mesma os alunos devem tomar decisões e prever conseqüências.

HENNIG (1986), apoiando-se em Krasilchik descreve que na técnica de simulação algumas vantagens encontram-se sempre presentes, tais como:

- ✓ Incentiva maior participação dos alunos nas aulas e promove sua interação em classe, diminuindo o ensino autoritário e centrado em exposições do professor;
- ✓ Coloca o aluno face a situações problemáticas, fazendo com que desenvolva a capacidade de tomar decisões, torne-se independente e possa entender diferentes pontos de vista, adaptando-se a novas circunstâncias; Mas nesse caso, tem que haver a participação dos alunos, pois caso contrário, não haveria vantagem nenhuma.
- ✓ Desenvolve a capacidade social dos alunos, na medida em que são levados a participar de um grupo em que há posições controversas, que devem ser consideradas para chegar-se a uma solução;
- ✓ Desenvolve a capacidade de analisar problemas complexos que apresentam muitas facetas e de prever eventos que podem resultar de determinadas situações;
- ✓ Promove a interdisciplinaridade e a integração de vários campos do conhecimento;
- ✓ Permite que o aluno trabalhe com problemas relevantes e atuais, que fazem parte de sua realidade;
- ✓ Treina os alunos para participarem, de forma ordenada e produtiva, de discussões;

- ✓ Permite a aprendizagem eficiente de conteúdos e técnicas.

Embora seja importante a escolha de metodologia adequada ao ensino de conceitos químicos, não se deve desconsiderar a motivação para o aprendizado como fator essencial para o sucesso escolar. Assim, CARDOSO e COLINVAUX (2000) observaram que em aulas de química do nível médio, é freqüente o questionamento por parte dos alunos acerca do motivo pelo qual estudam química, visto que nem sempre este conhecimento será necessário na futura profissão. CHASSOT (1990) comenta que alguns professores também não sabem responder a esta questão, pois nunca pensaram no assunto, ou respondem de forma simplista. Cabe assinalar que o entendimento das razões e o objetivo que justificam e motivam o ensino desta disciplina, poderá ser alcançado abandonando-se as aulas baseadas nas simples memorização de nomes e fórmulas, tornando-as vinculadas aos conhecimentos e conceitos do dia-a-dia do alunado.

Para PIAGET (1977), o conhecimento “realiza-se por meio de construções contínuas e renovadas a partir da interação com o real”, não ocorrendo por meio de mera cópia da realidade, e sim pela assimilação e acomodação a estruturas anteriores que, por sua vez, criam condições para o desenvolvimento das estruturas seguintes. Se a partir de Piaget, entendermos o real como sendo o universo de objetos - o mundo - com o qual o aluno lida no dia-a-dia, percebemos a importância do cotidiano na formação destas etapas de construção do conhecimento. Nesta perspectiva, é interagindo com o mundo cotidiano que os alunos desenvolvem seus primeiros conhecimentos químicos.

As perspectivas apresentadas enfatizam a existência de uma bagagem de conhecimentos prévios que influenciam no ensino, assim como a importância do cotidiano no processo de ensino/aprendizagem. A esse respeito, SOLOMON (1983), analisa em seus trabalhos a existência de dois domínios do conhecimento, um oriundo das relações sociais e veiculados em todo - o corpo social, e outro relacionado aos conhecimentos escolares. Devido ao fato de viver em sociedade, adquirimos um conhecimento que se torna progressivamente mais estruturado e claro por estarmos continuamente discutindo, elaborando e reelaborando nossas idéias com outros. Por outro lado, o contexto escolar não possibilita uma maior discussão entre os alunos acerca dos conhecimentos adquiridos, seja por limitação de tempo ou ainda devido à inadequação de nossos currículos e práticas pedagógicas.

CARDOSO (2000) estudou a motivação para estudar química e saber as razões pelas quais as pessoas gostam ou não desta disciplina. A autora aplicou um questionário contendo nove questões a 157 alunos de escolas públicas e particulares, as quais estão apresentadas abaixo juntamente com os resultados:

- ✓ 1ª questão: “Você gosta de estudar química? Por que?”
- ✓ 2ª questão: “Você conhece alguém que trabalhe com química? Quem? O que faz esta pessoa?”
- ✓ 3ª questão: “Você vai precisar de química na sua futura profissão? Em que área você pretende trabalhar?”
- ✓ 4ª questão: “Na sua opinião, o que o químico faz?”
- ✓ 5ª questão: “Você acha que a química é importante na sua vida pessoal? Dê três exemplos onde a química está presente no seu cotidiano.”
- ✓ 6ª questão: “O que os seus amigos da escola comentam sobre as aulas de química? Você concorda com a opinião deles?”
- ✓ 7ª questão: “Qual o grau de influência dos fatores a seguir no ensino de química: professor, matemática, seu interesse pela matéria, forma como a matéria é apresentada.”
- ✓ 8ª questão: “Você acha que é importante que as pessoas estudem química?”
- ✓ 9ª questão: “Você tem alguma sugestão para melhorar o ensino de química?”

A partir da análise dos resultados, a autora obteve valiosas informações sobre “gostar ou não gostar de química” principalmente em interações sociais e não tão somente a química como disciplina. Dentre suas conclusões, destacam-se possibilidade de estudante, ao final do curso, ter a capacidade de perceber e relacionar, de forma mais efetiva, os conhecimentos químicos adquiridos na escola a aspectos de sua vida social e profissional, rompendo a barreira existente entre o conhecimento escolar e o social e que gostar ou não de química está intimamente ligado ao fato de envolver muitas operações matemáticas.

O interesse dos alunos em propor mudanças metodológicas no ensino, tais como aumento de aulas laboratoriais e teóricas. Além disso, para o alunado, o professor deveria mudar, sendo mais paciente e incentivador. É sugerido também que os professores deveriam tornar as aulas mais dinâmicas e que estes poderiam preparar apostilas.

RIECK (1977) descreve um tipo de trabalho que pode ser utilizado pelos estudantes quando estes fazem as revisões em química. Os estudantes são

direcionados a fazer certas revisões fora da escola a partir de determinados temas.

Esta revisão é cobrada como uma questão extra no exame, o que pode motivar o aluno para o estudo desta ciência.

GANAJOVA e DUNCKOVA (2002) desenvolveram um trabalho com o objetivo de melhor compreender a motivação para o aprendizado de química. As autoras concluíram que o que pode levar os alunos a uma maior motivação é relacionar a química com o cotidiano. Nesta pesquisa, foram utilizados textos educacionais, experimentos e equipamentos de multimídia, relacionados com a química de nossos dias. Por meio destes recursos, foi notada uma maior motivação por parte dos alunos, assim como uma alteração na relação entre professores e alunos.

É freqüente depararmos com a queixa de muitos professores de que seus alunos não têm interesse algum em aprender. Quando nos deparamos com sujeitos que não se esforçam, nem parecem mostrar interesse pelo que a escola lhes oferece, nos questionamos acerca do que fazer para motivá-los. A questão é saber o que existe no contexto imediato ou remoto, que define o significado da atividade escolar para o aluno, que se torne motivante para alguns alunos, ou para um aluno em determinados momentos, e desmotivante para outros. Isto é, porque os conteúdos, o modo como são apresentados, as tarefas e o modo como são propostas, a maneira de organizar a atividade, o tipo e forma de interação, os recursos, as mensagens dadas pelo professor, a avaliação, a pessoa que a faz, a forma que a faz, a forma em que se faz e o contexto em que se inscreve; - algumas vezes motivam os alunos e em outra não?

Pode-se dizer que a motivação para o ensino de ciências consiste em apresentar a alguém estímulos e incentivos que lhe favoreçam determinado tipo de conduta. O ponto de partida da motivação está associado à identificação das necessidades.

Como será abordado em breve, todas as variáveis mencionadas acima trazem ao aluno uma informação que influi, de um modo ou de outro, na idéia que possui sobre que *metas* se pretende que consiga atingir, que atrativo possuem ou o que existe de aversivo para ele, que possibilidades apresenta para atingi-las ou para evitá-las, a que custo e que outras metas estão em jogo. Estes fatos levaram psicólogos a estudar que tipos de metas os alunos perseguem, de que modo influem em seu comportamento e que variáveis contextuais influenciam para que se

perceba, em um dado momento, a consecução de algumas como sendo mais viáveis do que outras. COLL, PALACIOS E MARCHESI (1995).

2.4.1- TIPOS DE METAS

Seguindo este raciocínio, é de suma importância levarmos em conta as metas que os alunos perseguem, pois estas é que determinam seu modo de encarar as atividades escolares, de acordo com as propostas de diferentes autores que se ocuparam em identificá-las, classifica-las e descrevê-las. Estas metas podem ser agrupadas em quatro categorias: (COLL, PALACIOS E MARCHESI 1995)

✓ Metas relacionadas com a tarefa: Nesta categoria são incluídos três tipos de metas que nem sempre foram distinguidas bem e às quais com freqüência se faz menção, quando se fala de “motivação intrínseca”. Estas metas podem ser resumidas no desejo de incrementar a própria competência, na experiência de se estar fazendo a tarefa que se deseja fazer e no sentimento de estar absorto pela natureza da tarefa.

✓ Metas relacionadas com o “eu”: às vezes, os alunos irão realizar suas tarefas de modo que alcancem um nível de qualidade preestabelecido socialmente, nível que, com freqüência, corresponde ao já alcançado pelos demais companheiros. Esta situação faz com que os indivíduos busquem uma destas duas metas: experimentar o orgulho que se segue ao êxito em situações competitivas ou evitar a experiência de vergonha ou humilhação que acompanha o fracasso.

✓ Metas relacionadas com a valorização social: as metas incluídas nesta categoria não são diretamente relacionadas com a aprendizagem ou com a conquista acadêmica. Entretanto, são muito importantes, já que tem a ver com a experiência emocional, que deriva da resposta social para a própria atuação.

Incluem-se nesta categoria a experiência de aprovação dos pais, professores ou outros adultos importantes para o aluno e a experiência de aprovação dos próprios companheiros ou colegas. Em ambos os casos buscam-se a recusa da correspondente experiência de rejeição.

✓ Metas relacionadas com a consecução de recompensas externas: estes tipos de metas – ganhar dinheiro, conseguir um prêmio, um presente, etc. – tampouco se relacionam diretamente com a aprendizagem ou com a conquista acadêmica, ainda que possam e costumem ser utilizadas para instigá-las.

A taxionomia de metas que acabaram de ser apresentadas não significa que estas sejam excludentes. De fato, com freqüência, ao enfrentar uma mesma atividade escolar, o aluno persegue mais de uma delas. Em qualquer caso, a questão que nos ocorre agora é conhecer que metas ou que tipo de equilíbrio entre elas são as mais adequadas para promover nos alunos o interesse e o esforço necessário para facilitar a aprendizagem e as demais conquistas escolares.

2.4.2- METAS DE APRENDIZAGEM E METAS DE EXECUÇÃO

DWECK e ELLIOT estudaram de que modo varia a forma pela qual os alunos enfrentam as tarefas escolares, estando sua atenção centrada em metas de aprendizagem – incrementar a própria competência (*MA*) ou de execução (metas relacionadas com o “eu”) – conseguir permanecer bem diante dos outros, ter êxito ou evitar fracasso (*ME*). Inclusive, propuseram um possível elemento determinante das diferenças observadas: a concepção de que os sujeitos possuem sobre inteligência. (citado por COLL, PALACIOS & MARCHESI, 1995)

Segundo estes autores, por um lado, ocorre uma associação entre conceber a inteligência como um repertório de conhecimentos e habilidades, que podem ser incrementados mediante o esforço, que se concebe ou experimenta como um investimento rentável para incrementar a própria competência, e a busca de metas de aprendizagem. E, por outro lado, entre conceber a inteligência como algo estável, cuja qualidade se manifesta nas conquistas da própria atuação, em relação à qual o esforço é um risco que pode evidenciar uma baixa inteligência e a busca de metas relacionadas com a execução.

Prêmios e castigos podem não ser promotores de motivação, mas sim reforçadores externos da conduta. Seu uso, contudo, apresenta sérias limitações. São efetivos, na medida em que estão presentes ou, ao menos, depois que desaparecem, seu uso não é muito duradouro.

Nas pessoas, existe o que se conhece como “motivação intrínseca”. Com este conceito, faz-se referência ao fato de que a meta que o sujeito persegue, com sua conduta, é a “experiência do sentimento de competência e autodeterminação”, sentimento que se experimenta na realização da própria tarefa, e que não depende de recompensas externas, dado que se baseia na escolha que o indivíduo faz da tarefa a realizar e na utilização ótima das próprias habilidades. As situações que tornam possível esta experiência são aquelas que proporcionam ao sujeito um grau

de desafio ótimo, por não serem muito fáceis, nem muito difíceis, de acordo com seu padrão pessoal, padrão que se relaciona com sua competência percebida. Devido ao caráter motivador deste sentimento, o sujeito, adulto ou criança, buscará situações que lhe proporcionem um desafio frente ao qual pode fazer um uso ótimo das próprias habilidades e, uma vez encontradas, tentará exercê-las, conquistando o desafio.

Da perspectiva descrita, se queremos motivar os alunos, é preciso ter presente que qualquer evento que aumente a competência percebida, estimula a motivação intrínseca e vice-versa e que para que haja motivação intrínseca, é imprescindível que se dê a experiência de autonomia.

Assim, considera-se que a motivação para o aprendizado, a utilização de materiais didáticos e o uso de simulações adequadas, bem como a clareza na definição de metodologias de ensino, devem ser consideradas na busca de soluções para a melhoria da qualidade do ensino de química no nível médio.

3- MÉTODO

3.1 PARTICIPANTES

Esta dissertação é composta por três estudos. O primeiro destes foi realizado nas dependências do Departamento de Química da UFSCar e contou com a participação de alunos de duas escolas públicas da cidade de São Carlos. Os estudos 2 e 3 foram realizados nas escolas de origem dos estudantes, sendo uma da região central da cidade e outra da periferia, conforme descrição a seguir.

Estudo 1

No primeiro estudo, participaram 32 alunos do 1º ao 3º anos do ensino médio de duas escolas públicas do município de São Carlos. Uma das escolas, situada na região central da cidade, aqui será chamada de ESCOLA A e a outra escola escolhida é da periferia da cidade, que atende a uma população mais carente, chamada de ESCOLA B. A necessidade da escolha de uma escola central e de outra da periferia foi feita para que se pudesse estabelecer comparações quanto aos aspectos relacionados à motivação para o aprendizado, conforme COLL, PALACIOS E MARCHESI (1995).

Para algumas das análises que se seguirão, será pertinente considerar que os alunos de ambas as escolas constituem um único grupo. Em outras análises, a distinção foi necessária.

Estudo 2

Os participantes do segundo estudo constituíam um grupo de 10 alunos do 1º ano de uma escola de periferia, aqui chamada de ESCOLA X, também da cidade de São Carlos. O motivo da opção por alunos somente do 1º ano se deveu ao fato de que estes alunos não tiveram nenhuma aula sobre os temas que seriam abordados no curso oferecido aos mesmos.

Estudo 3

Este estudo foi realizado com 9 alunos do 1º ano de uma escola central, aqui chamada de ESCOLA Y, também da cidade de São Carlos. Assim como para o Estudo 2, neste caso os alunos também não tiveram contato com os conteúdos que seriam trabalhados no curso. Desta forma, estes dois estudos (2 e 3) permitiriam também detectar diferenças em relação à motivação para o aprendizado, segundo COLL, PALACIOS E MARCHESI (1995).

3.2- DESCRIÇÃO DOS AMBIENTES DE PESQUISA

Serão aqui brevemente descritos os ambientes de pesquisa. As descrições serão divididas como apresentado acima, em estudos, sendo assim tem-se:

Estudo 1

A Universidade Federal de São Carlos está localizada em um dos principais sistemas rodoviários do Brasil, a Rodovia Washington Luis, portanto fora do perímetro urbano do Município.

A UFSCar possuía em 2003, 5.798 alunos de graduação matriculados no primeiro semestre e 5.466 também alunos de graduação no segundo semestre do mesmo ano. O *Campi* de São Carlos apresenta uma área total de 6.450.000 metros quadrados de área disponível e 106.029 metros quadrados de área construída.

Embora a cidade de São Carlos possa ser considerada pequena, se comparada à média dos municípios do Estado de São Paulo, os estudantes das

escolas públicas têm muito pouco conhecimento das instalações universitárias (UFSCar e USP) e sobre o que nelas se faz ou se produz.

Os locais escolhidos para este estudo foram os dois Laboratórios de Química Geral e um anfiteatro, pertencentes ao Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Por se tratar de instalações que fazem parte da infra-estrutura de dois cursos de química, entende-se ser dispensável discutir os recursos disponíveis para a realização de atividades experimentais ou de aulas teóricas, uma vez que nenhuma das escolas de origem dos participantes dispõe de infra-estrutura planejada (e específica) para o aprendizado de química. Considera-se, no entanto, que universidade e escola pública de ensino médio são e devem ser naturalmente ambientes de aprendizagem diferenciados.

O Laboratório localiza-se a aproximadamente quinhentos metros da Biblioteca Comunitária da Universidade, em um edifício próprio para abrigar aulas do curso de graduação.

Estudo 2

A ESCOLA X, localiza-se na periferia da cidade de São Carlos, em um vale onde os bairros ao seu redor, sem nenhuma infra-estrutura, são caracterizados por possuírem habitações bem precárias. Esta escola está localizada em um diversificado centro comercial do bairro, onde se observa a predominância de um grande número de bares, situação esta comum nas regiões periféricas da maioria dos municípios brasileiros. Por atender a uma população de baixa renda familiar, observa-se que muitos alunos vão para a escola atraídos pelas possibilidades de comer, ter o que vestir e, em alguns casos, até para não ficar em casa e ter que trabalhar. Estas informações foram fornecidas pela direção da escola e foram confirmadas por muitos dos alunos, quando questionados sobre os motivos pelos quais estudavam. Muitos dos alunos não possuem material básico (caderno e lápis) para freqüentar as aulas e até os cursos extracurriculares que são oferecidos na própria escola. Embora apresente estes problemas, é sempre possível encontrar alunos que ainda alimentam o sonho de se tornar um profissional qualificado, cursando preferencialmente uma universidade pública de qualidade.

A instituição, que possui apenas um pavimento e, em 2003, contava com 223 alunos matriculados no período da manhã e 191 no período noturno. A biblioteca é coordenada por alunos em sistema de escala de horários, funcionando desde a

manhã até o período noturno. Possui uma sala ambiente de informática (SAI) bem equipada onde os alunos podem fazer seus trabalhos escolares. Há uma quadra nos fundos da escola onde são realizadas as aulas de educação física e um pátio considerado razoável para o número de alunos, bem arejado e iluminado. Quanto às salas de aula, estas se encontram em estado muito precário, pois estavam permanentemente sujas, com vidros quebrados, paredes pichadas ou rabiscadas, carteiras quebradas ou em péssimo estado de conservação.

Quanto ao laboratório, este apresentava condições de uso razoáveis, com poucos reagentes, quantidade de vidraria reduzida, carente de limpeza e também com vários vidros das janelas quebrados. É um local bem arejado e bem iluminado, o laboratório apresenta uma bancada na forma de “V”, o que facilita muito o trabalho do professor na realização das práticas (ANEXO 1) e uma lousa, onde eram passadas as orientações aos alunos.

Nesta escola, foi possível constatar que a direção não tem medido esforços para conseguir do Estado os recursos necessários ao bom funcionamento. Desta forma é que foram conseguidos recursos financeiros para a construção da biblioteca, da SAI (Sala Ambiente de Informática) e do laboratório. A direção da escola realiza ainda um grande esforço para que a comunidade participe de atividades esportivas (e outras) nos finais de semana, como forma de integrar os profissionais que ali trabalham com esta comunidade, além de valorizar o ensino ali praticado. Medidas como esta têm sido adotadas em diversas escolas de periferia por todo o país e tem mostrado resultados muito bons, apesar do pouco (ou nenhum, em alguns casos) apoio oficial.

Estudo 3

A ESCOLA Y, como foi atribuído o nome à escola localizada em uma região mais central do Município, localiza-se em uma região caracterizada por habitantes da classe média e média alta do município. A escola é atendida também por diversas linhas de ônibus e está muito próxima a um importante centro comercial da cidade. Desta forma, o aluno que frequenta a escola possui uma condição socioeconômica melhor do que os alunos da ESCOLA X. O perfil dos alunos desta escola é bastante diferenciado daquele que caracteriza o aluno da ESCOLA X.

Como são oriundos da classe média, em sua maioria, não precisam trabalhar e por esta razão era de se esperar que os mesmos fossem mais motivados para

estudar, além de disporem de mais tempo para isso. Esta é de fato uma realidade da escola, que tem um dos maiores índices de aprovação em vestibular, dentre as escolas públicas da região.

A Instituição possuía, em 2003, 746 alunos matriculados no período diurno e 538 no período noturno. A biblioteca conta com um bibliotecário e tem uma quantidade maior de livros em seu acervo do que a ESCOLA X. Dispõe ainda de uma Sala Ambiente de Informática e uma de vídeo, que é constantemente utilizada pelos professores. No que diz respeito às salas de aula (ANEXO 2), estas encontravam-se também em estado de conservação ruim, porém melhor do que o local do Estudo 2. Aqui, as salas eram maiores e com iluminação natural melhor que a anterior.

As atividades foram realizadas no laboratório que atende as disciplinas de química, física e biologia. O local apresenta melhores condições de uso que o anterior, pois possui uma variedade maior de reagentes e vidraria a disposição. Apresenta o mesmo esquema da bancada em forma de “V” sendo um laboratório bem iluminado e arejado.

3.3- COLETA DE DADOS

ESTUDO 1

A aquisição de dados foi realizada mediante aplicação de um curso denominado “Uma Semana como Químico na UFSCar”, evento este que ocorreu paralelamente ao XXIII Encontro Nacional de Estudantes de Química 2004 (XXIII ENEQUI). Interessante ainda mencionar, que este tipo de atividade, voltada aos estudantes do ensino médio, foi pioneira no que se diz respeito às atividades oferecidas pelo ENEQUI durante toda a sua história.

Foi realizada a divulgação nas escolas A e B para os três períodos de estudo, a maior frequência de alunos foi dos que estudavam pela manhã, os alunos fizeram uma pré-inscrição e depois estes tiveram que comparecer ao CDCC (Centro de Divulgação Científica e Cultural) para que a inscrição pudesse ser confirmada. Foram feitas 78 pré-inscrições, mas apenas 48 alunos confirmaram-na e 32 alunos compareceram ao curso.

Com relação à estrutura do curso temos que no estudo de número 1 o curso foi ministrado no período de férias dos alunos, de 02 a 06 de fevereiro de 2004.

ESTUDOS 2 e 3

Com relação aos estudos 2 e 3, a aquisição de dados se deu nas dependências das escolas X e Y. Em cada uma destas escolas foi oferecido um mini-curso, cujo tema era “A Química como ela Realmente É”, com carga horária de 32 horas distribuídas nas seguintes atividades: abordagem teórica, atividade experimental, exercício de simulação utilizando modelo molecular.

O curso foi divulgado para todos os alunos do período da manhã da ESCOLA X, não foi realizada a divulgação para alunos do período noturno, pois estes estavam cursando o Ensino Supletivo, para a ESCOLA Y, foi realizada a divulgação no período da manhã e noite, os alunos do noturno não se inscreveram pois trabalhavam em período integral, apesar de terem manifestado interesse.

Inscriveram-se 25 alunos na primeira escola e 18 alunos na segunda, tendo participado do curso 10 e 9 alunos, respectivamente. Na definição dos horários das aulas procurou-se evitar o período letivo dos inscritos para que nossas atividades não interferissem nas atividades normais dos professores de química destas escolas e para que o ministrante não ocupasse o lugar do professor. O curso era composto por três encontros semanais, normalmente as segundas, terças e quintas feiras, onde cada um tinha em média duas horas de duração.

Nos três estudos, os alunos formavam grupos de no máximo cinco alunos para que todas as atividades fossem realizadas em conjunto, com exceção dos questionários sobre o curso e sobre a avaliação final que eram individuais. A duração dos cursos foi em média de 30 horas/aula.

3.4- PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

PROGRAMAÇÃO DO CURSO

Inicialmente foi feita uma programação do curso (ANEXO 3), privilegiando-se os conteúdos relacionados a “estequiometria”, conforme segue:

- ✓ Balanceamento;
- ✓ Lei da Conservação de Massas;
- ✓ Lei das Proporções Definidas;
- ✓ Constante de Avogadro;
- ✓ Reagente Limitante e em Excesso;

- ✓ Rendimento;
- ✓ Volume Molar;
- ✓ Pureza;
- ✓ Fórmulas Químicas;
- ✓ Balanceamento por Número de Oxidação.

APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIOS

Foram aplicados três questionários aos alunos, que tinham por objetivo: a) o conhecimento do perfil socioeconômico dos mesmos, suas expectativas em relação ao curso que estávamos oferecendo e a concepção de química destes alunos (ANEXO 4), neste caso os alunos poderiam marcar mais de uma opção como resposta; b) um segundo questionário (ANEXO 5) tinha por objetivo conhecer a opinião dos a respeito das atividades (teóricas, experimentais, simulações, etc.) realizadas durante o curso, além da solicitação de que os mesmos apresentassem sugestões de novas atividades; c) Uma avaliação (ANEXO 6), na forma de questionário foi aplicada ao final dos cursos com a finalidade de avaliar se os alunos conseguiam aplicar os conhecimentos adquiridos em contextos diversificados e se os mesmos eram capazes de simular as reações com a utilização dos modelos moleculares.

APLICAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Para o ensino dos conceitos citados anteriormente, foi utilizado um Kit de modelos moleculares facilmente encontrado no comércio com o nome de ATOMOLIG 77 – educação, editora: Atomlig do Brasil, adquirido no mercado a um preço médio de R\$ 50,00 (ANEXO 7), porém pouco conhecido dos professores de química do ensino médio.

A escolha dos modelos moleculares como material didático para o ensino de estequiometria teve como base a patente requerida número 0303045-8 de FERREIRA e HARTWIG (2003).

Antes do início das atividades relacionadas ao curso, os alunos receberam dez conjuntos de modelos moleculares, para que os mesmos pudessem manipular livremente seus componentes. Este primeiro contato dos alunos com o material objetivava permitir que os mesmos se familiarizassem com os procedimentos de “montagem” de moléculas com a utilização de esferas e bastões de plástico. As

atividades de simulações também contavam com a utilização de uma balança de dois pratos (tara de 200g e com precisão de 0,05g) de polímero injetado, produzida e comercializada no CDCC (Centro de Divulgação Científica e Cultural). (ANEXO 8)

As aulas destes cursos foram planejadas de maneira a contemplar:

- ✓ Abordagem teórica;
- ✓ Atividades experimentais;
- ✓ Atividades de simulação, utilizando modelos moleculares.

Com relação à abordagem teórica, discutia-se com os alunos aspectos conceituais da estequiometria de reações, sem que fossem mencionados os nomes das leis envolvidas ou os aspectos matemáticos formais. Desta forma, pretendia-se que os alunos chegassem, em um primeiro momento, às conclusões acerca dos aspectos químicos envolvidos no fenômeno em discussão para que, posteriormente, fossem apresentados aos aspectos formais (nomes de leis e expressões matemáticas). A opção por esta forma de tratamento dos conceitos é sugerida por HARTWIG (1981).

Durante a realização de atividades experimentais, o aluno recebia um roteiro, no qual constava a descrição dos procedimentos a serem adotados e a relação de materiais e reagentes a serem utilizados. Os experimentos foram escolhidos de forma que os reagentes utilizados fossem de alguma forma familiares aos alunos, ou seja, sempre que possível deveriam estar relacionadas ao cotidiano dos mesmos. Não serão discutidas nesta pesquisa as questões relativas a parte experimental, uma vez que o eixo principal do trabalho é avaliar a aplicação, funcionabilidade dos modelos moleculares.

São apresentadas, a seguir, uma breve descrição dos experimentos realizados nos mini-cursos oferecidos (estudos 1, 2 e 3):

- ✓ Experimento relacionado aos processos físicos e processos químicos. O material utilizado compõe o acervo da Experimentoteca do CDCC/USP (Centro de Divulgação Científica e Cultural) e é apropriado para aulas introdutórias de química, uma vez que permite que se façam observações e discussões sobre as diferenças entre fenômenos químicos e físicos;
- ✓ Experimento sobre a Lei de Conservação das Massas. Para a realização deste experimento utilizaram-se apenas soluções de sulfato de cobre e hidróxido de sódio, que deveriam ser misturadas, agitadas e deixadas posteriormente em repouso. Como a quantidade de precipitado formado é proporcional à quantidade de

reagentes utilizados, o aluno deveria realizar observações e relacionar as quantidades envolvidas (reagentes e produtos). Foram evitadas medições das massas de produto nestas reações, uma vez que é possível concluir por meio da observação direta a existência de uma relação matemática entre as quantidades envolvidas.

- ✓ Experimento sobre a Lei das Proporções Definidas, com a utilização de esponja de aço e solução de hidróxido de cobre. Neste caso também foi possível realizar observações e discussões sobre a possibilidade de que uma reação química pode “parar” devido à falta de um dos reagentes (reagente limitante).
- ✓ O conceito de volume molar também foi abordado, utilizando-se uma caixa da Experimentoteca sobre eletrólise. Neste experimento é possível observar a quantidade de gás liberado na eletrolise de uma solução de hidróxido de sódio e realizar alguns cálculos envolvendo os volumes de gás produzidos;
- ✓ Outro experimento realizado que é relativamente simples trata da eliminação da água de hidratação do sulfato de cobre (penta-hidratado). Neste caso, os alunos realizavam determinações de massas do sulfato de cobre antes e depois de ser submetido a aquecimento e desta forma, chegavam a relação entre o número de moléculas de água e o de sulfato de cobre.

Os roteiros dos experimentos realizados encontram-se no ANEXO 9 deste trabalho.

Após a realização dos experimentos era solicitado aos alunos que respondessem a um questionário que continha questões relacionadas ao fenômeno observado. A necessidade de se tentar explicar, no nível submicroscópico, o que estava ocorrendo no experimento era também enfatizada aos alunos durante a realização destas atividades. Assim, outros aspectos da utilização da experimentação como recurso didático não serão discutidos neste trabalho, pois se entende ser necessário desenvolver no aprendiz de química a habilidade de abstrair para que o mesmo possa de fato compreender as leis da química. Desta forma, especial atenção foi dada à utilização dos modelos moleculares, que de certa forma, apresentam uma relação muito próxima à interpretação de fenômenos no nível submicroscópico, inclusive das relações matemáticas que constituem importante obstáculo ao aprendizado de estequiometria.

Por fim, realizavam-se as atividades com os modelos moleculares, nas quais se solicitava que os alunos tentassem representar uma reação, tendo como base a

aula teórica e aula experimental. Após realizar a simulação com os modelos moleculares, a representação dos resultados era feita em uma folha de papel (ANEXO 10), na qual estavam desenhados quatro retângulos vazios. Nestes retângulos os alunos deveriam desenhar as entidades químicas (íons, moléculas, etc.), de acordo com a representação obtida com os modelos moleculares e que fosse coerente com uma representação simbólica (ou representacional) do fenômeno em discussão. Nos desenhos foram utilizados círculos de diferentes cores para representar os átomos, de acordo com uma legenda definida pelo próprio aluno. Para as atividades com os modelos moleculares, nos três estudos realizados, foram fornecidas instruções de como as folhas respostas deveriam ser preenchidas.

Tais instruções eram passadas na lousa, de modo que a folha resposta dos alunos fosse reproduzida e o professor fizesse uma representação geral para que os alunos pudessem realizar a simulação referente a cada atividade.

Com o intuito de averiguar a influência dos modelos moleculares na forma de representação das reações químicas utilizada pelos alunos, não foram fornecidos os modelos ao final da primeira atividade. Para todas as outras atividades o material encontrava-se disponível para todos os alunos, que então podiam por exemplo, simular o rompimento e formação de ligações químicas.

3.5- PROCEDIMENTO DE ANÁLISE DE DADOS

Os questionários e as folhas de respostas (atividade sobre os modelos moleculares) forneceram dois tipos de dados: quantitativos e qualitativos. Os dados quantitativos foram analisados estatisticamente, utilizando frequência relativa. Para os dados qualitativos, foi realizada análise de conteúdo.

Como explicitam BOGDAN e BIKLEN (1994), o termo investigação qualitativa agrupa diversas estratégias de investigação que partilham de determinadas características. Os dados recolhidos são designados por qualitativos, o que significa ricos em pormenores descritivos relativos a pessoas, locais e conversas, ... As questões a investigar não se estabelecem mediante a operacionalização de variáveis, sendo, outrossim, formuladas com o objetivo de investigar os fenômenos em toda sua complexidade e em contexto natural. (p. 16)

Além da análise individual de cada um dos estudos (1, 2 e 3), foi realizada uma análise do conjunto de estudos realizados que também será discutida posteriormente. Para o procedimento de análise dos dados foi definida uma escala

de acertos para as folhas respostas, segundo a qual as questões eram classificadas como sendo correta, parcialmente correta ou errada (ANEXO 11). A atividade era considerada correta quando o aluno acertava a totalidade do exercício proposto, parcialmente correta quando o mesmo acertava o aspecto conceitual químico do problema proposto e errava, por exemplo, no balanceamento de uma reação e errada quando o aluno errava tanto o aspecto conceitual químico quanto o aspecto conceitual matemático.

Deve-se ressaltar que este trabalho tem uma abordagem qualitativa e que, portanto não serão feitas considerações mais detalhadas a respeito do aspecto quantitativo neste momento, mas que receberão especial atenção em um trabalho futuro.

3.6- RECEPTIVIDADE DO CURSO POR PARTE DA DIREÇÃO E PROFESSORES

Algumas pesquisas realizadas em ambiente escolar podem ser caracterizadas pela intervenção do pesquisador, como neste caso. Qualquer que seja a forma de intervenção adotada terá resultados de alguma forma influenciados pelo grau de envolvimento de professores e direção da escola. Neste sentido, creio ser importante apresentar um breve comentário a respeito da maneira como o projeto foi recebido nas escolas.

Para a ESCOLA X, notou-se uma boa aceitação por parte da direção, que inclusive solicitou a lista de presença dos alunos participantes e um relatório do pesquisador ao final do curso. O ministrante era constantemente abordado e perguntado sobre o andamento do curso e da pesquisa. Com relação à professora de química, esta mostrou-se extremamente solícita e interessada no tipo de pesquisa que seria realizada tendo se prontificado a ajudar na divulgação do curso e a motivar seus alunos a participarem do mesmo. Interessante mencionar também que esta professora manifestou interesse em assistir as aulas, porém infelizmente isto acabou não acontecendo devido ao surgimento de outros compromissos.

Com relação à ESCOLA Y a direção mostrou-se também muito interessada na realização do curso e disposta a ajudar na divulgação e motivação dos alunos. Neste caso, o ministrante também era constantemente argüido com relação ao andamento do curso e do comportamento dos alunos. A professora responsável pelos primeiros anos, contudo não se mostrou tão disponível quanto a anterior e também não demonstrou nenhum interesse pela pesquisa.

Pode-se, portanto inferir que se não fosse a direção das duas escolas e uma das professoras colocarem-se à disposição do ministrante para os encaminhamentos necessários para a realização desta pesquisa, a obtenção de resultados poderia ter sido seriamente comprometida.

3.7- LISTAS DE MATERIAIS E DE REAGENTES DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Neste item serão apresentados todos os materiais e os reagentes utilizados na pesquisa durante as atividades experimentais, visando assim facilitar a busca destes para aqueles que por ventura quiserem repetir alguma atividade.

As listas estão divididas da seguinte forma: **LISTA A** – referente aos materiais e **LISTA B** – referente ao reagentes.

LISTA A- Materiais;

- ✓ Béquero (100 mL);
- ✓ Tela;
- ✓ Bastão de vidro;
- ✓ Funil;
- ✓ Papel de filtro;
- ✓ Erlenmeyer (100 mL);
- ✓ Pinça;
- ✓ Tubos de ensaio;
- ✓ Termômetro;
- ✓ Colher de café;
- ✓ Estante para tubos de ensaio;
- ✓ Guardanapo;
- ✓ Seringas (5 mL, 20 mL)
- ✓ Balança plástica de dois pratos;
- ✓ Rolhas para tubos de ensaio;
- ✓ Conta-gotas;
- ✓ Conjunto de eletrólise (CDCC);
- ✓ 2 grampos (jacarezinho);
- ✓ bateria 9 V;

- ✓ Bico de Bunsen;
- ✓ Prendedor de madeira;
- ✓ Provetas (25 mL);
- ✓ Bureta (50 mL).

LISTA B – Reagentes:

- ✓ Giz;
- ✓ Tiocianato de amônio;
- ✓ Hidróxido de bário;
- ✓ Solução de hidróxido de sódio ($0,05 \text{ mol L}^{-1}$, $0,10 \text{ mol L}^{-1}$, $0,15 \text{ mol L}^{-1}$, $1,0 \text{ mol L}^{-1}$);
- ✓ Solução de sulfato de cobre ($0,016 \text{ mol L}^{-1}$, $1,0 \text{ mol L}^{-1}$);
- ✓ Carbetto de cálcio;
- ✓ Palha de aço;
- ✓ Sulfato de cobre hidratado;
- ✓ Vinagre branco;
- ✓ Solução alcoólica de fenolftaleína.

4.- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da presente pesquisa estão divididos em três partes sendo elas:

- ✓ **Estudo 1:** Referente ao curso oferecido as ESCOLAS A e B, nas instalações do DQ – UFSCar;
- ✓ **Estudo 2:** Referente ao curso oferecido na ESCOLA X;
- ✓ **Estudo 3:** Referente ao curso oferecido na ESCOLA Y.

ESTUDO 1

Serão descritas neste item as atividades desenvolvidas pelos alunos, os resultados e as discussões pertinentes.

PERFIL DOS ALUNOS

Com relação ao questionamento sobre o papel da química em suas vidas, 93,80% dos alunos responderam que esta possui um papel importante em suas vidas e que gostam de estudar. Porém, não especificamente a disciplina de química. Quando perguntados sobre o interesse pelo curso, tem-se os seguintes dados apresentados abaixo:

TABELA 1: Frequência relativa de respostas sobre o interesse pelo curso.

Tipo de Resposta	Dificuldades em Química	Importante para sua vida	O curso é fora do ambiente escolar	Interessante	Aprender mais sobre Química
Frequência Relativa (%)	23,7	31,6	7,9	34,2	2,6

A Tabela 1 mostra mais respostas do que o número de alunos participantes, pois estes poderiam assinalar mais de uma opção. Estes dados nos revelam que o aluno é atraído a participar do curso principalmente por achar interessante, ou seja, mostra o caráter de curiosidade pela química.

A Tabela 2 nos mostra quais são as principais atividades dos alunos durante a semana.

TABELA 2: Frequência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante a semana.

Tipo de Atividade	Ouvir Rádio	Assistir TV	Internet	Ler	Estudar	Praticar Esportes	Trabalhar	Outros
Frequência Relativa (%)	23,7	25,5	15,3	11,2	14,3	4,0	3,0	3,0

Interessante notar nos dados da Tabela 2, que a maioria dos alunos tem maiores preocupações em assistir televisão e ouvir rádio do que com os estudos. Mesmo assim, temos uma porcentagem pequena, mas animadora de pessoas que têm o hábito de leitura.

Tem-se também uma baixíssima porcentagem de alunos que trabalham, tendo, portanto, muitos alunos com tempo disponível para poder estudar ou realizar outras atividades como praticar esportes.

As atividades realizadas durante os finais de semana encontram-se apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante os finais de semana.

Tipo de Atividade	Ir ao Cinema	Internet	Barzinhos	Festas	Ficar em casa	Ir a Igreja
Freqüência Relativa (%)	13,4	21,7	8,3	28,3	25,0	3,3

A partir dos dados apresentados na tabela acima, grande parte dos alunos prefere freqüentar festas ou ficar em casa durante os finais de semana. Apesar de os valores apresentados no item “Internet” e “Ficar em Casa” serem bastante próximos, não podemos afirmar que ele acesse a Internet necessariamente de sua casa, pois atualmente dispõe-se de casas específicas para esta finalidade.

Com relação ao perfil dos freqüentadores do Estudo 1, temos ainda os dados relativos às pretensões destes ao término do Ensino Médio, conforme valores apresentados na Tabela 4.

TABELA 4: Freqüência relativa de respostas sobre a pretensão dos alunos ao terminarem o Ensino Médio.

Tipo de Resposta	Fazer Faculdade	Trabalhar
Freqüência Relativa (%)	84,4	15,6

Podemos observar, a partir destes dados, o desejo da grande maioria dos estudantes do ensino médio que é o de cursar uma faculdade, mesmo sabendo que o ensino público é deficitário e que nem sempre os preparam para enfrentar o exame vestibular.

ATIVIDADES COM OS MODELOS

Para todas as atividades que necessitassem do uso dos modelos moleculares foi adotada a seguinte estratégia. No quadro negro era feita uma legenda em que cada elemento químico era representado por um tipo de círculo, ou de cor diferente ou com características que o diferenciasses dos demais. Logo após, os participantes já estavam habilitados a realizarem as atividades.

Atividade Proposta nº 1

A primeira atividade consistia no balanceamento da equação de formação da água sem a utilização dos modelos moleculares. Esta atividade teve como objetivo estabelecer uma comparação do nível de abstração dos alunos ao final do curso.

Para esta atividade, 59,4 % dos alunos erraram e o restante obteve êxito. Baseando-se preliminarmente nestes resultados, pode-se dizer que a maioria dos alunos ainda não consegue chegar a um bom nível de abstração.

Atividade Proposta nº 2

Nesta atividade os participantes eram convidados a balancear a equação química, da síntese da amônia. Neste caso eles tinham à disposição os modelos moleculares, que poderiam ser ou não utilizados. Os dados expressos na Tabela 5 nos revelam a frequência de acertos da atividade proposta e a opinião dos alunos quanto a utilização ou não do material didático.

TABELA 5: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Indiferentes (%) *
Correta	84,4	62,5	6,3	15,6
Errada	15,6	15,6	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 1.

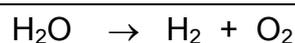
Nota-se que, após a utilização dos modelos, a porcentagem de alunos que acertaram a atividade é bem maior do que a observada na atividade anterior. É possível que os modelos moleculares tenham facilitado a compreensão de como ocorre a reação de síntese da amônia, uma vez que os alunos não a conheciam.

Neste caso, pode-se afirmar que a simulação de reações químicas com modelos moleculares contribuiu significativamente para a aprendizagem.

Atividade Proposta nº 3

LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS – LEI DE LAVOISIER

Equação:



A atividade de número três consistiu em verificar se os alunos seriam capazes de, primeiramente, balancear a equação de formação da água e, posteriormente, ainda tendo a sua disposição os modelos, conseguiriam descobrir as incógnitas propostas (a atividade experimental já foi descrita na metodologia deste trabalho).

O exercício sobre a decomposição da água partia inicialmente de 36 gramas de água e posteriormente de 72 e 144 gramas desta molécula. Os alunos deveriam descobrir as incógnitas, ou seja, quais eram os valores em massa necessários para completar os quadros, conforme discutido na metodologia (Vide ANEXO 10). Os dados estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei da Conservação das Massas.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas de resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Não Precisam mais dos modelos (%) *	Indiferentes (%) *
Correta	93,8	53,2	3,1	28,1	9,4
Errada	6,2	3,1	-	3,1	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 1.

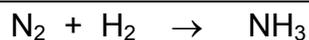
Analisando-se os dados acima, pode-se concluir que o uso de modelos moleculares, como um recurso para ensinar a Lei de Conservação das Massas, contribuiu de maneira significativa para o processo de aprendizagem deste conteúdo.

Interessante notar também, a porcentagem significativa dos participantes que citaram em suas folhas repostas que não necessitavam mais do uso dos modelos moleculares. O que indica, que estes estão conseguindo um maior grau de abstração.

Atividade Proposta nº 4

LEI DAS PROPORÇÕES DEFINIDAS – LEI DE PROUST

Equação:



Esta atividade consistiu em verificar se os alunos seriam capazes de, primeiramente, balancear a equação de síntese da amônia e, posteriormente, ainda tendo a sua disposição os modelos, se conseguiriam descobrir as incógnitas propostas. A atividade experimental já foi descrita na metodologia deste trabalho.

O exercício partia inicialmente de 17 gramas de amônia e posteriormente de 34 gramas e 51 gramas respectivamente. Os alunos deveriam descobrir quais eram os valores em massa necessários para completar os quadros já discutidos na metodologia.

Os resultados desta atividade estão apresentados na Tabela 7.

TABELA 7: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei das Proporções Definidas.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	81,4	56,3	6,3	18,8
Errada	18,8	12,5	-	6,3

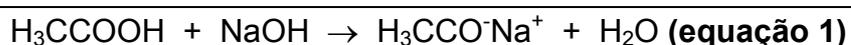
* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 1.

De acordo com os resultados obtidos concluiu-se que o uso de modelos moleculares foi importante para o processo de ensino-aprendizagem da Lei de Proust. Alguns alunos apresentaram dificuldades em manipular os modelos moleculares, provavelmente devido a pouca (ou nenhuma) utilização deste material em sala de aula.

Atividade Proposta nº 5

REAGENTE LIMITANTE

Equação:



Este exercício teve como objetivo verificar a partir da estequiometria da reação, se os alunos seriam capazes de notar a existência de um reagente que limitasse a ocorrência de uma reação e conseqüentemente de outro reagente que estaria em excesso.

Os exercícios sobre a titulação do vinagre envolviam a compreensão de que, a partir de um certo ponto da titulação seria possível notar a existência de um reagente limitante ou do outro em excesso. Depois, era apresentada a seguinte equação:



Baseando-se na atividade experimental e na atividade com os modelos para a equação 1, o aluno deveria ter condições de compreender o problema proposto para a equação 2.

Os dados obtidos, a partir da análise das folhas resposta dos alunos, estão apresentados na Tabela 8.

TABELA 8: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre reagente limitante.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	Não utilizou o modelo (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	75,0	56,3	15,6 **	3,1
Errada	25,0	15,6	-	9,4

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 1.

** - Valores obtidos a partir dos relatos dos alunos para a equação 2.

Para esta atividade, observa-se também que a frequência de acertos é bem significativa em comparação as respostas erradas. Interessante citar que mais da metade dos alunos, cerca de 56% ainda são dependentes do material e apenas uma pequena parcela destes, cerca de 15,6% dos participantes começaram a não utilizá-los. Outro fator interessante é que nenhum aluno citou que a utilização dos modelos moleculares dificultava a atividade.

Esta “independência” dos alunos em relação à utilização dos modelos moleculares está de acordo com VOSNIADOU (1998), ou seja, os alunos começam a criar modelos mentais, conforme discutido na introdução deste trabalho.

Interessante notar também que os alunos que erraram a atividade, mas que afirmaram que a mesma se tornava mais fácil com a utilização dos modelos, não sofreram alteração significativa, quando comparados com os dados das Tabelas 7 e 8 (12,5 e 15,6 % respectivamente). Como a assimilação do conceito de reagente limitante esta diretamente ligada a Lei das Proporções Definidas, pressupõe-se que o aluno já possuía a *subsunção* para o aprendizado deste novo conceito. De acordo com LEVINE (1974) a aquisição de conceitos envolve um conjunto de experiências relevantes, então, a aprendizagem de algum conceito vai depender de vários fatores, como por exemplo, as propriedades existentes na estrutura cognitiva do

aluno, a natureza do conceito e qual é o estágio de desenvolvimento. Esta afirmação é coerente com o que pode ser observado para esta atividade.

Atividade Proposta nº 6

RENDIMENTO DE UMA REAÇÃO QUÍMICA

Equação:



Esta atividade abordou o conceito de rendimento de reação. Os alunos utilizaram um béquer de 1000 mL, com grãos de milho de pipoca (exatamente) e um pouco de óleo de soja. Os grãos de milho e o óleo de soja foram colocados dentro do béquer e submetidos a aquecimento até que os grãos de milho estourassem.

Logo após o sistema ter resfriado, os alunos despejavam o conteúdo do béquer na bancada e contavam qual a quantidade de grãos de milho que não estourara. A partir daí eles conseguiam obter o rendimento da “reação”. Por exemplo, se dos cem grãos, todos estourassem tinha-se um rendimento de 100%, se somente a metade tivesse estourado um rendimento de 50% e assim sucessivamente.

Posteriormente a esta simulação, foi proposto o exercício sobre a síntese da amônia, sendo que inicialmente os alunos partiam de 56 gramas de nitrogênio e 12 gramas de hidrogênio obtendo 68 gramas de amônia, considerando 100% de rendimento. Logo em seguida, eles dispunham da seguinte informação: a massa de produto deveria continuar sendo 68 gramas (de amônia). Com base nesta afirmação, os alunos tinham que responder em suas folhas resposta qual era a quantidade de nitrogênio e de hidrogênio necessária para a síntese da massa de amônia considerando rendimento de 50%.

Os dados obtidos a partir da análise das folhas resposta estão apresentados na Tabela 9.

TABELA 9: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre rendimento de reação.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Não Precisam mais dos modelos (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	90,6	34,4	12,5	15,6 ^{**} 6,2 ^{***}	21,9
Parcialmente Correta	6,2	-	-	3,1	3,1
Errada	3,1	-	-	3,1	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 1.

** - utilização dos modelos somente na atividade com 100% de rendimento.

*** - não utilizou os modelos durante toda atividade.

A análise dos dados acima nos revela que a maioria dos alunos (90,6%) conseguiu assimilar bem o conceito de rendimento de reação.

Ao comparar os resultados da Tabela 9 com os da Tabela 5, verifica-se que o percentual de alunos que afirmaram que o uso dos modelos tornou a atividade mais fácil caiu significativamente. No entanto, deve-se aqui ressaltar que o grau de dificuldade apresentado nesta seqüência de atividades aumentou de uma para outra. A atividade 9 por exemplo, envolvia conceitos (quantidade de matéria, número de Avogadro, etc.) e cálculos que não eram necessários nas atividades anteriores.

Nestes casos, os alunos mostraram que compreendiam o problema proposto, mas não encontravam apoio no modelo molecular quando tinham que efetuar os cálculos. Seguramente, pode-se afirmar que este tipo de material não substituirá a necessidade de os alunos desenvolverem habilidades para efetuar cálculos.

Analisando a porcentagem de alunos que deixaram de utilizar os modelos, observa-se que estes começaram a se tornar independentes da simulação (22% na Tabela 9 e 15,6% na Tabela 8).

O valor de 15,6% de alunos que afirmaram não precisarem mais do modelo, refere-se aos alunos que utilizaram o material somente para o rendimento de 100% e relataram não haver mais a necessidade da utilização deste para o exercício com 50% de rendimento. Este fato também pode ser observado na atividade 5, para qual o aluno mostrou ter assimilado os subsunçores necessários para poder responder mais facilmente a questão que lhe foi proposta.

Um pequeno percentual de alunos dispensou o material durante toda atividade (6,2%), o que mostra que os mesmos estavam se esforçando para utilizar seus modelos mentais.

ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PASSADO AO FINAL DO CURSO

Com este questionário, procurou-se de certa forma avaliar os alunos participantes para verificar se estes tinham assimilado os conceitos de maneira satisfatória e também para avaliar o nível de abstração dos participantes ao final do curso. Importante relatar que os alunos não tinham os conjuntos de modelos a sua disposição para responder ao questionário.

A tabela abaixo nos mostra o desempenho dos alunos nesta avaliação.

TABELA 10: Desempenho dos alunos quanto à avaliação realizada ao final do curso.

Classificação da Resposta	Questão 1 item a-) (%)	Questão 1 tem b-) (%)	Questão 2 item a-) (%)	Questão 2 item b-) (%)	Questão 3 (%)
Correta	56,3	56,3	31,3	43,7	59,4
Parcialmente Correta	-	6,2	6,2	31,3	12,5
Errada	40,6	31,3	46,9	25,0	25,0
Não Respondeu	3,1	6,2	15,6	-	3,1

Baseando-se nos dados expressos na tabela acima pode-se inferir que:

- Para a questão 1 item a-), o aluno tinha que explicar o que ele entendia sobre rendimento de reação, sendo que mais de 50% dos alunos conseguiu discorrer de maneira sucinta sua idéia sobre o conceito em questão. Mas, uma parcela significativa, cerca de 40% dos alunos, ainda apresentou dificuldades em explicar o que entendiam por rendimento de reação;
- Com relação ao item b-) da questão 1 o aluno teria que descobrir as massas necessárias de hidrogênio e oxigênio supondo rendimento de 50% para a reação. Neste caso, mais da metade das respostas estavam corretas, o que significa que a porcentagem de erros diminuiu em aproximadamente 37% em relação ao item a-). Este fato pode ser atribuído ao fato de os alunos terem grande dificuldade de expressar o que pensam na forma discursiva;
- Na questão 2 item a-), o aluno era convidado a balancear uma equação sem a utilização dos modelos moleculares. Neste caso, aproximadamente metade dos

estudantes não conseguiu fazê-la, pois apenas 31,3% dos alunos obtiveram sucesso no balanceamento. A partir disto, pode-se inferir que os alunos poderiam alcançar melhores resultados, caso a carga horária do curso fosse maior;

- O item b-) da mesma questão solicitava ao aluno que comentasse o que ele entendia por reagente limitante e reagente em excesso. Temos que 75% das respostas foram classificadas como corretas ou parcialmente corretas, levando-se assim a concluir que este conceito foi bem assimilado pelos alunos.

Para a questão 3, os estudantes deveriam discorrer sobre o que entendiam por massa atômica, massa molecular, massa molar e mol. Os resultados indicam que um pouco mais de 70% dos alunos acertaram parcial ou totalmente a questão. Da mesma forma que para a questão anterior pode-se dizer que este conceito foi satisfatoriamente construído pelos alunos.

IMPRESSÕES ESCRITAS DOS ALUNOS SOBRE AS ATIVIDADES COM OS MODELOS

As falas apresentadas abaixo foram extraídas das próprias folhas resposta dos alunos e estão transcritas na Tabela 11.

TABELA 11: Fala dos alunos durante as atividades com os modelos moleculares.

Tipo de Atividade	Falas dos Alunos
Atividade sem os modelos.	Não há falas.
Atividade com os modelos.	<p>“Ficou bem melhor com as bolinhas, pois sem elas teria que ficar apagando.”</p> <p>“Eu acho melhor porque temos modelos pra estudar e fica mais fazio para nois aprender.”</p> <p>“Fica mais fácil porque nos mesmos podemos fazer a reação.”</p> <p>“Fica fácil o pq eu não sei, mas acho q é pq dá pra pegar as bolinhas na mão.”</p> <p>“Achei fácil e discontraído.”</p> <p>“Com as bolinhas fica mais fácil de entender quantos átomos precisa para se formar o produto desejado, pois estamos em contato vendo o que acontece.”</p>
Atividade sobre a Lei da Conservação das Massas – Lei de Lavoisier.	<p>“O modelo ajuda porque não precisa fazer as contas.”</p> <p>“Ajuda mais em modelos complexos e cabeludos.”</p> <p>“Não seria tão necessário, porem deixa a aula mais gostosa pois é nos mesmos que montamos da a aparência de ser real e isso ajuda bastante.”</p> <p>“Eu gostei de desenhar e não usar esse modelo.”</p> <p>“Com o modelo complicou acho melhor sem o modelo.”</p> <p>“Pra mim melhorou pois aprendi mais e achei facil.”</p>
Atividade sobre a Lei das Proporções Definidas – Lei de Proust.	<p>“Foi muito facio.”</p> <p>“Eu achei mais fácil com o modelo.”</p> <p>“Fácil que você sente pegando na molécula.”</p> <p>“Acho que foi mais facil sem o estojo de química consegui fazer sem ele.”</p> <p>“Hoje esta mais fácil pois já aprendi melhor a matéria.”</p> <p>“Não precisa de molde.”</p>
Reagente Limitante e Reagente em Excesso.	<p>“Esse foi mais complicado fazer sem o modelo, pois teria que fazer muita conta.”</p> <p>“Apenas a fórmula foi mais complicada de fazer, mas estava fácil para resolver.”</p> <p>“Eu achei mais fácil com o modelo.”</p> <p>“Ficou mais dificil sem o jogo de química.”</p> <p>“Bem fácil com o modelo. O desenvolvimento foi com ele foi muito legal.”</p>
Rendimento de Reação Química.	<p>“Nesta circunstância o modelo não foi viavel e sim as contas. A exercícius que funciona melhor sem os modelos.”</p> <p>“O modelo facilitou sem ele teria que fazer muita conta.”</p> <p>“O uso das bolinhas ajudou no começo, mais depois ficou fácil, deu pra abrir a mente e termina o desenho foi fácil fácil.”</p> <p>“As bolinhas foram muito úteis.”</p> <p>“O modelo ajuda, principalmente quando a visão é bem complicada.”</p> <p>“Eu prefiro fazer pelo desenho porque eu visualizo melhor os átomos e as moléculas de longe com elas menores.”</p>

Pode-se notar, pelas falas dos alunos, que os mesmos manifestaram grande satisfação com as atividades de simulação e com as atividades que utilizaram os modelos moleculares. De fato, as aulas de química das escolas do contexto brasileiro de Ensino Médio são pouco motivadoras, pois nenhum recurso ou material didático inovador é utilizado. Por outro lado, o próprio aluno não consegue analisar criticamente uma atividade diferente de uma aula tradicional, pois diante de uma novidade o mesmo tende a deslumbrar-se com o material em um primeiro momento para, posteriormente, tentar entendê-lo como facilitador de sua aprendizagem. Grande parte das falas remete a questão do elevado nível de abstração que o aprendizado da química requer e que neste sentido o material utilizado foi bastante útil.

Quanto aos depoimentos que afirmaram que o material utilizado dificulta a realização das atividades, deve-se considerar que no caso de alunos que não apresentam dificuldade de aprendizagem, a simulação de reações com o uso de modelos moleculares pode mesmo se tornar entediante. Por outro lado, deve-se considerar também que, caso o aluno não esteja motivado a aprender, dificilmente haverá material ou atividade inovadora que seja bem avaliada ou compreendida pelo mesmo. Desta forma, embora seja difícil motivar a todos os alunos para aprender química, esta deveria ser uma preocupação constante de todos os professores.

ESTUDO 2

Serão descritas neste item as atividades desenvolvidas pelos alunos, os resultados e as discussões pertinentes à ESCOLA X, de acordo com a metodologia proposta. O número reduzido de alunos que efetivamente participaram do curso pode ser atribuído ao fato de que o ambiente escolar de escolas públicas não motiva e não desperta o interesse do aluno, segundo FERREIRA (2000).

PERFIL DOS ALUNOS

Quando perguntados sobre a importância do papel da química em suas vidas, 90,0% dos alunos confirmam tal importância e têm o hábito de estudar, não especificando a disciplina. Os dados referentes ao interesse pelo curso estão apresentados abaixo:

TABELA 12: Freqüência relativa de respostas sobre o interesse pelo curso.

Tipo de Resposta	Dificuldades em Química	Importante para sua vida	Interessante
Freqüência Relativa (%)	16,66	50,00	33,33

Os dados da Tabela 12 nos mostram que os alunos foram atraídos para o curso principalmente devido ao fato da importância que os mesmos atribuem a química para a sua vida.

A Tabela 13 nos mostra quais são as principais atividades dos alunos durante a semana.

TABELA 13: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante a semana.

Tipo de Atividade	Ouvir Rádio	Assistir TV	Internet	Estudar	Praticar Esportes	Trabalhar	Outros
Freqüência Relativa (%)	25,0	28,3	15,8	15,4	9,0	5,0	1,5

Interessante notar nos dados que a maioria dos alunos prefere assistir televisão e ouvir rádio a estudar. O mesmo foi observado na Tabela 2 do Estudo 1.

O que é preocupante neste caso, é o fato de os alunos não possuírem o hábito de leitura, ao contrário do que foi mostrado para o estudo anterior.

Observa-se também, uma baixíssima porcentagem de alunos que trabalham, porém maior que a do Estudo 1. Neste caso é nítido o problema da motivação para estudar, pois os alunos preferem dedicar o tempo disponível para atividades de lazer.

As atividades realizadas por estes alunos durante os finais de semana encontram-se apresentadas na Tabela 14.

TABELA 14: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante os finais de semana.

Tipo de Atividade	Ir ao Cinema	Internet	Barzinhos	Festas	Ficar em casa	Ir a Igreja
Freqüência Relativa (%)	5,75	10,50	-	35,40	38,79	9,56

A partir dos dados da tabela acima, nota-se que grande parte dos alunos prefere freqüentar festas. Ficar em casa durante os finais de semana também é bem comum entre os participantes.

Os dados da Tabela 14, quando comparados aos da Tabela 3 (Estudo 1) revelam a diferença entre o perfil socioeconômico destes alunos. Interessante notar também que estudantes mais carentes atribuem importância maior da aprendizagem de química em suas vidas. É possível que o mesmo ocorra com outras disciplinas, o que confirmaria o fato de que estudantes carentes vêm na escola a única forma de ascensão social e econômica.

Com relação ao perfil dos freqüentadores do Estudo 2, temos ainda os dados relativos às pretensões destes ao término do Ensino Médio, valores os quais estão apresentados na Tabela 15.

TABELA 15: Freqüência relativa de respostas sobre a pretensão dos alunos ao terminarem o Ensino Médio.

Tipo de Resposta	Fazer Faculdade	Trabalhar
Freqüência Relativa (%)	60,0	40,0

Embora estudar seja considerado importante para os alunos do Estudo 2, conforme discutido anteriormente, nota-se que apenas 60% destes manifestam interesse em ingressar em curso de nível superior (contra 84,4%, para o Estudo 1).

A crença de que estudantes carentes devam e/ou precisam abandonar os estudos para ingressar no mercado de trabalho era muito presente nestes alunos.

ATIVIDADES COM OS MODELOS

Atividade Proposta nº 1

A primeira atividade consistia no balanceamento da equação de formação do cloreto de sódio a partir da reação entre hidróxido de sódio e ácido clorídrico, sem a utilização dos modelos moleculares. Esta atividade permitiu conhecer melhor as dificuldades apresentadas pelos alunos quando solicitados a balancear uma equação química simples.

O resultado desta atividade revelou que os alunos desconhecem por completo (100% de erro) qualquer tipo de reação entre as quantidades de matéria envolvidas em uma reação química, inclusive a existência de uma lei de conservação de massas. Por um lado, este resultado reflete que os alunos aprenderam muito pouco (ou nada) de química em suas aulas na ESCOLA X. Por outro lado, esta situação mostrava-se bastante favorável para compreender que tipo de contribuição a

utilização de modelos moleculares poderia oferecer na abordagem dos aspectos matemáticos envolvidos nas transformações químicas.

Atividade Proposta nº 2

A atividade a seguir foi proposta logo após a atividade de número 1. Esta atividade consistia também em tentar balancear outras equações químicas, conforme segue:



Neste caso porém, os alunos tinham a disposição os modelos moleculares, e receberam a informação de que poderiam utilizá-los ou não. Os dados expressos nas Tabelas 16 e 17 revelam qual a freqüência de acertos das atividades propostas (A e B) e a opinião dos alunos quanto à utilização do material didático.

TABELA 16: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade A.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	70,0	60,0	-	10,0
Parcialmente Correta	20,0	20,0	-	-
Errada	10,0	10,0	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 2.

TABELA 17: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade B.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	90,0	90,0	-	-
Parcialmente Correta	10,0	10,0	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 2.

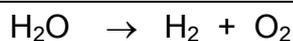
Se compararmos os resultados aqui expressos com os da Tabela 5 do Estudo 1 pode-se notar que, neste caso, não temos a presença de respostas erradas, e o percentual de respostas corretas não diferenciou muito daquele observado no Estudo 1 (84,4% e 90,0%), porém apresentou considerável avanço em relação aos dados da Tabela 16 (70,0%).

É interessante notar ainda, que estes mesmos alunos não conseguiram acertar o balanceamento da reação proposta na atividade 1, quando não dispunham do modelo molecular.

Atividade Proposta nº 3

LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS – LEI DE LAVOISIER

Equação:



A atividade de número 3 consistiu em verificar se os alunos seriam capazes de, primeiramente, balancear a equação de formação da água e, posteriormente, ainda tendo a sua disposição os modelos moleculares, se conseguiriam descobrir os coeficientes estequiométricos.

O exercício sobre a decomposição da água propunha que a massa de água fosse de 36 gramas inicialmente e que este valor fosse mudado, posteriormente, para 72 gramas de água. Os alunos deveriam descobrir quais eram os valores em massa necessários para completar os quadros.

Os dados estão apresentados na Tabela 18 logo abaixo.

TABELA 18: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei da Conservação das Massas.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	90,0	80,0	-	10,0
Em Branco	10,0	-	-	10,0

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 2.

Os dados acima, nos permitem concluir que o uso de modelos moleculares contribuiu para a compreensão da Lei de Conservação das Massas.

Interessante notar, que neste caso diferente do que aconteceu para a mesma atividade no Estudo 1, os participantes ainda não se sentiam independentes do modelo molecular para resolver os problemas propostos, conforme dados da Tabela 18. No entanto, ao comparar a porcentagem de acertos nos dois estudos (93,8% e 90,0%, respectivamente) pode-se concluir que em ambos os casos, a contribuição dos modelos é praticamente a mesma.

Atividade Proposta nº 4

LEI DAS PROPORÇÕES DEFINIDAS – LEI DE PROUST

Equação:



Esta atividade consistiu em verificar se os alunos seriam capazes de, primeiramente, balancearem a equação de síntese da amônia e, posteriormente, ainda tendo a sua disposição os modelos, se conseguiriam descobrir as relações de massas envolvidas na reação.

Os exercícios sobre a síntese da amônia propunham massa inicial de 17 gramas. Nos outros itens as massas mudavam para 34 e 51 gramas desta substância. Os alunos deveriam descobrir quais eram os valores em massa de nitrogênio e de hidrogênio. Os resultados desta atividade encontram-se na Tabela 19.

TABELA 19: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei das Proporções Definidas.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil e utilizou o modelo durante toda a atividade (%) *	A atividade ficou mais fácil e utilizou o modelo no início da atividade (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *
Correta	90,0	50,0	20,0	20,0
Errada	10,0	10,0	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 2.

A porcentagem de acertos aqui apresentada é maior do que a do Estudo 1 para a mesma atividade, ou seja, aproximadamente 90,0% contra 81,4%

respectivamente. O que deve ser enfatizado é o fato de que parte dos alunos (20,0%) relataram que utilizaram os modelos e que estes facilitaram a atividade somente no início, ou seja, para a compreensão do que deveria ser feito.

Este momento pode ser identificado como aquele no qual os alunos começam a tornar-se independentes da necessidade de realizar a simulação da reação. Assim como ocorreu para o estudo anterior, parte dos alunos afirmou que os modelos tornaram-se mais difíceis na resolução do problema proposto. Cabem aqui as mesmas considerações feitas para o Estudo 1.

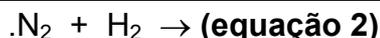
Atividade Proposta nº 5

REAGENTE LIMITANTE

Equação:



A aplicação deste exercício teve como objetivo verificar se os alunos seriam capazes de notar a existência de um reagente que limitava a reação proposta, a partir da estequiometria da reação. Depois, era apresentada a seguinte equação:



Baseando-se na atividade experimental e na atividade com os modelos para a equação 1 o aluno deveria responder a mesma pergunta para a equação 2. Os dados obtidos a partir da análise das folhas resposta dos alunos estão apresentados na Tabela 20.

TABELA 20: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre reagente limitante.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	Não utilizou o modelo e a atividade ficou mais fácil (%) *
Correta	40,0	20,0	20,0
Não respondeu (em branco)	60,0	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 2.

Com respeito a esta atividade nota-se que a frequência de acertos é menor do que a que foi constatada para a mesma no Estudo 1 (75,0% e 40,0%

respectivamente). Interessante notar que não há respostas classificadas como erradas, porém a porcentagem de folhas entregues sem a resposta é muito grande (60,0%). Cabe registrar que neste dia em particular, os alunos estavam bastante agitados e pouco interessados nas atividades propostas. Além disso, a atividade aconteceu momentos antes da hora em que seria servida a merenda escolar. Assim, é possível que mesmo aqueles que não participaram tivessem acertado o problema proposto.

Assim como foi observado na Tabela 8 do Estudo 1, os alunos já começaram a ficar independentes do modelo molecular e para este estudo a porcentagem de participantes que relataram não utilizar o material foi de 20,0%.

Foi observado durante o curso que os alunos possuíam alguma dificuldade na manipulação do modelo molecular, sendo assim o que poderia ter sido feito antes do início do curso era deixar os participantes à vontade para que eles manipulassem os modelos da maneira que desejassem. Esta atividade possivelmente melhoraria ou motivaria a participação no curso.

Atividade Proposta nº 6

RENDIMENTO DE UMA REAÇÃO QUÍMICA

Equação:



Assim como ocorreu no Estudo 1, esta atividade teve início com a simulação feita com os grãos de milho de pipoca. Posteriormente, foi proposto um exercício sobre a síntese da amônia, com massas iniciais de 28 gramas de nitrogênio, 6 gramas de hidrogênio e 34 gramas de amônia como produto da reação. A seguir, os alunos foram questionados sobre qual deveria ser a massa de amônia produzida caso as massas de reagentes fossem dobradas. Em seguida, foi fornecida a informação de que deveriam partir de 84 gramas de nitrogênio e considerar rendimento de 50% e de 80% para determinar a massa de amônia produzida.

Os dados obtidos a partir da análise das folhas resposta estão apresentados na Tabela 21.

TABELA 21: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre rendimento de reação.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	Não utilizou o modelo e a atividade ficou mais fácil (%) *
Correta	40,0	20,0	20,0
Não Respondeu	60,0	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 2.

Os dados revelam que a maior parte dos alunos (60,0%), continuaram a entregar as folhas sem resposta alguma. É importante dizer que nesta etapa do curso os alunos comentavam que estavam cansados e que não viam a hora do intervalo para que pudessem comer. O que acontecia era que, ao retornar do intervalo, que variava entre dez e vinte minutos, muitos alunos prolongavam esse momento de descanso e retornavam atrasados para o laboratório ou até mesmo não compareciam mais. Quando chegavam atrasados a atividade já havia começado e estes entregavam-na sem respondê-la.

Temos, portanto, que somente 40,0% dos alunos conseguiram assimilar o conceito de rendimento de reação, resultado igual ao da atividade 5. Destes, 20,0% disseram que a atividade se tornou mais fácil quando utilizavam o modelo molecular contra, 34,4% da mesma atividade quando aplicada no Estudo 1. A porcentagem que conseguiu êxito na atividade sem necessitar do material foi novamente igual a anterior, 20,0%. Importante salientar que esse valor é referente a toda a atividade, enquanto que para a Tabela 9, como foi visto anteriormente, somente 6,2 % abandonaram o material didático. Neste caso, não há relatos apontando que a utilização dos modelos dificulta a atividade, como expresso na Tabela 9.

Atividade Proposta nº 7

CONSTANTE DE AVOGADRO

Esta atividade consistia basicamente da construção de um gráfico que relaciona a proporcionalidade entre massa (eixo das abscissas) e número de partículas (eixo das ordenadas). O objetivo principal era o de levar o aluno a concluir que é possível calcular a massa de um grande número de partículas a partir da determinação da massa de algumas poucas partículas.

Para a realização da atividade foram fornecidas algumas esferas e uma balança de dois pratos além de uma folha para a construção de uma tabela e um

gráfico. Após algumas pesagens, com diferentes números de esferas, os alunos deveriam obter uma reta, a partir da qual poderiam extrapolar os resultados para um número de esferas que não teve a massa determinada.

TABELA 22: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Constante de Avogadro.

Classificação da Resposta	Folhas Resposta (%)
Correta	50,0
Não Respondeu	50,0

Para a obtenção dos dados, os alunos deveriam colocar em um dos pratos da balança as esferas e no outro completar com água, utilizando para tanto uma seringa para que fosse conhecido o volume de água cuja massa correspondesse a massa da esfera. A relação 1 mililitro de água igual a 1 grama foi discutida com os alunos, uma vez que, neste caso, a densidade da água podia ser considerada 1g/cm^3 .

A tabela a ser construída de uma esfera, de cor branca (a menor disponível no kit) e posteriormente de duas, três, seis, dez, vinte e por fim trinta esferas. Quando os alunos tiveram que determinar a massa de 30 esferas surgiu um impedimento, pois o volume correspondente de água não cabia no prato da balança.

Então, os alunos começavam a desenvolver estratégias para este problema e no verso das folhas respostas relataram o seguinte procedimento para medir a massa das trinta esferas: Como não foi possível medir a massa das trinta esferas, mediram a massa de uma esfera preta (esfera maior que a branca) e colocaram doze esferas pretas no prato da balança onde deveriam colocar água, ou seja, mudaram por conta própria, e acertadamente, o padrão de massa. Mesmo assim, não conseguiram obter êxito em suas estratégias. Então, a partir de suas próprias observações começaram a colocar água juntamente com as doze esferas pretas e notaram que a água não vazava. Desta forma, obtiveram êxito na medição da massa das 30 esferas brancas.

Os alunos relataram também o fato da possibilidade de medirem a massa de qualquer quantidade de bolinhas: *“Através da Constante de Avogadro conseguimos medir a massa de qualquer quantidade de bolinhas”*.

Todas as estratégias e comentários são bem próximos uns dos outros, pois esta atividade exigiu um pouco mais de raciocínio dos alunos e foi a que demorou

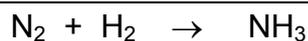
mais tempo na programação, pois todos os grupos se uniram na tentativa de elucidarem a questão a eles proposta.

Atividade Proposta nº 8

VOLUME MOLAR

Esta atividade teve por objetivo verificar se os participantes seriam capazes de relacionar, por exemplo, massas com volume molar. A atividade passada aos alunos teve início com o experimento da eletrólise da água, por meio do qual eles conseguiam identificar o gás produzido em cada ampola do sistema por meio do volume dos mesmos. A seguir, foi feita uma discussão com os alunos sobre como poderiam ser calculadas as massas de H₂ e O₂ produzidas na eletrólise, considerando volume molar de 22,00 L/mol

Em seguida, foi apresentada a seguinte reação:



Após uma discussão sobre o que havia em comum com o experimento da eletrólise, foi solicitado aos alunos que calculassem a massa de amônia que seria obtida, caso consumíssemos 56 gramas de nitrogênio com quantidade suficiente de hidrogênio e rendimento de 100%.

Os resultados estão expressos na Tabela 23.

TABELA 23: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre Volume Molar.

Classificação da Resposta	Folhas Resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	Não utilizou o modelo e atividade ficou mais fácil (%) *
Correta	80,0	-	80,0
Parcialmente Correta	20,0	-	20,0

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 2.

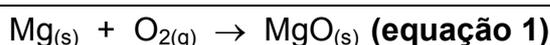
Observa-se neste caso que a totalidade dos alunos dispensou o uso de modelos moleculares para resolver o problema. A ausência de folhas respostas entregues em branco pode ser atribuída ao fato de que nesta atividade foram

realizados experimentos, o que com certeza deixou os participantes mais motivados para a resolução do problema proposto.

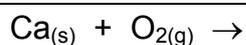
Atividade Proposta nº 9

BALANCEAMENTO DE REAÇÕES DE ÓXIDO-REDUÇÃO

Equação:



A equação 1 foi utilizada para uma discussão conceitual a respeito das particularidades de uma reação redox. Então, dando continuidade as atividades eles deveriam completar e balancear mais duas equações, conforme segue:



Os resultados obtidos para o balanceamento destas duas equações estão na Tabela 24.

TABELA 24: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre Balanceamento a partir de Reações de Óxido-Redução.

Classificação da Resposta	Folhas Resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	Não utilizou o modelo e atividade ficou mais fácil (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	80,0	30,0	50,0	-
Parcialmente Correta	20,0	-	-	20,0

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 2.

Para esta atividade, a porcentagem de alunos que obteve êxito foi considerável, (80,0%), sendo que destes, 50,0% deixaram de utilizar o modelo. Novamente, não existiram respostas classificadas como incorretas mostrando que a maioria dos alunos conseguiu compreender o conceito de balanceamento por óxido-redução.

No final do curso, os alunos não se mostravam tão dependentes do material como observado para as atividades anteriores, pois raramente faziam uso do mesmo e, quando o faziam, era por pouco tempo.

Atividade Proposta nº 10

FÓRMULAS QUÍMICAS

Para esta atividade os alunos, de posse do material, deveriam responder a questões passadas no quadro pelo professor. As questões propostas foram:

- ✓ **Fórmula Mínima:** A partir de 56 gramas de ferro e 24 gramas de oxigênio, o aluno teria que achar a mínima proporção entre os átomos em questão.
- ✓ **Fórmula Molecular:** O aluno era solicitado a indicar a fórmula molecular de uma substância de massa molar igual a 92 gramas por mol (92 g mol^{-1}), composta pelos elementos oxigênio e nitrogênio.
- ✓ **Fórmula Centesimal:** Partindo-se de um mol de água, 18 gramas por mol, era solicitado ao aluno que o mesmo calculasse a porcentagem com que cada elemento (oxigênio e hidrogênio) contribuía para a massa molar da água.

Para esta atividade, obteve-se 100% de acerto para os problemas propostos. Cabe ressaltar, que em nenhum momento desta atividade os alunos recorreram aos modelos moleculares. Este fato indicou que os mesmos encontravam-se independentes do kit, que continuava a disposição.

Atividade Proposta nº 11

PUREZA

O conceito de pureza foi trabalhado nesta atividade por meio da realização de um experimento que visava determinar o número e águas de hidratação do sulfato de cobre.

Neste caso, embora os alunos tenham obtido êxito nos cálculos, não foram feitas simulações com o modelo molecular, uma vez que, a representação do arranjo cristalino do $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ implicaria em discussões que envolveriam conceitos ainda não apropriados a estes alunos.

ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PASSADO AO FINAL DO CURSO

Com este questionário (vide ANEXO 4) procurou-se de certa forma avaliar os alunos participantes, primeiramente, para verificar se estes tinham assimilado os conceitos de maneira significativa, assim como para avaliar o nível de abstração dos participantes ao final do curso. Nesta etapa do curso, os alunos não tinham a disposição os conjuntos de modelos.

A tabela abaixo mostra o desempenho dos alunos nesta avaliação.

TABELA 25: Desempenho dos alunos quanto à avaliação realizada ao final do curso.

Classificação da Resposta	Questão 1 item a-) (%)	Questão 1 tem b-) (%)	Questão 2 item a-) (%)	Questão 2 item b-) (%)	Questão 3 (%)
Correta	-	-	40,0	40,0	20,0
Parcialmente Correta	-	-	-	-	20,0
Errada	40,0	40,0	-	-	-
Não Entregou	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0

A Tabela 25 mostra que nenhum dos alunos conseguiu acertar as questões relativas ao conceito de rendimento de reação (questões 1 a- e 1 b-), embora 40,0% destes mesmos alunos tenham obtido êxito na atividade 6 (Tabela 21), que tratava do mesmo assunto. Com relação a questão 1 a- é possível concluir que a dificuldade apresentada se deve ao fato dos alunos não conseguirem expressar o que pensam de forma discursiva. No entanto, para a questão 1 b-, que tratava de cálculo simples envolvendo a reação de decomposição da água, o insucesso dos alunos causou surpresa, uma vez que na atividade 6 o índice de acerto foi de 40,0%.

É possível que a dificuldade apresentada nestes casos se deva ao grande número de conceitos abordados no curto período do curso. Talvez, se tivéssemos mais tempo para dedicar a cada conceito trabalhado, os resultados seriam melhores. Já, em relação a questão 2 a-, embora apenas 40,0% dos alunos tenham entregue a folha resposta, todos acertaram o problema proposto. Este é um dado significativo quando comparado aos resultados do Estudo 1 (Tabela 10), no qual o índice de acerto foi de 31,3% para a quase totalidade de questionários respondidos. Sendo assim, podemos inferir que o maior tempo necessário para estes alunos tornarem-se independentes do modelo, pode ter contribuído também para uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos no balanceamento de equações químicas.

Conforme dados da Tabela 25, a questão 2 o item b-, também representou não ser difícil para 40,0% dos alunos, que responderam corretamente a respeito de reagente limitante. Neste caso também, deve-se ponderar a respeito do número de questionários entregues.

Por fim, em relação à questão 3, 20,0% dos participantes a acertaram parcialmente e 20,0% a acertaram totalmente. Mesmo com um índice baixo de respostas, em relação ao Estudo 1, estes alunos apresentaram maior dificuldade em relação aos conceitos de massa atômica, massa molecular, massa molar e mol.

IMPRESSÕES ESCRITAS DOS ALUNOS SOBRE AS ATIVIDADES COM OS MODELOS

As falas apresentadas abaixo foram extraídas das próprias folhas resposta dos alunos e estão transcritas na Tabela 26.

TABELA 26: Fala dos alunos durante as atividades com os modelos moleculares

Tipo de Atividade	Falas dos Alunos
Atividade sem os modelos.	Não há falas.
Atividade com os modelos.	<p>“Eu achei mais facil com as bolinhas por que tem cores que combinam.</p> <p>“Com as bolinhas ficaram mais fácil por que da para fazer as ligações e contar os atonos”.</p> <p>“Antes de usar as bolinhas, eu achava mais complicado, mais difícil. Logo após o uso delas, facilitou porque consigo ver, pegar”.</p> <p>“Sem as bolinhas fica mais difícil de representar.”</p> <p>“O modelo deixa mais difícil pra fazer a atividade”</p>
Atividade sobre a Lei da Conservação das Massas – Lei de Lavoisier.	<p>“Com as bolinhas foi mais fácil por que dava pra ver, sentir sem maldade professor”.</p> <p>“Com as bolinhas é + fácil pq a gente vê o que ta fazendo”.</p> <p>“É mais facil com as bolinhas porque da pra representar melhor o que estamos fazendo e sem é mais difícil representar o que estamos fazendo”.</p> <p>“Com as bolinhas é mais fácil porque podemos efetuar os cálculos, com mais precisão”.</p>
Atividade sobre a Lei das Proporções Definidas – Lei de Proust.	<p>“Com as bolinhas é mais facil porque da pra representar melhor o que estamos vendo. Mas não precisava ter usado as bolinhas. E sem as bolinhas é mais difícil porque não da para representar o que estamos vendo e fazendo”.</p> <p>“É bem mais facio com as bolinhas porque nós não precisamos contar com os dedos. Sem elas são mais dificio”.</p> <p>“Com as bolinhas ficou mais fácil, no inicio usei mas agora não foi preciso usar”.</p>
Reagente Limitante e Reagente em Excesso.	<p>“Eu prifiro fazer sem as bolinhas”.</p> <p>“O uso das bolinhas facilita minha visão da quimica”.</p> <p>“Bem legal brincar com esse negocinho da pra faze cachorro.”</p>
Rendimento de Reação Química.	<p>“Com as bolinhas ficou bem mais fácil,mas não usei”.</p> <p>“Com as bolinhas é mais fácil, usei as bolinhas desenhadas”.</p> <p>“Se não tivesse o joguinho não dava pa faze”.</p>
Constante de Avogadro	<p>“A partir da constante de Avogadro podemos medir a massa das bolinas”.</p> <p>“A bolinha preta é a mais pesada”.</p> <p>“Da pra saber qualquer subtansia do átomo”.</p>
Volume Molar	<p>“O modelo facilita nossa vida”.</p> <p>“Na minha opinião o joguinho é bem massa e ajuda”.</p> <p>“Enche o saco fica pondo e tirando esses trocinho”.</p>
Balanceamento Redox	“Eu usei as bolinhas desenhadas”.

	“Foi mais fácil fazer a conta com as bolinhas”. “Eu usei as bolinhas desenhadas e os materiais mas os materiais foram mais fáceis de desenhar”.
--	--

Em geral, os relatos aqui expressos pouco ou quase nada diferenciaram dos analisados anteriormente para o Estudo 1. Pelas falas dos alunos, em relação às primeiras atividades com os modelos, a maioria delas reportava a utilização dos modelos moleculares como facilitadores. Provavelmente isto se deve ao fato de que estes alunos nunca haviam experimentado tal tipo de processo de aprendizagem e, conseqüentemente, um material didático inovador, age como um importante fator de motivação para os participantes do curso.

A maioria das falas remete a questão de dificuldade de abstração que o aprendizado de química requer. A partir de alguns relatos referentes às atividades finais, pode-se inferir que um bom nível de abstração foi desenvolvido pelos participantes, embora seja difícil quantificar a contribuição do material utilizado nas aulas.

Conforme discutido anteriormente, houve relatos de alunos relatando que a utilização do material dificulta a realização da atividade proposta e que é preferível trabalhar sem eles. Alguns relatos remetem a não utilização dos modelos após um certo tempo de manipulação dos mesmos. Estes alunos, possivelmente, desenvolveram maior facilidade de abstração e de formação dos modelos mentais, uma vez que tais falas são de alunos que acertaram a atividade proposta.

ESTUDO 3

De acordo com a descrição feita anteriormente, este estudo foi realizado no ambiente da ESCOLA Y.

Ao contrário do que aconteceu para os demais estudos, neste caso, alguns dos alunos não participaram de todas as atividades, uma vez que não foi possível desenvolver as aulas em horário no qual os mesmos não tivessem outros compromissos assumidos. Assim, houve pequena variação no número de alunos presentes nas atividades, conforme poderá ser observado nos resultados expressos nas tabelas do Estudo 3.

PERFIL DOS ALUNOS

Uma grande parcela dos alunos (77,8%) que freqüentaram o curso afirmaram que a química está fortemente presente em seu cotidiano. No que diz respeito ao interesse em realizar o curso, tem-se as respostas expressas na Tabela 27.

TABELA 27: Freqüência relativa de respostas sobre o interesse pelo curso.

Tipo de Resposta	Dificuldades em Química	Importante para sua vida	Interessante
Freqüência Relativa (%)	25,0	41,7	33,3

Assim como no Estudo 2, a maioria dos alunos participou do curso por considerar a química importante para as suas vidas. Os dados abaixo mostram a freqüência de atividades realizadas pelos participantes durante a semana.

TABELA 28: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante a semana.

Tipo de Atividade	Ouvir Rádio	Assistir TV	Internet	Estudar	Praticar Esportes	Trabalhar	Outros
Freqüência Relativa (%)	26,3	30,1	12,4	20,0	5,5	3,6	2,0

Da mesma maneira que para os Estudos 1 e 2, a maioria dos alunos tem como atividade principal assistir televisão e ouvir rádio. Para esta escola em questão, tem-se uma porcentagem de alunos que afirmaram estudar durante a semana maior do que nas escolas anteriores. Quanto aos finais de semana, estes alunos afirmaram que se dedicam apenas para as atividades de lazer.

TABELA 29: Freqüência relativa de respostas sobre as atividades realizadas durante os finais de semana.

Tipo de Atividade	Ir ao Cinema	Barzinhos	Festas	Ficar em casa
Freqüência Relativa (%)	23,1	15,4	38,4	23,1

A análise dos dados acima nos mostra que a maioria dos alunos prefere ir à festas pelo mesmo motivo apresentado nos estudos anteriores. Já, o item “Ficar em Casa” apresentou valores bem próximos ao do primeiro estudo. Contudo, para este estudo, não houve relatos de acesso a Internet, como foi observado para alunos dos Estudos 1 e 2.

Como apresentado nos Estudos 1 e 2, tem-se ainda os valores relativos a pretensão dos alunos ao término do Ensino Médio, conforme Tabela 30.

TABELA 30: Freqüência relativa de respostas sobre a pretensão dos alunos ao terminarem o Ensino Médio.

Tipo de Resposta	Fazer Faculdade	Trabalhar
Freqüência Relativa (%)	88,9	11,1

Os valores aqui apresentados são muito próximos daqueles reportados no Estudo 1, o que indica serem estes estudantes de mesmo segmento social.

ATIVIDADES COM OS MODELOS

Neste último estudo, foi utilizada a mesma estratégia de ensino descrita para os outros dois estudos.

Atividade Proposta nº 1

A atividade aplicada sem os modelos moleculares foi a mesma já discutida no Estudo 2, sobre o balanceamento da reação de produção de cloreto de sódio. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 31

TABELA 31: Tipo de resposta referente ao balanceamento da equação de formação de cloreto de sódio sem a utilização do material didático.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)
Correta	33,3
Parcialmente Correta	50,0
Errada	16,7

Para esta atividade obtiveram-se resultados totalmente diferentes do que fora observado para o estudo dois, pois um terço dos estudantes acertou a atividade mostrando-se capaz de balancear a equação química proposta. É possível que estes alunos tenham estudado balanceamento de equações no Ensino Fundamental, já que na escola em que estudam este assunto ainda não havia sido abordado pela professora de química.

Atividade Proposta nº 2

Esta atividade foi proposta aos estudantes após a realização das atividades sem os modelos moleculares. Como os alunos já haviam tido um melhor

desempenho para balanceamentos sem os modelos, optou-se por uma atividade de balanceamento com a utilização dos modelos moleculares para a seguinte reação:



Neste caso, assim como ocorreu nos estudos anteriores, a decisão de recorrer ou não aos modelos moleculares era dos alunos.

TABELA 32: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade A.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	62,5	62,5	-	-
Parcialmente Correta	25,0	25,0	-	-
Errada	12,5	12,5	-	-

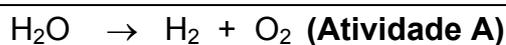
* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 3.

Embora a equação química proposta seja mais complexa que a apresentada no Estudo 1, observa-se um aumento significativo no número de acertos para esta segunda atividade (33,3% para 62,5%) com a conseqüente redução nos percentuais de questões parcialmente corretas (50,0% para 25,0%) e erradas (16,7% para 12,5%). Estes dados indicam que os alunos encontraram maior facilidade em compreender as relações matemáticas envolvidas no balanceamento proposto com a utilização dos modelos moleculares.

Atividade Proposta n° 3

LEI DA CONSERVAÇÃO DAS MASSAS – LEI DE LAVOISIER

Equação:



A atividade de número três consistiu em verificar, em um primeiro momento, se os alunos seriam capazes de, primeiramente, balancear a equação de formação da água e, posteriormente, ainda tendo a sua disposição os modelos moleculares, se conseguiriam descobrir a existência de relação entre massas de reagentes e produtos.

Para o desenvolvimento da parte A desta atividade foi proposto o mesmo problema da atividade 3 dos Estudos 1 e 2. Neste caso porém, foi proposta uma segunda reação (Atividade B), uma vez que os alunos não encontraram dificuldades na resolução da Atividade A. Assim, embora a reação de síntese da amônia tenha sido utilizada também na atividade 4 (descrita a seguir), os objetivos aqui se relacionam exclusivamente à Lei de Conservação de Massas.

TABELA 33: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade A.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	Utilização dos modelos somente no início da atividade (%) *
Correta	100,0	60,0	40,0
Errada	-	-	-
Em Branco	-	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 3.

Conforme dados da Tabela 33, o desempenho dos alunos foi bastante satisfatório quanto à resolução do problema proposto para a equação de decomposição da água. Este resultado não apresentava diferença significativa em relação aos obtidos nos Estudos 1 e 2 (93,8% e 90,0%, respectivamente).

TABELA 34: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade B.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil com a utilização do modelo (%) *	Não Respondeu (%) *
Correta	80,0	60,0	40,0	-
Parcialmente Correta	20,0	25,00	-	-
Errada	-	-	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 3.

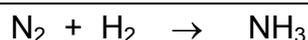
Conforme citado anteriormente, a reação de síntese da amônia não foi proposta nos demais estudos (1 e 2). Quando comparados os resultados do exercício que trata da síntese da amônia com os do anterior (decomposição da água), observa-se que o percentual de acerto cai de 100,0% para 80,0%. Considerando que as duas reações propostas nesta atividade envolvem rearranjos de átomos e de moléculas formadas por poucos átomos, pode-se concluir que o grau de dificuldade apresentado nestas deva ser o mesmo para os alunos. Assim, o aparecimento de questões consideradas “parcialmente corretas” pode ser atribuído ao descuido no preenchimento da folha resposta.

Como nos demais estudos, a partir desta atividade já se começava a observar uma menor dependência dos modelos moleculares para a compreensão do problema proposto.

Atividade Proposta nº 4

LEI DAS PROPORÇÕES DEFINIDAS – LEI DE PROUST

Equação:



A partir da equação de síntese da amônia foi apresentada aos alunos uma situação problema envolvendo a Lei das Proporções Definidas, assim como nos Estudos 1 e 2. Os resultados são apresentados na Tabela 35.

TABELA 35: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Lei das Proporções Definidas.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil e utilizou o modelo somente no início (%) *	A atividade ficou mais fácil e não utilizou o modelo (%) *
Correta	66,7	16,7	50,00
Parcialmente Correta	33,3	33,3	-
Errada	-	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 3.

Quando comparados os resultados da Tabela 35 com os demais estudos (Tabelas 7 e 19), observa-se que o percentual de acertos é o menor obtido para o problema proposto. No entanto, 50,0% dos alunos relatam, neste caso, que a atividade ficou mais fácil e que não utilizaram o modelo molecular. Neste momento do curso, os alunos começaram a perceber que poderiam “imaginar” a reação se processando da mesma forma que a simulação com os modelos moleculares propõe. Este é um fato positivo e representa um avanço em relação a abordagem tradicional deste tema, conforme discutido anteriormente, que privilegia apenas os aspectos matemáticos do problema. Assim, embora estes alunos tenham percebido que poderiam tornar-se independentes do modelo molecular, os mesmos ainda encontram certa dificuldade em trabalhar o problema proposto sem a utilização de material de apoio.

Atividade Proposta n° 5

REAGENTE LIMITANTE

O desenvolvimento desta atividade, assim como descrito para a atividade 5 do Estudo 2, consistiu de um experimento seguido da proposição de um problema envolvendo o conceito de reagente limitante. Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 36.

TABELA 36: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre reagente limitante.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	Não utilizou o modelo e a atividade ficou mais fácil (%) *
Correta	100,0	50,0	50,0
Parcialmente Correta	-	-	-
Erradas	-	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 3.

A Tabela 36 nos mostra que o problema proposto foi bem compreendido e solucionado pelos alunos, sendo que apenas a metade destes alunos recorreu à simulação da reação com modelos moleculares. Se comparado estes resultados com os da Tabela 8 (Estudo 1), observa-se que a dependência do modelo é praticamente a mesma.

Em função do elevado número de respostas em branco, entregues por alunos do Estudo 2 para esta mesma atividade, não é possível estabelecer comparação sobre a dependência dos modelos entre os Estudos 2 e 3, para a compreensão do conceito de reagente limitante.

Atividade Proposta nº 6

RENDIMENTO DE UMA REAÇÃO QUÍMICA

Os objetivos, equações e atividades propostas nesta atividade são idênticos aos que foram apresentados para a atividade correspondente do Estudo 2. Os dados estão apresentados na Tabela 37.

TABELA 37: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre rendimento de reação.

Classificação da Resposta	Porcentagem de folhas resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais fácil e utilizou o modelo somente no início (%) *	Não utilizou o modelo e a atividade ficou mais fácil (%) *
Correta	100,0	33,3	16,7	50,0
Errada	-	-	-	-

Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 3.

Os dados expressos acima nos mostram que todos os alunos obtiveram sucesso na atividade relacionada ao rendimento de reação. Interessante salientar que o percentual de alunos que afirmou utilizar o modelo molecular para solucionar o problema proposto vem se tornando menor a cada nova atividade proposta. Os alunos do Estudo 2 também desenvolveram este sentimento de independência em relação aos modelos moleculares à medida que novos problemas iam sendo propostos ao final de cada atividade, porém não com a mesma intensidade observada neste estudo.

Atividade Proposta nº 7

CONSTANTE DE AVOGADRO

Os objetivos, equações e atividades propostas nesta atividade são idênticos aos que foram apresentados para a atividade correspondente do Estudo 2.

A Tabela 38 nos mostra que os alunos acertaram o problema proposto, envolvendo a utilização de balança de dois pratos e água como padrão de massa. Neste caso também foi observado que os alunos desenvolveram a mesma estratégia relatada para o Estudo 2 para contornar o problema do volume de água que deveria ser adicionado em um dos pratos da balança, quando necessitava-se determinar a massa de um grande número de esferas. Também neste caso, o ministrante do curso não induziu os alunos a buscarem esta solução.

Em relação ao Estudo 2 foram observadas diferenças apenas de comportamento durante a realização das atividades. Observou-se que, após compreenderem o problema proposto, estes alunos iniciaram uma competição para ver quem conseguiria chegar a uma solução primeiro. Este fato não interferiu nos resultados, embora possa ter significado um importante fator de motivação. Por outro lado, observou-se também que aqueles que conseguiram solucionar primeiro o problema, passaram a auxiliar seus colegas que ainda encontravam dificuldade. Este comportamento é coerente com os objetivos da experimentação, conforme propõe HOFSTEIN e LUNETTA (2004).

TABELA 38: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre a Constante de Avogadro.

Classificação da Resposta	Folhas Resposta (%)
Correta	100,0
Errada	-

Atividade Proposta nº 8**VOLUME MOLAR**

Também para esta atividade, os objetivos, as equações químicas e as atividades propostas (experimental e resolução de problema) são os mesmos já descritos para a atividade correspondente do Estudo 2.

TABELA 39: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre Volume Molar.

Classificação da Resposta	Folhas Resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	Não utilizou o modelo e atividade ficou mais fácil (%) *
Correta	100,0	-	100,0
Parcialmente Correta	-	-	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 3.

Quando comparado com os alunos do Estudo 2, pode-se observar que, para o problema proposto, envolvendo o conceito de volume molar, estes alunos tiveram melhor desempenho (80,0% e 100,0% de acerto, respectivamente). No entanto, cabe lembrar que, conforme já discutido anteriormente, os alunos do Estudo 2 (ESCOLA X) tinham maior dificuldade de concentração no problema proposto.

Também neste caso, os alunos do Estudo 3 não recorreram aos modelos moleculares para compreender e resolver o problema, confirmando que nesta etapa do curso os mesmos encontravam-se mais independentes dos modelos.

Atividade Proposta nº 9**BALANCEAMENTO DE REAÇÕES DE OXIDO-REDUÇÃO**

Esta atividade também foi desenvolvida tal qual sua correspondente para o Estudo 2.

TABELA 40: Tipo de resposta dos alunos e comentários sobre a utilização dos modelos moleculares para a atividade sobre Balanceamento a partir de Reações de Oxido-Redução.

Classificação da Resposta	Folhas Resposta (%)	A atividade ficou mais fácil com a utilização do modelo (%) *	A atividade ficou mais difícil, utilizou o modelo, mas não ajudou (%) *
Correta	85,8	57,2	28,6
Errada	14,3	14,3	-

* Percentual relativo ao total de alunos de Estudo 3.

Em geral, os resultados expressos na Tabela 40 são coerentes com aqueles apresentados para a mesma atividade do Estudo 2 (Tabela 24). Embora nos dois estudos (2 e 3) os alunos já se considerassem independentes do modelo molecular, os mesmos (100,0%) utilizaram-no, mesmo quando apresentavam resposta parcialmente correta ou errada. Neste sentido, é interessante observar que as dificuldades apresentadas em relação as reações redox são comuns aos estudantes do Ensino Médio, independentemente da estratégia utilizada pelo professor. Mesmo assim, os percentuais de acerto para o problema proposto nos estudos 2 e 3 (80,0% e 85,7%, respectivamente) podem ser considerados bastante satisfatórios.

Atividade Proposta nº 10

FÓRMULAS QUÍMICAS

Para esta atividade, os alunos de posse do material, responderiam a questões passadas em quadro pelo professor. Conforme descrito para o Estudo 2 em relação aos conceitos de fórmula mínima, fórmula molecular e fórmula centesimal.

Assim como foi observado no Estudo 2, nesta atividade os alunos obtiveram 100,0% de acerto nos problemas propostos. Para a resolução dos problemas propostos nesta atividade, observou-se que a totalidade dos alunos recorreu a utilização dos modelos moleculares, ao contrário do observado no Estudo 2, quando nenhum aluno fez uso do material. Embora, é possível que a atividade envolvendo reações redox os tenha deixado inseguros quanto à dependência da simulação com os modelos moleculares. Por outro lado, é interessante notar que os alunos buscam explicações não apenas matemáticas para resolver problemas da química que exigem em algum momento uma abordagem matemática.

Atividade Proposta nº 11

PUREZA

Com relação ao item pureza, assim como ocorreu no Estudo 2, foi realizado o experimento da determinação do número de águas de hidratação do sulfato de cobre, não sendo realizada a atividade com os modelos moleculares pelos mesmos motivos citados no Estudo 2.

ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PASSADO AO FINAL DO CURSO

O questionário aplicado aos alunos deste estudo é o mesmo que foi utilizado nos estudos anteriores. Os dados obtidos encontram-se na Tabela 41.

TABELA 41: Desempenho dos alunos quanto à avaliação realizada ao final do curso.

Classificação da Resposta	Questão 1 item a-) (%)	Questão 1 tem b-) (%)	Questão 2 item a-) (%)	Questão 2 item b-) (%)	Questão 3 (%)
Correta	71,4	-	42,9	42,9	42,9
Parcialmente Correta	-	-	42,9	57,1	57,1
Errada	-	28,6	14,2	-	-
Em Branco	28,6	71,4	-	-	-

Considerando a diversidade de conceitos para os quais foram propostos os problemas no final do curso e o pouco tempo que os alunos tiveram para consolidar os conhecimentos adquiridos, pode-se considerar que o desempenho foi, em média, bastante satisfatório.

Como no Estudo 1, o conjunto de alunos foi em muito diferente daquele do Estudo 3, pois os primeiros eram originários de duas escolas muito diferentes (A e B) e cursavam também séries diferentes do Ensino Médio, não serão feitas comparações dos resultados finais destes dois estudos (1 e 3). Da mesma forma, ficam prejudicadas as comparações dos resultados finais dos estudos 2 e 3, uma vez que o número de questionários entregues no Estudo 2 é pouco expressivo (40,0%).

IMPRESSÕES ESCRITAS DOS ALUNOS SOBRE AS ATIVIDADES COM OS MODELOS

As falas apresentadas abaixo foram extraídas das próprias folhas resposta dos alunos e estão transcritas na Tabela 42.

TABELA 42: Fala dos alunos durante as atividades com os modelos moleculares

Tipo de Atividade	Falas dos Alunos
Atividade sem os modelos.	Não há falas
Atividade com os modelos.	<p>“Com o jogo ficou mais fácil de agrupar e de descobrir o produto.”</p> <p>“Deixei de utilizar o modelo porque já tinha entendido.”</p> <p>“Muito mais fácil com as bolinhas”.</p> <p>“Ficou mais fácil (depois que aprendi a utilizá-las) pois consigo localizar melhor”.</p>
Atividade sobre a Lei da Conservação das Massas – Lei de Lavoisier.	<p>“Ficou mais fácil para juntar os mol.”</p> <p>“Consigo ver mais claramente o resultado.”</p> <p>“Utilizei somente no primeiro e no segundo não”.</p> <p>“Utilizei o jogo, ficou mais fácil”.</p> <p>“Ajudou porque fica + fácil montando nas figuras”.</p>
Atividade sobre a Lei das Proporções Definidas – Lei de Proust.	<p>“Usei somente no primeiro, fica mais fácil de fazer”.</p> <p>Utilizei o jogo por que fica mais fácil de ver o produto”.</p> <p>“Com as bolinhas ajuda porque você conta as bolinhas e não faz conta”</p> <p>“Usei mas somente para o primeiro, ajuda muito.”</p>
Reagente Limitante e Reagente em Excesso.	<p>“O modelo ajudou porque é mais fácil de ligar os elementos.”</p> <p>“Não usei pois entendo sem o jogo”.</p> <p>“Usei e ficou mais fácil de visualizar”.</p> <p>“Não usei o jogo porque consegui fazer sem usar o jogo estou prendendo”.</p>
Rendimento de Reação Química.	<p>“Não utilizei o jogo. Não precisei usar”.</p> <p>“Usei, ajudou a entender melhor o resultado”.</p> <p>“Usei para um e para o outro não”.</p> <p>“N utilizei. Mas ele me ajudou bastante. Agora já consigo fazer a atividade sem ele”.</p>
Constante de Avogadro	<p>“Eu consigo calcular qualquer coisa com o jogo”.</p> <p>“As bolinhas facilitam o calculo de um monte de coisa”.</p>
Volume Molar	<p>“Putz, não gosto de matemática, não usei o modelo”.</p> <p>“Não usei pois consigo calcular sem o jogo, não preciso mais do jogo”.</p> <p>“Depois que comecei a fazer o curso comecei a gostar mais de matemática”.</p> <p>“Eu não gosto de matemática, não usei o jogo”.</p>
Balanceamento Redox	<p>“Eu usei agora tava difícil”.</p> <p>“Eu usei só no ultimo pq ficou mais difícil”.</p> <p>“Visualizei a resposta claramente”.</p> <p>“Eu tava tentando tava mó difícil. Qdo utilizei o jogo ficou + “prático” e “rápido”.”</p> <p>“Utilizei +/- o jogo”.</p>

De maneira geral, os depoimentos dos alunos estavam coerentes com aqueles transcritos para os estudos 1 e 2, exceto pela maneira como denominam o modelo molecular: bolinhas, para uns e jogos para outros.

A ênfase excessiva que alguns professores de química dão a interpretação matemática dos fenômenos químicos tem sido criticada por alguns pesquisadores (CARDOSO, 2000; HARTWIG, 1981) que afirmam ser mais recomendado que os alunos devem ser estimulados a compreender, em um primeiro momento, os fenômenos químicos sem recorrerem a matemática. Desta forma, estes pesquisadores propõem que os professores se preocupem com os aspectos matemáticos somente após terem certeza de que os alunos compreenderam o fenômeno em discussão do ponto de vista conceitual - químico. Ao observar os depoimentos dos alunos, por meio das falas dos três estudos, nota-se que os mesmos expressavam exatamente o que pensam os pesquisadores a respeito do aprendizado de química, em particular para este trabalho, para os conceitos envolvendo a estequiometria de reações.

5- CONCLUSÕES

Conforme salientado anteriormente, este trabalho caracterizou-se como uma pesquisa qualitativa com o principal objetivo de verificar se a utilização de modelos moleculares poderia contribuir para o aprendizado de estequiometria, assim como verificar o grau de influencia na motivação do alunado. Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- ✓ O uso de modelos moleculares como recurso para ensinar estequiometria contribuiu para que os alunos dos mini-cursos oferecidos pudessem compreender de maneira significativa os tópicos relacionados à estequiometria;
- ✓ No início do curso, alguns alunos apresentaram dificuldades quanto à manipulação dos modelos moleculares, especialmente aqueles da escola de periferia. Esta dificuldade pode ser atribuída a falta de familiaridade com este material didático e, conseqüentemente com o desenvolvimento de modelos mentais;

- ✓ No início das atividades, os alunos eram incapazes de elaborar explicações razoáveis sobre o fenômeno em discussão, porém com o passar do tempo, os mesmos se tornaram independentes dos modelos;
- ✓ Quanto à utilização dos modelos, pode-se constatar diferentes graus de influência no desenvolvimento de raciocínio lógico-matemático, sendo que para a maioria dos alunos este recurso implicou em um importante auxiliar da aprendizagem;
- ✓ Embora o material didático estudado tenha sido utilizado por turmas com reduzido número de alunos, é provável que resultados similares sejam obtidos para turmas maiores e isto deverá ser objeto de futura investigação;
- ✓ Todos os alunos tornaram-se independentes do modelo à medida que novas atividades eram propostas. No entanto, aqueles que utilizaram os modelos por mais tempo tiveram desempenho melhor nas avaliações finais. Nestes casos, é possível que estes alunos tenham desenvolvido melhor a capacidade de manipulação dos modelos e, conseqüentemente, de abstração;
- ✓ Com relação à metodologia de utilização dos modelos moleculares para o ensino de conceitos de química, observou-se que é necessária uma etapa introdutória de familiarização com o material, na qual os alunos deveriam manipular livremente seus componentes. Quanto aos kits disponíveis no mercado, destaca-se como principal limitação o não respeito a algumas propriedades periódicas (volume atômico e relação de massas atômicas);
- ✓ Atividades de simulação de reações ou outros fenômenos químicos, deveriam ser mais explorados pelos professores como forma de motivar os alunos para o aprendizado, pois observou-se que os mesmos conseguem compreender melhor situações - problema por meio destes recursos didáticos.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSUBEL, D.P.; NOVAK, J.D.; HANESIAN, H. *Psicologia Educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

- AULT, A. How to say how much: Amounts and stoichiometry. *J. Chem. Educ.*, 78(10), 1347-1349, 2001.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Editora Porto, 1994.
- BOSSOLANI, K. Características da aprendizagem significativa em proposições expressas por escrito pelos alunos do ensino fundamental: Um estudo de conceitos químicos proposto a partir de atividades experimentais. São Carlos, 2004, 111p. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de São Carlos.
- BOUJAOUDE, S.; BARAKAT, H. Secondary school students' difficulties with stoichiometry. *Schl. Sci. Rev.*, 81(296), 91 - 98, 2000.
- BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases*. Lei nº 9394/96. Brasília: Ministério da Educação, 1996.
- CARDOSO, S.P.; COLINVAUX, D. "Explorando a motivação para estudar química". *Quím. Nova*, 23(2), 401-404, 2000.
- CHAGAS, A.P. Alguns aspectos da química no século XVIII. *Quím. Nova*, 9(4), 268-280, 1986.
- CHAMPBELL, D.J.; FREIDEINGER, E.R.; QUERNS, M.K. Spontaneous Assembly of Magnetic LEGO Bricks. *Chem. Educ.*, 6, 321-323, 2001.
- CHASSOT, A.I. *A educação no ensino de química*. Rio Grande do Sul: Livraria Injui, 1990.
- COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. Operações concretas. In: COLL, C.; PALACIOS, J.; MARCHESI, A. (Orgs.). *Desenvolvimento psicológico e educação*. Porto Alegre: Artes Médicas 1995, p. 219-231.
- DE CASTRO, P.S.C.B.G.; ET ALLI. Técnicas alternativas de ensino de química para deficientes visuais: Estrutura atômica. *Anais da Sociedade Brasileira de Química*, (<http://www.sbq.org.br/ranteriores/23/resumos/0247/>) em 25/03/2003.
- DUNCAN, I.M.; JOHNSTONE, A.H. The mole concept. *Educ. Chem.*, 10(6), 213-214, 1973.
- FARIA, W. *Aprendizagem e planejamento de ensino*. São Paulo: Editora Ática, 1989.
- FERREIRA, L.H. Produção de material didático em poliéster para ciências e matemática. In: HAMBURGUER, E.; MATOS, D. (Orgs.). *O desafio de ensinar ciências no século XXI*. São Paulo: EDUSDP, 2000, p. 85-90.
- FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R. Kit Instrucional para o Ensino de Conceitos Químicos Baseados em Propriedades Periódicas. Patente Requerida Nº0303045-8 (requerida em 15/07/2003).
- GABEL, D. Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *J. Chem. Educ.*, 76(4), 548-553, 1999.
- GABEL, D.; SHERWOOD, R.D. Analyzing difficulties with mole-concept tasks by using familiar analog tasks. *J. Res. Sci. Teac.*, 21 (8), 843-851, 1984.
- GANAJOVA, M.; DUNCKOVA, I. Chemistry of everyday life. *Chem. Listy*, 96(9), 766-769, 2002.
- GIESBRECHT, F. O ensino de química no Brasil – problemas e perspectivas. 30 (1/2)5, 1979.

- GILBERT, J.K.; OSBORNE, R.J. The use of models in science teaching. *Sci., Lang. and Mean.*, 2(1), 57-67, 1980.
- GOMES, M.; POZO, J.; SANZ, A. Students' ideas on conservation of matter: Effects of expertise and context variables. *Sci. Educ.*, 79(1), 77-93, 1995.
- HARDWICKE, A.J. Using molecular models to teach chemistry. *Schl. Sci. Rev.*, 77(278), 59-64, 1995.
- HARTWIG, D.R. *Componentes metodológicos como estratégia para a aprendizagem significativa no ensino da química*. Campinas, 1981, 265p. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade Estadual de Campinas.
- HENNIG, G.J. *Metodologia do ensino de ciências*. Porto Alegre: Editora Mercado Aberto, 1986.
- HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V.N. The laboratory in science education: Foundations for the Twenty-First Century. *Sci. Educ.* 88 :28 – 54, 2004.
- HUDDLE, P.A.; PILLAY, A.E. An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University. *J. Res. Sci. Teac.*, 33(1), 65-77, 1996.
- INGHAM, A.M.; GILBERT, J.K. The use of analogue models by students of chemistry at higher education level. *Int. J. Sci. Educ.*, 13(2), 193-202, 1991.
- JOHNSTONE, A.H. Why is science difficult to learn? *J. Comp. Assis. Learn.*, 7, 75-83, 1991.
- KAC, M. 'Some mathematical models in science'. *Sci.*, 166 (3906), 695-697, 1969.
- KASHMAR, R.J. The use of cut-out molecular models on the overhead projector: To illustrate stoichiometry and limiting reactants. *J. Chem. Educ.*, 74(7), 791, 1997.
- KNOGGE, K.; ROFTERY, D. Construction and evaluation of a lego spectrophotometer for students use. *The Chem. Educ.*, 7(6), 371-375, 2002.
- KRIEGER, C.R. Stoichiometry: A cognitive approach to teaching stoichiometry. *J. Chem. Educ.*, 74(3), 306 – 309 1997.
- LEVINE, F.S. Concepts and models. *Educ. Chem.*, 11(3), 84-85, 1974.
- LIMA, M.B.; DE LIMA-NETO, P. Construção de modelos para ilustração de estruturas moleculares em aulas de química. *Quim. Nova*, 22(6), 903-906, 1999.
- MONTES, I.; PRIETO, J. A.; GARCIA, M. Using Molecular Modeling in the Organic Chemistry Course for Majors. *Chem. Educ.* 7, 293-296, 2002.
- MORAES, R. *Organização de aulas práticas*. In: Congresso da sociedade Brasileira de Química – 2. São Paulo, 1988, p.69-70.
- MOREIRA, M.A.; MASINI, E.F. *Aprendizagem significativa: A teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.
- MOREIRA, M.A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.
- NAKLETH, M.B. Why some students don't learn chemistry. *J. Chem. Educ.*, 62(3), 191-196, 1992.
- NÉRICE, I.G. *Introdução à didática geral: Dinâmica da escola*. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1966.

- ONTORIA, A. et al. *Mapas conceptuales: Una tecnica para aprender*. Madrid: Narcea, 1995.
- OSBORNE, R.J.; GILBERT, J.K. The use of models in science teaching. *J. Sci. Teac.*, 2(1), 3-13, 1980.
- PENDLEY, B.D. Keeping a scientific notebook: The lego exercise. *J. Chem. Educ.* 74(9), 1065, 1997.
- PERRIN, C.R. Reminder sheets for chemistry examinations. *J. Chem. Educ.* 74(10), 1180, 1997.
- PIAGET, J. *Piaget on Piaget: The epistemology of Jean Piaget*. Filme de Claude Goretta para a Yale University, 1977.
- RIECK, D. F. Providing Direction and Motivation for Students to Review Topics from Previous Chemistry Classes. *J. Chem. Educ.* 1998, 75, 850.
- ROGADO, J. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciên. & Educ.*, v. 10, n. 1, p. 63-73, 2004
- RONCA, A.C.C. O modelo de ensino de David Ausubel. In: PENTEADO, W.M.A. *Psicologia e Ensino*. São Paulo: Papervivros, 1980, p. 59-83.
- SCHMIDT, H. Secondary school students' strategies in stoichiometry. *Int. J. Sci. Educ.*, 12(4), 457-471, 1990.
- SCHMIDT, H. Stoichiometric problem solving in high school chemistry. *Int. J. Sci. Educ.*, 16(2), 191-200, 1994.
- SHUSTERMAN, A. J.; HOISTAD, L. M. Teaching Chemistry with Electron Density Models. 2. Can Atomic Charges Adequately Explain Electrostatic Potential Maps? *Chem. Educ.*, Vol. 6, No. 1, 36-40, 2001.
- SISAK, M.E. poster sessions as a learning technique. *J. Chem. Educ.* 74(9), 1065, 1997.
- SOLOMON, J. Learning about energy: how pupils think in two domains *Eu. J. Sci. Educ.*, 5 (1), 49 – 59, 1983.
- URQUIETA, E.S. *O Ensino de Química e sua Adequação Metodológica*. São Carlos, 1991. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal de São Carlos.
- VOSNIADOU, S.; IOANNIDES, C. From conceptual development to science education: Psychological point of view. *Int. J. Sci. Educ.*, 20(10), 1213-1230, 1998.
- VIDAL, B. *História da Química*. São Paulo: Editora Edições 70.
- WITZEL, J. E. Lego Stoichiometry. *J. Chem. Educ.*, 79(3), 352A, 2002.
- YARROCH, W.L. Students understanding of chemical equation balancing. *J. Res. Sci. Teac.*, 22(5), 449-459, 1985.

ANEXOS

ANEXO 1

ANEXO 1 – FOTOGRAFIA DO LABORATÓRIO EM FORMA DE “V”

ANEXO 2

ANEXO 2 – FOTOGRAFIA DA SALA DE AULA DA ESCOLA Y

ANEXO 3

PLANEJAMENTO DO CURSO

Assuntos/ Conteúdos	Metodologia
Apresentação do curso; Conversa com os alunos; Conceito de matéria;	Aula expositiva; Uso de modelos moleculares;
Fenômenos físicos e químicos; Conceito de reação química; Evidências de reação química; Balanceamento de reação química; Conceito de átomo e molécula;	Experimento: Fenômenos Físicos e Químicos (CDCC); Uso de modelos moleculares; Exercícios de fixação.
Conceito de massa atômica e massa molecular; Conceito de mol e massa molar; Constante de Avogadro	Aula expositiva; Experimento: Esferas Kit (Constante .Avogadro.) Levantamento das concepções prévias; Uso de modelos moleculares.
Lei da conservação da massa; Lei de Proust;	Aula expositiva; Experimentos: Lei da conservação da massa/ Lei de Proust Levantamento das concepções prévias; Uso de modelos moleculares.
Reagente Limitante e reagente em excesso. Relações Estequiométricas; Cálculo com quantidade de matéria, em mols; Cálculo da massa;	Aula expositiva; Experimentos: Reagente Limitante/ Fe + CuSO ₄ Levantamento das concepções prévias; Uso de modelos moleculares; Exercícios de fixação.
Cálculo dos volumes de gases ideais; Rendimento de reações;	Aula expositiva; Exercícios de fixação; Experimento: Rendimento de reação, Eletrólise CDCC Levantamento das concepções prévias; Uso de modelos moleculares.
Cálculo com pureza de substâncias; Fórmula mínima, molecular e centesimal (porcentagem em massa)	Aula expositiva; Exercícios de fixação; Experimento: Determinação do n° de água de hidratação no CuSO ₄ Levantamento das concepções prévias; Uso de modelos moleculares.

ANEXO 4

“NOME DO CURSO”

QUESTIONÁRIO

Série: () 1°

Período: () Manhã

() Tarde

() Noite

Sexo: () M

() F

1- Você goste de estudar?

() Sim

() Não

2- Você acha que a química tem um papel importante no seu cotidiano?

() Sim

() Não

3- Por que você se interessou pelo curso?

() acha interessante

() acha importante para a sua vida

() porque esta sendo oferecido fora da minha escola

() porque tenho dificuldades em aprender química (.) outros: _____

4- Qual sua expectativa sobre o curso?

() Muito Boa

() Boa

() Indiferente

5- O que você faz durante a semana?

() Estudo

() Assisto TV

() Ouço rádio

() Acesso a Internet

() Leio

() Outros: _____

6- O que você faz nos finais de semana?

() Cinema

() Acesso a Internet

() Festas

() Barzinhos

() Fico em casa

() Outros: _____

7- O que pretende fazer quando terminar o Ensino Médio?

() Fazer faculdade

() Trabalhar

() Outros: _____

8- Fale o que quiser sobre química:

ANEXO 5

QUESTIONÁRIO FINAL
AVALIAÇÃO DE CURSO

Série: _____ Período: _____

Sexo: () M () F

1- O que você achou do curso?

() excelente () ótimo () bom () regular () péssimo

2- Se considerou regular ou péssimo, aponte os problemas que você levou em consideração para este julgamento. Faça uma crítica.

3- Você achou que aprendeu com este curso: () pouco () médio () muito

4- Você acha importante a escola estar oferecendo mais cursos para os alunos? Por quê?

5- Você tem interesse em fazer outros cursos?

6- o que você achou das simulações com os modelos realizadas em aula?

7- O que você acha das aulas experimentais e com materiais diferentes ? E das aulas teóricas em sala de aula?

8- Agora que o curso chegou ao final, você se sente capaz de estar ajudando os colegas em sala de aula?

9- Você aprendeu os conceitos enfocados no curso?

ANEXO 6

QUESTÕES REFERENTES AO CURSO

1-)

a -) Fale com suas palavras o que você entende por rendimento de reação.

b-) Qual a quantidade em gramas, de hidrogênio e oxigênio serão necessárias para a obtenção de 72 gramas de água, supondo rendimento de reação igual a 50%.

Dica!!!! Ache primeiro para 100% e depois para 50%.

2-)

a-) Balanceie a equação a seguir: $\text{HCl} + \text{Ca(OH)}_2 \rightarrow$

b-) O que você entende por reagente limitante e reagente em excesso?

3) O que você entende por massa atômica, massa molecular, massa molar e mol?

ANEXO 7

ANEXO 7 – FOTOGRAFIA DO KIT DE MODELO MOLECULAR UTILIZADO NA PESQUISA E SIMULAÇÕES DE ALGUMAS REAÇÕES UTILIZADAS NOS MINICURSOS.



ANEXO 8

ANEXO 8 – FOTOGRAFIA DA BALANÇA DE DOIS PRATOS UTILIZADA NAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS



ANEXO 9



2- PROCESSOS FÍSICOS/ PROCESSOS QUÍMICOS

MATERIAL

- 2 Beckeres
- 1 tela
- 1 giz
- 1 bastão de vidro
- 1 funil e papel de filtro
- 1 erlenmeyer
- 1 pinça
- 2 tubos de ensaio
- 1 termômetro
- 1 estante para tubos de ensaio
- guardanapo

OBJETIVO

Reconhecer a diferença entre fenômenos físicos e fenômenos químicos por meio do tipo de transformação observada.

PARTE EXPERIMENTAL

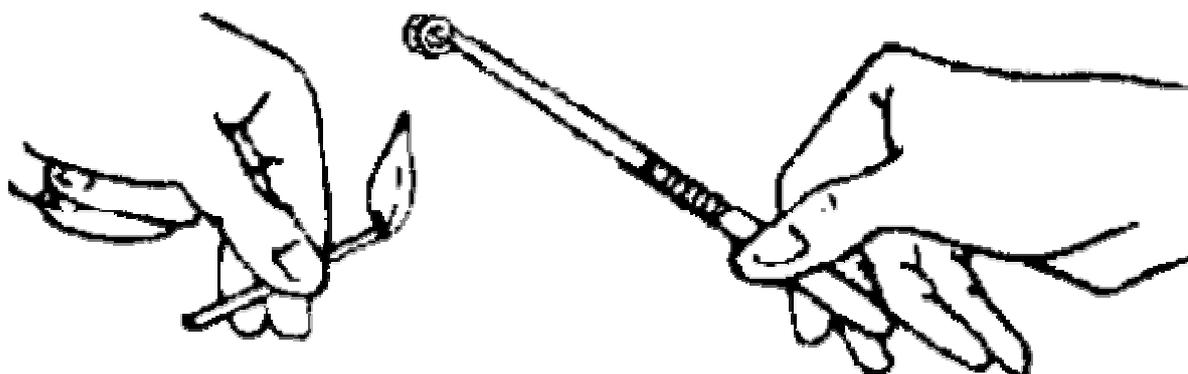
PROCESSO FÍSICO

EXPERIÊNCIA

1

Coloque em um Becker aproximadamente 50 ml de água e o pó de um giz inteiro (moído bem fino, usando a tela sobre o papel de filtro). Agitar bem com o bastão de vidro e filtrar a mistura utilizando o funil com o papel de filtro e um erlenmeyer. Com o pó que ficou no filtro tente modelar novamente um pedaço de giz. Enrole o giz que você fez em papel de filtro seco prendendo-o com fita adesiva. Deixe o giz secar por, pelo menos, um dia.

PROCESSO QUÍMICO



EXPERIÊNCIA

2

Prenda uma fita de magnésio (Mg°), conforme o desenho. Peça ao seu professor para colocar fogo no magnésio. O que aconteceu?

EXPERIÊNCIA

3

2. Em um tubo de ensaio coloque uma colher de tiocianato de amônio (NH_4SCN) e duas colheres de hidróxido de bário ($Ba(OH)_2$). Agite bem, coloque o termômetro dentro do tubo e observe. O que aconteceu? Limpe bem o termômetro e as colheres após o uso. Diferencie um processo físico de um processo químico.

DISCUSSÃO

Muitos fenômenos físicos e químicos são confundidos quando observados. Ao produzir o giz, você deve ter observado que embora o processo "pareça" ser químico não houve transformação da matéria, apenas do estado físico dela. Um processo químico ocorre apenas quando a matéria é transformada. Para a maioria das transformações podemos notar alguma evidência como a mudança de cor, formação de um precipitado (surgimento de um sólido a partir de dois líquidos), desprendimento de calor (reações exotérmicas), absorção de calor (reações endotérmicas) ou emissão de luz (reações quimiluminescentes). Os fenômenos físicos normalmente são reversíveis enquanto os fenômenos químicos quase sempre são irreversíveis.

A combustão tem como principal característica a reação com o oxigênio do ar e o grande desprendimento de calor (reações exotérmicas). Este tipo de reação é muito utilizado pelas nossas células para extrair a energia que mantém nosso corpo quente e garante todas as atividades musculares. Qual das experiências (1, 2 ou 3) corresponde a uma combustão? _____

Reações que absorvem energia (endotérmicas) podem ser utilizadas como forma de promover a estocagem de energia, como na fotossíntese, quando a planta faz reagir água com gás carbônico para produzir o açúcar e armazenar nele a energia recebida do sol. A reação _____ é endotérmica. As reações que formam precipitado podem ser utilizadas para tratamento de água por exemplo, como forma de extrair substâncias indesejadas da água e torná-la potável. Na reação _____ ocorre formação de precipitado. Reações que liberam gás têm larga aplicação na indústria, como forma de produzir combustível (acetileno, na reação da água com carbureto), oxigênio (decomposição térmica de óxidos metálicos ou sais oxigenados), gás carbônico para extintores de incêndio (reação de carbonatos com ácido) e outros. A reação _____ libera gás. Reação quimiluminescentes, como a que os vagalumes fazem ou como combustão, podem produzir grande quantidade de luz. A reação _____ é quimiluminescente e as reações _____ e _____ são exotérmicas.

Embora os fenômenos físicos e químicos sejam distintos, é comum na natureza ou nas atividades humanas a ocorrência de processos que envolvem os dois fenômenos. Um bom exemplo é o funcionamento de um automóvel, onde o fenômeno químico ocorre com a explosão da gasolina e a partir daí todo o sistema utiliza a energia da explosão em uma série de fenômenos físicos.

LEI DA CONSERVAÇÃO DA MASSA

OBJETIVO

Reconhecer que nas transformações químicas há conservação da massa.

MATERIAL

3 tubos de ensaio

estante para tubos de ensaio

seringa de 20 mL

solução de sulfato de cobre (1 mol/L)

solução de hidróxido de sódio (1 mol/L)

papel de filtro

funil de vidro

balança

PROCEDIMENTO

Coloque 20 mL de solução de sulfato de cobre em cada um dos quatro tubos de ensaio e com o auxílio de seringa:

1º Tubo: Adicione 5 mL de solução de hidróxido de sódio.

2º Tubo: Adicione 10 mL de solução de hidróxido de sódio.

3º Tubo: Adicione 15 mL de solução de hidróxido de sódio.

4º Tubo: Adicione 20 mL de solução de hidróxido de sódio.

Observe o que acontece.

Pegue quatro papéis de filtro e pese a massa de cada um deles. Em seguida, realize uma filtração para cada tubo de ensaio e deixe os precipitados secarem.

Pese novamente os precipitados secos com os papéis de filtro.

Construa um gráfico de volume de solução de hidróxido de sódio versus massa do precipitado formado.

Quando se misturam reagentes, será que tudo se transforma em produtos?

Objetivo

Realizar e observar a reação que ocorre entre o sulfato de cobre e ferro.

Materiais e reagentes

1 estante para tubos de ensaio
 2 rolhas para tubo de ensaio
 3 tubos de ensaio
 1 conta-gotas
 Palhinha de aço
 Solução de sulfato de cobre (1mol/L)

Procedimento

Numere os tubos de 1 a 3.

Faça duas bolinhas de palhinha de aço do tamanho que está desenhado a seguir:



Coloque uma bolinha no tubo 1 e outra no tubo 2. Pingue sulfato de cobre nos tubos, como indicado a seguir:

	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
Quantidade de sulfato de cobre	20 gotas	40 gotas	40 gotas

Tampe os tubos 1 e 2, espere alguns minutos e agite-os de vez em quando.

Questões:

1. O que aconteceu com a palhinha de aço no tubo 1? E no tubo 2?
2. Como ficou a cor do sulfato de cobre no tubo 1? E no tubo 2?
3. Que utilidade você acha que teve o tubo 3?
4. Se você colocasse outra bolinha de palhinha de aço no tubo 1, o que aconteceria com ela? E o que aconteceria com o sulfato de cobre?
5. Se você colocasse outra bolinha de palhinha de aço no tubo 2, o que aconteceria com ela? E com o sulfato de cobre?

OBS: As respostas que você deu às questões 4 e 5 são previsões sobre a reação química que está estudando. Você vai agora verificar se suas previsões foram corretas. Para isso, faça o que está indicando as duas questões abaixo.

6. O que aconteceria se você fosse colocando mais bolinhas nos tubos 1 e 2?
7. Quando se misturam reagentes, tudo se transforma em produtos quaisquer que sejam as quantidades misturadas?

Bibliografia

AMBROGI, A. *et alii*. *Unidades Modulares de Química*. São Paulo, Cecisp Hamburg, 1987.

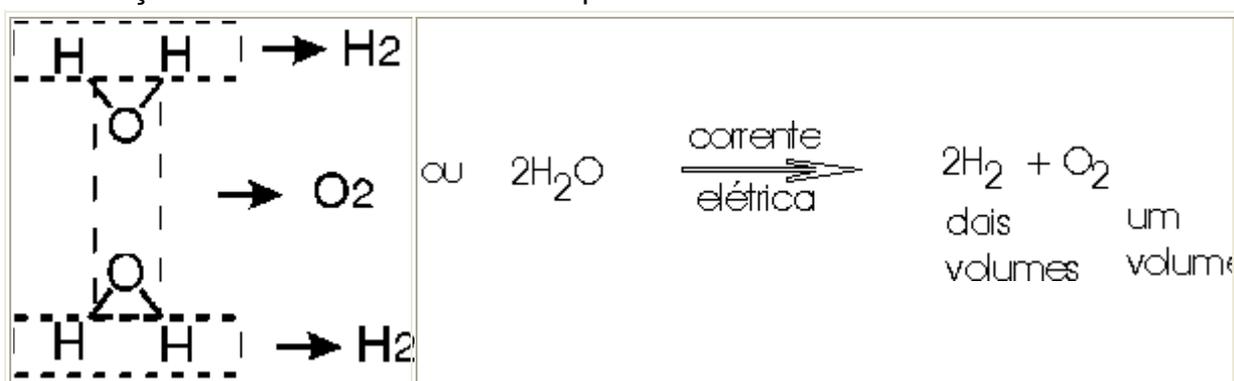
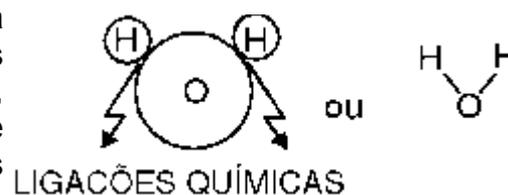
 <p>CDCC - USP EXPERIMENTOTECA</p>	<h2 style="text-align: center;">4- ELETRÓLISE DA ÁGUA</h2> <p style="text-align: center;"><u>Quebra pela passagem de corrente elétrica</u></p>
---	--

OBJETIVO	MATERIAL
<p>Promover a quebra de moléculas de água em seus átomos: Hidrogênio (H) e Oxigênio (O).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 1 conjunto de eletrólise • 2 grampos • 1 bateria • 1 tubo de ensaio

INTRODUÇÃO Algumas reações químicas ocorrem apenas quando fornecemos energia na forma de eletricidade, enquanto outras geram eletricidade quando ocorrem. A eletrólise da água ocorre quando passamos uma corrente elétrica contínua por ela, desde que a tornemos condutora, pois a água pura não conduz corrente elétrica.

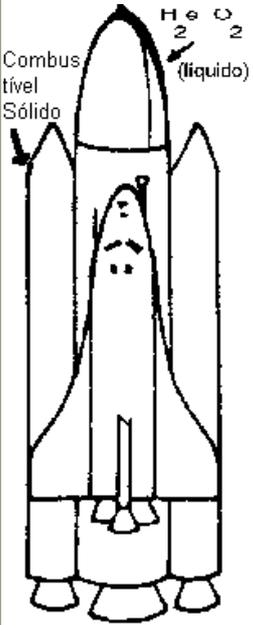
A decomposição da água ocorre quando efetuamos a quebra das ligações entre átomos de hidrogênio e oxigênio.

Quando a molécula é decomposta na eletrólise, os átomos livres procuram reagir novamente para formar novas moléculas. Assim, se quebrarmos as ligações químicas de duas moléculas de água, poderemos formar duas novas moléculas de hidrogênio e uma de oxigênio que são os gases que, quando reagem entre si, irão formar a água. Esta reação também será feita nesta experiência.



A reação entre o hidrogênio e o oxigênio ocorre com um grande desprendimento de energia, que pode ser novamente convertida em energia elétrica ou simplesmente

em energia térmica, como numa grande explosão. Um bom exemplo de como utilizar estas duas formas de energia é o funcionamento de um ônibus espacial.



$$2\text{H}_2 + \text{O}_2 \Rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{energia}$$

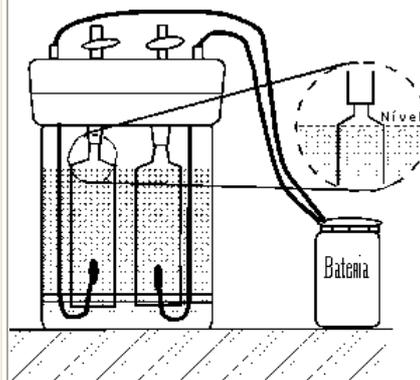
Os ônibus espaciais utilizam os gases H_2 e O_2 como combustível para as viagens espaciais e também para a geração de energia elétrica para o funcionamento de todos os equipamentos, uma vez que carregar baterias se torna inviável devido ao excesso de peso.

Sistemas que geram energia elétrica (como no ônibus espacial), provenientes de reações químicas são chamados sistemas eletroquímicos. Observe que se existem reações que "produzem" energia elétrica e outras que "consomem", então podemos preparar sistemas onde a energia gerada por uma reação irá promover outra reação química.

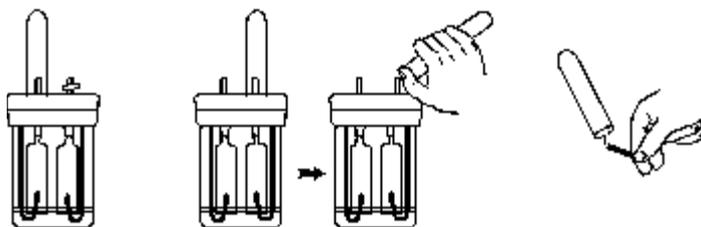
PARTE EXPERIMENTAL

Ao receber o sistema para realizar a eletrólise, retire a rolha. Aguarde o seu professor encher o sistema com uma solução de hidróxido de sódio 0,15N. Observe bem as instruções abaixo para que a experiência dê certo.

- Não deixe a solução cobrir as seringas totalmente. Coloque a solução até o nível indicado no desenho;
- Ao colocar o eletrólito (hidróxido de sódio), é importante observar que as mangueiras estejam desobstruídas (sem os grampos);
- Após encher o recipiente até o nível indicado pela figura, coloque os grampos nas mangueiras;
- Em momento algum do experimento você irá utilizar a rolha. Ela somente deverá tampar o orifício no centro da tampa após o final da experiência, quando o seu professor recolher a solução;
- Ligue os fios à bateria e observe o que acontece.



1. O que ocorre nos eletrodos dentro do sistema? Mantenha os eletrodos ligados à bateria, até que uma das ampolas fique totalmente cheia de gás.
2. Como os volumes de gases variam na ampola? Observe na bateria os pólos positivo e negativo marcados. Acompanhe o caminho de cada fio que parte desses pólos e chega à ampola.
3. Qual eletrodo (positivo ou negativo) gerou maior volume de gás?
4. No eletrodo positivo temos o gás _____ e no eletrodo negativo temos o gás _____. Retire o grampo da mangueira contendo o gás hidrogênio, e recolha-o em um tubo de ensaio. Repita este procedimento com o gás oxigênio. A seguir aproxime um fósforo aceso da boca do tubo, conforme o esquema.



5. Explique o que ocorreu.
6. A eletricidade gerada na pilha provém de uma reação química?

DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE ÁGUAS DE HIDRATAÇÃO DO SULFATO DE COBRE

Objetivo: Determinar o número de águas de hidratação do sulfato de cobre.

Questão prévia: Dispondo-se de uma amostra de $\text{CuSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ como calcular n ?

Material

Bico de Bunsen

Tubo de ensaio

Garra (prendedor de madeira)

Balança

Sulfato de cobre hidratado

Procedimento

Pese um tubo de ensaio limpo (anote a massa), em seguida coloque 5,0 g de sulfato de cobre hidratado e pese novamente (anote a nova massa). A seguir prenda o tubo a uma garra (prendedor de madeira) e aqueça-o com o bico de bunsen até que o composto, cuja cor inicial é azul se torne branco. Aqueça o tempo suficiente para que não sobrem partículas de água na parede do tubo. Deixe o sistema esfriar e pese o composto branco obtido. Calcule através da diferença de massa o número de águas de hidratação do sulfato de cobre.

TITULAÇÃO DO VINAGRE

Objetivo

Neste experimento será realizada a reação de neutralização do ácido acético presente no vinagre, com o hidróxido de sódio de concentração conhecida. O objetivo do experimento será calcular a relação estequiométrica existente entre o ácido acético presente no vinagre e o hidróxido de sódio.

Tempo Previsto: 20 minutos

Material e Reagentes

- 1 frasco de Erlenmeyer de 100 mL
- 2 béquers de 100 mL
- 1 proveta de 25 mL
- 1 bureta
- 2 seringas plásticas (5,0 mL e 20 mL)
- 20 mL de vinagre branco
- 25 mL de solução de hidróxido de sódio 0,10 mol/L
- solução alcoólica de fenolftaleína

Cuidados:

O trabalho com soluções de hidróxido de sódio requer alguns cuidados especiais, por tratar-se de uma substância corrosiva, que pode causar queimaduras; deve-se evitar o contato direto da pele e olhos com a solução.

A solução final obtida após a titulação pode ser descartada na pia, pois trata-se de uma solução contendo apenas água e o sal formado durante a reação de neutralização; neste caso o sal será o acetato de sódio.

Conceitos

As soluções de ácido e bases fracas podem ter sua concentração determinada através da reação de neutralização durante uma titulação com uma solução de concentração conhecida.

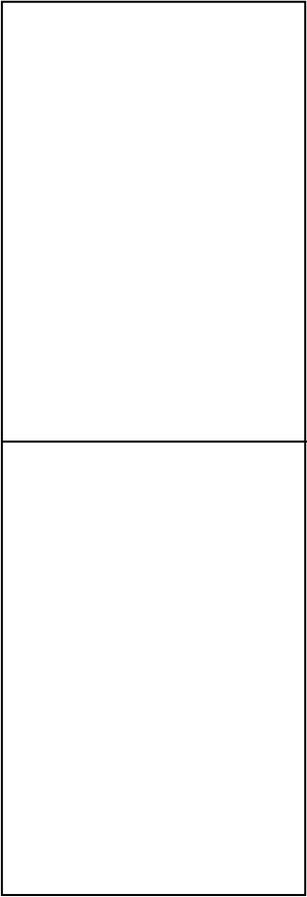
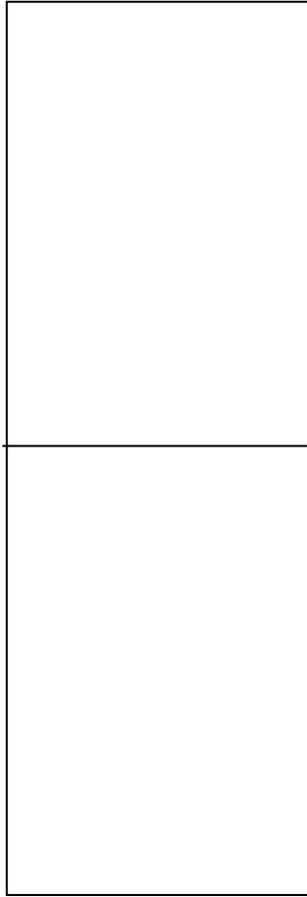
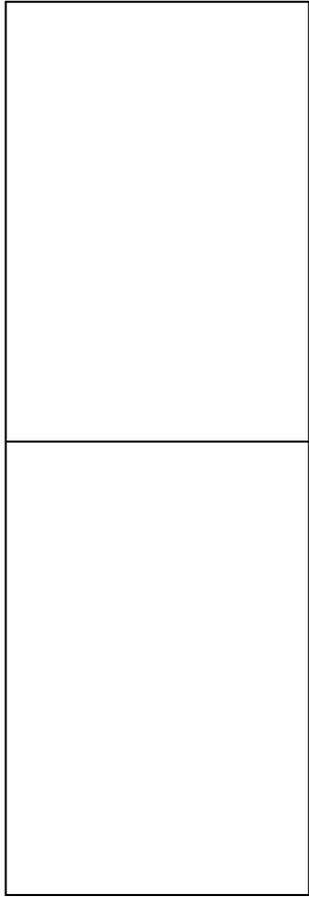
Procedimento

Transfira 10 mL de vinagre para um balão volumétrico de 100 mL e adicione água destilada, até completar o volume. A seguir transfira uma alíquota de 10 mL para um frasco de Erlenmeyer. Adicione duas gotas de fenolftaleína e titule com solução de NaOH. Anote o volume de solução de base consumida, para determinar a concentração do ácido no vinagre no final da experiência.

Bibliografia

SILVA, R.R.; BOCCHI, N.; ROCHA-FILHO, R.C.; *Introdução a Química Experimental*. São Paulo, MacGraw Hill, 1990. pp. 81-93.

ANEXO 10



--

