

## A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E O AVANÇO CIENTÍFICO: A QUÍMICA EM PERSPECTIVA\*

André Farias de Moura

Instituto de Química - Universidade de São Paulo - Avenida Professor Lineu Prestes, 748 - 05508-900 - São Paulo - SP

Recebido em 24/2/00;

**THE TECHNOLOGICAL INNOVATION AND THE SCIENTIFIC ADVANCE: THE CHEMISTRY UNDER PERSPECTIVE.** Some general features about the role of Science and Technology in the modern western civilizations are discussed, emphasizing those related to Chemistry. The discussion is centered on the social regulation of technological and scientific institutions and on the way this regulation takes place in response to social demands. Finally, some new trends are presented about the Brazilian chemistry courses and how the local educational authorities intend to modernize them.

**Keywords:** technological innovation; scientific advance; social regulation.

A questão da inovação tecnológica é central nas sociedades modernas e pós-modernas, estando geralmente associada ao desenvolvimento científico. Isto torna muito adequado o tema proposto pela Comissão Organizadora da 16ª Semana da Química, que homenageia este ano o Professor Doutor Nicola Petragnani. Nesta monografia, pretende-se fazer uma abordagem generalista da relação entre o avanço da ciência e o desenvolvimento de novas tecnologias, lembrando-se sempre que a Química constitui um caso particular, sujeito às mesmas nuances gerais, mas com algumas peculiaridades, que serão abordadas em separado.

A inovação tecnológica tem sido uma constante no desenvolvimento das sociedades humanas, tanto que é comum referir-se a diversos períodos históricos pelo nível técnico então predominante, como no caso da Idade da Pedra ou da Idade do Bronze. Não obstante esta onipresença da tecnologia em maior ou menor grau ao longo da História, somente ao período histórico mais recente se costuma referir especificamente como a Era Tecnológica. Este período seria definido pela expansão da industrialização, após a Primeira Guerra Mundial, para regiões além dos grandes centros urbanos da Europa ocidental e dos Estados Unidos<sup>1</sup>.

A relação entre ciência e desenvolvimento tecnológico pode ser melhor avaliada considerando-se inicialmente o significado da palavra tecnologia. Duas definições parecem mais adequadas aos objetivos desta monografia: tecnologia é o “conjunto de processos especiais relativos a uma determinada arte ou indústria” e também a “aplicação dos conhecimentos científicos à produção em geral”<sup>2</sup>. É interessante acrescentar também algumas definições da raiz etimológica da palavra tecnologia: técnica é um “conhecimento prático” ou um “conjunto de procedimentos essenciais à execução perfeita de uma arte ou profissão”<sup>2</sup>. Estas definições descrevem a tecnologia como o vínculo necessário entre a ciência e os meios de produção, explicitando o seu compromisso com a otimização da produção e com a qualidade dos bens obtidos. Desta forma, evidencia-se o papel do conhecimento científico como ferramenta social na melhoria da qualidade de vida.

Mesmo considerando-se que a produção de novas tecnologias não é o fim único da Ciência, que objetiva também

compreender aspectos subjetivos da existência humana, fica claro que dela depende direta ou indiretamente o avanço tecnológico, cujo impacto na sociedade tornou a Ciência uma das principais instituições sociais do nosso tempo. Necessariamente, então, a questão do incentivo às inovações tecnológicas deve ser discutida em conjunto com o fomento à pesquisa científica básica e aplicada.

Como qualquer outra instituição social, a ciência possui organização, normas e valores que regem o comportamento individual de seus membros, bem como a sua interação global com a sociedade em que se insere<sup>3</sup>. A compreensão desta estrutura é o ponto de partida para se elaborar políticas eficientes que fomentem o seu desenvolvimento. É importante compreender principalmente quais são as demandas e as formas de recompensa sociais que induzem e direcionam os esforços científicos.

Dos valores típicos da instituição científica, dois têm tido um papel destacado no avanço da Ciência: o da originalidade e o da prioridade de descoberta<sup>3</sup>. Em conjunto, eles têm induzido à busca constante pelo novo, propiciando por si um sem número de descobertas tecnológicas. É interessante notar que, ao longo da História, as principais recompensas oferecidas ao cientista por uma contribuição relevante e original à sua área do conhecimento são de caráter honorífico, como a possibilidade de ter o seu nome associado à sua teoria ou a uma constante universal, prática conhecida como eponímia. Ou seja, um dos maiores incentivos que tem sido oferecido aos cientistas é a sua saída do anonimato, a fama!

Não obstante o elevado poder de troca desta moeda subjetiva, deve-se notar que um grande desenvolvimento científico só passou a ser viável com a profissionalização da Ciência. Isto mostra que não se pode garantir o avanço contínuo e acelerado do conhecimento somente com a promessa de fama, sendo necessário que a sociedade invista na formação de recursos humanos de alta qualificação e lhes forneça condições para viverem de suas atividades de desenvolvimento e pesquisa.

Os químicos constituem um grupo dentro desta instituição social que chamamos Ciência e, enquanto tal, adquiriram uma organização característica durante o desenvolvimento da Química. A Química alcançou o *status* de ciência somente em meados do século XVIII, sendo até então tratada como um ramo da Medicina. Com o advento da Revolução Industrial, surgiu uma demanda por profissionais da área química, tornando possível a criação dos primeiros cursos e Sociedades de Química na Europa e nos Estados Unidos<sup>4</sup>. Iniciou-se assim a profissionalização da Química, cujo desenvolvimento científico

\*Prêmio Nitroquímica da 16ª Semana de Química - IQUSP - São Paulo-SP  
Endereço atual: Departamento de Química - Universidade Federal de São Carlos - CP 676 - 13565-905 - São Carlos - SP  
e-mail: andre@qt.dq.ufscar.br

co e tecnológico foi marcado por diversas motivações econômicas, políticas e sociais, que serão brevemente abordadas e exemplificadas. Convém ressaltar que estas motivações, bem como os valores acima referidos, não são exclusivas da Química, tendo influenciado o desenvolvimento das demais áreas do saber em diversos momentos históricos.

As disputas entre Estados têm sido uma das motivações mais recorrentes na história da Ciência, pois, assim como os cientistas, os governantes valorizam a prioridade de descoberta. Neste caso, porém, não se trata de fama apenas, mas de conquistar e manter uma supremacia, ou pelo menos um equilíbrio em relação aos países rivais<sup>3</sup>. Um exemplo marcante deste tipo de disputa ocorreu entre os reinos da França e da Inglaterra, na Segunda metade do século XVIII, para desenvolver um método de produção de barrilha em escala industrial. Esta disputa política e econômica internacional contou, inclusive, com a oferta, pela coroa francesa, de um prêmio de 100.000 francos a quem desenvolvesse um método economicamente viável<sup>4</sup>. Embora – devido ao advento da Revolução Francesa – Nicholas Leblanc jamais tenha recebido o prêmio pela solução que encontrou para o problema, este episódio é singular por apresentar simultaneamente a presença de três fatores de estímulo à superação tecnológica: a fama pessoal associada à descoberta, o interesse nacional e a recompensa financeira.

Este é um caso ilustrativo também da necessidade contínua de desenvolvimento de novas técnicas, pois o processo de Leblanc logo se mostrou inadequado, devido à poluição ambiental que provocava e ao grande consumo de insumos, como o ácido sulfúrico. Desta vez, entretanto, não houve um esforço científico de caráter nacional, ocorrendo apenas uma corrida industrial no sentido de se obter um produto mais barato e menos poluente. Este tipo de superação tecnológica é uma marca da profissionalização da indústria química, tendo sido esta a tônica das inovações tecnológicas desde o século XIX. Entretanto, deve-se salientar que, embora se tenha desenvolvido desde então um modelo de desenvolvimento tecnológico centrado nas indústrias, os avanços dependiam e ainda dependem em grande parte dos subsídios da pesquisa básica realizada nas instituições acadêmicas.

Esta separação entre a produção científica e a tecnológica não é de forma alguma simples ou nítida e esta monografia não pretende ser conclusiva a este respeito. O que se pretende é apenas demonstrar a inegável interação entre estas atividades e o modo como são socialmente reguladas. É importante também frisar que esta interação não ocorre somente em um sentido, pois as inovações tecnológicas também alavancam o avanço científico. Um dos maiores exemplos deste retorno tecnológico são os computadores, ao mesmo tempo fruto de décadas de pesquisa básica e hoje uma de suas principais ferramentas.

Outro episódio que ilustra as forças sociais que induzem o desenvolvimento científico e tecnológico foi a corrida, no começo do século XX, para descobrir um método de síntese industrial de amônia e ácido nítrico. Este esforço ocorreu inicialmente devido à constatação de que os depósitos de salitre do Chile encontravam-se em processo de exaustão e que haveria uma quebra mundial na produção agrícola sem este fertilizante. Entretanto, outra forma de pressão logo se mostrou mais poderosa: as descobertas da nitroglicerina e da dinamite por Alfred Nobel tornaram o ácido nítrico um insumo de interesse militar<sup>4</sup>.

Com a proximidade de uma conflagração de grandes proporções na Europa, esta corrida tecnológica logo se transformou em um esforço de guerra nos principais países envolvidos no confronto. A corrida foi vencida em 1913 pelo químico alemão Fritz Haber, então diretor do Instituto de Físico-Química e Eletroquímica Kaiser Wilhelm, em parceria com o industrial Carl Bosch. Seu impacto na comunidade científica foi tamanho que, finda a Primeira Guerra Mundial, Haber foi agraciado com o prêmio Nobel de Química de 1918, mesmo pertencendo ao país derrotado<sup>4</sup>.

Outro esforço de guerra semelhante a este, mas muito maior, deu-se nos Estados Unidos durante a Segunda Guerra, com a criação do Projeto Manhattan no Laboratório Científico de Los Alamos, encabeçado por J. Robert Oppenheimer<sup>5</sup>. Assim como no caso da corrida pela síntese do ácido nítrico, este evento demonstra um dos imperativos do militarismo: desenvolver sempre novas tecnologias de defesa e ataque e sempre antes que os países rivais o façam, daí a pressão por rápidas superações tecnológicas observadas durante estes e outros esforços de guerra. Este foi um dos maiores projetos científicos e tecnológicos da História e um dos que tiveram maior impacto social, resultando na criação da bomba atômica e acirrando incertezas sobre o futuro da sociedade tecnológica, capaz de se destruir desde então.

Neste clima de incertezas do pós-guerra, a chamada Guerra Fria entre os Estados Unidos e a extinta União Soviética, surgiram outros projetos de grande porte, como a corrida pela construção da bomba de hidrogênio, na década de 50, e a corrida espacial a partir da década seguinte. Mesmo sem haver confrontos formais entre as duas potências então dominantes, manteve-se um clima de militarismo com forte ênfase na superação tecnológica. Observou-se até mesmo um certo retorno social destes pesados investimentos em tecnologia militar, principalmente através da aplicação de muitas das tecnologias intermediárias na melhoria dos bens de consumo<sup>6</sup>.

Estes eventos históricos do desenvolvimento científico e tecnológico mostram que os mecanismos de estímulo e resposta da comunidade científica e industrial são complexos. Há uma forte componente pessoal de busca pela fama, mas não se pode ignorar a necessidade crescente de profissionalização, bem como a presença de grandes pressões sociais, econômicas, políticas e mesmo militares. Entretanto, estas pressões não são homogêneas nem previsíveis, variando muito entre diferentes países e épocas. Por isso mesmo, deve-se enfatizar principalmente a necessidade de profissionalização, gerando-se em cada Nação uma comunidade científica e tecnológica capacitada a responder às demandas da sua sociedade. Isto nos remete a uma discussão do papel das Universidades como geradoras de conhecimento e formadoras desta mão-de-obra altamente qualificada. Este tema é extenso, não cabendo aqui um grande detalhamento, mas apenas algumas indicações, particularmente no que diz respeito à situação dos cursos de Química no Brasil.

A necessidade de uma mão-de-obra melhor qualificada tornou-se evidente ainda nos primórdios da industrialização, observando-se inclusive uma mudança de valores sociais. A educação universal tornou-se social e economicamente determinante para o desenvolvimento de qualquer Nação, que necessita do maior número possível de pessoas nas áreas de pesquisa e desenvolvimento, mas também requer um número ainda maior de pessoas com educação suficiente para operar as máquinas de sofisticação crescente.

Esta necessidade crescente de profissionalização e educação parece bastante atual no Brasil, mas hoje somos confrontados também com outras pressões relacionadas ao rápido surgimento de uma sociedade pós-industrial em nosso país. Neste novo modelo, não se requer mais o domínio de uma tecnologia mecânica, mas antes uma tecnologia de informações, o que exige mais do que fornecer educação apenas, devendo-se primeiramente repensar a educação que se vai oferecer para se preparar os indivíduos para esta nova sociedade.

Esta questão ganhou um grande destaque no atual contexto da educação no Brasil, discutindo-se neste momento a reformulação global do ensino segundo as exigências da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, conhecida como LDB. As Diretrizes Curriculares para os Cursos de Química, que regulamentam a aplicação dos princípios expostos na LDB, já foram aprovadas pelo Ministério da Educação e do Desporto (MEC) e começaram a ser discutidas no âmbito das Instituições de Ensino Superior<sup>7</sup>.

Parte das inquietações expressas nas Diretrizes Curriculares

se relaciona diretamente com o tema proposto para as monografias da 16ª Semana da Química, "Inovações Tecnológicas e a Química". Neste documento, elaborado por uma Comissão de Especialistas de Ensino de Química com subsídios das principais Faculdades do país, o atual momento histórico é identificado como a Era da Informação, na qual se deve preparar o indivíduo mais para gerenciar grandes quantidades de informação do que para sabê-las *a priori*. Neste sentido, as Diretrizes apontam a necessidade de se privilegiar os conteúdos formativos em detrimento dos meramente informativos.

Esta nova mentalidade esperada dos alunos egressos das Universidades deve ser implementada em todos os cursos, sejam eles de caráter aplicado ou acadêmico. Deste modo, espera-se formar profissionais capazes de um aprendizado contínuo na solução de seus problemas cotidianos. Ainda segundo o texto das Diretrizes Curriculares, esta solução contínua de problemas gera o avanço científico e as inovações tecnológicas e depende de busca e triagem eficientes das informações necessárias, não mais por meios mecânicos, mas pelos eletrônicos.

Evidentemente, a triagem de um volume tão grande de informações e a condensação destas em alguma forma de inovação científica ou tecnológica não são triviais. Surge a necessidade de se criarem currículos inter e multidisciplinares e não mais compartimentalizados, que formem um profissional generalista, mas simultaneamente especializado em uma área de pesquisa ou desenvolvimento.

Estas são as linhas gerais que definem o perfil profissional esperado do futuro químico, mas as alterações curriculares definidas nas Diretrizes ainda estão em fase de discussão nas principais Universidades brasileiras. Por enquanto, não está claro se as mudanças propostas serão eficazes para melhor qualificar nosso corpo de pesquisadores. Como qualquer proposta, esta deve ser encarada criticamente, sendo necessário avaliar os seus frutos a cada passo. A nossa habilidade em

corrigir as eventuais distorções fará a diferença entre uma carta de boas intenções e um salto de qualidade na pesquisa e no desenvolvimento tecnológico em Química no Brasil.

Acima de tudo, deve-se ter em mente que a ciência e a tecnologia são criações humanas e, como tal, elas são ambíguas, podendo acabar com a miséria, mas podendo também nos destruir em um Holocausto atômico. Esta e outras contradições indicam a necessidade de ajustes no modo como fazemos ciência e tecnologia, mas os ajustes necessários não são de caráter técnico, estão antes na dimensão humana do problema, de como usufruir a tecnologia sem nos tornarmos seus escravos.

## REFERÊNCIAS

1. Drucker, P.F.; In *Technology in Western Civilization, volume 2*; Kransberg, M.; Pursell Jr., C.W., Ed.; Oxford University Press; New York; 1967, Chapter 3.
2. Dicionário Brasileiro da Língua Portuguesa; Encyclopaedia Britannica do Brasil Publicações Ltda.; 9ª Edição; São Paulo; 1987.
3. Merton, R.K.; In *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*; Storer, N.W., Ed.; University of Chicago Press; Chicago; 1973.
4. Hudson, J.; *The History of Chemistry*; The McMillan Press; Hong Kong; 1994.
5. Sanders, R.; In *Technology in Western Civilization, volume 2*; Kransberg, M.; Pursell Jr., C.W., Ed.; Oxford University Press; New York; 1967; Chapter 36.
6. Rosenbloom, R.S.; In *Technology in Western Civilization, volume 2*; Kransberg, M.; Pursell Jr., C.W., Ed.; Oxford University Press; New York; 1967; Chapter 39.
7. A versão final das Diretrizes Curriculares pode ser encontrada no sítio da Sociedade Brasileira de Química: [www.sbq.org.br/diretrizes/mec/diretrizes.html](http://www.sbq.org.br/diretrizes/mec/diretrizes.html).