

- ³ Nicholson, R.S.; Shain, I.; *Anal. Chem.*, (1964)36, 707.
⁴ Feldberg, S.W.; "Electroanalytical Chemistry"; Bard, A.J. (Ed.); Dekker, New York (1969) vol. 3,

pp. 199-296.

- ⁵ Nicholson, R.S.; *Anal. Chem.* (1965)37, 351.

- ⁶ Joslin, t.; Pletcher, D.; *J. Electroanal. Chem.*, (1974)49, 171.

EDUCAÇÃO

UMA METODOLOGIA PARA LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DISCIPLINAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA. I. HABILIDADES EXPERIMENTAIS

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

Departamento de Química — UFS Car Caixa Postal 676; 13.560 — São Carlos (SP).

Recebido em 01/07/87; cópia revisada em 28/10/87.

ABSTRACT

A METHODOLOGY FOR SURVEY AND ANALYSIS OF EXPERIMENTAL CHEMISTRY COURSES. I. EXPERIMENTAL SKILLS.

A methodology developed for the analysis of the teaching conditions of experimental chemistry, aiming at its evaluation and improvement at the university level, is reported. Thus, a general table of the skills involved in the different experiments of the experimental courses was elaborated. This procedure permitted to optimize the spending of resources in the acquisition of materials, as well as to detect and remedy deficiencies. The described methodology was applied in the experimental courses of UFSCar's B.Sc. degree in chemistry.

INTRODUÇÃO

Conforme relatado anteriormente¹, verificou-se que um dos indicadores mais prementes das dificuldades de ensino universitário era o que se definiu como "pouca aprendizagem por parte dos alunos". Três categorias de variáveis foram identificadas e vinculadas à qualidade da aprendizagem: as condições de entrada do aluno, as condições institucionais e as condições de ensino na universidade. Análises e propostas de intervenção visando a melhoria do ensino, especificamente de Química, e referentes às duas primeiras categorias foram relatadas em trabalhos anteriores^{2,3}.

As intervenções feitas até o presente momento nas condições de ensino das disciplinas oferecidas pelo De-

partamento de Química da UFSCar⁴⁻⁶ registraram-se quase que exclusivamente ao ensino teórico, visto que o ensino experimental requer um apoio financeiro maior, pelo menos inicialmente. Este apoio tem sido extremamente reduzido, pois a alínea de "Equipamentos e Material Permanente" tem sido contemplada nas Instituições de Ensino Superior Federais com recursos muito baixos, os quais não permitem a aquisição de equipamentos e livros.

Considerando o exposto, faz-se necessário utilizar os poucos recursos disponíveis de maneira o mais otimizada possível, bem como fornecer dados e argumentos que subsidiem propostas de aumentos destes recursos. Assim, este trabalho relata parcialmente uma metodologia de levantamento e análise das condições de ensino de disciplinas experimentais, aplicada ao curso de Química (Licenciatura e Bacharelado) da Universidade Federal de São Carlos-UFSCar. Tal metodologia permitiu obter uma visão global do ensino experimental nestes cursos, bem como uma otimização da aplicação dos recursos (orçamentários e de projeto específico) e uma detecção de problemas que necessitavam ser sanados. Especificamente, relata-se e discute-se o resultado do levantamento das técnicas e habilidades envolvidas nas diferentes disciplinas.

METODOLOGIA E RESULTADOS

Inicialmente, antes de qualquer proposta de intervenção no ensino experimental oferecido pelo Departamento de Química da UFSCar (DQ-UFSCar) deliberou-se pela necessidade de uma coleta de dados que permitisse

uma análise das condições de ensino de cada disciplina experimental (formulação de objetivos, material instrucional, tipos de atividades promovidas, métodos de avaliação, etc.). O procedimento utilizado para a coleta dos dados consistiu em reuniões semanais de duas horas de duração, das quais participaram os autores deste trabalho e professores envolvidos com o oferecimento (nos últimos anos) de cada disciplina que estava sendo analisada.

Nestas reuniões procurou-se responder, para cada disciplina, às seguintes questões:

- a) que tipo de futuro profissional a disciplina atende?
- b) quais os objetivos da disciplina?
- c) qual o objetivo de cada experiência?
- d) para cada experiência, que habilidades o aluno efetivamente adquire?
- e) que dificuldades os alunos apresentam?
- f) que habilidades experimentais o aluno deveria estar adquirindo e não está?

As três primeiras questões estavam relacionadas ao fato de que algumas disciplinas oferecidas pelo DQ-UFSCar para os cursos de Química também o eram para outros cursos. Pretendia-se a partir destas informações caracterizar a adequação de uma dada disciplina para diferentes cursos. No entanto, constatou-se haver, por parte dos professores, grande dificuldade na explicitação de objetivos, o que inviabilizou a premissa. Assim, passou-se, então, à análise das respostas às outras questões, especificamente aquelas referentes às disciplinas dos cursos de Química.

Esta análise foi iniciada pela elaboração de quadros que permitissem identificar todas as habilidades que os alunos dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química deveriam estar adquirindo ao cursarem as disciplinas experimentais oferecidas. A listagem destas habilidades, bem como a frequência com que elas aparecem por experiência, foi feita disciplina por disciplina. O Quadro 1 mostra os resultados obtidos, bem como a frequência total para cada habilidade que o aluno desempenha ao cursar todas as disciplinas experimentais de Química que compõem o currículo dos cursos de Licenciatura e Bacharelado em Química.

Cabe aqui ressaltar que o critério utilizado na determinação da frequência com que uma certa habilidade aparece foi o de sua ocorrência pelo menos uma vez em cada experiência. Assim, se o aluno executa a mesma habilidade diversas vezes em uma mesma experiência, ela foi contada apenas uma vez.

No caso da disciplina Química Orgânica Experimental 2, como ela funciona baseada em projetos individuais (no DQ-UFSCar), só foram especificadas as habilidades que normalmente são necessárias para o desenvolvimento de cada projeto.

O Quadro 1 contém, na realidade, além de habilidades, algumas técnicas, isto é, procedimentos sistemáticos através dos quais certas tarefas complexas são realizadas (em geral, uma técnica envolve, portanto, mais de

uma habilidade). Optou-se por isto para que o quadro de habilidades não ficasse excessivamente extenso. Uma análise mais detalhada disto será relatada oportunamente.

DISCUSSÃO

As respostas dos professores das disciplinas experimentais mais avançadas no curso, com referência às habilidades experimentais que os alunos deveriam estar adquirindo e não estavam (questão f), permitiram caracterizar a falta do domínio de certas habilidades básicas por parte dos alunos (por exemplo, pesagem, titulação, preparo de soluções, etc.). Nestes casos, não era incomum que tal falha fosse simplesmente atribuída à falta do ensino desta habilidade básica em disciplinas anteriores. Conseqüentemente sentiu-se a necessidade de se efetuar um levantamento de todas as habilidades ensinadas em cada uma das experiências das diferentes disciplinas oferecidas pelo DQ-UFSCar; a metodologia empregada e os resultados obtidos foram descritos na seção anterior. Tal procedimento permitiu que se detetasse se efetivamente aquelas certas habilidades básicas eram ensinadas ou não.

Em geral constatou-se que elas eram ensinadas em disciplinas anteriores, levando então à necessidade de verificar se a pouca aprendizagem devia-se ao número de vezes que a habilidade era desenvolvida pelos alunos. Assim, para cada habilidade listada, fez-se um levantamento da frequência (número de experiências) com que a habilidade ocorria em cada disciplina. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios pelos docentes envolvidos com o ensino experimental. Diante desta constatação coube, então, indagar porque os alunos não dominam uma determinada habilidade experimental mesmo após ter realizado diversas experiências nas quais ela aparece. Entre as várias explicações possíveis para isto pode-se citar o fato dos alunos, em geral, trabalharem em duplas, o que permite que ocorra uma divisão de tarefas. Outra que pode ser citada refere-se ao próprio sistema de avaliação que permite, na maioria das vezes, que o aluno consiga a média necessária para aprovação sem que tenha realmente dominado uma determinada habilidade. Estas explicações decorrem das discussões com os professores nas quais ficou claro que o trabalho em dupla e o sistema de avaliação eram comuns à maioria das disciplinas. De qualquer modo, não foi possível determinar com certeza a(s) causa(s) que justificasse(m) a baixa aprendizagem de habilidades que eram repetidamente ensinadas. A busca profunda destas causas implicaria, com certeza, numa interferência no trabalho do professor, o que se evitou por ser uma tarefa complexa.

Uma outra análise possível como decorrência do Quadro de Habilidades montado refere-se à pertinência e à adequação das habilidades ensinadas em cada disciplina e no curso como um todo. Para melhor orientar esta análise, algumas questões complementares à questão f

QUADRO 1

Listagem e respectiva frequência de ocorrência das habilidades experimentais ensinadas nas diferentes disciplinas experimentais do curso de Química da UFSCar (Licenciatura – LQ, e Bacharelado – BQ).

HABILIDADES	DISCIPLINAS											LQ	BQ
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11		
- Pesagem	8	9	1	-	1	1	2	4	-	3	3	22	30
- Utilização de Proveta	4	6	-	-	2	-	1	3	-	2	-	13	17
- Operações c/algarismos sig.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
- Redação de relatório	10	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	16
- Coleta de gás em cuba hidropneumática	1	-	6	-	1	-	-	-	-	-	1	8	9
- Reações em tubo de ensaio	2	2	13	-	6	-	-	7	-	-	-	23	30
- Utilização de pipeta	2	3	-	-	-	-	3	-	-	2	2	8	9
- Preparo de solução a partir de concentrada	1	1	1	-	-	3	2	-	-	2	-	8	11
- Preparo de solução a partir de massa	1	3	1	-	-	3	2	-	-	2	5	10	15
- Padronização	1	1	-	-	-	1	3	-	-	1	4	6	8
- Titulação	1	3	-	-	-	1	3	-	-	2	4	8	11
- Aferição de pipeta	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2
- Recristalização	2	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	3	4
- Filtração a vácuo	2	5	-	-	-	1	-	2	-	-	-	8	10
- Secagem de sólido	2	6	-	-	-	-	-	3	-	-	-	8	11
- Aquecimento com banho maria	2	3	-	-	3	-	1	4	-	2	-	9	14
- Resfriamento com banho de gelo	2	2	-	-	-	-	1	3	-	2	-	5	9
- Aquecimento com bico de Bunsen	2	4	-	-	5	-	-	3	-	-	-	11	14
- Ponto de fusão usando aparelho de Thiele	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	2	2
- Destilação simples	1	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	2	3
- Leitura escala Termométrica	6	1	-	-	-	-	2	-	-	3	1	9	11
- Destilação fracionada	1	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	3	4
- Filtração	-	3	-	-	-	1	-	1	-	-	-	4	-
- Destilação por arraste de vapor	-	1	-	1	-	-	-	-	1	1	-	2	4
- Utilização de funil de separação	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
- Utilização papel indicador	-	1	2	-	4	1	-	1	-	-	-	8	9
- Evaporação em banho maria	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	4
- Utilização técnica de refluxo	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	3
- Cromatografia em camada delgada	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2
- Extração por solvente	-	1	-	5	-	-	-	-	1	-	-	6	7
- Limpeza de vidraria	-	-	14	-	6	3	-	-	-	-	-	23	23
- Preparação de solução por diluição	-	-	1	-	-	3	4	-	-	2	6	8	12
- Sublimação	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1
- Reação em condições anidras	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	2	3
- Manuseio de sódio metálico	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	2
- Destilação a pressão reduzida	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	1	2
- Utilização de evaporador rotativo	-	-	-	7	-	-	-	-	1	-	-	7	8
- Utilização de teste de chama	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	3	3
- Reação de Toque	-	-	-	-	2	-	-	3	-	-	-	2	5
- Centrifugação	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	3	3
- Utilização cadinho	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1
- Evaporação de solução	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1
- Utilização cadinho de Gooch	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
- Secagem em estufa	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
- Calcinação em mufla	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
- Preparo de amostra	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3
- Potenciometria	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
- Condutometria	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	2
- Construir gráficos com escala aritmética	-	-	-	-	-	2	9	-	-	7	8	11	17
- Espectrofotometria	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1
- Leitura de barômetro	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	2
- Densidade por picnômetro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
- Colorimetria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
- Manipular sistema a pressão reduzida	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1
- Manipular sistemas isotérmicos	-	-	-	-	-	-	3	-	-	2	3	3	5
- Construir gráficos com escala(s) logarítmica(s)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	2	1	3
- Utilização de bureta	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1	4	4	5
- Construir gráficos triangulares	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1
- Utilização de ebuliômetro	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1
- Refractometria	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1
- Ponto de solidificação por resfriamento	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	1
- Trituração em almofariz	-	-	-	-	-	-	2	-	-	3	-	2	3

HABILIDADES

DISCIPLINAS

- Medidas de pH	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	1	3
- Anodização	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	2
- Montagem de pilha eletroquímica	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	2	2
- Utilização de voltímetro	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	2	2
- Utilização de cronômetro	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	4	2	4
- Utilização agitador magnético	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	4
- Filtração a quente	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
- Utilização agitador magnético c/aquecimento	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
- Polarimetria	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
- Purificação de solventes	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
- Cromatografia em coluna	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
- Cromatografia analítica	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
- Extração usando separador Dean-Stark	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
- Manipular sistemas adiabáticos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
- Preparar solução saturada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2

Disciplinas:

01. Química Experimental 1 (Geral) – LQ e BQ
02. Química Experimental 2 (Geral) – LQ e BQ
03. Química Inorgânica Experimental – LQ e BQ
04. Química Orgânica Experimental 1 – LQ e BQ
05. Química Analítica Experimental 1 – LQ e BQ
06. Química Analítica Experimental 2 – LQ e BQ
07. Físico-Química Experimental – LQ
08. Química de Coordenação Experimental – BQ
09. Química Orgânica Experimental 2 – BQ
10. Físico-Química Experimental 1 – BQ
11. Físico-Química Experimental 2 – BQ

foram formuladas aos diferentes grupos de professores responsáveis pelas disciplinas experimentais:

- i) As habilidades listadas e que são ensinadas nas disciplinas experimentais de sua área (Química Geral, Química Analítica, Química Inorgânica, Química Orgânica e Físico-Química) satisfazem às necessidades específicas para a formação de um Químico nesta área? E, no curso como um todo, satisfazem para um Químico?
- ii) Que habilidades faltam (ou deveriam ser ensinadas) para a formação do Químico na sua área e no curso como um todo?

As respostas coletadas permitiram concluir que, em geral, as habilidades são adquiridas e satisfazem às necessidades. Entretanto, detetou-se algumas deficiências. Por exemplo, na área de Físico-Química, a ausência de habilidades relativas a técnicas de alto-vácuo e eletrônica, espectroscopia, química nuclear e de superfície. Na área de Química Orgânica: técnicas de cromatografia gasosa e de coluna. Na área de Química Inorgânica: técnicas relacionadas à caracterização de substâncias por espectroscopia; etc.

Cabe ressaltar que os resultados relatados neste trabalho foram obtidos a partir do desenvolvimento de um projeto voltado especificamente para a melhoria do ensino experimental no DQ-UFSCar⁷. Neste contexto, à medida que deficiências no ensino de algumas habilidades foram detetadas (por falta de equipamento adequado, ensino improvisado ou inexistente), procedeu-se

à aquisição imediata do equipamento necessário. Isto ocorreu, por exemplo, com as seguintes habilidades: manuseio de evaporadores rotatórios e de banhos termostatizados, e determinação espectrofotométrica de concentração. Esta estratégia foi responsável, em parte, pelo grau de satisfação manifestado pelos professores quanto às habilidades experimentais ensinadas no curso, conforme relatado acima.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia relatada neste trabalho permitiu que se colhesse dois resultados principais: um relacionado à otimização de recursos e outro à melhoria do ensino experimental.

Quanto à otimização dos recursos orçamentários, a metodologia permitiu que material somente fosse adquirido após indicação de necessidade a partir da definição de uma habilidade a ser ensinada. Tal abordagem vincula a aquisição de equipamentos a objetivos de ensino e não o inverso, como por vezes ocorre.

Quanto à melhoria do ensino propriamente dito, a metodologia utilizada permitiu detetar deficiências, sanadas em sua maioria. Estes resultados foram obtidos a partir de reuniões em que foram analisados os quadros gerais de habilidades. Mudanças e introdução de novas habilidades foram decididas por consenso.

Ressalta-se que a melhoria obtida refere-se a objetivos de ensino definidos como habilidades cujo domínio por um químico é desejável.

A avaliação global do ensino experimental não se limitou unicamente à análise de habilidades em função de objetivos de ensino. Também envolveu uma análise de conteúdos, cujos resultados serão relatados oportunamente.

Finalmente, quanto à aplicabilidade e/ou limitação da metodologia aqui relatada, entende-se que a mesma poderia ser aplicada em diferentes instituições. Entretanto, a metodologia relatada exige o envolvimento de um grande número de professores dispostos a colaborar fornecendo informações e participando de reuniões. Um dos fatores que poderia inibir esta participação, conforme detetado durante o desenvolvimento do trabalho, é a preocupação de alguns professores com possíveis interferências no seu trabalho de ensino. No presente caso, isto foi superado principalmente em decorrência da existência de verbas para sanar as deficiências que fossem detetadas.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à CAPES pelo apoio financeiro oferecido ao "Projeto de Melhoria do Ensino Experimental (em nível de 3º Grau)" através dos Convênios PI-438/CAPES/PADCT-56/84, PI-97/CAPES/PADCT-59/86 e PI-325/CAPES/PADCT-179/86. Agradece-se

também aos diversos professores do DQ-UFSCar que estiveram envolvidos nas atividades do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ¹ Nogueira, J.C.; Silva, R.R.; Rocha-Filho, R.C.; Hartwig, D.R.; Dal Pian, M.C.; Tunes, E.; De Rose, J.C.C.; Bori, C.M.; De Rose, T.M.S.; *Química Nova* (1981) 4, 44.
- ² Senapeschi, A.N.; Mendes, A.M.; Rodrigues, M.A.; Bocchi, N.; Silva, R.R.; Rocha-Filho, R.C.; *Ciência e Cultura* (1985) 37, 1397.
- ³ Silva, R.R.; Marques, C.M.P.; Senapeschi, A.N.; Rocha-Filho, R.C.; *Química Nova* (1986) 9, 173.
- ⁴ Batista, A.A.; Bocchi, N.; Silva, R.R.; *1º Encontro Nacional de Ensino de Química*, Campinas-SP (1982); Livro de Resumos, p.42.
- ⁵ Senapeschi, A.N.; Rodrigues, R.M.B.; Moraes, E.M.; *35ª Reunião Anual da SBPC*, Belém-PA (1983); Resumo 13-D.2.6.
- ⁶ Silva, R.R.; Botomé, S.P.; Souza, D.G.; *Química Nova* (1986) 9, 80.
- ⁷ Senapeschi, A.N. (Coordenador); "Projeto de Melhoria do Ensino Experimental (em nível de 3º Grau)"; CAPES/PADCT, Processo nº 0396/85; São Carlos-SP (1985/87).

REVISÃO

CATÁLISE POR TRANSFERÊNCIA DE FASE

Ernesto S. Lang e João V. Comasseto

Instituto de Química — USP C. Postal 20780; 01000 — São Paulo (S.P.).

Recebido em 24/03/87; cópia revisada em 04/11/87

I — INTRODUÇÃO

A expressão "catálise por transferência de fase" foi introduzida por Starks em 1971¹ e engloba atualmente uma série de processos diferentes, envolvendo mecanismos de ação diversos. No entanto, todos eles tem em comum a reação entre um reagente de uma fase líquida com substrato de outra fase líquida (CTF-LL) ou entre um reagente de uma fase sólida com um substrato de uma fase líquida (CTF-LS). Em ambos os casos ocorre um sensível aumento na atividade do reagente, devido à presença de um catalisador. O catalisador de transferência de fase acelera a reação entre o reagente iônico da fase aquosa e os substratos orgânicos insolúveis em água presentes no solvente orgânico. A função do catalisador é a de transferir os ânions da fase aquosa para a fase orgânica, na forma de pares iônicos. Na fase orgânica os ânions estão praticamente livres (não solvatados) e conseqüentemente muito reativos. O exemplo clássico é a reação entre cianeto de sódio aquoso e n-bromo octano:

Agitando-se sob aquecimento a mistura bifásica por vários dias não se observa reação a um nível perceptível. Entretanto, se adicionarmos quantidades catalíticas de brometo de tetrabutylamônio ao sistema, a reação se completa em poucos minutos.

Neste ponto gostaríamos de chamar atenção para o fato de que, embora o grande desenvolvimento desta técnica tenha se dado nas décadas de 60-70, já em 1926 foram feitas na literatura químicas referências a esse tipo de catálise⁴.

Nesta discussão vamos nos limitar à catálise envolvendo sais de ônio e éteres coroa, já que os mesmos são os catalisadores de transferência de fase mais utilizados em síntese orgânica.^{2,3,5} Analisaremos os vários fatores que determinam a escolha de um catalisador, substrato e solventes num processo em condições de transferência de fase.

As reações mais amplamente estudadas, e também utilizadas, são as que tratam da ativação de ânions envolvidos em reações de substituição nucleofílica bimole-