

utilidade para eles. Nestas condições, é difícil falarmos em manutenção do que se ensina. A oportunidade de poder utilizar o que foi aprendido é uma grande facilitadora da manutenção do que se aprendeu.

Poderíamos agregar outras recomendações a esta lista. Mas creio que esta é suficiente para que se forme uma idéia do tipo de aporte que se pode encontrar na área da educação e da psicologia. A forma em que cada um destes pontos se combinam em uma determinada realidade dependerá desta mesma realidade. Não existem receitas. Quando estive no Instituto de Química da Universidade Católica do Chile, combinamos alguns destes aspectos para melhorar o desempenho da disciplina de Química Geral, dada ao nível do primeiro semestre da Universidade como uma grande revisão do que havia sido ensinado no 2º grau. Uma equipe interdisciplinar constituída por pedagogos, psicólogos e químicos foi formada. Mais de 20 profissionais participaram da modificação das condições de aprendizagem. Novos recursos instrucionais foram preparados; promoveu-se uma integração aulas teóricas-laboratório; novas práticas de laboratório foram planejadas; avaliações-diagnóstico foram preparadas num total de 20 oportunidades durante o semestre; planejou-se o monitoramento constante da aprendizagem por parte do professor, através da mudança do papel do professor e do aluno, transformando este último em um elemento ativo no processo de ensino-aprendizagem. Os resultados foram compensadores: reduzimos a reprovação em química geral de 60% para 24% e o relacionamento professor-aluno

melhorou sensivelmente, sem falar em uma série de outros subprodutos.

Estou certo de que a integração, a nível de conhecimento ou a nível interdisciplinar, entre pedagogos, psicólogos e químicos preocupados com o ensino de sua disciplina liberará novas energias e abrirá novos horizontes. Porém, isso não é tudo. Devemos estar preparados porque restará ainda um incômodo poderoso à nossa frente: o próprio sistema educacional. Ele se oporá à implantação eficaz destas recomendações pois elas atentam contra a sua função ideológica seletiva. Gostaria que tivessem bem presente esta última observação sobre nosso sistema de ensino, quando estiverem tentando combinar, em suas realidades, estas ou outras recomendações sobre a aprendizagem. Será necessário ter presente a obstrução do sistema para poder fazer uma avaliação adequada destas e de outras recomendações, e separar, muito bem, o que é um erro da própria recomendação e o que é uma intransigência do sistema educacional destinado a eliminar da escola os filhos das classes duramente dominadas pelas relações de produção vigentes em nossa sociedade.

(*) Documento lido durante o 1º Encontro Nacional de Educação Química promovido pela Sociedade Brasileira de Química, durante a 34ª Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Unicamp, Campinas (SP), julho de 1982.

(**) Este documento foi preparado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, proc. nº 107298/79.

EDUCAÇÃO

DESENVOLVENDO A PERCEPÇÃO TRIDIMENSIONAL ATRAVÉS DE MODELOS MOLECULARES ACESSÍVEIS E VERSÁTEIS

Ana Maria da Costa Ferreira e Henrique E. Toma

*Instituto de Química, Universidade de São Paulo
CEP 20780, São Paulo.*

(Recebido em 13/10/81)

INTRODUÇÃO

No ensino, como na pesquisa, freqüentemente nos deparamos com problemas cuja solução poderia ser bastante facilitada pela utilização de modelos tridimensionais. Particularmente na química e na biologia molecular, são incontáveis os exemplos onde avanços significativos têm sido alcançados através de modelos estruturais, permitindo a visualização da geometria dos compostos e auxiliando na previsão do comportamento em função de sua configuração espacial¹.

A verificação dos elementos de simetria numa molécula, a constatação da possibilidade de formação de pontes de hidrogênio, a avaliação do grau de impedimento estérico, a distinção das diferentes conformações de um polímero, a diferenciação de isômeros, o estabelecimento de mecanismos de reação, são alguns exemplos de situações onde os modelos moleculares encontram larga aplicação. No ensino

de química, é muito extensa a lista de assuntos cuja abordagem pode ser enriquecida através da utilização de modelos, como por exemplo: teoria de repulsão dos pares eletrônicos de valência, hibridização, quartetos duplos de Linnett, grupos de ponto, isomeria geométrica, óptica e conformacional, retículos cristalinos, configuração de anéis quelatos, macrocíclicos e tipo gaiola, compostos clatratos e agregados moleculares. Muitos destes tópicos, como é o caso da isomeria espacial, podem ter a aprendizagem limitada pelas dificuldades de percepção e visualização por parte dos alunos, especialmente quando não se dispõe de modelos moleculares adequados.

Os modelos estruturais existentes no mercado apresentam custo relativamente alto e número limitado de peças. Os tipos mais comuns são conhecidos como "frame-work", "mini-system", "space-filling", "ball and stick", "sphere packing", com procedências das mais diversas, por exemplo: da Fisher, Science Related Materials, Maruzen, Prentice-

-Hall, etc. . . Esses modelos são geralmente importados, com conseqüente elevação no preço, tornando-se inacessíveis à grande massa estudantil. Por outro lado, a despeito da sofisticação de muitos desses modelos comerciais, todos apresentam uma série de desvantagens em termos operacionais. Em primeiro lugar, o número de peças sendo bastante limitado exige que o modelo tenha que ser desmontado para que se possa construir outro. Isso gera uma perda gradual de interesse, pois a montagem dos modelos muitas vezes exige várias horas de dedicação. Em segundo lugar, com o uso constante os encaixes das peças vão sendo gradualmente alargados ou mesmo danificados, comprometendo irremediavelmente sua utilização. Por isso, freqüentemente os modelos são utilizados com fins puramente ilustrativos, sendo mantidos longe do alcance dos alunos. Finalmente, por razões comerciais, as configurações espaciais permitidas pelos modelos disponíveis se restringem à octaédrica, tetraédrica e trigonal, impossibilitando a construção de estruturas irregulares ou mais complexas.

Deve-se mencionar que o problema do barateamento e adequação dos modelos moleculares para o ensino e a pesquisa constitui um assunto de interesse universal. São inúmeras as proposições descritas na literatura²⁻⁶ visando aspectos específicos e utilizando os mais diferentes materiais. Contudo, em geral, elas ainda não oferecem uma solução para os problemas mencionados, ou são voltadas para uma realidade bastante distante da nossa. Assim, com essa preocupação em mente, fizemos um estudo prévio sobre materiais e métodos que poderiam ser utilizados na confecção de modelos de baixo custo, principalmente para fins didáticos.

O sistema que passamos a descrever⁷ foi o que nos pareceu mais acessível e versátil, com ampla e pronta aplicação em todas as áreas da química e das ciências que se preocupam com aspectos estruturais ou geométricos⁸. Para confecção dos modelos foram empregados materiais simples e abundantes, como arames ou fios flexíveis (p.ex. 0,5mm), canudos plásticos para refrigerantes, pequenas esferas de isopor e alfinetes ou pinos coloridos. Esses materiais podem ser encontrados em grande variedade, em lojas de artigos para festas ou nos supermercados.

CONSTRUÇÃO DOS MODELOS

Os fios metálicos formam o esqueleto dos modelos e são recobertos pelos tubos coloridos, permitindo a diferenciação dos componentes que irão representar. Quando duas cores se fazem necessárias ao longo de um mesmo segmento, a solução mais simples ainda consiste em interligar dois canudos, conforme mostrado na Figura 1.a. No futuro, é possível que canudos especiais venham a ser fabricados com essa finalidade. O tamanho dos segmentos pode ser escolhido com base nas distâncias de ligação entre os átomos, ou então pré-fixado de acordo com a conveniência do modelo. Para o corte, os canudos escolhidos são enfileirados lado a lado e unidos transversalmente por fita adesiva comum. Os segmentos podem então ser gerados em série, cortando-se com uma tesoura ou cortador de papel, facilitando bastante o trabalho de montagem (Fig. 1.b). O comprimento adequado dos fios metálicos deve ser superior a 6 segmen-

tos. O corte das mesmos pode ser feito em feixe, com um cortador de metal ou alicate.

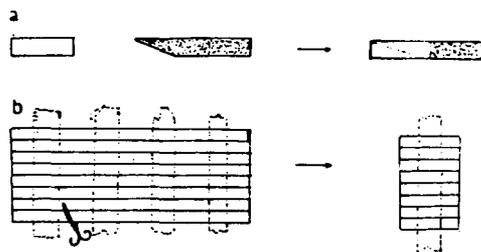


Fig. 1. a) Interligação de dois segmentos de diferentes cores. b) Corte em série de um conjunto de canudos unidos por fita adesiva.

A técnica de construção dos modelos utiliza unicamente a dobra e torção dos fios, tendo como diretriz a preservação de duas saídas simples em cada extremidade. Esse princípio está ilustrado na seqüência de exemplos da Figura 2.

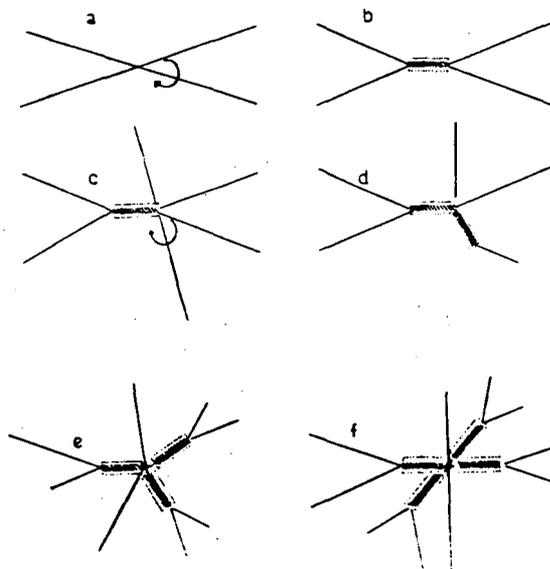


Fig. 2. Seqüência de operações para a construção de diversas configurações espaciais ao redor de um ponto central.

A torção dos fios é feita manualmente e, em pouco tempo, torna-se uma atividade extremamente fácil. A colocação dos segmentos deve ser feita após cada etapa, sempre ao longo do fio duplo. Como pode ser notado na Figura 2, cada fio terminal permite uma nova ramificação da cadeia, que pode ser alongada indefinidamente. Ao mesmo tempo, possibilita gerar configurações envolvendo um número elevado de ramificações partindo de um mesmo ponto central. O arremate das pontas é feito dobrando os arames e cortando o excesso.

A construção do modelo tridimensional exige um planejamento cuidadoso, exercitando e desafiando a nossa capacidade criativa. Contudo, se o modelo é demasiadamente complexo, ele poderá ser construído em etapas, ou por várias pessoas, sem prejuízo na montagem final.

Quando se deseja enfatizar a configuração espacial ao redor de um núcleo central, como nos compostos de coordenação, pode-se empregar uma esfera de isopor de diâmetro adequado (p.ex. 2cm). As ligações das espécies coordenadas (ligantes) com a esfera de isopor (metal) podem ser feitas diretamente através dos fios metálicos terminais, ou então por meio de alfinetes ou pinos, conforme mostrado na Figura 3.

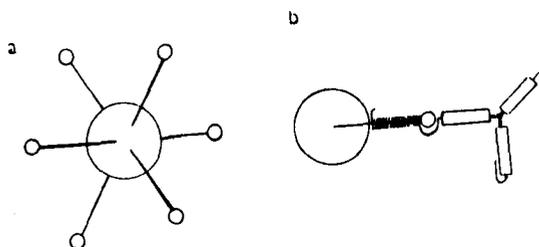


Fig. 3. a) Utilização de pinos coloridos para a ilustração de grupos de simetria. b) Fixação de ligantes a um núcleo central.

Os modelos assim construídos são flexíveis e resistentes, além de extraordinariamente leves. Pelo baixo custo, não precisam ser desmontados, podendo ainda ser compactados de modo a facilitar o transporte e o armazenamento. Exemplos típicos de modelos construídos para fins didáticos estão ilustrados nas Figuras 4-7.

FIGURAS 4-7.

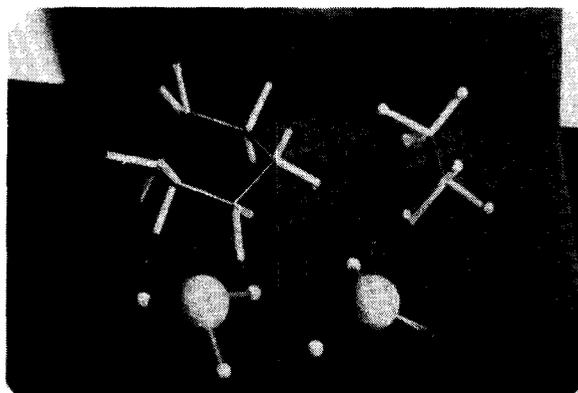


Fig. 4. Ilustração de moléculas de água e amônia com os pares eletrônicos não ligantes. No fundo estão os modelos moleculares para o etano e o ciclo-hexano.

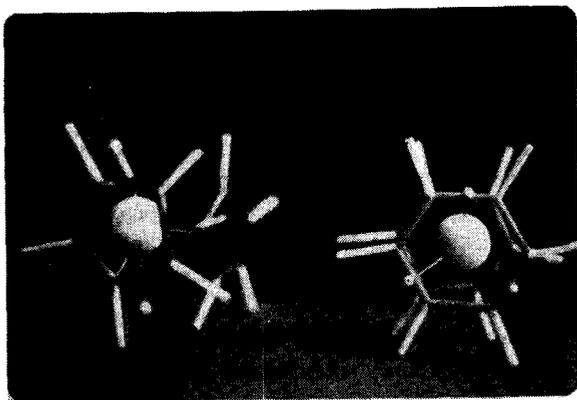


Fig. 5. Ilustração de compostos organometálicos contendo anéis ciclopentadienilos e benzênicos coordenados de diferentes maneiras.

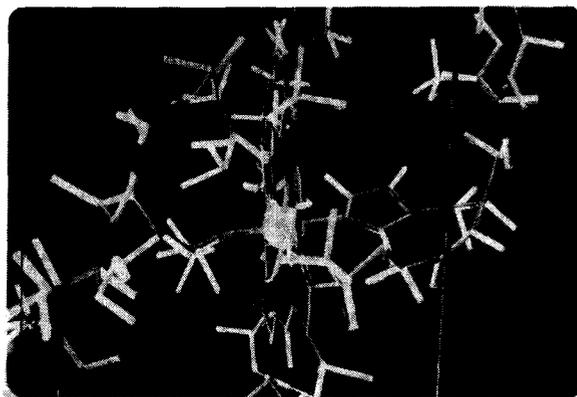


Fig. 6. Ilustração do núcleo ferro-porfirínico do citocromo-C, ligado a resíduos de metionina e histidina.

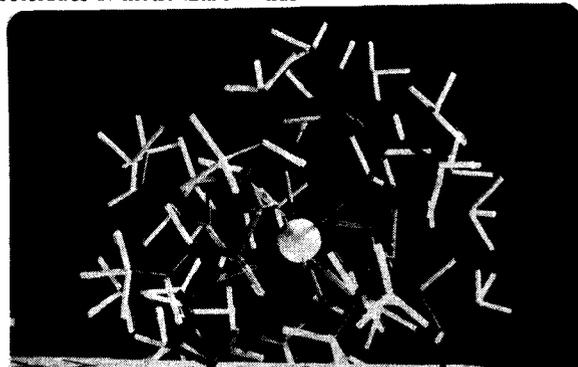


Fig. 7. Ilustração do ionóforo valinomicina, com o íon de potássio representado pela esfera interna.

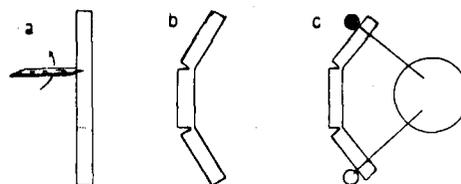


Fig. 8. Corte, dobra e fixação de segmentos à esfera central, ilustrando a formação de quelatos.

Lembramos ainda que a simples utilização de pinos com cabeças coloridas já permite inúmeras aplicações no ensino da estereoquímica ao redor de um elemento central (Figura 3). Pode-se assim exercitar o reconhecimento de elementos de simetria (planos, eixos de rotação, eixos de roto-reflexão, centros de inversão) e praticar as operações convencionais dentro da teoria de grupo.

Em sala de aula, consegue-se maior simplificação utilizando os pinos como elementos de fixação e diferenciação. Quando as cadeias forem relativamente curtas, como na etilenodiamina, $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$, a representação dispensa o uso dos fios metálicos. Fazendo-se cortes parciais ao longo do tubo plástico, como é mostrado na Figura 8, pode-se demarcar a extensão de cada segmento (ligação) dando a idéia de cadeias orgânicas. Estas depois são fixadas com os pinos à esfera central de isopor. Dessa maneira, pode-se desenvolver o estudo da isomeria óptica em complexos do tipo tris-(etilenodiamina)-cobalto (III), através da construção de modelos, atividade esta que exige um pouco mais que alguns minutos e que pode ser executada individualmente com excelentes resultados.

CONCLUSÃO

O sistema que apresentamos constitui uma alternativa bastante útil e prática, com vantagens quanto: a) ao número ilimitado de peças, propiciando a montagem de estruturas bastante complexas, b) à resistência física, flexibilidade e leveza, c) ao baixo custo, utilizando materiais facilmente encontrados no comércio, d) ao dimensionamento, permitindo que se construa modelos para várias finalidades. Além disso, desenvolve a habilidade manual, estimulando ao mesmo tempo o exercício da criatividade.

Agradecimentos — Queremos expressar nossos agradecimentos aos colegas e alunos pelo entusiasmo com que receberam esta nossa tentativa de facilitar o ensino da estereoquímica, incentivando-nos a redigir o presente artigo.

REFERÊNCIAS

¹ Watson, J.D., 1968, "The Double Helix", Atheneum, New York.

ASSUNTO GERAL

A QUÍMICA ANALÍTICA

Adilson José Curtius

Departamento de Química da PUC/RJ

(Recebido em 06/08/82)

1. Histórico

A Analítica é o mais antigo ramo da Química, podendo ser considerado a mãe desta ciência. Sem o conhecimento da composição das substâncias não é possível se pensar em sintetizá-las. Assim a Química moderna tem se desenvolvido com a ajuda da Química Analítica. Mesmo leis básicas como a das proporções múltiplas, só puderam ser estabelecidas quando os químicos já tinham um conhecimento razoável de análise de minerais e compostos inorgânicos.

Não é só à Química que a Analítica tem dado apoio. Os diagnósticos médicos cada vez mais se fundamentam nas análises clínicas. O que seria da agricultura moderna, da engenharia do meio ambiente sem a Analítica? E das indústrias? Como controlariam as matérias primas, os processos, e os produtos sem um laboratório de análise?

A tecnologia química apareceu antes da Química. No início da história escrita do Homem já se conhecia o tingimento de fibras, o curtimento de couro e a cerâmica. A Química como ciência só apareceu nos primeiros séculos da era cristã com a Alquimia e o projeto de se obter ouro através da transformação de substâncias fundamentais. A história da Química Analítica tem mais de 4 mil anos. A balança

- ² Mak, T.C.W., Lam, C.N. e Lau, O.W., 1977, "Drinking-Straw Polyhedral Models in Structural Chemistry", J. Chem. Educ., 54:438-439.
- ³ Huang, Y.Y., 1980, "How to make a zeolite model", J. Chem. Educ., 57:112-113.
- ⁴ Hanley, J.R., III e Hanley, J.R., Jr., 1979. "A low-cost classroom demonstration of the aufbau principle", J. Chem. Educ., 56:747.
- ⁵ Niac, G., 1978. "Balloon Models for Organic Molecules", J. Chem. Educ., 55:303.
- ⁶ Mano, E.B., Oliveira, C.M.F. e Guimarães, P., 1979. "Modelo Macromolecular Estatístico em três dimensões. Como construí-lo", Ciência e Cultura, 31:1161-1164.
- ⁷ Ferreira, A.M.C. e Toma, H.E., 1981. "Ensino da Estereoquímica através de modelos moleculares acessíveis e versáteis", Ciência e Cultura (Resumos), 33:139.
- ⁸ Walton, A., 1969. "The Use of Models in Stereochemistry", Progress in Stereochemistry, vol. 4, Butterworths, London.

é tão antiga que sua invenção era atribuída aos Deuses. Por uma necessidade comercial, a pureza do ouro e da prata, já na antiguidade, era controlada, pesando-se o metal antes e depois de um tratamento térmico. É o primeiro registro de Química Analítica. Há 2600 a.C. já se conhecia um sistema de unidades. Os médicos antigos se preocupavam com o exame da água. A água que fervia mais rápido era considerada de melhor qualidade. A pureza era determinada pela quantidade de resíduo após a destilação. Uma história detalhada da Química Analítica pode ser encontrada no livro de F. Svabadváry¹.

Hoje o analista utiliza instrumentos complexos e sensíveis, necessitando a assistência quase que permanente de técnicos em eletrônica para garantir o funcionamento dos equipamentos. Há analistas que utilizam os instrumentos e os que, ao lado de engenheiros e físicos cuidam do projeto, construção ou aprimoramento. A formação do analista torna-se, assim, cada vez mais multidisciplinar.

2. A Química Analítica no Século XX

O progresso da Química Analítica neste século foi muito maior do que em toda a sua história anterior. Novos pro-