

REFLEXÕES SOBRE AS DEMANDAS FUTURAS DA C&T NO BRASIL E SEUS IMPACTOS SOBRE A EDUCAÇÃO(*)

Paulo Q. Marques**
Potiguara A. Pereira***

De todas as realizações do homem, a C&T (Ciência e Tecnologia) é, sem dúvida, a que exerce sobre ele a mais indelével e significativa influência. Seu impacto social é notável, pois, até mesmo, “a revolução sexual no Ocidente, nas décadas de 1960 e 1970, se tornou possível em função dos antibióticos – desconhecidos antes da Segunda Guerra Mundial – que pareceram eliminar os grandes riscos da promiscuidade, tornando as doenças venéreas facilmente curáveis, e da pílula anticoncepcional, cuja disponibilidade se ampliou na década de 1960. (O risco, no campo sexual, ia retornar na década de 1980, com a AIDS)” (Hobsbawm, 1996: 265).

Ademais, a C&T passou a fazer parte regular de toda a formação profissional contemporânea. Como bem assinala Menezes (1994: 2), “mesmo a cultura humanística, em parte até mesmo denominada como ciências humanas, se impregnou de valores originários das ciências da natureza e da própria produção tecnológica, que modificou nossa relação com o mundo”. Destarte, integra preponderantemente o *ethos* da época em que vivemos. Aliada à idéia de modernização, sua sinergia com o tecido social é reconhecida e valorizada por todos, embora alguns intelectuais e ideólogos do desenvolvimento insistam em imputar-lhes a responsabilidade única pela negligência para com a adoção das medidas adequadas à superação dos grandes algezes sociais da atualidade: miséria, fome, desemprego e os graves desequilíbrios tanto econômicos como sociais.

Por sua face mais sensível – a da industrialização –, a C&T coloca-nos diante de um mundo de

(*) O tema de que trata este ensaio é objeto de pesquisa mais ampla intitulada “*Os desafios impostos à Educação pela C&T ao limiar do século XXI: vicissitudes, controvérsias e perspectivas*”, já em andamento e com término previsto para o primeiro semestre de 1998. Trata-se de um projeto envolvendo trabalho conjunto entre o Centro Interunidade de História da Ciência e da Tecnologia da USP e o Departamento de Educação da UFSCar, por força do Convênio de Cooperação Institucional número 007/96, firmado pelas duas instituições públicas de ensino superior em 10 de setembro de 1996. A coordenação-geral das atividades, envolvendo trabalho de quase duas dezenas de pesquisadores, está a cargo dos autores deste presente *paper* (cláusula II.6, p. 2, do referido Convênio).

(**) Doutor em Ciências Humanas, USP, 1990. Pós-Doutorado em Política Internacional e Comparada, USP, 1992. Professor de Pós-Graduação da FFLCH/USP. Ex-Professor-Visitante do Instituto de Estudos Avançados da USP, área de Política Científica e Tecnológica (biênio 93/94). Ex-Pesquisador-Bolsista do CNPq (1992-94). Pesquisador-Doutor do Centro Interunidade de História da Ciência e da Tecnologia da USP. Autor de “*A tecnologia no cotidiano*” (São Paulo, Diagrama & Texto, 1986) e de “*Sofismas nucleares: o jogo das trapaças na política nuclear do País*” (São Paulo, Hucitec, 1992).

(***) Licenciado em Filosofia, PUC/PR, 1973. Mestre em Antropologia Filosófica, PUC/RS, 1988. Doutor em Ciências, USP, 1993. É o atual Chefe do Departamento de Educação, vinculado ao Centro de Educação e Ciências Humanas da Universidade Federal de São Carlos. É, também, Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação – Mestrado e Doutorado – na UFSCar e Professor do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação – Mestrado – na Instituição Moura Lacerda de Ribeirão Preto (SP), por força de convênio existente entre esta última instituição privada de ensino superior e a UFSCar.

equipamentos e de práticas, as mais diversificadas possíveis, que determinam de modo imediato as nossas ações e, de modo mediato, as nossas representações e os sistemas de valores vigentes. Considerada como sistema de ação, modifica, em nossos dias, a base de todas as culturas. E não apenas com relação a conceitos fundamentais, mas também causando-lhes transformações não só tecnocientíficas, como políticas, uma vez que estas transformações interferem no destino dos homens (Ladrière, 1979: 11-2). E esta consideração remete-nos ao ponto nuclear da modernização, muito bem caracterizada por Landes (1994: 11-2), sobretudo quando assevera que “a industrialização, por seu turno, está no coração de um processo maior e mais complexo, muitas vezes designado como *modernização*. Trata-se da combinação de mudanças – no modo de produção e de governo, na ordem social e institucional, no corpo de conhecimentos e nas atitudes e valores – que possibilita a uma sociedade manter-se no século XX, isto é, competir em termos de igualdade na geração de riquezas materiais e culturais, preservar sua independência e promover novas mudanças, adaptando-se a elas. A modernização abrange avanços como a urbanização (concentração da população em cidades que servem como núcleos de produção industrial, de administração e de atividade intelectual e artística); a redução acentuada das taxas de mortalidade e natalidade em comparação com os níveis tradicionais (a chamada transição demográfica); o estabelecimento de uma burocracia governamental eficaz e bastante centralizada; a criação de um sistema educacional capaz de formar e socializar as crianças, levando-as a um nível compatível com as suas aptidões e com os melhores conhecimentos contemporâneos; e, é claro, a aquisição da capacidade e dos meios de utilizar uma tecnologia atualizada”.

A par disso, é preciso não perdermos de vista que vivemos hoje o que se denomina de a segunda revolução tecnocientífica – a que ocorre após à do final do século XVIII e início do século XIX –, quando na produção se substituiu, no dizer de Schaff (1992: 22) “a força FÍSICA do homem pela energia

das máquinas (primeiro pela utilização do vapor e mais adiante sobretudo pela utilização da eletricidade)”. A atual revolução – denominada de microeletrônica – expande as capacidades intelectuais do homem contemporâneo, ampliando, sobremaneira, as suas atividades. Com ele, viajou-se pelo espaço celeste, foram sondados mares e oceanos a profundidades inimagináveis e construíram-se indústrias com elevado grau de operações realizadas por robôs, dentre outras fantásticas realizações havidas nos últimos 50 anos.

No seu dia-a-dia, o homem conta com os mais diversificados aparelhos e equipamentos, que o colocam num mundo inusitado e, muitas vezes, insondável: são os relógios a quartzo, calculadoras acionadas a energia solar e sistemas de vídeo e de som totalmente manipuláveis mediante o uso de controladores remotos. Mas, é também o caso dos televisores que cabem na palma da mão, dos *freezers*, dos fornos a micro-ondas e das máquinas programáveis de lavar e de secar roupas. Nos escritórios, copiadoras, diversos sistemas de telefonia, microcomputadores, *laptops* e *palmtops*, dentre outros inúmeros bens. Não se pode deixar de mencionar o desenvolvimento atual das “técnicas de guerra”, resultado “dos efeitos combinados da revolução microeletrônica e da energia nuclear”, uma “corrente da atual revolução industrial na qual estamos cada vez mais imersos”. E, principalmente, não se pode esquecer do papel importante que desempenha, hoje, a engenharia genética e o setor energético. Aliás, Schaff (1992: 25) já prevê uma terceira revolução tecnocientífica com base neste último setor – a revolução, segundo ele, energética.

Mas não é única e tão somente por este viés que a C&T deve ser encarada. Afinal, como muito adequadamente observa Witkowski (1994: 8), assiste-se hoje “aos avanços de uma *pesquisa* (o grifo é nosso) hiper-especializada, cujo menor domínio é tão vasto que nenhum especialista é capaz de ter dele uma visão de conjunto e de recensear os múltiplos problemas éticos, jurídicos ou sociais que se colocam no interior da comunidade científica ou

para o grande público". Na verdade, o que é necessário ressaltar é que esse universo tecnocientífico, limitado em cada tempo, mas sempre aberto, será inexoravelmente incorporado pelos diversos segmentos das sociedades, propiciando uma nova lógica na compreensão do que é o próprio homem, do mundo e, por conseguinte, do papel que desempenha nele.

Antes que se aborde o aspecto referente à Educação, é preciso não só qualificar, mas também aprofundar conceitos sobre ciência, técnica e tecnologia. Assim, ao considerarmos a palavra ciência, constatamos que os bons dicionários da língua portuguesa a ela conferem inúmeras acepções. Num sentido amplo, a ciência é tida como um conhecimento ou um saber que se adquire pela leitura e meditação. Em sentido restrito, contudo, ela é tomada como um conjunto organizado de conhecimentos relativos a um determinado objeto, especialmente os obtidos mediante a observação e a experimentação. Dentre as muitas concepções existentes para o vocábulo, sempre que referida neste excursão, a expressão ciência estará indicando o processo mediante o qual o homem domina a natureza, com vistas ao seu próprio benefício.

É importante observar que, pelo fato de a ciência ocidental ser caudatária do pensamento gerado pela civilização grega, seu nascimento é marcado pela idéia de racionalidade. Neste sentido, a razão representava a idéia de um saber especulativo, regulado pelo critério de verdade. Havia, porém, lugar reservado à razão prática. Mas, o predomínio, sem dúvida, era o da razão especulativa (Ladrière, 1979: 9). Isto justifica, portanto, o fato de adotarmos o sentido de ciência por sua vertente experimental¹.

Com o passar do tempo, ficou cada vez mais claro que a ciência constitui-se numa das maneiras possíveis de se apreender a realidade, mas que isso depende muito mais da ação que da contemplação. E isso se evidencia, sobretudo, através do célebre entendimento de que a "ciência é poder". A partir de então, a ciência passou a ser associada

ao processo pelo qual o homem domina a natureza, com vistas ao seu próprio benefício, conforme afirmamos há pouco.

De igual forma, a expressão técnica apresenta inúmeras acepções. Em geral, a palavra técnica coincide com o sentido genérico da palavra arte, isto é, como regras que dirigem, com eficácia, uma atividade qualquer. No que diz respeito ao comportamento do homem em relação à natureza, refere-se, sobretudo, à produção de bens. Neste sentido, afirma-se que a técnica sempre acompanhou a vida do homem. De fato, se retrocedermos no tempo, encontraremos as marcas da técnica nas armas, instrumentos e utensílios empregados pelo homem, na longa trajetória de 4,5 bilhões de anos. "O homem revela-se, desde as primeiras idades, como técnico e por mais primária que fosse sua inteligência, pelas circunstâncias do meio, da pouca possibilidade de inter-comunicação, seu engenho se revelou na perseverança com que resistiu a um mundo hostil, no qual era ele talvez o mais fraco e desprotegido da proteção natural" (Mesquita, 1978: 13-5).

Portanto, é extensa a trajetória da capacidade do homem na realização de suas conquistas. Foram várias as etapas que deixaram as marcas de sua evolução. E, certamente, uma das mais importantes ocorreu na Grécia, conforme já frisamos, exatamente pelo fato de ter dado a isso tudo uma conotação "científica".

É preciso observar, no entanto, que o termo *tekné*, tomado pelo sentido vulgar que temos hoje de técnica "não capta o essencial do fazer técnico" grego e nem mesmo a "concepção que eles tinham das *teknaí*", entendidas em sentido geral como o "fazer artístico" e que compreendia "todo conjunto de regras que tornava possível orientar e agenciar qualquer atividade". Desta forma, então, "a técnica

(1) O coroamento da ciência dita experimental se deu através do trabalho de Galileu Galilei (1564-1642) e sua consolidação com Isaac Newton (1643-1727), notadamente na obra "Princípios Matemáticos de Filosofia Natural", surgida em 1687.

não se distinguia, em princípio, nem da arte, nem da ciência”. Daí a denominação *teknites* para designar o artista e de *teknitas* para indicar a arte. Assim, o termo *tekné*, que aparece com o significado de “criar” e de “produzir”, é usado também com o significado de “ ‘artifício’, ‘engenhosidade’, ‘habilidade’ nas operações e criações do espírito e que faz com que ele incorpore o sentido da *métis* (astúcia)”. O termo *tekné*, portanto, não era usado somente para designar, por exemplo, “a música (*musiké tekné*), mas também o conjunto de técnicas corporais que diziam respeito ao ato físico da relação sexual (*erotiké tekné*)”. Técnica, portanto, “designava ao mesmo tempo o conjunto teórico-prático das técnicas intelectuais, corporais e fabris” (Barbosa, 1978: 55). Isso nos leva a considerar a técnica como um conjunto de conhecimentos desenvolvidos com a finalidade de equacionar soluções para problemas da ação, ou seja, naquilo que comumente podemos associar ao ‘saber-fazer’. Exemplo disso pode ser tomado, dentre muitos outros, do cotidiano doméstico. Com efeito, para se fazer um bolo caseiro, misturam-se os ingredientes e quando a massa estiver homogênea, coloca-se o fermento que o fará crescer. Adicionado o fermento, ele deve ser suavemente misturado e a massa não poderá ser batida vigorosamente, pois, se isso ocorrer, o bolo não crescerá. Por que? Como o fermento usualmente empregado é o do tipo químico (por exemplo, o pó Royal, composto de amido de milho ou fécula de mandioca, fosfato monocalcico e bicarbonato de sódio), ao ser adicionado à massa, inicia-se uma reação química, em que é liberado o dióxido de carbono ou CO_2 . Na verdade, o amido fermenta para se transformar em açúcar, gerando neste processo um meio ácido. Como o bicarbonato é levemente alcalino, sua reação com os ácidos da fermentação promoverá a liberação dos gases que, com a temperatura elevada, fará o bolo crescer. Com razoável frequência, o domínio da técnica se dá até mesmo sem que haja o menor conhecimento dos mecanismos que as regulam. Assim, por exemplo, no interior, é bem conhecido o fato de que quando menstruadas, as mulheres não prepa-

ram massa de pão. Embora a grande maioria das pessoas desconheça a razão disso, a explicação é bastante simples. Durante o ciclo menstrual, há um aumento na acidez (na verdade, o que ocorre é diminuição do pH, ou seja, do potencial hidrogeniônico). A transpiração das mãos estará, portanto, mais ácida, fazendo com que a levedura (em geral a *Saccharomyces cerevisiae*, empregada na confecção de pães, massas para pizza e, também, na fabricação da cerveja), que é um ser vivo, morra. E, com isso, o pão não crescerá.

Com o passar do tempo, porém, julgou-se efetivamente que a sobrevivência e o bem-estar do homem dependiam, basicamente, do desenvolvimento das técnicas. Contudo, como a existência desse desenvolvimento vinculava-se a uma série de acontecimentos e métodos acumulados ao longo do tempo, impôs-se uma diferença qualitativa: não mais simplesmente técnica, mas tecnológica. Há de se apelar aqui para Gama (1987: 9-11), por sua habilidade e precisão no trato dos detalhes, quando mostra os diferentes sentidos da palavra tecnologia, empregados nas línguas portuguesa, inglesa, francesa e alemã. E não pode deixar de ser considerado, também, pela disposição com que penetra no imenso “cipoal semântico” que envolve os termos técnica e tecnologia. Por isto, parte da conceituação de Lynn White Jr., para quem “TECHNOLOGY é a maneira pela qual as pessoas fazem as coisas (em um certo sentido existe até uma tecnologia da prece)”, chamando a atenção para a amplitude da definição, “que nada delimita” e para a distinção entre técnica e tecnologia que faz White. Considera, em seguida, a definição de Gordon Childe, segundo o qual “TECHNOLOGY deveria significar o estudo daquelas atividades para a satisfação das necessidades humanas, que produzem alteração no mundo material” e aproveita para mostrar que entre a primeira conceituação e esta última, “aparece uma divergência básica que caracteriza as duas vertentes principais”, que surgem com as tentativas de conceituar a tecnologia: “a de Lynn White Jr. refere-se ao próprio fazer (aquilo que correntemente chamáramos técnica) e a de Gordon Childe refere-se

ao estudo daquelas atividades dirigidas à satisfação das necessidades humanas”.

Contudo, ao contrário do que o senso comum poderia imaginar, a tecnologia não é uma máquina, nem uma receita, nem um programa de computador, nem uma fórmula, nem um desenho, nem tampouco uma patente. Por esta razão, o conceito enunciado por Sábato e McKenzie (1982: 25) levamos a um entendimento “definitivo” da questão, já que para eles, a “tecnologia é um pacote de conhecimentos organizados de diferentes modos (científico, técnico, empírico, etc...), provenientes de várias fontes (descobertas científicas, patentes, livros, manuais, etc...), através de diferentes métodos (pesquisa, desenvolvimento, adaptação, cópia, espionagem, etc...)”. Exemplo simples, mas significativo do que é tecnologia, pode ser expresso através da análise de um procedimento trivial e bastante simples de amolecimento das chamadas carnes bovinas de segunda. Trata-se da adição de alguns poucos pedaços de talo (pau) do abacaxi, pois este contém uma enzima denominada bromelina. A bromelina diminui a energia de reação química entre as macromoléculas da proteína da carne. Por esta razão, promove a quebra das fibras longas, fazendo com que fatias de acém, peito ou braço bovinos apresentem a mesma maciez da alcatra ou, até mesmo, de um *filé-mignon*. Intencionalmente prendemo-nos a um exemplo simples. Se quisermos evocar exemplos mais complexos, poderíamos citar o caso da edificação da hidrelétrica de Tucuruí, PA. A construção daquela usina, em plena selva amazônica, com geologia e hidrologia desconhecidas – e que tiveram de ser estudadas previamente ao projeto –, constituiu um marco importante da tecnologia nacional. Com os complexos problemas logísticos de transporte e acampamento, a tecnologia do projeto, a construção, a montagem e a fabricação de equipamentos atingiram o seu completo desenvolvimento no País, utilizando técnicos e recursos inteiramente nacionais. Nos dois casos, podemos observar que a tecnologia é um ‘saber-fazer’, onde o saber é o conhecimento científico. Oportuno salientar, neste ponto, que, para os gre-

gos, a técnica vinha, de fato, associada a um saber. Mas, com o pensamento moderno a técnica é, efetivamente, um mero fazer. Isto justifica, portanto, a nossa concepção de tecnologia como saber-fazer, já que, desde o século XVI, este saber refere-se, inevitavelmente, ao saber científico.

É igualmente importante salientar que a tecnologia constitui-se num bem social. Com isso, ela é muito mais o patrimônio de uma nação, que um produto vendável. Para fins didáticos, poderíamos decompor a tecnologia em três segmentos, assim distribuídos: (a) 1/3 dela contido no bem ou produto por ela gerado ou produzido; (b) 1/3 encerrado no projeto ou nas plantas e documentos; (c) 1/3 existente na cabeça de seu (ou de seus) idealizador(es). Decorrência disso é que o item (a) pode ser obtido, por exemplo, mediante o uso da engenharia reversa (*reverse engineering*), que consiste em desmontar um bem, copiar e produzir os componentes ou as partes e, em seguida, remontá-lo. O item (b), mediante acesso aos projetos, plantas ou ao material bibliográfico disponível sobre a tecnologia, projeto ou produto. O item (c), trazendo seu idealizador ou fazendo com que se aprenda com ele. Embora óbvio, é preciso insistir que, para haver domínio de qualquer tipo de tecnologia, é condição *sine qua non* contar-se com recursos humanos qualificados. Em outras palavras, é preciso que tenhamos pessoas com boa formação científica. E isso, obviamente, só acontecerá se tivermos ensino de qualidade em todos os níveis. Mas, sobretudo, nos níveis de graduação e de pós-graduação das universidades brasileiras.

Por sua característica complexa e multifacetada, a transferência de tecnologia admite desdobramento em dois segmentos: (1) aquisição de tecnologia e (2) transferência propriamente dita. A aquisição de tecnologia consiste no processo pragmático da resolução de problemas técnicos, mediante a importação de equipamentos ou de pessoas que mesmo detendo o conhecimento (ou seja, o saber-fazer), não o repassam por interesses do cedente ou mesmo pelo despreparo do adquirente.

Já a chamada transferência de tecnologia propriamente dita implica processo de capacitação das pessoas, de forma a assegurar que o conhecimento seja efetivamente passado do detentor para o comprador da tecnologia. Um exemplo do que foi exposto é o caso da importação das chamadas “caixas-pretas”, expediente largamente praticado pelos países desenvolvidos, que induzem as nações em desenvolvimento a comprar os bens por eles produzidos. Na grande maioria das vezes com a finalidade de dificultar, ou até mesmo de impedir, que países de economia retardatária (como é o caso do Brasil) desenvolvam tecnologias, sobretudo as chamadas tecnologias sensíveis. Ou seja, aquelas tanto de uso civil, como militar. Dentre elas, poderíamos citar as que desembocam na produção de artefatos bélicos nucleares, nos computadores de grande porte e na área da engenharia genética, onde através da manipulação do DNA (ácido desoxiribonucleico, que encerra o código genético de todos os seres vivos), torna-se possível a “programação” de novas plantas e animais.

No caso das tecnologias sensíveis, um bom exemplo, para citar o Brasil, pode ser dado mediante a análise da compra da central nuclear de Angra I. Através de mecanismos político-diplomático-administrativos e, embora tendo capacitação para projetar, construir e operar centrais nucleares de potência, o País acabou por adquirir, em 1969, a central de Angra, dos EUA. A vencedora da licitação internacional foi a Westinghouse, com a qual o Brasil firmou um contrato de fornecimento em regime de *turn-key*, ou chaves-na-mão. O que significou, na prática, simplesmente, é que o governo federal daquela época (fim dos anos 60), em aparente ato de subserviência, capitulou aos interesses econômicos internacionais, asfixiando os relevantes trabalhos feitos por ilhas ou nichos de competência acadêmica, como os desenvolvidos pelo Grupo do Tório, da UFMG, *Campus* de Belo Horizonte. Estava em curso, o ideário do “Brasil Potência”, consubstanciado nas premissas do “milagre econômico”. Este último, ancorado, por sua vez, nas altas taxas de crescimento do PIB. É preciso que se reconheça que, àquela época, estávamos, de

fato, em plena ascensão no ritmo da Economia. Ao menos em relação aos cânones, ou dogmas, dos economistas da linha monetarista – hoje, atuais propugnadores do neo-liberalismo, que privilegiam o econômico, em detrimento do social. Para eles, através de um pensamento equivocados, tendo-se capital, tem-se tecnologia. Miopia decorrente, sem dúvida, do simples e único fato de que a tecnologia é um saber que se aprende e não uma mercadoria que se compra ou vende.

Como já foi explicitado acima, no caso das usinas nucleares, ao importar as chamadas “caixas-pretas”, o Brasil deixou de realizar pesquisas básicas na área. Conseqüência imediata disto foi o distanciamento, do País, no processo do domínio tecnológico nuclear. Para consolidar e comprovar o fato de que o domínio de tecnologias decorre de uma demanda social e não de uma simples vontade política de que tal domínio ocorra, vamos nos valer de um exemplo: o setor automotivo nacional. Este último foi implantado no Brasil em fins da década de 50, quando o então presidente Juscelino Kubitschek abriu a economia local a capitais transnacionalizados, solicitando que empresas automotivas do Exterior se instalassem no País. Com isto, as montadoras instalaram seus parques no Brasil e, a partir da importação de peças e componentes produzidos fora do País, tais empresas (dentre as quais poder-se-ia citar a Volkswagen, a Chrysler, a Ford e, até mesmo, a DKW-Vemag) simplesmente internavam veículos desmontados para apenas remontá-los no Brasil. Como não houve a participação das universidades naquele processo, o domínio tecnológico não ocorreu e, hoje, a despeito de contarmos com empresas automotivas operando há mais de 35 anos no Brasil, não existe um carro de concepção nacional. Até mesmo no segmento dos veículos movidos a álcool carburante, pois, o que temos são motores do ciclo Otto – concebidos originalmente para a combustão de gasolina –, com taxa de compressão alterada de 15:1 para 13:1, para queimar o etanol, um combustível renovável com menor poder calorífico que a gasolina originada mediante o refino do petróleo.

Ao estudarmos os processos de desenvolvimento de tecnologias, em nível mundial, verificamos que os empreendimentos exitosos se deram sempre nos casos em que se consumou a integração de esforços entre o governo, o setor produtivo e a comunidade científica². Aliás, esta foi e continua sendo a rota seguida pelos países centrais, todos altamente desenvolvidos em termos tecnológicos. Um bom exemplo disto pode ser tomado do Projeto Manhattan (*Manhattan District Project*), executado nos EUA e que culminou com o desenvolvimento das bombas atômicas lançadas, em agosto de 1945, sobre as cidades japonesas de Hiroxima e Nagasáqui. As atividades daquele projeto, que teve custo de US\$ 2 bilhões, em valores da época, foram centralizados pelo órgão governamental norte-americano NDRC (*National Defense Research Committee*), que contou com a ajuda de cientistas do porte de Julius Robert Oppenheimer e Enrico Fermi, dentre outros; do concurso de universidades como o MIT, CALTECH, Harvard, Colúmbia e Califórnia, além do auxílio de empresas privadas do quilate da AT&T, Du Pont, RCA, Eastman Kodak, General Electric e outras.

Mas, mesmo nos países de economia retardatária, os programas de desenvolvimento tecnológico bem sucedidos também contaram com o envolvimento dos três segmentos (governo/setor produtivo/comunidade científica). Analogamente, quando tal imbricação não foi observada, registraram-se fracassos e o domínio tecnológico não se consumou. Exemplos aleatórios poderiam ser dados às dezenas. Contudo, para brevidade na exposição, vamos nos valer de exemplos nas áreas de informática e nuclear, no caso do Brasil e da Argentina, duas nações de industrialização tardia. No caso nuclear brasileiro, abordado com detalhes pouco acima, temos o insucesso gerado pelo alijamento da comunidade científica local. No caso da informática brasileira, contudo, os êxitos parciais obtidos no desenvolvimento principalmente de *hardwares* se deram em virtude do trabalho conjunto congregando esforços entre o governo (sobretudo e, de

início, pela Marinha), a comunidade científica (notadamente através dos pesquisadores formados ou vinculados institucionalmente ao ITA, USP e PUC/RJ, dentre outros) e, também, pelo parque produtor, representado pelas empresas públicas e privadas, motivadas a dar seu quinhão de participação em troca de um mercado reservado aos produtos por elas ofertados. Na Argentina, o fracasso no domínio tecnológico na área da informática foi causado, basicamente, pelo não-envolvimento da comunidade científica, dizimada durante a ditadura militar, e pela inexistência de um setor produtivo nacional capaz de ajudar a bancar o ônus das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D). Na área nuclear, no entanto, o sucesso argentino pode ser creditado à manutenção de uma mesma linha de atuação e ao não desmantelamento da comunidade científica, mesmo nos duros anos da já citada ditadura militar. Ademais, as atividades acadêmicas eram catalisadas, sobretudo, pelo núcleo de excelência montado no Centro Atômico Bariloche, do Instituto Balseiro (CAB/IB). Do lado industrial, foi montado o SATI (*Servicio de Asistencia-Técnica a la Industria*), instituído pelo governo argentino com a finalidade de colocar ao alcance da indústria privada local os recursos técnicos e científicos do Departamento de Metalurgia da CNEA (*Comisión Nacional de Energía Atómica*). Assim, conforme ficou demonstrado, para que seja assegurado o pleno domínio das tecnologias, além do fortalecimento das atividades da ciência básica e do pleno entrosamento entre os esforços conjuntos desencadeados pelo governo, pelo setor produtivo e pela comunidade

(2) no jargão da literatura sobre tecnologia, este trinômio acha-se consagrado sob a denominação de "triângulo de Sábato", em homenagem a seu idealizador Jorge Sábato, notável cientista argentino, responsável, entre outros memoráveis feitos, pelo domínio tecnológico da Argentina na área nuclear. Referências a este modelo teórico-referencial ocorrem em inúmeras obras, dentre as quais poderíamos citar: Correa, C. (1989). *Tecnología y desarrollo de la informática en el contexto Norte-Sur*. 1. ed., Buenos Aires, Eudeba.

científica, é imprescindível a manutenção de uma mesma linha de atuação nas políticas de C&T e de P&D. Dito de outra maneira, estas últimas políticas não podem ficar ao sabor das mudanças partidárias que se alternam a cada período eleitoral. Assim, fixadas as prioridades nacionais, é preciso que os partidos honrem o projeto fixado para o País que, evidentemente, deverá pairar acima de toda e qualquer eventual divergência político-partidária.

Hoje, ao apagar das luzes do século XX e ao limiar do terceiro milênio da era cristã, a C&T e a P&D no Brasil ainda estão em busca do seu espaço. Comparações feitas com outros países mostram a nossa precariedade. Levantamentos realizados no início desta década de 90 indicavam que os investimentos de C&T eram da ordem de 0,6% do PIB, enquanto na Itália atingiam 1,5%, na Coreia do Sul chegavam a 2% e no Japão, na casa dos 3%. Da mesma maneira, o número de pesquisadores por milhão de habitantes, no Brasil, é baixo: 400. Na Itália e na Coreia do Sul, existem 2.000. No Japão, este valor ascende a 6.000 pesquisadores por milhão de habitantes. Quanto à participação do setor privado no investimento global da C&T, no Brasil, esse valor é de 20%, enquanto que nos países centrais e em desenvolvimento (sobretudo nos Tigres Asiáticos) a relação é de 80% para o setor privado e apenas 20% para o Estado. Registre-se que a Lei 8.663, em vigência desde janeiro de 1994, tende a reverter o quadro, fazendo com que o Brasil acompanhe a tendência mundial (ou seja 80% para o setor privado e 20% para o governo).

Outras medidas, contudo, precisam ser implementadas pelo poder público para que o Brasil ocupe lugar de destaque no panorama internacional. Necessidade, aliás, decorrente do atual panorama mundial, caracterizado pela crescente globalização de mercados, onde o principal e mais sensível fator de produção é a tecnologia.

No que concerne à Educação, o grande desafio que a C&T lhe impôs, em termos gerais, diz respeito à superação do que em linguagem sociológica denominaríamos de *cultural lag* ou defasagem

cultural. Em outras palavras, a escola não tem acompanhado seu velocíssimo desenvolvimento. Neste e em outros casos, a escola apresenta-se hoje, de fato, como uma instituição anacrônica.

Registre-se, a bem da verdade, que o País carece de uma política educacional. E, também, que o professor, muitas vezes abnegado e imbuído de espírito de luta, sente-se injustiçado e abandonado à sua própria sorte. É ele, porém, que forma, nos dias de hoje, os profissionais que atuarão no mercado de trabalho nas primeiras duas ou três décadas do próximo século. Por isto mesmo, precisa estar preparado para as mudanças que inexoravelmente ocorrerão neste interregno. Contudo, sem formação adequada, desatualizado, decepcionado, desanimado e desmotivado, muito pouco tem podido e pode fazer. Em função disso, não poderia haver outro resultado que não fosse a ocorrência do alto índice de analfabetismo no País, os elevados índices de evasão e de repetência nos diferentes níveis de ensino, os currículos defasados, etc...

Mas, esta é, sem dúvida, uma crise inserida numa problemática mais ampla: a política, econômica e social, pela qual todos nós brasileiros passamos. Torna-se, portanto, cada vez mais difícil pensar-se em "modelos" de desenvolvimento e de modernização, já que, temos certeza, o nosso "modelo" deverá ser elaborado dentro de e para as nossas condições.

Malgrado isto, qualquer modelo hoje somente poderá ser pensado a partir do princípio da internacionalização da economia. Daí o fato de atribuímos importância decisiva à questão do MERCOSUL (Mercado Comum do Cone Sul). Prova inequívoca da importância da necessidade do intercâmbio técnico e cultural entre os países que o integram foi sobejamente demonstrada através da implantação da I Escola Brasileiro-Argentina de Informática (I EBAI). Instituída na segunda metade da década de 1980, visava criar uma nova geração de pesquisadores e institucionalizar grupos comuns de pesquisas na área da informática, setor no qual o Brasil acumulou maior número de êxitos do que a Argen-

tina, sobretudo naqueles relacionados ao desenvolvimento de *hardwares*. Piragibe (1988: 279-80) assinala que a I EBAI foi criada, “reunindo uma equipe de vinte professores e quinhentos alunos graduados e pós-graduados dos dois países. Foram elaborados livros-texto, que deverão ser adotados em cursos regulares de universidades brasileiras e argentinas”. Na área nuclear, embora já existam acordos bilaterais em vigência, resta muito a ser feito. Sobretudo se considerarmos os centros argentinos de excelência no segmento atômico. São os casos do *Instituto Balseiro*, entidade de ensino e pesquisa vinculado à *Universidad Nacional de Cuyo* e, também, do *Centro Atômico Bariloche* (CAB), ligado à *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA) e que está voltado às atividades de pesquisa científica e tecnológica. Excusado, obviamente, falar do sucesso da Argentina no setor nuclear, de vez que na primeira metade da última década aquela nação conseguiu, com reduzidíssima ajuda externa, dominar a tecnologia de enriquecimento isotópico do urânio, pela complexa rota da difusão gasosa. Assim, como se pode observar, muito ainda poderá ser feito no campo das tecnologias de ponta, ou fronteira, entre os dois líderes das nações em desenvolvimento no âmbito do MERCOSUL.

Vista a questão do desafio que a C&T impõe à Educação, em termos gerais, gostaríamos de destacar, de maneira específica, os seguintes aspectos:

(1) não se pode pensar em C&T e, conseqüentemente, em desenvolvimento e modernização, sem contar com massa crítica e centros de excelência de pesquisa, que garantam a sólida formação de recursos materiais e humanos para que se viabilize, efetiva e verdadeiramente, a imbricação necessária entre pesquisa, setor produtivo e governo, através de suas políticas de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento). É esta é a tríade básica capaz de assegurar a retomada do crescimento econômico e a consolidação da modernização brasileira.

Mas, como pensar em produção industrial e em desenvolvimento se, no início desta nossa dé-

cada, menos de dois milhões de jovens matricularam-se em cursos superiores? Além disso, a eles foi ofertado um ensino aquém do desejado para enfrentar um mercado caracterizado pelo inexorável e irreversível processo de globalização da economia.

Ademais, é preciso ter em mente que, de acordo com dados apresentados pela UNESCO, em relatório editado em 1985, os países desenvolvidos típicos tinham “mais de mil cientistas e engenheiros para cada milhão de habitantes na década de 1970, mas o Brasil tinha cerca de 250, a Índia 130, o Paquistão uns sessenta, o Quênia e a Nigéria cerca de trinta”. (Hobsbawm, 1996: 261). Acrescente-se a isto, levantamentos recentes da Organização Internacional do Trabalho (OIT) indicando que, a despeito dos impactos sociais e econômicos das novas tecnologias, para cada 100 empregados, nas maiores indústrias do mundo de hoje, pelos menos 60 são engenheiros, 15 dos mais diversos níveis técnicos e, apenas, 25 os operários. Óbvio está que, para se atingir um patamar próximo deste último, é necessário consolidar nossos centros de ensino e de pesquisa. Pois, só assim, poderemos pensar num desenvolvimento razoavelmente autosustentado, condição *sine qua non* para que o País possa apresentar produtos atraentes e de qualidade, ao competitivo mercado externo.

(2) como escólio, não se pode negar a existência de uma preocupação muito grande, na escola, com relação à preparação para o trabalho. Mas, aqui há de se questionar: Para qual trabalho?

Superando os paradigmas fordista e taylorista, o trabalho hoje tem o sentido de supervisão e otimização. Por isto, assegurar a confiabilidade da máquina – a administração de seus problemas e de seu funcionamento – tem sido o seu primordial objetivo. E, por esta razão, a “matéria-prima” do trabalhador é o conjunto das informações e dos conhecimentos de que ele necessita para enfrentar o seu dia-a-dia de labor. É preciso, pois, “mobilizar os saberes (coletivos) para dominar um fluxo de acontecimentos, previstos ou imprevistos”

(Witkowski, 1994: 38). Isto porque “o saber tornou-se nos últimos decênios na principal força de produção, que já modificou sensivelmente a composição das populações ativas nos países mais desenvolvidos e constitui o principal ponto de estrangulamento para os países em vias de desenvolvimento. Na idade pós-industrial (...), a ciência conservará e sem dúvida reforçará ainda mais sua importância na disputa das capacidades produtivas dos Estados-Nações”, no abalizado entender de Lyotard (1988: 5).

Há, ainda, com referência à questão do trabalho, outro aspecto que precisa, desde já, ser pensado com muito cuidado e atenção: é muito grande a proliferação dos chamados serviços (ou setor terciário da economia), outro responsável direto pela mudança radical na concepção de trabalho. E é interessante observar que estes serviços apresentam tendência marcante em recrutar profissionais em nível, no mínimo, de segundo grau. Muito preocupante, pois, é a posição da escola frente à questão. Se à escola cabe a formação para o trabalho, ela mesma desconhece, ainda, de que maneira formará essa categoria de trabalhadores. Mas, se à escola não cabe formar para o trabalho, qual seria sua postura diante de problemática tão grave?

(3) a administração do saber nas grandes organizações, onde a informática já cedeu lugar para o conhecimento, precisa ser acompanhada pela escola. Tais organizações valem-se dos chamados multimídias interativos, que associam imagem, texto e som. Isto permite simular as mais diversas situações de aprendizagem, além de propiciar suporte técnico e documental de fácil utilização, possibilitando até mesmo pesquisa automática da parte do consultante.

Contudo, é bom que se esclareça: não estamos aqui a vaticinar que, num futuro próximo, estes sistemas possam substituir profissional algum. Sobretudo, no caso da escola, o professor. O que queremos dizer é que o professor conta com um eficiente meio auxiliar, representado por estes multimídias interativos, para o seu fazer pedagógi-

co. Mas, para tal, precisa urgentemente redefinir o seu papel, até mesmo como forma de promover a imbricação entre a C&T e a escola, no sentido da superação do *cultural lag* já mencionado.

(4) uma vez que as telecomunicações acabaram por modificar profundamente a administração das organizações e apesar de não vermos a escola como uma empresa, não podemos deixar de levar em conta, também, a obsolescência de seu processo administrativo atual. E isto tanto no sentido de que a administração constitui parte integrante do processo educacional, como no sentido de que não pode prescindir dos benefícios trazidos pelo uso parcimonioso das telecomunicações. Assim, redes locais, serviços telefônicos de mensagens, sistemas de informação técnica, telefonia automática e fibras ópticas, dentre outras, são inovações que não só obrigarão a escola a adotar novos modelos de gestão, como também deverão modificar as atividades e a natureza da função daqueles que exercem atividades administrativas.

Em síntese, para garantir a inserção do Brasil no mercado internacional será necessária a observância aos seguintes preceitos:

1. ESTABELECIMENTO DE ESTRATÉGIAS DE C&T COMPATÍVEIS COM AS NECES-SIDADES DO PAÍS:

O que se deseja neste sentido é a clara identificação das necessidades do País, visando compatibilizar as políticas voltadas à capacitação tecnológica endógena com a criação das pré-condições que possibilitem a absorção da tecnologia vinda do Exterior, nos casos em que tal capacitação não for possível nem recomendável. Exemplo de que tal postura é factível para os países de economia retardária foi mostrado pela Argentina que, mesmo tendo adquirido os equipamentos da central nuclear de Embalse da KWU/Siemens alemã, conseguiu abrir a caixa preta, inserindo grande número de

componentes produzidos pelo parque produtivo argentino.

2. CRIAÇÃO DE CULTURA TECNOLÓGICA PRÓPRIA:

Neste sentido, o que se postula é evitar a adoção de padrões de comportamento impregnados por diretrizes que se mostraram úteis para os países que hoje estão na fronteira do conhecimento. As condições conjunturais e econômicas do Brasil são outras e a emergência do mundo multipolar implica redesenhar a política tecnológica interna e as relações com outros países. As chamadas tecnologias de ponta fortalecem e aceleram o processo de inovação tecnológica e a inserção do Brasil nesse movimento deve ser seletiva e cuidadosamente equacionada. É preciso que dois dos agentes envolvidos no processo (governo e setor produtivo) se convençam de que o desenvolvimento tecnológico apresenta uma dinâmica própria, que envolve aporte de capital de risco e cujo retorno não se processa, necessariamente, no curto prazo.

3. MODERNIZAÇÃO DAS ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS:

Aos países em desenvolvimento não basta apenas estimular as pesquisas relacionadas às novas tecnologias. É preciso modernizar as estruturas organizacionais responsáveis pelo desenvolvimento da C&T e introduzir mecanismos que viabilizem a formação de pontes entre o setor que gera ou absorve o conhecimento e as empresas responsáveis pela introdução dos insumos no processo produtivo. Se adotados os procedimentos utilizados em períodos passados – como é o caso da fase de substituição das importações –, há o risco de se privilegiar o mimetismo tecnológico, onde o setor de pesquisas acaba reproduzindo condutas que estão em moda nos países centrais: Inexistindo tal modernização, o risco que se corre é não atender

as necessidades locais, com a previsível falta de entrosamento entre a pesquisa tecnológica e o setor produtivo do País, que não se beneficia dos frutos do investimento em C&T. Neste sentido, é lapidar a frase de Drucker, quando diz que “a tecnologia será importante, mas principalmente porque irá nos forçar a fazer coisas novas, e não porque irá permitir que façamos melhor as coisas velhas”³.

4. ESTÍMULO À DESCENTRALIZAÇÃO, ATRAVÉS DOS NÚCLEOS OU PÓLOS DE MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICAS:

Um dos mais fortes indutores da modernização pela via da C&T em todo o mundo é o apoio aos setores tradicionais, ou não-dinâmicos, da economia, como o alimentício, têxtil, agrícola, construção civil, papel e celulose, couro-calçadista e o de máquinas-ferramenta. O propósito, neste caso, é o de promover a assimilação de novas tecnologias. Neste sentido, caberia ao governo induzir a associação e a aproximação das empresas tradicionais com os centros geradores do conhecimento tecnológico. Uma opção viável para este fim são as incubadoras, que são espaços físicos ocupados por várias empresas, com infra-estrutura comum. A idéia básica é promover cooperação na fase pré-competitiva. Assim, as grandes empresas podem se associar em projetos, cujo custo não é compensador para apenas uma delas. A partir de determinado ponto, a elaboração final do produto, a comercialização e o *marketing* ficariam a cargo de cada empresa, que passaria a agir individualmente. Seria uma forma de promover aperfeiçoamentos, sobretudo através da melhoria do desempenho e da produtividade nas áreas que ficaram à margem do desenvolvimento da C&T, dificultando ou impedindo a oferta de bens a preços competitivos com as possibilidades aquisitivas da maior parcela possível da população.

(3) ver Drucker, O. (1993). *Sociedade pós-capitalista*. São Paulo, Pioneira, p. 153.

5. FORTALECIMENTO DOS PÓLOS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICOS:

Uma das formas de estimular a modernização, permitindo a interação da C&T no setor produtivo, são os pólos científico-tecnológicos que têm como característica básica a aproximação das universidades – centros de produção do conhecimento – com as empresas. Esta iniciativa, conhecida internacionalmente como *science parks* ou *tecnopoles*, decorre da infra-estrutura científico-tecnológica que se cria em determinado local e do surgimento de pessoas e empresas interessadas em industrializar os resultados da pesquisa. As principais experiências nacionais situam-se em Campina Grande (PB), Campinas (SP), Curitiba (PR), Florianópolis (SC), Porto Alegre (RS), Rio de Janeiro (RJ), Santa Rita do Sapucaí (MG), São Carlos (SP) e São José dos Campos (SP). Há ainda alguns em fase de consolidação, como os de Fortaleza (CE) e de Recife (PE).

Dentre os exemplos citados, vamos selecionar o de São Carlos pela alta significância para o País, em geral, e para o Estado de São Paulo, em particular. Nos setores de tecnologia de ponta ou na fronteira, a cidade de São Carlos conta com cerca de 50 empresas atuando, sobretudo, nas áreas de novos materiais, óptica, informática, instrumen-

tação e mecânica de precisão⁴. A origem do pólo tecnológico de São Carlos está intimamente relacionada à existência de duas universidades públicas na cidade. Em 1991, a USP de São Carlos possuía 465 professores, 199 deles com doutorado, para um total de 2.662 alunos, dos quais 1.014 matriculados nos cursos de pós-graduação. A UFSCar, por sua vez, e naquele mesmo ano, possuía 458 professores, sendo 221 doutores, para um total de 2.951 alunos, dos quais 508 cursavam pós-graduação. A *overdose* de ciência, gerada tanto na USP como na UFSCar, transbordou da academia para as indústrias locais, num processo intermediado pela figura dos cientistas-empresendedores (os professores de ambas as universidades), que souberam aproveitar as capacitações que foram surgindo na cidade.

A escolha do exemplo do pólo científico-tecnológico de São Carlos teve seu lado intencional, já que convalida cabalmente a nossa tese de que o desenvolvimento tecnológico está intimamente vinculado à existência de centros de excelência de ensino, sobretudo no ensino superior e no de pós-graduação. Excusado dizer que o que se pretende é o fortalecimento do ensino em todos os níveis, pois só através de uma educação fundamental e secundária de bom nível é que se logrará eficácia no aproveitamento dos cursos superiores.

BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, W. V. (1987) Considerações em torno da ciência, da técnica e da natureza. In: TEMPO BRASILEIRO, v. 1, nº 1, jan./jun. Rio de Janeiro.
- GAMA, R. (1987) *A tecnologia e o trabalho na história*. São Paulo, Nobel; Edusp.
- HOBBSAWM, E. (1996) *Era dos extremos: o breve século XX (1914-1991)*. 2ª ed. São Paulo, Companhia das Letras.
- LADRIÈRE, J. (1979) *Os desafios da racionalidade*. Rio de Janeiro, Vozes.
- LANDES, D. (1994) *Prometeu desacorrentado: transformação tecnológica e desenvolvimento industrial na Europa ocidental, desde 1750 até a nossa época*. Rio de Janeiro, Nova Fronteira.
- LYOTARD, J-F. (1988) *O pós-moderno*. 3ª ed. Rio de Janeiro, José Olympio.
- MENEZES, L. C. de (1994) *Ciência, tecnologia e outros componentes culturais para um desenvolvimento social e econômico no Brasil*. *paper* mimeografado.

(4) Este panorama refere-se ao ano de 1992. Para maiores detalhes, consultar o competente e metucioso levantamento apresentado em: Torkomian, A. L. & Medeiros, J. A. (1993). "O papel dos agentes do processo de inovação: o pólo tecnológico de São Carlos". In: Coleção Documentos, Instituto de Estudos Avançados (IEA/USP), São Paulo, IEA/USP, out. (série Política Científica e Tecnológica, n. 14).

- MESQUITA, E. de (1978) *A técnica, o homem e a vida social*. São Paulo, Universitária de Direito.
- PIRAGIBE, C. (1988) Políticas para a indústria eletrônica nos novos países industrializados. Lições para o Brasil?. In: HUBERT, S. e CARVALHO, R. de Q. (org.). *Automação, competitividade e trabalho: a experiência internacional*. São Paulo, Hucitec.
- SÁBATO, J. A. & MACKENZIE, M. *La producción de tecnología: autónoma o transnacional*. México, Nueva Imagen.
- SCHAFF, A. (1992) *A sociedade informática*. 3ª ed. São Paulo, UNESP; Brasiliense.
- WITKOWSKI, N. (coord.) (1994) *Ciência e tecnologia hoje*. São Paulo, Ensaio.
(WW/RVGE011A-1002961510)

ABSTRACT

After a short report about the role of the S&T (Science and Technology) and the R&D (Research and Development) nowadays specially in terms of modernization the authors discuss the principal shocks caused by this last one in its relationship with Brazilian educational policies. This essay examines particularly the overcome of the cultural lag caused by adequate policy of formation of the human resources and the chaotic educational situation existing currently in Brazil. This paper intends to show creative paths to put our country in a global society. Some aspects are explored as the

needs for future requests of the S&D and the R&D in order to put Brazilian govern authorities on the realistic way to effective social, political and economical development. However to achieve this aim it is absolutely necessary to remember that this way is essential to conduct Brazil to a position of one real supplier of good and competitive assets, in a similar way to go through by Japan and other newly industrializing countries (as the Asian Tigers, for instance).