

EXPERIÊNCIAS E ANALOGIAS SIMPLES PARA O ENSINO DE  
CONCEITOS EM QUÍMICA

III - RESULTADOS DA APLICAÇÃO DE UMA VISUALIZAÇÃO PARA A  
DEPOSIÇÃO METÁLICA ESPONTÂNEA

Dácio R. Hartwig e Romeu C. Rocha-Filho

*Departamento de Química – UFSCar; C. Postal 676; 13560 – São Carlos (SP)*

Recebido em 4/11/87

**ABSTRACT: SIMPLE EXPERIMENTS AND ANALOGIES  
FOR THE TEACHING OF CONCEPTS IN CHEMISTRY.  
III. APPLICATION RESULTS OF A VISUALIZATION  
FOR SPONTANEOUS METALLIC DEPOSITION.**

The application of a visual analogy proposed to propiciate the comprehension of spontaneous metallic deposition processes is described. The application was carried out with 97 students of the 3rd year of the secondary school, from four different classes. The obtained results, presented and discussed, seem to indicate the viability of the analogy.

**INTRODUÇÃO**

A explicação da maioria dos conceitos e princípios em Química é dada, fundamentalmente, a partir de uma análise a nível microscópico, requerendo um nível mínimo de abstração para a sua aprendizagem. Assim, grande parte dos alunos, principalmente a nível do 1º e 2º Graus, sente dificuldades para compreender com certa profundidade um novo conceito e/ou princípio. Como consequência disso, e muitas vezes também do modo inadequado como os conceitos são apresentados, observa-se, ao término do 2º Grau, alunos que têm noções conceituais erroneamente adquiridas, as quais se propagam, inclusive, à Universidade<sup>1,2</sup>.

Levando estas dificuldades em consideração, pode-se ao se introduzir um novo conceito, transformar o abstrato em concreto, usando este como ponte para atingir o primeiro<sup>3</sup>. Neste sentido, para facilitar o ensino de conceitos em Química, vimos propondo algumas analogias, e experiências simples, para o ensino de diferentes conceitos<sup>4-9</sup>.

Em trabalho anterior<sup>5</sup> descreveu-se uma analogia para o processo de deposição metálica espontânea. Porém, tal trabalho contém apenas a idéia proposta, sem quaisquer considerações quanto à viabilidade prática de sua aplicação. Assim, o presente trabalho tem por objetivo relatar a aplicação da referida analogia com alunos do 3º ano do 2º Grau, visando-se avaliar seu potencial instrucional.

Com este propósito, elaborou-se um material para visualizar macroscopicamente o fenômeno da deposição metálica espontânea, especificamente relacionado à resolução do seguinte problema:

“Uma lâmina de ferro é mergulhada em uma solução de sulfato de cobre. Assim que o cobre foi depositado na lâmina, esta foi removida da solução, colocada a secar e pesada. Seu peso<sup>10</sup> aumentou 2 gramas. Quantos gramas de cobre foram depositados na lâmina? Dados:  $m_A(\text{Fe}) = 56$   $m_A(\text{Cu}) = 64$ ”.

Os resultados da aplicação deste material, bem como uma descrição do material e metodologia empregados, são apresentados neste artigo, após uma breve resenha sobre aplicação de diferentes analogias no ensino de Ciências e de outras áreas.

**BREVE RESENHA SOBRE O USO DE VISUALIZAÇÃO  
NO ENSINO**

Entende-se por analogia instrucional um modelo concreto que tem pontos de semelhança (com a maior proximidade possível) com algo abstrato que se pretende ensinar. Segundo Nagel<sup>11</sup>, as analogias podem ser classificadas em substantivas e formais. No primeiro caso, a analogia em questão deve possuir um conjunto de elementos que sejam familiares e suficientemente visualizáveis, cujas relações sejam conhecidas. Por outro lado, no segundo caso, as analogias são constituídas por alguma estrutura conhecida de relações abstratas. Inúmeros e conhecidos exemplos podem ser citados para o 1º caso: o modelo da teoria cinética dos gases, o paralelo entre a corrente elétrica e a de um fluido incompressível, a ressonância no anel benzênico e uma cobra se movimentando em círculo, etc. Para o 2º caso tem-se, por exemplo: identidade de estrutura matemática entre a teoria gravitacional e as equações de condutividade térmica, esquemas relacionais nas teorias da relatividade e mecânica quântica análogos aos da mecânica clássica, equação de onda do átomo de hidrogênio e as equações dinâmicas clássicas para sistemas de duas partículas que se atraem mutuamente, etc.<sup>11</sup>

Muitas pesquisas, com finalidades instrucionais, podem ser citadas em função do primeiro tipo de analogias, em uma ampla variedade de contextos e assuntos, tendo sido obtidos diferentes resultados. Segundo Mayer<sup>12</sup>, o uso de analogias constitui-se em uma das cinco técnicas instrucionais mais utilizadas no ensino.

## ANALOGIAS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Royer e Cable<sup>13</sup> aplicaram um material escrito sobre fluxo de calor e eletricidade através de metais, usando um texto contendo analogias e outro não. Os resultados mostraram que os sujeitos submetidos inicialmente às analogias foram significativamente beneficiados em termos de aprendizagem e memorização.

Herron<sup>14</sup> sugere que, ao se ensinar Química, se substitua conceitos que exigem raciocínio formal por modelos que possam ser manipulados, temporariamente, por alunos no nível de desenvolvimento cognitivo operacional concreto.

Sheehan<sup>15</sup>, conforme citado por Goodstein e Howe<sup>16</sup>, encontrou que a utilização de recursos concretos beneficia tanto os alunos no nível cognitivo operacional concreto como aqueles no formal. Já Goodstein e Howe<sup>16</sup>, no ensino de estequiometria usando modelos de fácil manipulação, encontraram que alunos de nível cognitivo mais elevado obtiveram maiores benefícios em relação aos outros.

Gabel e Sherwood<sup>17</sup>, utilizando dez conceitos de Química em termos de analogias, encontraram um surpreendente índice de 48% de alunos que não compreenderam 90% das próprias analogias. Uma das razões deste fato é que as analogias não eram suficientemente familiares. Uma outra possível razão é que os alunos ainda não tinham atingido o nível cognitivo de raciocínio correlacional.

Outros trabalhos<sup>18-21</sup> obtiveram como resultado comum que as ilustrações propiciavam uma aprendizagem significativamente maior. Entretanto, Alessandrini<sup>22</sup> encontrou uma fraca influência na aprendizagem, quando os sujeitos são solicitados a esquematizar ilustrações.

Um estudo piloto, relatado por Lovell<sup>23</sup>, sugere que poucos alunos na faixa de 13 anos de idade conseguem apreciar a analogia entre o fluxo de água em um tubo e a corrente elétrica em um fio condutor. Este mesmo pesquisador propõe que ainda se fazem necessárias muitas informações adicionais quanto ao desenvolvimento da habilidade de se utilizar analogias e modelos.

## ANALOGIAS NO ENSINO DE OUTRAS ÁREAS

Na área de Computação, Mayer<sup>24</sup> encontrou que o uso de um modelo concreto de computador trouxe significativos benefícios, em termos de informações conceituais, para os alunos a ele expostos.

Ginsburg e Rapoport<sup>25</sup> encontraram que crianças de 6 a 11 anos são capazes de corretamente comparar e estimar proporções, desde que seja em um nível não verbal, isto é, ilustrado.

Na área de Ciências Sociais, Vernon<sup>26</sup> aplicou textos, com e sem ilustração, em sujeitos de 15 a 19 anos. Obteve que os sujeitos mais velhos foram, às vezes, auxiliados pelas ilustrações na memorização de fatos particulares, mas que, considerando o material como um todo, não houve diferença significativa.

Snowman e Cunningham<sup>27</sup>, aplicando em alunos universitários um texto que descreve uma tribo de um país fictício da África Central, encontraram que a estratégia de se

solicitar esquematização de ilustrações facilitava a retenção, comparado ao grupo de controle.

Além desses trabalhos acima citados e que se constituem em pesquisa propriamente dita, outros sem terem tal característica, se constituem em sugestões e considerações para o ensino de conceitos químicos<sup>28-32</sup>.

Na história da ciência, o caso de Michael Faraday é um grande exemplo da necessidade de se visualizar um dado fenômeno. Faraday, que não possuía formação matemática, inventou um sistema pictórico particular para explicar seus dados sobre campos eletromagnéticos<sup>33</sup>. Tal visualização proposta por Faraday forneceu um valioso subsídio para Maxwell<sup>34</sup>, mais tarde, transformá-la em linguagem matemática. Segundo Garret<sup>35</sup>, esse trabalho continha a base para a teoria da relatividade de Einstein.

Rimoldi<sup>36</sup> utilizou a visualização para ensinar Geometria Analítica a uma tribo de índios; a origem do processo foi estabelecer uma equivalência entre os pontos na Geometria Analítica e rastros de animais.

Em resumo, pode-se dizer que os trabalhos aqui citados se classificam em dois grandes grupos: pesquisa propriamente dita, ou não. No primeiro deles, existem trabalhos que se preocuparam em correlacionar a visualização com o nível cognitivo e outros em que esta preocupação está ausente; em ambos os casos, os resultados obtidos mostram desde pequena intensidade até grande intensidade de influência do uso de analogias na aprendizagem e retenção, cobrindo-se diversas áreas do conhecimento. No segundo grupo, os autores propõem uma visualização de um determinado conceito, argumentando em favor do uso da mesma.

Especificamente no caso do ensino de Química, a partir de 1980, uma das revistas mais conceituadas nesta área, *Journal of Chemical Education*, iniciou a publicação de uma coluna dedicada a aplicações e analogias, sob a editoria de R. de Lorenzo, o qual, aliás, é autor de um livro, no qual explora estes aspectos<sup>37</sup>. É interessante notar que o referido editor estará promovendo um simpósio, especificamente sobre analogias, a ser realizado em Miami, EUA de 10 a 15 de setembro de 1989, dentro de reunião nacional da American Chemical Society.

## O PROBLEMA E SUA JUSTIFICATIVA

Através de um estudo inicial informal, aplicou-se o problema inicialmente citado, sobre a deposição metálica, em alunos universitários, quando apenas, aproximadamente, 20% dos alunos obtinham êxito na resolução. Posteriormente, o mesmo problema foi aplicado em alunos da 3ª série do 2º Grau, quando o índice de acerto caiu para 4%. Diante desses dados, que apesar de serem informais são significativos, passou-se a verificar como o conceito da deposição metálica é transmitido em uma amostra de livros didáticos para o ensino do 2º Grau, editados a partir de 1980<sup>38</sup>.

A análise desses livros é importante na medida em que pode influenciar a atuação dos próprios professores em sala de aula, pois, conforme destaca Schnetzler<sup>39</sup> "... o livro didático tem sido considerado como o representante por excelência na veiculação de conhecimento, além de ser o

recurso didático mais utilizado no processo de ensino-aprendizagem”.

Notou-se, de modo geral, a falta de uma ênfase correta, que pode ser inferida da descrição a seguir.

Alguns livros<sup>40-44</sup> apresentam um desenho de um metal mergulhado em uma solução salina, onde a ocorrência da reação não ocasiona qualquer mudança na superfície do metal, além da alteração da sua cor. Outros livros<sup>45-49</sup> já contém desenhos, nos quais há mudanças na superfície do metal. Em alguns destes últimos livros, é apresentado um aumento do volume do metal; isto pode, eventualmente, induzir o aluno a visualizar a deposição metálica como sendo somente a chegada de átomos à superfície do metal. Finalmente, existem alguns livros<sup>50,51</sup> que não fazem referência específica à deposição metálica.

Diante disso, talvez se justifique o fato de que considerável parcela dos alunos só visualiza a chegada de átomos no metal (talvez, como também consequência do próprio nome para o processo: deposição) não considerando a respectiva saída do mesmo, isto é, a dissolução. Consequentemente, o processo é interpretado apenas como aumento de massa, decorrente da deposição, sem considerar a possibilidade de diminuição e de, em alguns casos, uma constância aproximada. A maioria dos alunos, entretanto, sabe verbalizar corretamente que as reações de óxido-redução ocorrem simultaneamente, sem que estejam efetivamente conscientes deste fato.

Por que isto ocorre?

Provavelmente em decorrência da falta de uma ênfase correta no processo de visualização desta simultaneidade; consequentemente, as relações entre as massas aí envolvidas ficam ocultas para os alunos, sendo parte do problema da supressão de informações na resolução de problemas, conforme apontado por De Lange<sup>52</sup> e por Hartwig<sup>1</sup>.

Os problemas correspondentes à pesquisa aqui relatada podem, então, serem assim formulados: a) Em que extensão o modelo aqui proposto para visualizar a deposição metálica capacitará os alunos na resolução do problema correspondente? b) quais processos serão utilizados pelos alunos na resolução do problema químico e do modelo correspondente?

Face a inexistência de avaliação de tal modelo, e as dificuldades na compreensão do processo, apontadas anteriormente, justifica-se o presente trabalho.

## DESCRIÇÃO DO MATERIAL E PROCEDIMENTO

Na analogia desenvolvida, a simultaneidade deposição/dissolução é mostrada visualmente. Por exemplo, uma placa de madeira, na qual diversas cavidades semi-esféricas estão preenchidas com bolas de madeira, faz o papel da barra metálica; o fenômeno da deposição metálica é simulado através de troca de algumas destas esferas de madeira por esferas de aço (a massa total da barra aumenta) ou por esferas de plástico (a massa total da barra diminui).

Associada a esta simulação propõe-se um problema do seguinte tipo aos alunos: “suponha que, após esta troca, a massa da ‘barra metálica’ aumentou em 48 g; sabendo

que cada bola de madeira e de aço pesa, respectivamente, 2 e 6 g, calcule a massa total das bolas de aço ‘depositadas’ na ‘barra metálica’”. Este problema, como proposto, se refere ao caso em que houve aumento da massa total da barra metálica, como decorrência do processo de deposição. Sua adaptação para o caso de diminuição da massa total da barra metálica é imediata.

A fim de verificar o efeito do uso da analogia, planejou-se a aplicação do problema descrito na introdução deste artigo em três etapas distintas, a última delas precedida pela apresentação da analogia. A primeira etapa (fase 1) envolvia a proposição aos alunos do problema formulado exatamente como descrito na introdução. A finalidade é verificar se, na amostra estudada, antes da intervenção de qualquer explicação específica sobre o fenômeno químico, os alunos dispõem dos conhecimentos correspondentes oriundos de ensino anterior, que os propiciem analisar os fatos que ocorrem, para a correta resolução do problema. Este, portanto, somente foi aplicado após terem sido estudados os requisitos eminentemente qualitativos, tais como reações de óxido-redução e tabela relativa dos respectivos potenciais que fazem parte do programa escolar de Eletroquímica.

Numa segunda etapa (fase 2), o problema era novamente proposto, porém precedido do seguinte texto:

“Conforme já foi visto, quando uma reação de óxido-redução ocorre entre metais e íons metálicos, formando uma camada de metal em outro, ela recebe o nome de deposição metálica. Por exemplo, quando o ferro é mergulhado em uma solução de  $\text{CuSO}_4$ , forma-se uma camada metálica de cobre sobre o primeiro metal. Essa camada, que fica aderida ao ferro, é produzida através do seguinte processo: os átomos de ferro, ao fornecerem elétrons aos íons  $\text{Cu}^{++}$ , desprendem-se do metal e a este aderem os átomos de cobre. Assim, o número de átomos de ferro que se desprende é igual ao número de átomos de cobre que se deposita simultaneamente. Uma vez que a massa atômica do ferro é 56 e a de cobre 64, segue que, para cada átomo de ferro que se desprende da lâmina, esta ganha um peso de  $64 - 56 = 8$  unidades de massa atômica. Portanto, a diferença de peso entre os átomos de ferro que saíram e os de cobre que se depositaram na lâmina fornece o seu aumento de peso”. Aí se considera, portanto, apenas o caso mais simples, tanto sob o ponto de vista aritmético (as relações numéricas entre os números de átomos na deposição-dissolução) como termodinâmico (a maior espontaneidade da reação), ou seja, o estado de oxidação II ao invés de III para o íon ferro.

O referido texto da etapa 2, no âmbito do presente trabalho, considera apenas a aprendizagem receptiva (“o conteúdo principal a ser aprendido é meramente apresentado ao aluno sob a forma final”<sup>53</sup>, pois, “grande parte da instrução realizada em sala de aula está organizada através de linhas de aprendizagem receptiva”<sup>54</sup>. Deve-se observar também que, tanto o mencionado texto como o modelo analógico proposto possuem atributos referentes a aprendizagem significativa que “ocorre quando a tarefa implica relacionar de forma não arbitrária uma nova informação a outras com as quais o aluno já esteja familiarizado”<sup>55</sup>.

A etapa 2 tem o objetivo principal de verificar em que extensão o texto escrito, com as referidas características, propiciará aos alunos resolverem corretamente o problema respectivo.

A terceira etapa (fase 3) envolvia a introdução da analogia visual (demonstrada aos alunos, conforme descrito anteriormente), seguida da proposição do seguinte problema:

“Uma placa de isopor possui cavidades semi-esféricas preenchidas com esferas do mesmo material. Retira-se algumas dessas esferas e coloca-se, em substituição, o mesmo número de bolas de gude. Após esta operação, verifica-se que o peso do conjunto (placa e esferas de isopor + bolas de gude) aumentou 30 g. Qual o peso total das bolas de gude colocadas na referida placa?”

Dados: peso da esfera de isopor = 2 g  
peso da bola de gude = 5 g”

Tal modelo, portanto, estabelece um paralelo entre os cálculos a nível macro e microscópico, dada a existência nos dois casos, de uma grande proximidade da estrutura lógica. Diante disso, deseja-se verificar, em que medida o modelo pode propiciar a execução correta dos cálculos do problema químico, quando os alunos já dispõem dos conhecimentos qualitativos envolvidos. Não se trata em absoluto, de uma centralização no quantitativo em detrimento do qualitativo, que não tem sustentação pedagógica conforme já enfatizado em trabalhos anteriores<sup>1,2</sup>. Entretanto, o propósito do modelo apresentado não é fornecer subsídios para os aspectos qualitativos mas sim para os quantitativos, pois, no presente caso, os primeiros, além de serem em número reduzido e simples, já eram dominados pelos alunos no início da aplicação do material e eventuais dúvidas correspondentes foram sanadas em sala de aula.

Finalmente, na quarta etapa (fase 4) era, mais uma vez, proposto o problema original (acompanhado do texto da fase 2), visando verificar se, o uso combinado das fases anteriores, pode culminar em maior índice de acerto.

Embora outros delineamentos possam ser aplicados, este era, a nosso ver, o que menor interferência causaria no andamento normal das aulas. Este material e este procedimento foram aplicados (durante duas aulas consecutivas de 50 minutos cada) em quatro turmas distintas de alunos da 3ª série do 2º Grau (período diurno) de escolas estaduais na cidade de São Carlos, SP, envolvendo um total de 97 alunos, todos eles submetidos ao mesmo tratamento.

O tempo de aplicação para cada fase não era rígido. Aguardava-se que o último aluno entregasse e, só então, passava-se para a fase seguinte. De qualquer modo, o tempo máximo para cada fase nunca ultrapassou 25 minutos, sendo que na 1ª fase muitos alunos desistiam após cerca de 15 minutos, entregando a folha em branco.

É necessário enfatizar que o problema, tanto da analogia como o da deposição metálica, não foi explicado, ou seja, se fazia a demonstração com o material e os alunos passavam à resolução, sem que fosse dada nenhuma outra explicação. Somente após a entrega da folha de resolução, eventuais dúvidas, quanto aos problemas ou à analogia, eram sanadas, sem, contudo, abordar as resoluções.

## RESULTADOS

Os resultados descritos a seguir referem-se somente à análise (em termos percentuais) dos resultados obtidos em cada fase, por turma e globalmente. A análise detalhada das respostas dadas pelos alunos aos problemas propostos (químico e analógico) não é incluída aqui por razões de espaço (cópia desta análise será fornecida pelos autores aos interessados que a solicitarem).

A Tabela 1 contém os resultados obtidos da aplicação das 4 fases nas 4 turmas diferentes. Estes resultados, para cada turma e para cada fase, são os seguintes: número de alunos e percentagem do número total de alunos que (a) entregou em branco a folha de resposta, (b) resolveu o problema de modo incorreto e, (c) resolveu o problema de modo correto. A Tabela 1 também contém o resultado global, isto é a soma dos resultados apresentados por cada turma em cada fase e caso. Cabe ressaltar que, para a turma D (primeira turma a se trabalhar), por um erro gráfico no material de aplicação, não se pôde considerar os resultados para a fase 3.

Na fase 1, conforme mostra a Tabela 1, o problema só foi resolvido corretamente por uma baixa percentagem (28,0%) dos alunos da turma D. Esta turma era a única das quatro que havia estudado as leis de Faraday da eletrólise; observou-se que todos os alunos resolveram o problema utilizando a fórmula correspondente à equação geral da eletrólise ( $m = Eit/F$ ). Já na fase 2, a maioria (56,0%) dos alunos da turma D resolveu corretamente o problema; entretanto, com exceção da turma B (7,4%), nenhuma outra turma teve qualquer aluno que resolveu corretamente o problema.

Os resultados da aplicação da fase 3 mostram que a analogia é mais facilmente entendiável pelos alunos, tanto que a maioria (56,0%) dos alunos da turma C conseguiu resolver corretamente o problema análogo proposto; todavia, mesmo assim as percentagens de acerto das turmas A e B são bem menores (23,1% e 25,9%, respectivamente). De qualquer modo, pode-se concluir que a apresentação da analogia é um recurso eficiente na compreensão do problema proposto, pois na fase 4 (resolução, uma vez mais, do problema proposto nas fases 1 e 2) as percentagens de alunos que apresentaram uma resolução correta do problema inicial subiram.

A Figura 1 ressalta, claramente, que a introdução da analogia (fase 3) aumenta significativamente a percentagem de respostas corretas, especialmente nas turmas onde o tópico “leis da eletrólise” ainda não foi estudado (turmas A, B e C). Por outro lado, a Figura 2 mostra graficamente o que ocorreu com as percentagens de respostas incorretas e em branco à medida que se progrediu da fase 1 até a 4, onde também fica claro que a 3ª fase é decisiva para diminuir a incidência de respostas incorretas.

Tendo-se em mente que as quatro turmas de alunos eram diferentes, pode-se proceder a uma análise global simplificada (e aproximada) dos resultados, somando-se os resultados obtidos em cada fase (exceto a fase 3) para cada turma. A Tabela 1 contém estes dados, sendo que os mesmos são mostrados graficamente na Figura 3, a qual ressalta clara-

Tabela 1. Números (NA) e percentagens (%A) de alunos, para cada turma e global, que apresentaram resoluções corretas, incorretas e em branco, em cada uma das 4 fases de aplicação do material.

Turmas	Na total por turma e global	Fase 1						Fase 2						Fase 3						Fase 4					
		branco		incorreto		correto		branco		incorreto		correto		branco		incorreto		correto		branco		incorreto		correto	
		NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A	NA	%A
A	26	6	23,1	20	76,9	0	0,0	1	3,8	25	96,2	0	0,0	2	7,7	18	69,2	6	23,1	0	0,0	13	50,0	13	50,0
B	27	4	14,8	23	85,2	0	0,0	5	18,5	20	74,1	2	7,4	2	7,4	18	66,7	7	25,9	3	11,1	13	48,2	11	40,7
C*	19	4	21,0	15	79,0	0	0,0	4	21,0	15	79,0	0	0,0	0	0,0	8	44,0	10	56,0	0	0,0	6	33,3	12	66,7
D	25	6	24,0	12	48,0	7	28,0	4	16,0	7	28,0	14	56,0	-	-	-	-	-	-	0	0,0	7	28,0	18	72,0
Global	97	20	20,6	70	72,2	7	7,2	14	14,4	67	69,1	16	16,5	-	-	-	-	-	-	3	3,1	39	40,6	54	56,3

\* Entre as fases 2 e 3, um dos alunos teve que se ausentar.

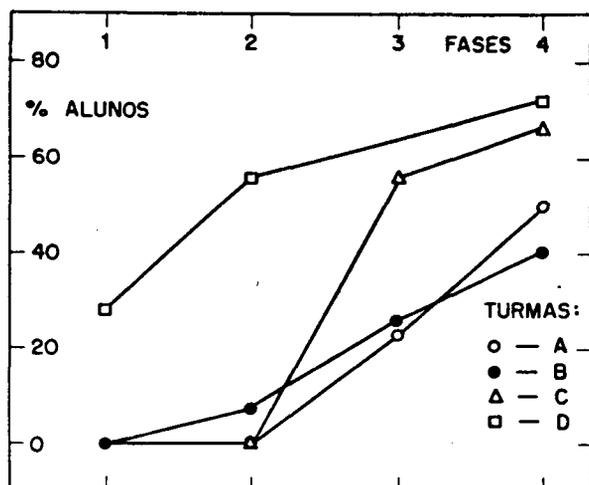


Figura 1. Percentagens de alunos que apresentaram resoluções corretas em função da fase de aplicação, para cada uma das quatro turmas de alunos.

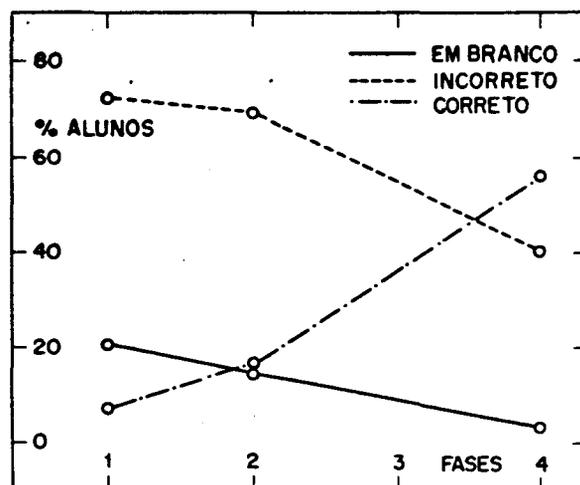


Figura 3. Percentagens globais dos alunos que apresentaram resoluções corretas, incorretas e em branco em função da fase de aplicação.

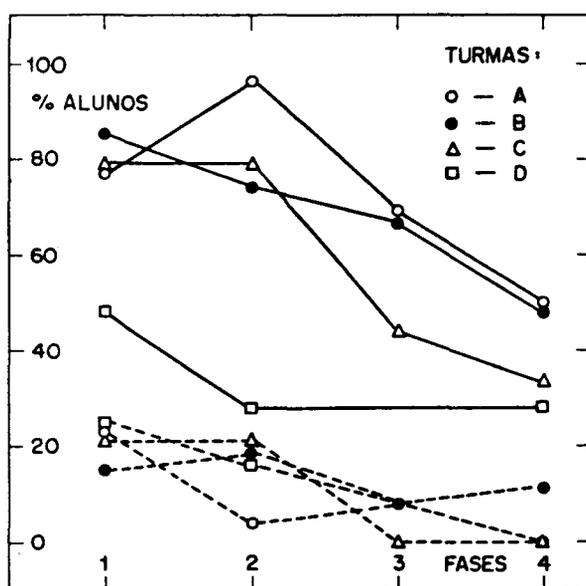


Figura 2. Percentagens de alunos que apresentaram resoluções incorretas (—) e em branco (---) em função da fase de aplicação, para cada uma das quatro turmas.

mente o grande aumento da porcentagem de respostas corretas que ocorre ao se passar da fase 2 para a fase 4 e, também, o correspondente acentuado decréscimo das porcentagens de respostas incorretas e em branco.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente deve-se destacar que a aplicação de material instrucional em condições reais de sala de aula, geralmente, sofre interferências diversas. No presente caso, por exemplo, ocorreram casos em que os alunos, na aula seguinte, teriam que fazer prova de outra disciplina. Este fato, por si só, deixava os alunos preocupados, alguns querendo até

estudar em última hora, prejudicando, portanto, a sua concentração, necessária para a resolução dos problemas apresentados.

Alguns alunos, após a aplicação do material, queixaram-se de dificuldades para entender o texto utilizado, junto com o problema, na fase 2. Pôde-se detectar que tais dificuldades decorriam da falta de compreensão e domínio de conceitos (incluídos em programa de série anterior) como os de massa atômica e massa molar, bem como a relação entre eles.

A análise detalhada (aqui não relatada) das respostas dadas pelos alunos aos problemas propostos, mostrou um alto índice de utilização de equações e de regras de três. Apesar disso, constatou-se que, salvo raríssimas exceções, os alunos operam com grandezas de modo bastante inadequado, ora tratando-as como números puros, ora atribuindo-lhes unidades de medidas incorretas. Conforme já ressaltado anteriormente<sup>5,6</sup>, a inadequada operação com grandezas configura-se, hoje, como um dos problemas de ensino de Química (do de Ciências como um todo, muito provavelmente) em nosso país, muitas vezes do 1º ao 4º Grau, necessitando ser enfrentado com urgência. Por outro lado, considerável parcela dos alunos que utilizaram regras de três o fizeram erroneamente; assim, os alunos têm a intuição de que este tipo de raciocínio lhes permitiria resolver o problema, mas não compreendem claramente as relações envolvidas, conforme já enfatizado por Hartwig<sup>1</sup>, em vários assuntos de Química.

Cabe ainda ressaltar que, eventualmente, a maneira como o problema proposto (fase 1) é apresentado, pode, por si só, induzir o aluno a pensar somente na deposição do cobre, sem considerar a concomitante saída do ferro. Entretanto, o termo deposição foi introduzido no problema não só como consequência da própria convenção do termo para o fenômeno, mas também, por ser o único atualmente utilizado tanto a nível do ensino do 2º Grau como universitário. Além disso, somente se descobriu a possibilidade do termo deposição ser, talvez, inadequado, apenas e tão somente após a execução do presente trabalho.

A resolução do problema associado à analogia (fase 3) não apresentou um índice de correção muito elevado (na média, inferior a 40%). Entretanto, para as turmas A, B e C, ocorreu, na fase 4, um aumento bastante significativo do índice de correção do problema químico originalmente proposto. À primeira vista, pelo menos três fatores podem ter contribuído para isto. Em primeiro lugar, os dois problemas (químico e analógico) possuem a mesma estrutura lógica, o que torna bastante acessível a transposição do procedimento de resolução do analógico para o químico. Em segundo lugar, conforme já apontado na seção referente a material e procedimento, após a entrega das respostas pelos alunos, eventuais dúvidas sobre o entendimento dos problemas e/ou da analogia eram sanadas. Finalmente, por último, como a 4ª fase compreendia a resolução do problema já apresentado nas 1ª e 2ª fases, é possível que a conjugação das fases anteriores tenha influenciado positivamente a resolução na última fase.

De qualquer modo, os resultados globais (Tabela 1 e Fig. 3) mostram que, ao se passar da fase 2 para a 4, houve um aumento significativo da percentagem de respostas corretas. Considerando que os resultados globais representam a média da heterogeneidade das quatro turmas de alunos, eles parecem indicar que a analogia é eficiente para o entendimento e, conseqüentemente, facilitação da resolução do problema inicialmente proposto.

Finalmente, deve-se ainda ressaltar que a analogia aqui proposta não pode explicar o conjunto total de fatos correspondentes ao fenômeno químico. Trata-se, porém, de uma limitação inerente a qualquer modelo, que não o invalida.

#### AGRADECIMENTO

Agradece-se à Lic. Ana Maria Passoni, professora responsável pelas aulas de Química das turmas nas quais o material foi aplicado, pela inestimável colaboração.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E NOTAS

- <sup>1</sup> Hartwig, D.R.; *Quím. Nova* (1984) 7, 36.
- <sup>2</sup> Hartwig, D.R.; Folgueras-Domínguez, S.; *Quím. Nova* (1985) 8, 116.
- <sup>3</sup> *J. Chem. Educ.* (1983) 60, 530.
- <sup>4</sup> Hartwig, D.R.; Rocha-Filho, R.C.; *J. Chem. Educ.* (1982) 59, 295.
- <sup>5</sup> Hartwig, D.R.; Rocha-Filho, R.C.; *J. Chem. Educ.* (1983) 60, 591.
- <sup>6</sup> Hartwig, D.R.; Rocha-Filho, R.C.; Rodrigues, R.; *Quím. Nova* (1982) 5, 60.
- <sup>7</sup> Rocha-Filho, R.C.; *J. Chem. Educ.* (1987) 64, 248.
- <sup>8</sup> Rocha-Filho, R.C.; *Quím. Nova* (1986) 9, 208.
- <sup>9</sup> Rocha-Filho, R.C.; *J. Chem. Educ.* (1988) 65 (2), 000.
- <sup>10</sup> A palavra peso é utilizada aqui para se referir à grandeza massa. Neste artigo manter-se-á esta troca, para manter o material do modo que foi apresentado aos alunos duran-

te a aplicação e por ser esta a palavra de uso mais frequente pelos alunos.

- <sup>11</sup> Nagel, E.; "La estructura de la ciencia"; trad. de N. Mígués; Paidós; Buenos Aires (1978); p. 109-113.
- <sup>12</sup> Mayer, R.E.; *Sci. Educ.* (1983) 67, 223.
- <sup>13</sup> Royer, J.M.; Cable, G.W.; *J. Educ. Psychol.* (1976) 68, 205.
- <sup>14</sup> Herron, J.D.; *J. Chem. Educ.* (1975) 52, 146.
- <sup>15</sup> Sheehan, D.J.; "Tese de doutorado em Educação" (1970); Albany (NY); State University of New York (conforme citado por Goodstein e Howe, ref. 16).
- <sup>16</sup> Goodstein, M.P.; Howe, A.C.; *J. Chem. Educ.* (1978) 55, 171.
- <sup>17</sup> Gabel, D.L.; Sherwood, R.D.; *Sci. Educ.* (1980) 64, 709.
- <sup>18</sup> Dwyer, F.M.; *J. Res. Sci. Teach.* (1972) 9, 47.
- <sup>19</sup> Holliday, W.G.; *J. Res. Sci. Teach.* (1975) 12, 77.
- <sup>20</sup> Rigney, J.; Lutz, K.A.; *J. Educ. Psychol.* (1976) 68, 130.
- <sup>21</sup> Weisberg, J.S.; *J. Res. Sci. Teach.* (1970) 7, 161.
- <sup>22</sup> Alessandrini, K.L.; *J. Educ. Psychol.* (1981) 73, 358.
- <sup>23</sup> Lovell, K.; *Studies in Sci. Educ.* (1974) 1, 1.
- <sup>24</sup> Mayer, R.E.; *J. Educ. Psychol.* (1975) 67, 725.
- <sup>25</sup> Ginsburg, H.; Rapoport, A.; *Child Development* (1967) 38, 205.
- <sup>26</sup> Vernon, M.D.; *Brit. J. Educ. Psychol.* (1953) 23, 180.
- <sup>27</sup> Snowman, J.; Cunningham, D.J.; *J. Educ. Psychol.* (1975) 67, 307.
- <sup>28</sup> Garret, A.B.; *J. Chem. Educ.* (1948) 25, 544.
- <sup>29</sup> Griffin, C.W.; *J. Chem. Educ.* (1933) 10, 575.
- <sup>30</sup> Lewis, J.R.; *J. Chem. Educ.* (1933) 10, 627.
- <sup>31</sup> Lippincott, W.T.; Wheaton, R.; *J. Chem. Educ.* (1956) 33, 15.
- <sup>32</sup> Reinmuth, O.; *J. Chem. Educ.* (1933) 10, 130.
- <sup>33</sup> Faraday, M.; "Experimental researches in electricity"; Richard and John E. Taylor; London (1839).
- <sup>34</sup> Maxwell, J.C.; "A treatise on electricity and magnetism"; 3ª ed.; Dower Publ.; Dower (1954) (reimpressão da 3ª ed. de (1891).
- <sup>35</sup> Garret, A.B.; *J. Chem. Educ.* (1948) 25, 544.
- <sup>36</sup> Não se obteve referência específica desta pesquisa liderada por H. Rimoldi do Centro Interdisciplinar de Investigações em Psicologia Matemática e Experimental de Buenos Aires, Argentina. Tomou-se conhecimento deste trabalho através de palestra, proferida pelo próprio Rimoldi na UNICAMP em 1978, assistida por um dos autores (D.R.H.).
- <sup>37</sup> De Lorenzo, R.; "Chemistry: problem solving and comprehension enhancement through applications, anecdotes and analogies"; D.C. Heath; Lexington (MA) (1981).
- <sup>38</sup> Em amostras de livros das décadas de 60 e 70 a situação é análoga àquela aqui descrita.
- <sup>39</sup> Schnetzler, R.P.; "O tratamento do conhecimento químico em livros didáticos brasileiros para o ensino secundário de Química de 1875 a 1978"; (dissertação de mestrado) UNICAMP; Campinas (1978); p. 3 (Também: *Quím. Nova* (1981) 4, 6).

- <sup>40</sup> Feltre, R.; "Química"; Moderna; São Paulo (1983); vol. 2; p. 304.
- <sup>41</sup> Nabuco, J.R.P.; Barros, R.V.; "Físico-Química"; Ao Livro Técnico; Rio de Janeiro (1983); p. 164.
- <sup>42</sup> Nogueira, N.A.C.; Macedo, M.U.; "Química: curso completo"; Nacional; São Paulo (1980); p. 181.
- <sup>43</sup> Novais, V.L.D.; "Físico-Química"; Atual, São Paulo (1982); p. 251.
- <sup>44</sup> Sardella, A.; Mateus, A.; "Físico-Química"; Ática; São Paulo (1984); p. 218.
- <sup>45</sup> Carvalho, G.C.; "Aulas de Química"; Nobel; São Paulo, (1981); vol. 2; p. 192.
- <sup>46</sup> Crepaldi, F.J.; Taranto, J.M.; "Química"; Lê; Belo Horizonte (1982); vol. 2; p. 225.
- <sup>47</sup> Politi, E.; "Química", 3ª ed.; Moderna; São Paulo (1982); p. 252.
- <sup>48</sup> Silva, E.B.; Silva, R.H.; "Curso de Química"; Harper & Row; São Paulo (1980); vol. 2; p. 401.
- <sup>49</sup> Silva, R.H.; Silva, E.B.; "Princípios básicos de Química"; Harper & Row; São Paulo (1982); vol. 2; p. 218.
- <sup>51</sup> Nehmi, V.A.; "Química", 12ª ed.; Átomo; São Paulo (1984); vol. 2.
- <sup>50</sup> Aichinger, E.C.; Bach, S.W.; Moreira, D.R.; "Química Básica 3 (Físico-Química)"; E.P.U.; São Paulo (1981).
- <sup>52</sup> De Lange, A.M.; *Spectrum (Pretoria)* (1982) 20, 5.
- <sup>53</sup> Ausubel, D.; Novak, J.D.; Hanesian, H.; "Psicologia Educacional", 2ª ed.; trad. de E. Nick et al.; Interamericana; Rio de Janeiro (1980); p. 3 e 20.
- <sup>54</sup> *Ibid.*; p. 21.
- <sup>55</sup> *Ibid.*; p. 23.
- <sup>56</sup> Rocha-Filho, R.C.; *Ci. e Cult.* (1987), 39, 768.

## EDUCAÇÃO

### UMA METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DISCIPLINAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA II

#### Análise dos conteúdos de disciplinas das áreas de Química Inorgânica e Orgânica

Mário Tolentino, Roberto Ribeiro da Silva, Romeu C. Rocha-Filho e Alberto N. Senapeschi

*Departamento de Química – UFSCar; C. Postal 676; 13560 – São Carlos (SP)*

Recebido em 17/2/88

#### ABSTRACT: A METHODOLOGY FOR SURVEY AND ANALYSIS OF EXPERIMENTAL CHEMISTRY COURSES. II. ANALYSIS OF COURSE CONTENTS IN THE AREAS OF INORGANIC AND ORGANIC CHEMISTRY.

The second part of a methodology for the analysis of the teaching conditions of experimental chemistry, aiming at its evaluation and improvement at the university level, is reported. Thus, a table of the content of each course of the areas of Inorganic and Organic Chemistry of Ufscar's B. Sc. degree in chemistry is reported. These tables, not having a same pattern of organization, permitted the characterization of what is done, how it is done and in what context; in this way, the educational objectives of each of these courses could be clearly identified.

#### INTRODUÇÃO

Conforme mencionado anteriormente<sup>1</sup>, como parte de iniciativas visando a melhoria do ensino de Química no 3º Grau, foi desenvolvida uma metodologia de levantamento e análise de disciplinas experimentais. Parte desta metodologia – análise de habilidades experimentais – foi relatada no trabalho supracitado, tendo permitido a

obtenção de dois resultados principais: um relacionado à otimização de recursos e outro à melhoria propriamente dita do ensino experimental.

Ainda, desta análise verificou-se a necessidade de se examinar a pertinência e a relevância de cada experiência realizada nas diferentes disciplinas. Para tal foi feito um estudo adicional aprofundado dos respectivos conteúdos, completando a metodologia que está sendo relatada. Como as disciplinas das diferentes áreas têm características distintas, este estudo não seguiu um padrão único, mas foi adequado a cada caso.

Nesse trabalho relata-se os resultados obtidos da aplicação desta segunda parte da metodologia para as disciplinas das áreas de Química Inorgânica e Orgânica, sendo que para as outras áreas serão relatados oportunamente. Ressalta-se que as disciplinas em questão fazem parte do elenco de disciplinas dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química da Universidade Federal de São Carlos.

#### METODOLOGIA E RESULTADOS

A análise do conteúdo dos experimentos das disciplinas de cada uma das duas áreas foi feita em reuniões semanais entre os autores do presente trabalho e os professores res-