

manda pode ser explicada pelo ressurgimento da Química Analítica em anos recentes, provocado pelo estudo de problemas multidisciplinares, como os de bioinorgânica e meio ambiente e pelas novas técnicas físico-químicas de análise que tem possibilitado a determinação de quantidades de elementos e compostos cada vez menores. Mesmo assim, hoje nos Estados Unidos<sup>3</sup>, apesar da queda na oferta, 13,2% dos doutores em química são analíticos, enquanto que em 1970 a percentagem era de apenas 7,2%.

## ASSUNTO GERAL

## A QUÍMICA ANALÍTICA NA FORMAÇÃO DO QUÍMICO

Paschoal Ernesto Américo Senise

*Instituto de Química da Universidade de São Paulo  
Caixa Postal 20.780 - São Paulo*

(Recebido em 14/09/82)

Pediram-nos que falássemos sobre a Química Analítica na formação do químico e ficamos a pensar qual o motivo da solicitação. Parece-nos que diverso seria o sentido se a indagação dissesse respeito à importância da Físico-Química ou, eventualmente, da Química Inorgânica ou Orgânica na formação do químico.

Acreditamos que, em seu bojo, a pergunta encerre algumas dúvidas e reflita a preocupação de muitos com relação a esse campo de estudo e atividade na área da química, sobre cujo papel tem havido discrepâncias de opiniões, em decorrência das quais a atenção que tem merecido tem sido também bastante diversificada. Referimo-nos, principalmente, aos pontos de vista distintos quanto ao lugar e à extensão que a disciplina deva ocupar em currículos de estudo e quanto à própria necessidade de formação do químico analítico através de programas de pós-graduação.

Pareceu-nos, assim, que, embora com alguma liberdade no tratamento do tema proposto, esses dois aspectos essenciais poderiam ser abordados nesta oportunidade.

Com a ressalva de que a subdivisão da química em quatro grandes áreas é reconhecidamente artificial, desejamos referir-nos à redução do ensino da assim chamada Química Analítica clássica, em particular ao da Química Analítica Qualitativa, às vezes até completamente eliminada do currículo, que começou a ocorrer, principalmente nos Estados Unidos, na década de 40, com base na idéia de que os conhecimentos científicos fundamentais e o desenvolvimento da instrumentação reduzem a análise química a uma tarefa preponderantemente técnica e rotineira e, portanto, a obtenção de dados analíticos poderia ser feita por químicos e por outros cientistas ou profissionais, para a condução e interpretação de seus trabalhos, dispensando em consequência o treinamento mais profundo e extenso nesse setor.

I.M. Kolthoff, merecidamente reconhecido como um dos pais da Química Analítica moderna, procurou, mercê de ingentes esforços, imprimir bases verdadeiramente científicas a esta área, dando particular atenção aos fundamentos físico-químicos, para tirá-la do empirismo em que permaneceu por muito tempo. Pois foi o próprio Kolthoff que, em 1949, alertava para o movimento que vinha se formando, já àquela altura, contra o cultivo da disciplina e para as sérias consequências de uma conceituação errônea do papel do químico analítico ao se superestimar a instrumentação como recurso simples e suficiente por si mesmo. Acentua-

Espera-se que o engano americano em relação à Química Analítica sirva de exemplo às universidades brasileiras.

## Referências

- <sup>1</sup> F. Svobadavý, *History of the Analytical Chemistry*, Pergamon Press, 1966.
- <sup>2</sup> R.R. Brooks e L.E. Smythe, *Talanta*, 22, 495-504, 1975.
- <sup>3</sup> *Chemical & Engineering News*, Sept. 7, p. 55, 1981.

va ele que, sem apoiar-se em estudos sistemáticos e no conhecimento das propriedades das substâncias, sob o aspecto químico, físico ou biológico, a Química Analítica ficaria realmente relegada a plano secundário e não teria o desenvolvimento científico adequado, em detrimento do progresso da própria química.

Mas, de fato, a tendência a deixar de certa forma de lado a Química Analítica se intensificou e as consequências preconizadas por Kolthoff, assim como por outros eminentes cientistas, infelizmente vieram a se concretizar.

Assim, quando em solenidade realizada em dezembro de 1969 tivemos oportunidade de nos referir à advertência de Kolthoff, também mostramos como vinte anos mais tarde já existia preocupação nos Estados Unidos quanto à orientação que havia sido adotada e à necessidade de providências no sentido de corrigir a situação criada. Este fato era evidenciado pela carência de profissionais com capacidade para resolver problemas que a sociedade começava a enfrentar em escala crescente e, como exemplo significativo dessa escassez, citávamos nota do *Chemical & Engineering News* de março daquele ano (1969), comentada por H. Laitinen em agosto, chamando a atenção para a grande falta de químicos analíticos com doutoramento e pela procura inusitada da parte de universidades de alta reputação no campo da química, de docentes na área analítica, onde o número de vagas se apresentava grande e não conseguia ser preenchido.

Na ocasião dizíamos textualmente, referindo-nos à situação americana: "muitas universidades, inadvertidamente, talvez, aceitaram a imagem da Química Analítica criada pelo trabalho de rotina do analista e se descuidaram de cultivar a atividade criadora neste campo" e prosseguíamos: "o fato de se ensinarem as bases físicas ou físico-químicas com que operam os instrumentos, cada vez mais aperfeiçoados e empregados para colher dados analíticos, ou mesmo dos fenômenos aproveitáveis, por várias vias, para a obtenção de tais dados, deu talvez a impressão de suficiência para se alcançarem os objetivos que se pretendem atingir com a análise e se subestimou, em alguns casos, o estudo da metodologia".

Nestes doze anos e meio que se passaram, o que se pôde observar foi o progressivo, embora lento, reconhecimento dessa falha e o esforço envidado para estimular a formação de especialistas em Química Analítica, como procuraremos mostrar adiante.

É claro que se este objetivo é perseguido pelo incentivo aos programas de pós-graduação na área, não deixa de ser verdadeiro que o próprio tratamento e importância prestados à disciplina, ao nível de graduação, terá influência para despertar ou não o interesse do aluno na escolha de seu caminho futuro.

É forçoso reconhecer, como já afirmamos várias vezes, que a tarefa de organizar um currículo de estudos, ao nível de graduação, se tornou extremamente difícil, em virtude da enorme rapidez com que têm evoluído os conhecimentos científicos e a variação no grau de importância que tais conhecimentos sofrem em decorrência dessa própria evolução e de outros fatores variados, entre os quais condições de desenvolvimento e características nacionais ou regionais. Constitui, assim, preocupação contínua saber que alterações devem ser feitas no conteúdo curricular e na maneira de transmitir a matéria. Também afirmamos com frequência que não há um só caminho para ensinar química com eficiência, mas ao contrário, que pode haver várias opções para atingir a mesma meta.

Consideradas essas premissas e independentemente de peculiaridades locais que não podem ser deixadas de lado, o que sempre se busca conseguir, evidentemente, é um ensino verdadeiramente formativo, em que o estudante seja estimulado a pensar, a raciocinar com base nos conhecimentos que vai adquirindo e a desenvolver a sua capacidade criativa.

Não há dúvida de que, quando *bem ensinada*, a Química Analítica clássica pode ter papel relevante na perseguição desse objetivo e, embora tenha sido muitas vezes relegada a um segundo ou terceiro plano e até mesmo suprimida pelo fato de não encontrar mais aplicação direta na vida prática, é principalmente a Química Analítica Qualitativa que pode desempenhar, sob o aspecto pedagógico, esse grande papel. Ministrada convenientemente, ela coloca o iniciante perante problemas que devem ser atacados com postura científica. Encontra-se o estudante, desde o começo, diante do desconhecido, cumprindo-lhe assim realizar pequenas pesquisas que aguçam a sua capacidade de observação e estimulam o seu espírito crítico, ao mesmo tempo que lhe permitem raciocinar com os seus próprios achados e começar a correlacioná-los com os princípios básicos que governam as reações. E — o que é sumamente importante — à medida em que o ensino progride e a pesquisa experimental vai se tornando mais ampla, a sua própria natureza sistemática exige o uso contínuo dos conhecimentos anteriormente hauridos, que vão se tornando cumulativos e o trabalho repetitivo vai contribuindo para uma efetiva assimilação, que aos poucos permite chegar ao que poderíamos chamar de uma certa "sensibilidade" química perante fenômenos e problemas novos.

Claro é que para que se alcancem tais resultados é preciso saber conduzir apropriadamente o aprendizado, mas, na verdade, a disciplina oferece ao professor excelentes oportunidades para estimular e desenvolver esse exercício mental e imprimir características inteiramente racionais ao ensino. É forçoso convir que para cumprir essa tarefa é preciso dispor de tempo, isto é de carga horária razoável que, infelizmente, parece ter sido difícil conseguir manter, nos últimos anos, na programação já sobrecarregada, na maioria das instituições. É este fato, aliás, que é mais frequentemente

invocado nos Estados Unidos para explicar a eliminação da disciplina do currículo.

Não obstante, ainda em 1980, vamos encontrar Laitinen dizendo a certa altura: "é uma pena que os químicos modernos frequentemente não avaliem o potencial do tubo de ensaio, da placa de toque e do microscópio para respostas rápidas e simples quando elas são suficientes" (Anal. Chem., 52 (6) 605 A (1980)).

Insistimos em afirmar que não pretendemos seja esse o único meio para atingir o alvo apontado; pode, evidentemente, haver outros também eficientes, mas a nossa experiência nos tem mostrado que, quando bem manejada, a Química Analítica Qualitativa se constitui em ferramenta didática poderosa para o ensino da química, sendo testemunhas desta afirmação muitos antigos alunos que, embora em seu trabalho profissional nunca tenham feito uso de provas ou procedimentos específicos de identificação aprendidos nos bancos escolares, declaram espontaneamente dever muito de seu êxito ao tipo de treinamento recebido no curso de Química Analítica Qualitativa.

Evidentemente, a Química Analítica Quantitativa também oferece campo propício para a melhor compreensão e assimilação de conceitos fundamentais e o faz já de uma forma mais rigorosa, justamente por lidar com dados numéricos e poder, portanto, acentuar a importância da avaliação de resultados no estudo de fenômenos como os de equilíbrios em solução, processos de oxidação-redução, cinética de reações, etc. É de notar, que mesmo com o advento e o refinamento da instrumentação, tem havido certo empenho em manter o ensino de técnicas tradicionais de análise quantitativa nos currículos, pelo reconhecimento generalizado da necessidade e importância da sua utilização e, em parte por sua simplicidade, em muitos campos de trabalho até mesmo fora da química.

Tanto a Química Analítica Qualitativa como a Quantitativa podem, pois, contribuir de maneira apreciável para o aprendizado racional da química. Atente-se, por exemplo, para a importância das condições do meio de trabalho, tendo em vista como o emprego adequado dos procedimentos analíticos quali e quantitativos dependem desse condicionamento, a ponto de se poder chegar a mudar o curso de reações pela variação e controle de diferentes fatores. Ensinaamentos preciosos nesse sentido foram proporcionados em abundância por Fritz Feigl, em sua extraordinária obra sobre a análise de toque, que revelaram a químicos inorgânicos e orgânicos possibilidades de tipos de reações e mecanismos que nunca haviam sido por eles previstos. Tanto do ponto de vista qualitativo como do quantitativo o procedimento passa a ter destaque e aprende-se assim que ele é parte integrante do processo químico.

Mesmo com a introdução crescente dos métodos instrumentais, a Química Analítica pode desempenhar papel relevante, não apenas no ensino de técnicas, mas também enfocando aspectos fundamentais que coloquem o problema químico em evidência e assim contribuam para preparar o estudante a reconhecer as limitações inerentes a um determinado método e a identificar o sistema ao qual o método possa ser aplicado.

Se olharmos agora para o químico analítico, veremos que o estudo aprofundado que conduz à formação do químico

mico especializado em Química Analítica se efetiva pelo treinamento pós-graduado e, conseqüentemente, com a pesquisa inovadora na área, pesquisa essa que é principalmente metodológica.

Da formação do químico analítico, como dissemos, tem se descuidado durante algum tempo, principalmente nos Estados Unidos, onde também passou a ser mais sentida a falta desse tipo de especialista. É por isso que tentaremos focalizar em particular a situação americana, mostrando os esforços que têm sido feitos nas últimas décadas para melhorar o quadro existente, em função do papel que cabe ao químico analítico no contexto da química moderna.

Como é sabido, a partir de certa época, após a segunda guerra mundial, foi se tornando cada vez mais premente a necessidade de dispor de métodos de caracterização e medida de maior sensibilidade, seletividade, rapidez, precisão e exatidão, bem como do aumento crescente de informações mais amplas e pormenorizadas.

O reconhecimento da importância da presença de traços de elementos ou outras espécies, nos mais variados meios, em escala que anteriormente nem sequer poderiam ser percebidos, foi um dos fatores determinantes da mudança de atitude. Em outras palavras, a evolução dos problemas analíticos, que foram se tornando cada vez mais complexos, exigiu também a evolução dos métodos, fato que requer pesquisa e treinamento adequado.

Começou assim, nos Estados Unidos, a acentuar-se a preocupação com o estímulo ao interesse por estudos pós-graduados em Química Analítica e a conseqüente formação de maior número de químicos analíticos.

Muito ilustrativos, nesse sentido, são vários editoriais publicados nos últimos anos por H. A. Laitinen, que durante muito tempo e até fins de 1979 foi Editor de "Analytical Chemistry", bem como artigos e dados divulgados principalmente por essa mesma revista. Parece-nos, pois, bastante interessante e oportuno fazer referência a alguns deles, até transcrevendo trechos que se nos afiguram mais significativos.

Assim, em agosto de 1978, Janet Osteryoung (Anal. Chem., 50 (9) 849A (1978)) mostrava a variação de crescimento dos docentes de Química Analítica em instituições com programas de pós-graduação nos Estados Unidos e Canadá e concluía, pelo levantamento feito, que no período de 1971 a 1977 "houve pronunciado aumento de químicos analíticos em departamentos dedicados à pós-graduação, sendo o crescimento maior do que o de todos os docentes de química e observado em todos os tipos de instituições". O levantamento conduzido com rigorosos critérios de seleção, para evitar a inclusão de escolas que no período considerado tivessem passado por reestruturações substanciais, branqueou 195 instituições. Dos dados apresentados vale destacar que, entre 1971 e 1975, o número total de docentes foi acrescido de 82 professores, dos quais 49, ou seja, 60% de Química Analítica, ao passo que de 1975 a 1977 o aumento foi de 50 membros docentes, 34 dos quais de Química Analítica, ou seja 68% do total. Note-se que a pressão no sentido do aumento de docentes de Química Analítica foi respondida praticamente com a mesma intensidade, quer por instituições em expansão, que por outras em situação financeira mais difícil.

Laitinen no mesmo número da revista (Anal. Chem., 50 (9) 852A (1978)) reporta-se ao levantamento publicado em "Science", também em 1978, sobre programas de doutoramento em três campos distintos, química, história e psicologia, cobrindo 25 instituições e, referindo-se aos índices de avaliação que se apresentam bastante uniformes nas várias áreas ou sub-áreas de cada um desses campos, cita especificamente que nos departamentos de química existe, em geral, estreita relação entre os diferentes setores quanto ao desempenho de seus professores, com marcante exceção para a Química Analítica em que os índices são bem mais baixos. Acentua, porém, que das 25 instituições consideradas, 4 classificadas em nível global bastante alto mostraram baixo rendimento em Química Analítica. Se esses 4 departamentos fossem omitidos no estudo estatístico, chegar-se-ia a um índice bem mais próximo do obtido para as demais áreas. A falta de adequada correlação entre a qualidade global e a da área de analítica, diz Laitinen, não constituiria motivo de preocupação se não fosse que os departamentos conhecidos como de alto nível geral, mas fracos em programas de pós-graduação em Química Analítica, não tendessem a ser tomados como modelos por escolas menores em desenvolvimento. Lamentando tal situação tece considerações de ordem mais geral, algumas das quais procuraremos aproveitar e resumir.

A pesquisa em Química Analítica, que é a que se ocupa com o avanço da metodologia, pode ser ignorada quando o investigador de outras áreas se satisfaz com o "status quo", ou seja, confia que o progresso resulte do trabalho de outros.

A Química Analítica moderna é uma área complexa em que se entrelaçam conhecimentos de várias disciplinas e, portanto, para o seu progresso podem contribuir químicos de diferentes especialidades, assim como os químicos analíticos podem prestar significativas contribuições para outras áreas da química com sua metodologia.

Mas não é pelo simples fato, acentua Laitinen, de um químico orgânico ter adquirido experiência na interpretação de espectros de infravermelho, espectroscopia de massa ou ressonância magnética nuclear, para a identificação de estruturas, que pode ser qualificado de químico analítico. Adicionaríamos, de nossa parte, que o químico orgânico citado estaria apenas usando, de forma legítima aliás, uma ferramenta de trabalho que aprendeu a usar convenientemente para a referida finalidade, mas não se envolve com os problemas de aperfeiçoamento dos métodos e às vezes nem mesmo com a sua melhor adaptação aos objetivos de sua pesquisa.

O químico analítico deve, pelo menos, ter o conhecimento ou a capacidade de compreensão de várias diferentes abordagens de um problema e a sua contribuição consiste então na escolha do método ou do conjunto de métodos mais adequados para a solução eficiente do problema.

Não queremos dizer que um químico orgânico não possa vir a tornar-se, eventualmente, eficiente químico analítico, como também pode ocorrer o inverso e certamente não faltarão exemplos.

Interessante resenha é a publicada em maio de 1980, por Garry A. Rechnitz (Anal. Chem., 52 (6) 611A (1980)) em que são comparados dados de 1960 com os de 1980, den-

tre os quais alguns podem ser apontados.

Em 1960 havia 125 instituições nos Estados Unidos que conferiam o grau de Ph.D. em química, número este que passou para 184 em 1980, havendo, respectivamente, 244 e 424 professores de Química Analítica. Apesar da porcentagem em relação ao total de docentes ter permanecido praticamente a mesma (10,4 e 10,8% respectivamente) houve considerável aumento do número de doutorados em Química Analítica, passando de 55, em 1960, para 182 em 1980, valores que percentualmente correspondem a 5,0 e 11,9% do total, enquanto a porcentagem de docentes de Química Analítica, responsáveis por um ou mais Doutores nos últimos dois anos, subiu de 29 para 40%. Quanto a publicações, verificou-se que a produção média anual desses docentes foi de 1,3 e 3,4, ao passo que a porcentagem de professores que deixaram de publicar nos últimos dois anos caiu de 36 para 19%. O estudo, segundo o autor, evidencia que o crescimento da produtividade é muito mais resultado de participação mais ampla e maior esforço do que consequência de simples crescimento relativo (Tabela 1).

TABELA 1

QUÍMICOS ANALÍTICOS EM  
UNIVERSIDADES AMERICANAS  
1960-1980

	1960	1980
Nº de Deptos que concederam Ph.D	125	184
Nº de docentes de Q. Anal.	244	424
Nº médio por Depto.	1,8	2,3
Porcent. do total dos docentes	10,4	10,8
Nº de Ph.D.s em Q. An. formados por ano	55	182
Porcent. do total de Ph.D.s em química	5,0	11,9
Porcent. de docs de Q. Anal. respons. pela formação de 1 ou mais Ph.D.s nos dois últimos anos	29	40
Nº médio anual de publicações por docente de Q. Anal.	1,3	3,4
Porcent. de docentes de Q. An. que não publicaram trabalhos nos últimos 2 anos	36	19

(G.A. Rechnitz, Anal. Chem., 52 (6) 611A (1980))

Já em novembro de 1981 (Anal. Chem. 53 (13) 1475A (1981)), Stuart Borman, Editor Associado de "Analytical Chemistry" focaliza trabalho de T. J. Logan apresentado em simpósio realizado em agosto do mesmo ano em Reunião Anual da American Chemical Society, em que o autor aponta o declínio praticamente constante do número de Ph.D.s formados a partir de 1970 nos Estados Unidos, salientando, porém, o aumento dos que obtiveram o grau em Química Analítica. Em 1970 foram conferidos 2200 títulos de Ph.D. em química, ao passo que em 1979 apenas 1518 (31% a menos) e as estimativas indicariam para os anos seguintes maior decréscimo, que levaria a apenas 1300 em 1989. O número de doutoramentos em Química Analí-

tica de 1975 a 1979 aumentou sempre, com média anual de crescimento de 7,2% (Tabela 2).

TABELA 2

DOUTORADO EM QUÍMICA NOS ESTADOS UNIDOS

	1970	1979	(Estimativa) 1989
Nº de Ph.D.s formados	2200	1518 (-31%)	1300

DOUTORADO EM QUÍMICA ANALÍTICA  
NOS ESTADOS UNIDOS

Ano	Nº de Ph.D.S formados	Nº cumulativo de Ph.D.s desde 1942	Crescimento anual do nº cumulativo de Ph.D.s,%
1975	142	2208	6,9
1976	152	2360	6,9
1977	174	2535	7,4
1978	178	2712	7,0
1979	207	2919	7,6
		Média =	7,2

(S.A. Borman, Anal. Chem., 53 (13) 1475 A (1981)).

Diga-se de passagem, que a diminuição geral é atribuída, entre outros fatores, à carreira mais lucrativa que passou a existir para os Bacharéis (B.S.) e à falta de interesse de muitos estudantes ao término da graduação de permanecer por mais quatro anos na universidade e portanto fora do mercado de trabalho, pois acreditam que podem progredir mais junto a uma boa empresa durante esse lapso de tempo. Situação de certa forma surpreendente, que se assemelha à que ocorre em nosso país.

Admitindo, segundo Logan, que a taxa média de aumento de Ph.D.s em Química Analítica continue a ser de 7,2% ao ano e que a atual relação, de 13,1%, de novos doutoramentos nessa área sobre o total dos vários campos da química seja mantida, haverá grande escassez de Doutores em Química Analítica nesta década. Mesmo que essa estimativa não venha a se concretizar, não se pode deixar de considerar, que a maior demanda em função da oferta já vinha provocando, em 1981, aumentos de salários a ponto de, segundo suas palavras, "algumas empresas estarem pagando prêmios para Doutores em Química Analítica". Mas o restabelecimento do equilíbrio oferta-demanda não pode ser alcançado somente por meio de reajustes salariais, simplesmente porque ainda não há disponibilidade suficiente de professores de Química Analítica que possam preparar Ph.D.s na proporção que seria necessária. Assinala Logan: "há presentemente 97 vagas docentes que não foram preenchidas", e refere-se às dificuldades para atrair para as universidades os recém-doutorados em Química Analítica, ao contrário do que acontecia há uma quinzena de anos, não ape-

nas em decorrência da remuneração, mas também por vários outros fatores que levam a preferir o emprego industrial. Na verdade, porém, havendo falta de tais químicos também para suprir a indústria (Logan menciona que em 1981 uma grande companhia não conseguiu contratar nenhum químico analítico para as 8 vagas de que dispunha), os esforços devem ser redobrados para estimular ainda mais o fluxo aos estudos pós-graduados em Química Analítica.

Nesse sentido, parece-nos oportuno salientarmos interessante iniciativa surgida em reuniões de que participaram 10 representantes da indústria americana e 10 professores universitários de Química Analítica, todos preocupados com o problema da escassez de químicos analíticos de alta qualificação. O grupo que se reuniu pela primeira vez no Allerton Conference Center, em Illinois, em fins de abril de 1981 e passou a ser conhecido como grupo de Allerton, procurou formular propostas que pudessem levar maior número de estudantes aos programas pós-graduados de Química Analítica, bem como a tornar mais atraente a carreira acadêmica nesta área. Primeiramente os componentes do grupo elaboraram uma lista de 20 sugestões que, em uma segunda reunião, em meados de julho, condensaram em 5 itens básicos, sobre os quais desenvolveram planos de ação. Quase de imediato, porém, resolveram instituir um prêmio de US\$ 5,000, patrocinado por duas indústrias, destinado ao Departamento de Química universitário que apresentasse o melhor plano com vistas ao aumento do número de estudantes pós-graduados em Química Analítica (Anal. Chem., 53 (12) 1290A; (13) 1969 (1981); Chem. Eng. News, 59 (38) 18 (1981)).

Conforme relatado no número de abril do corrente ano (Anal. Chem. 54 (4) 548A (1982)), 42 departamentos concorreram, saindo vencedor o plano do Departamento de Química da Universidade de Pittsburgh, o qual instituiu uma competição entre alunos que apresentem proposta (1-2 páginas no máximo) em que seja identificado um problema científico cuja solução envolva Química Analítica. Os alunos selecionados, de 20 a 30, serão convidados para um fórum de debates na Universidade, em que ouvirão palestras de especialistas acadêmicos e da indústria, aos quais apresentarão as suas idéias para discussão e melhor orientação quanto ao seu aproveitamento.

Os autores do plano de Pittsburgh objetivam fazer com que o estudante se convença de que é capaz de identificar problemas importantes cuja solução dependa da Química Analítica e que as suas propostas podem merecer a atenção dos profissionais deste campo. Acreditam eles que o estudante poderá sentir-se já como integrante de uma área para a qual tem condições de vir a contribuir.

Se nos estendemos nesses relatos e considerações referentes à situação americana foi justamente para mostrar como foram profundas as conseqüências de uma orientação tomada dentro de ponto de vista aparentemente bastante pragmático, mas que acabou levando a decisões rígidas, às vezes por mero espírito de imitação, e a juízos nem sempre resultantes de reflexões amadurecidas.

A imagem distorcida que se formou da Química Analítica ficou difícil de ser mudada, mesmo após algumas décadas e até em um país em que a ciência e a tecnologia, em geral, e a química, em particular, têm se mantido em situação de

vanguarda.

É claro que para devolver à Química Analítica a importância que lhe cabe no contexto geral da química, bem como para dar ao químico analítico o mesmo "status" que se reconhece aos que se dedicam a outras áreas, é preciso que se considere devidamente a evolução do trabalho analítico em profundidade, suas metas e tendências na época atual.

Por sua própria natureza, a Química Analítica pode ser considerada uma ciência aplicada, fato que poderia levar a crer que pouca ou nenhuma pesquisa básica seja necessária desenvolver nesta área. À parte o reconhecimento, já generalizado, de que não há propriamente linha divisória entre pesquisa básica e pesquisa aplicada (sempre em se falando de verdadeira ciência), há uma diferença de metas quando se busca a ampliação de conhecimentos e quando se persegue um objetivo específico. Em ambas as hipóteses o trabalho pode enriquecer a Química Analítica, desde que conduzido com postura científica.

Como é sabido, quantas pesquisas que levaram a achados de relevância analítica foram realizadas sem nenhuma intenção de proporcionar dados analíticos, ao mesmo tempo que o aperfeiçoamento de técnicas analíticas muitas vezes forneceu os meios indispensáveis para o desenvolvimento de investigações experimentais mais abrangentes.

A pesquisa básica, que leva à descoberta de novos princípios ou ao conhecimento em maior profundidade de algo que ainda é passível de melhor compreensão, é a modalidade de trabalho que encontra, nas universidades o ambiente mais propício para a sua realização. Além de se prestar mais adequadamente para a tarefa formativa do estudante, faz com que dela surjam de maneira racional as aplicações analíticas. É, ademais, um tipo de treinamento que educa também a enfrentar problemas analíticos específicos evitando o empirismo e procurando sempre, com atitude natural, apoio em princípios fundamentais.

Não esqueçamos ainda, como já foi mencionado, que a Química Analítica é um campo extraordinário de convergência do trabalho multi-disciplinar e é, pois, cada vez mais importante que o químico analítico se mantenha pelo menos atento ao que ocorre não só em outras áreas da química como também em vários outros setores da ciência e da tecnologia. Muitas das limitações que existiam há alguns anos desapareceram ou se tornaram bem menores graças ao aproveitamento de conhecimentos provenientes de outros campos ou então que ficaram, muitas vezes, relegados ao esquecimento por falta de estímulos de vários tipos.

Estas considerações levam-nos de volta a Laitinen, em particular a uma das suas últimas manifestações como Editor de "Analytical Chemistry" em novembro de 1979 (Anal. Chem., 51 (13) 2065 (1979)) e ao seu discurso de laureado pela Society of Analytical Chemists de Pittsburgh, "Química Analítica em um mundo em transformação", publicado em forma condensada em maio de 1980 (Anal. Chem., 52 (6) 605A (1980)).

Dando uma série de exemplos ilustrativos, Laitinen enfatiza as novas tendências da Química Analítica moderna ao dizer que, no passado, o analista procurava fornecer a composição média de uma amostra em termos percentuais de seus elementos ou compostos. Apesar de que este trabalho limitado ainda se faz hoje, na verdade as possibilidades da

Química Analítica aumentaram e se aprimoraram de tal maneira, que as exigências passaram a ser correspondentemente muito maiores. A primeira mudança natural ocorreu frente ao crescente aumento dos limites de detecção e determinação de elementos e compostos (conforme já mencionamos). Mas tão logo os novos métodos mostraram-se capazes de proporcionar informações sobre estado de oxidação, estrutura cristalina, estado de coordenação, etc. estes dados também passaram a ser exigidos.

Outra tendência se desenvolveu no sentido do exame direto de sistemas complexos, como, por exemplo, fluídos biológicos ou extratos de solos para estudos ambientais. Métodos tradicionais geralmente levam à destruição da amostra e, conseqüentemente, à de boa parte da informação nela contida. Um bom exemplo é a determinação de cálcio no plasma sanguíneo. Assim, a possibilidade da medida direta da atividade iônica do cálcio, conjuntamente com a determinação convencional do cálcio total é de grande interesse para fins clínicos.

Torna-se claro que cresceu a necessidade de se usar uma adequada combinação de métodos em lugar de um só, para a solução de um dado problema. Várias observações, cada uma de per si relativamente não seletiva, podem ser combinadas para dar informação de valor específico. Nesse sentido, Laitinen recorre à analogia com o diagnóstico médico que depende de um conjunto de observações.

A diferença essencial de orientação da Química Analítica moderna e o que se espera dela ressalta do fato de que a análise passa a ser aplicada muito mais ao problema do que à amostra. Ao definir esta nova tendência, Laitinen pondera que, sem negligenciar a grande importância da amostragem no processo analítico (fato que, infelizmente, muitas vezes não ocorre), o interesse deve voltar-se muito mais para o problema que a amostra apresenta do que para a amostra em si.

Para alcançar esses novos objetivos, os químicos analíticos devem procurar chegar a uma compreensão cada vez mais apurada do sistema sob sua observação e dos meios de trabalho de que dispõem. A essência do enfoque moderno, insiste Laitinen, consiste na busca da compreensão do problema em seus aspectos fundamentais mais do que na determinação empírica da composição.

Essa concepção é a que vem sendo acentuada por muitos autores que se dedicam à pesquisa ou ao trabalho profissional analítico em alto nível e é sintetizada na expressão: análise orientada com vistas ao problema e não apenas com vistas à amostra.

Depoimentos e trabalhos dos últimos anos demonstram à saciedade o acerto dessa assertiva.

Vejamos algumas afirmações de Jeanette Grasselli feitas em janeiro de 1980 (Anal. Chem., 52 (1) 30A (1980)) em interessante artigo em que focaliza o desenvolvimento da metodologia analítica no contexto histórico do período que sucedeu à segunda guerra mundial. Diz ela a certa altura: "nós mal tínhamos aprendido a detectar partes por milhão (ppm) e eis que surge a demanda por partes por bilhão (ppb). Desenvolveram-se métodos levando-os a novos níveis de aprimoramento em intenso esforço para baixar os limites de detecção e sensibilidade, recorrendo à eletroquímica, absorção atômica, cromatografia líquida e em fase gasosa,

etc. O químico analítico começou então a perguntar-se: quando chegaremos a 0,00 . . . ? e até que limite conseguiremos reprodutibilidade?". E mais adiante: "esta nova era da análise conduziu a profunda mudança na ênfase do trabalho de cada um. Mais do que nunca o químico analítico deve considerar-se como alguém incumbido de resolver um problema completo, usando toda a habilidade de um cientista e não comportar-se como um especialista restrito" e continua: "atualmente o analista dispõe de vasto número de técnicas para resolver problemas e precisa ter a capacidade de saber integrar esses métodos em um plano coerente de trabalho analítico".

Embora esta situação tenha estimulado o aparecimento de aparelhagem cada vez mais aprimorada e seja inegável que foram princípios físicos e não químicos que levaram ao desenvolvimento dos instrumentos analíticos, à medida em que a tarefa se torna mais complexa a necessidade de conhecimentos químicos mais amplos vai sendo imprescindível. Em outras palavras, como novamente acentua Laitinen, à medida em que nos voltamos para a totalidade do processo analítico e não apenas para a medida em si, a química permanece como necessidade essencial.

A própria evolução no sentido que acabamos de comentar, acarreta problemas ou outros tipos de limitações para as quais devemos estar continuamente atentos. Assim, Janette Grasselli alerta para o fato de que mesmo adotando postura correta, dando ênfase à solução do problema como um todo e aos princípios químicos básicos, não podemos repousar sobre os laureis conquistados e pensar que alcançamos o pico da montanha. Ainda há muito por fazer. E, com ar jocoso, diz Grasselli que a verdade esteja talvez na seguinte resposta de um analista anônimo ao apresentar o resultado de um trabalho encomendado: "não conseguimos resolver todos os seus problemas. As respostas que encontramos apenas servem para levantar toda uma série de novas indagações. De certa forma, sentimos que estamos mais confusos do que nunca, mas acreditamos que estamos confusos em nível mais alto e a respeito de questões mais importantes".

É evidente que dentro do contexto atual, o preparo do químico analítico, sob todos os pontos de vista, deve ser continuamente aperfeiçoado. Pois, se como já dissemos, além do enfoque mais global, exige-se cada vez maior sensibilidade, seletividade, precisão, exatidão e rapidez, também não podemos esquecer os reflexos dessas exigências sobre a confiabilidade dos resultados analíticos. Este é, em si, um problema que tem causado grandes preocupações. Não nos vamos deter neste ponto, mas não podemos deixar de fazer menção ao excelente relato de Sidney Abbey, do Geological Survey do Canadá", de abril de 1981 (Anal. Chem. 53 (4) 529A (1981)), a respeito do difícil campo de análise de rochas e minerais, em que são mostrados impressionantes exemplos de enormes discrepâncias nos resultados obtidos por diferentes analistas, principalmente na determinação de baixos teores de alguns constituintes. Abbey considera que uma das causas dessa grave falha é, em parte, o fato da análise de material geológico ser, de certa forma, "terra de ninguém", situada entre a geologia e a química analítica. Muito freqüentemente, diz ele, a análise é executada por geólogos, como atividade colateral, principalmente por falta

de químicos analíticos. Por outro lado, às vezes é levada a efeito por físicos ou físicos, sem conhecimento suficiente dos materiais geológicos. Enfatizando a importância do preparo da pessoa mais do que do método e da instrumentação, Abbey diz que sua filosofia é simples e conclui: "a confiabilidade de um resultado depende mais de quem o produz do que como é obtido. Não há "maus" métodos, mas apenas maus analistas que não atentam para as suas próprias limitações".

Finalmente, não se pode deixar de assinalar que fatores de ordem social e econômica, exigindo análises expeditas e confiáveis em escala de rotina, de um grande número de amostras dos mais variados sistemas, estão levando rapidamente à automação, cuja vantagem não é apenas a de abreviar e otimizar as medidas individuais, mas também e principalmente a de coordenar as diferentes determinações que se executam em sistemas complexos. Casos bem conhecidos são, por exemplo, a análise de amostras de sangue para fins clínicos que podem incluir a pesquisa de até 50 compostos, o acompanhamento da contaminação atmosférica e de águas com amostragens periódicas em localidades dispersas e compreendendo uma quinzena de determinações em cada amostra ou outros estudos ambientais em áreas específicas, como vem ocorrendo em nosso país, por exemplo, em regiões da Amazônia. São milhares de determinações diárias que alguns laboratórios devem executar, configurando-se assim problemas que, além das fases eminentemente analíticas, exigem adequado sistema de

processamento de dados, mediante técnicas apuradas que tendem a se aperfeiçoar no sentido de poder proporcionar avaliação global dos resultados analíticos. Citem-se, nesse sentido, os métodos de "pattern recognition" que embora alguns os considerem ainda em sua infância, já vêm mostrando vantagens significativas, como se depreende de recente resenha publicada por Lars Kryger (Talanta, 28 (12) 871 (1981)).

O desenvolvimento de métodos automáticos de análise é, pois, campo que se apresenta fértil para pesquisa, principalmente com o advento dos microprocessadores, que podem permitir construir aparelhagem simples e de baixo custo, sendo de se esperar progressos sensíveis em tempo curto. Conhecimentos apreciáveis de eletrônica são, evidentemente, necessários para essa tarefa que vem sendo desempenhada freqüentemente em forma associativa por físicos ou engenheiros com químicos analíticos. Como é natural, a estes últimos cabe equacionar o problema químico pois, também neste caso, a instrumentação não deixa de ser um meio para determinado fim.

Em conclusão, acreditamos poder dizer que a Química Analítica, não apenas pode desempenhar papel formativo relevante no preparo de profissionais e cientistas, mas também contribuir para o avanço dos conhecimentos em nível compatível com o das áreas mais ativas da química, dentro de linhas que lhe são peculiares e que lhe conferem características científicas definidas.

## ASSUNTOS GERAIS

### TENDÊNCIAS DA QUÍMICA INORGÂNICA NO BRASIL

Nos dias 28, 29 e 30 de Abril de 1982, realizou-se no Instituto de Química de Araraquara (UNESP) o 19º Simpósio Nacional de Química Inorgânica, patrocinado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PRONAQ/SPI, e pela Sociedade Brasileira de Química (Regional Araraquara/Ribeirão Preto/São Carlos).

Durante o simpósio, do qual participaram representantes de 14 universidades e instituições de pesquisa do país, foi aplicado um questionário visando o estabelecimento de um quadro aproximado de tendências da Química Inorgânica no Brasil. O questionário, reproduzido neste relato, foi respondido por 36 participantes identificados como coordenadores de cursos de pós-graduação em Química Inorgânica, orientadores e pesquisadores da área. As respostas e comentários, juntamente com uma breve análise dos resultados, foram transcritos na íntegra, do documento encaminhado à SBQ pelo Prof. Dr. Antonio Carlos Massabni, coordenador do simpósio.

Questões e respostas:

01. *É sócio da SBQ?*  
35 sim e 1 não
02. *Acha que a SBQ é a entidade representativa dos Químicos do país?*  
20 sim, 1 não e 20 representativa somente da classe

universitária. Alguns responderam ao primeiro e ao terceiro item, simultaneamente.

03. *Cite os 5 instrumentos científicos mais importantes de sua instituição utilizados em pesquisa em Química Inorgânica.*  
— Esta questão foi formulada visando intercâmbios futuros. A relação dos equipamentos de cada instituição está arquivada no Depto. de Química Geral e Inorgânica do IQAr.
04. *Existe atualmente algum convênio do seu Depto. com FINEP, CNPq, FAPESP ou outro órgão de financiamento? Cite o órgão e a verba do convênio.*  
— Quase todas as instituições mantêm convênio com um ou mais órgãos de financiamento. Os montantes estão devidamente registrados nos questionários.
05. *Existe interação dos docentes do seu Depto. com pesquisadores de outras instituições?*

a) Nacionais	36 sim	0 não
b) Internacionais	30 sim	1 não

Obs.: (Alguns não responderam a parte b).
06. *Resuma o tipo de intercâmbio existente.*  
Entres as respostas foram selecionados os seguintes tipos de intercâmbio:
  - Visitas, seminários e palestras de pesquisadores
  - Estágios no exterior
  - Realização de Teses no exterior