

O Ensino de Ciências nas Escolas Brasileiras

JOSÉ ERNO TAGLIEBER*

RESUMO

Os currículos de ciência, surgidos nas escolas secundárias na década imediatamente posterior ao Sputnik (1957), enfatizaram, de maneira geral, a natureza da Ciência e se propuseram a desenvolver nos alunos a habilidade da inquirição como um meio para desenvolver uma cidadania funcional. Entretanto, após vinte e cinco anos de aplicação destes currículos, a educação científica está em crise nos países mais desenvolvidos. O Brasil, como um país em desenvolvimento, necessita construir uma cultura tecnológica para poder desenvolver harmoniosamente todos os níveis de sua sociedade. Propomos, como um dos primeiros passos desta transformação sócio-cultural, um ensino científico baseado no processo metodológico, relacionando não só o conhecimento e as aplicações tecnológicas, mas também os fenômenos sócio-culturais. Nosso contato diário e constante é com a tecnologia e não com a Ciência, como afirmou Goodlad (1973). E, poder-se-ia acrescentar que as percepções destes contatos, os pensamentos e as ações são coordenados e orientados pelos valores sócio-culturais privilegiados pela sociedade na qual a pessoa está inserida. É, portanto, pedagogicamente aconselhável fundamentar o ensino científico nas aplicações tecnológicas próprias da cultura da sociedade onde o aluno vive, para que possa compreender e atuar eficazmente no seu meio ambiente.

INTRODUÇÃO

Na presente monografia serão tratados a princípio, certos aspectos da educação científica no Brasil para uma melhor compreensão do tema.

* Professor do Centro de Ciências da Educação (Departamento de Metodologia de Ensino) da Universidade Federal de Santa Catarina.

Serão apresentados e discutidos dois pontos de vista: o primeiro que se refere aos argumentos em que foram baseados os currículos de ciências desenvolvidos nos Estados Unidos e trazidos para o Brasil na década de 60; e o segundo que diz respeito aos argumentos baseados nas diferenças e semelhanças entre a Ciência e a Tecnologia e o significado, para o ensino de ciências, da aplicação destes princípios num determinado contexto cultural. E, finalmente, serão discutidos os efeitos das mudanças no ensino científico nas escolas pré-universitárias brasileiras se o segundo ponto de vista fosse adotado. (Quando falamos em escolas pré-universitárias, referimo-nos às escolas de 1º e 2º graus).

OS CURRÍCULOS DE CIÊNCIAS NAS ESCOLAS SECUNDÁRIAS

A educação científica brasileira nas escolas secundárias não tem uma tradição. Assuntos científicos começaram a ser introduzidos, oficialmente, nas escolas secundárias a partir dos idos de 1970 (Barbosa, 1942). Mas, foi apenas na década de 30 que começou a formação dos professores de ciências, para as escolas de primeiro e segundo graus, com a implantação das faculdades de filosofia, ciências e letras nas universidades e institutos de ensino superior. Azevedo (1954) afirma que a Ciência nunca foi uma tradição cultural brasileira e ainda hoje o conhecimento científico não é privilegiado nos currículos das escolas de primeiro e de segundo graus.

Na curta história dos currículos brasileiros de ensino de ciências para escolas pré-universitárias, houve pelo menos duas fontes de influências; a) antes da Segunda Guerra Mundial, quando os currículos dos países europeus, principalmente da França e da Alemanha, foram traduzidos e usados em nossas escolas, sob a forma de livros didáticos — e estes eram altamente factuais; b) após a segunda grande guerra mundial, quando os livros americanos entraram no Brasil, como também certos convênios internacionais foram celebrados e estes decisivamente influenciaram nos conteúdos e práticas pedagógicas das aulas de ciências. No primeiro período era enfatizado o conteúdo factual, e no segundo a ênfase estava certamente no processo científico. Neste último período vamos encontrar os currículos produzidos na década dos anos 60, tais como o BSCS, PSSC, o CHMS, e outros (Maybury, 1975).

Um outro fato importante, relacionado com o desenvolvimento

curricular, foi a lei 5692/71 que, se de certa forma favoreceu o ensino científico na educação pré-universitária, também o prejudicou, no sentido de diminuir o tempo disponível aos professores de ciências para o estudo científico. Esta lei gerou controvérsias tanto a nível filosófico como a nível prático e, como consequência, a nível político. A nível filosófico, embora bem intencionada, parece não respeitar certas características da população brasileira, tal como uma certa tendência ao “achismo”, do “generalismo” e, conseqüentemente, ao “superficialismo”. A nível prático, a falta de recursos materiais e humanos para a implementação da lei levou necessariamente a educação brasileira ao fracasso. A nível político, ainda estamos por encontrar um sistema educacional que satisfaça às nossas necessidades de cidadãos brasileiros.

No presente trabalho será analisada apenas a educação científica.

Nas poucas pesquisas avaliativas, feitas no Brasil, após a aprovação da lei 5692/71, o conhecimento científico dos alunos mostrou ser eminentemente factual, tipicamente conteúdos memorizados, não necessariamente compreendidos (Schiefelbein e Simmons, 1980; Taglieber, 1983; e outros). Nesta dinâmica, pode-se incluir a memorização dos próprios processos científicos, tornando-os meras rotinas de verificação em vez de meios criadores de novos conhecimentos. O aluno, não raras vezes, percebe a inutilidade dos conteúdos ensinados. Este problema Radhakrishna (1979) reconheceu como comum a todos os países em desenvolvimento:

“O presente sistema de educação científica levou à alienação dos problemas e objetivos nacionais, por causa da falta de vínculos — entre o que é ensinado na escola e o que é vivido no dia a dia”. (p. 143)

Aqui está, provavelmente, uma das maiores causas do desânimo e frustração e conseqüente abandono da escola, pelos alunos.

Um terceiro fator que possivelmente influenciou nos currículos de ciências nas escolas, principalmente nas de segundo grau, é o concurso vestibular; testes de conteúdos que servem para decidir quem entra ou não nos cursos superiores. Uma grande maioria dos professores de escolas secundárias adapta seus programas para refletir as áreas de conteúdos cobertos por vestibulares de anos anteriores. E isso faz com que a eficiência desses professores ou da escola seja inferida a partir do número de alunos que consegue entrar nos cursos superiores. Um

rápido exame dos itens propostos nestes testes mostra que o conhecimento exigido é, em geral, factual e que facilmente pode ser memorizado. Mas, o problema maior não é o teste em si, e sim o pequeno número de alunos que efetivamente atinge os cursos superiores. De acordo com dados do IBGE, apenas 40 por cento nas cidades maiores e menos de 10 por cento nas cidades interioranas (1980). Conseqüentemente, os alunos das escolas secundárias estudam currículos visando cursos superiores, entretanto a grande maioria não chega ao limiar dessas escolas.

Um exame dos documentos oficiais — leis, pareceres, resoluções ou programas estaduais mostra que os objetivos do ensino de ciências aí sugeridos podem ser resumidos desta forma:

- a) “conhecer e compreender conceitos científicos básicos e fenômenos naturais;
- b) conhecer e aplicar o método científico;
- c) compreender as relações entre ciência pura e aplicada;
- d) compreender a contribuição da Ciência para o bem-estar do Homem e a importância da Ciência para o desenvolvimento econômico-social” (Parecer 853/71; Resolução 08/71; SE/SC 1976; e outros).

Destes objetivos gerais cada sistema escolar ou escola individual, professor, ou mesmo cada disciplina científica deverá desenvolver objetivos específicos para o ensino de ciências. Embora, à primeira vista, os objetivos pareçam de fundamental importância para o Desenvolvimento de um ensino eficaz, a realidade prática é bem outra.

PRINCÍPIOS NORTEADORES DOS CURRÍCULOS ATUAIS DE CIÊNCIAS

Uma vez que os currículos de ciências aplicados no Brasil, como foi visto anteriormente, tiveram origem em currículos norte-americanos, produzidos na década de 60, seria interessante saber os pontos de vista que levaram os professores e educadores daquele país a produzir tais currículos. Quais seriam os argumentos teórico-práticos que fundamentaram por exemplo o PSSC, o CHMS, o BSCS e tantos outros, traduzidos ou adaptados para serem utilizados em escolas brasileiras?

Não será discutida, aqui, a validade dos currículos de ciências que enfatizam um conteúdo factual, uma vez que a eficácia destes currículos

já foi questionada por Conant (1947), Schwab (1962), Klopfer (1971) e outros. Mesmo sem uma avaliação objetiva deste tipo de ensino no Brasil, sabe-se que os resultados são desastrosos em termos efetivos. Pelos fins de 1956 e começos de 1957, o Instituto Americano de Física, a Associação Americana de Professores de Física, e a Associação Nacional de Professores de Ciências reunidos chegaram a quatro conclusões básicas concernentes aos currículos de ciências das escolas secundárias nos Estados Unidos; que são:

- a) Os currículos de ciências das escolas secundárias não mais refletiam os pontos de vista da comunidade científica (Little, 1959). O que era ensinado nas escolas não era exatamente um conhecimento científico. Portanto, se não era ciências o que era ensinado, também não poderia haver grande esperança de que a ciência assim ensinada pudesse atrair pessoas capazes de um pensamento profundo e abstrato, muito menos formar indivíduos que soubessem lidar com situações complexas e abstratas (Wolf, 1959).
- b) A unidade da Ciência dos currículos ensinados nas escolas secundárias desapareceu numa variedade de conteúdos, desconectados entre si, que foram aos poucos introduzidos (Little, 1959). Por causa da mistura destes conteúdos, o aluno secundário não poderia desenvolver uma percepção clara do que a Ciência realmente é.
- c) É impossível ensinar razoavelmente bem tudo o que estava contido nos livros textos para cada ano letivo (Little, 1959). Havia claramente sobrecarga de conteúdos nos programas de ciências com idéias secundárias e periféricas de aplicações tecnológicas associadas a uma metodologia de ensino que induzia à memorização e se esquecia da compreensão e aplicação dos conhecimentos.
- d) Os conceitos científicos eram minimizados em relação às questões tecnológicas e sociais (Little, 1959), o que impedia que novos conceitos de fronteira da pesquisa científica adentrassem às salas de aula do secundário. “A produção de novas maneiras de organização dos conhecimentos tem provavelmente uma maior gama de valores que a produção de benefícios materiais ou novos princípios” (Little, 1959). Em outras palavras, não é necessário somente ensinar os conceitos científicos, mas, prin-

cipalmente, como estes conceitos e princípios foram descobertos — o processo científico de inquirição, a natureza do conhecimento científico.

Um outro argumento, em favor da renovação dos currículos de ciências na década dos anos 60, foi levantado por Easeley (1959): a duração do tempo para ensinar ciências. Diz ele:

“Assim como os valores metodológicos e científicos necessitam ser usados repetidamente, a fim de serem assimilados pelos alunos, assim também os conceitos e princípios físicos (científicos) necessitam ser ordenados de forma cuidadosa para prover um ensino eficaz e isto absorve muito tempo”.

Tal método de ensino toma larga escala de tempo se realmente se quer enfatizar a natureza do conhecimento científico, o processo da inquirição e ainda dominar os conceitos e princípios científicos chaves. E, portanto, aplicações tecnológicas e questões periféricas teriam que ser eliminadas dos currículos de ciências das escolas pré-universitárias a fim de se atingir a meta de formar indivíduos capazes de lidar com situações complexas e abstratas.

Todos os currículos trazidos para o Brasil tiveram estas características, isto é, ênfase no processo e na natureza do conhecimento científico. Estas características são as que, no Brasil, identificam a escola novista, embora deva ser mencionado que estes currículos não foram introduzidos em toda sua integridade. Em outras palavras, na maioria das vezes, estes currículos foram trazidos apenas em parte: ou só os livros textos ou cadernos de atividades de laboratório, deixando-se fora da tradução brasileira ou audiovisuais, filmes, e partes importantes dos laboratórios.

Concluindo, pode-se dizer que os currículos da década de 60 objetivavam a formação de um cientista em cada cidadão. Ou melhor, preconizavam o método científico como método de vida. As conseqüências, 25 anos depois de sua introdução, são bem conhecidas através do Projeto Síntese de Harms e Yaager (1981). Como estes mesmos autores concluem, a educação científica norte-americana está em profunda crise. E embora possa haver causas as mais variadas, estes currículos certamente contribuíram para o “status quo”.

Em relação à educação científica brasileira pode-se dizer e reconhecer que houve progressos em certas regiões do país, mas não de

forma homogênea. Na realidade, estas regiões representam pequenas ilhas num oceano. Poucas lideranças se desenvolveram e nenhuma tradição no ensino científico ainda se fixou, pois, provavelmente, o progresso e o desenvolvimento ainda estão ligados a um reduzido número de pessoas.

AS BASES DOS CURRÍCULOS DE CIÊNCIAS PARA O FUTURO

A fim de compreender melhor as diferenças entre os currículos importados e os currículos de ciências que devem nascer das necessidades reais de cada comunidade, a análise basear-se-á nas quatro áreas de influência curricular sugeridas por Schwab (1962): a) a pressão do meio; b) a prontidão do aluno; c) as condições do processo de ensino; e d) a natureza do conteúdo programático. Esta análise constitui o segundo ponto de vista.

Hurd (1976) já previu a necessidade de mudança nos currículos de ciências e caracterizou o currículo ideal como aquele que deveria “fechar a lacuna entre o que é ensinado nos cursos de ciências e o que deveria significar em nossas vidas”. Esta idéia não é nova. Os antepassados já estavam conscientes disto e já o escreveram no frontispício de suas universidades: “Non scholae, sed vitae discimus”, o que quer significar que o ensino deveria ter como meta a vida quotidiana. A escola foi feita para o indivíduo se preparar para uma existência eficaz no seu dia-a-dia.

Examinando de novo os objetivos gerais sugeridos para os currículos de ciências para as escolas brasileiras, pode-se perceber que os legisladores estão de acordo com o segundo ponto de vista: a compreensão e aplicação dos conhecimentos científicos na vida quotidiana para promover o processo social.

A PRESSÃO DO MEIO

Para o Brasil, nas condições atuais, existe um único meio para vencer as dificuldades quanto ao progresso social: investir maciçamente no desenvolvimento tecnológico nacional em todas as áreas da atividade humana. Mas, desenvolvimento tecnológico implica em mais e mais trabalhos que exigem conhecimentos científicos aprofundados. Entre-

tanto de onde virão os operários especializados? Evidentemente, das escolas do primeiro e segundo graus. Mas de acordo com Jones (1971):

“Uma das maiores fraquezas — falando de países em desenvolvimento — é a ineficiente educação científica oferecida nas escolas secundárias . . . para a grande maioria da população a educação secundária precisa ser replanejada como um ponto terminal . . . com ênfase em novos conhecimentos científicos, habilidades e atitudes mais apropriadas às necessidades do emprego e da vida”.

Por outras razões, o mesmo consenso foi sentido por alguns educadores norte-americanos nos Estados Unidos (Harms e Yager, 1981). Watson *et al.* (1978), num relatório em que identificaram algumas prioridades para a educação científica nos Estados Unidos, afirmam:

“ . . . conhecer e compreender não é suficiente, é essencial labutar com habilidades para uma bem sucedida aplicação de conhecimentos que justifiquem decisões e ações relativas a toda uma gama de problemas que os indivíduos serão obrigados a enfrentar agora e no futuro”

No Brasil, um país em desenvolvimento, não se pode fazer as mesmas pressuposições como as que foram feitas na década de 60. A tecnologia ou a ciência aplicada não está isenta dos traços culturais do país onde foi produzida, nem mesmo os currículos de ciências (Azeke, 1980); portanto aquelas aplicações do conhecimento científico deveriam endereçar problemas regionais, como Hofstein (1980) recomendou. Moravcsik (1976) um estudioso da educação científica em países em desenvolvimento, concluiu:

“Um primeiro e principal esforço deve ser dirigido para a construção de um sistema de educação científica substancial e de alta qualidade, bem ajustado às condições locais”.

Quando condições locais devem ser consideradas, está claro que o que importa, em última análise, são as aplicações da ciência, não necessariamente a ciência em si. Portanto, a pressão, do meio exige muito mais a tecnologia do que a ciência que a produziu. Mas, é preciso esclarecer que se de um lado o meio exige a tecnologia, por outro lado a tecnologia, necessariamente, deve partir do conhecimento científico. O que se pode concluir é que o ensino de ciências, nas escolas pré-universitárias, deve fazer necessária ligação entre a tecnologia do dia-a-dia e o conhecimento científico a ser aprendido na escola. Contrariamente ao

que foi pensado para os currículos dos anos 60, os professores de ciências devem, de certa forma, partir das aplicações do conhecimento científico para a explicação das ciências puras e voltar novamente para a tecnologia por uma exigência do meio.

A PRONTIDÃO DO ALUNO

O aluno vive em um mundo de tecnologia, não num mundo de conhecimentos científicos, pelo menos ele não perceberá a ciência se não for educado para isto (Goodlad, 1973). Certamente é mais fácil ao aluno a compreensão da realidade que conhece melhor, aquela que está mais próxima dele, e que é certamente tecnológica por natureza. Comênio (1657) já dizia: "Deve-se começar a ensinar a partir daquilo que o aluno já conhece".

Se a ciência é determinada pela pergunta "por que", a tecnologia será determinada pela pergunta "como", colocadas em termos simplificados por Goodlad (1973). É fácil concluir que existe mais gente que conhece o "como" do que conhece o "por que". Isto parece indicar que a tecnologia ou a ciência aplicada torna o ensino das ciências mais relevante aos alunos. Booth (1980), escrevendo sobre currículos de ciências para escolas britânicas, intitulados *Technologia*, afirmou que as crianças acharam as atividades baseadas em ciências aplicadas mais agradáveis e divertidas". Hofstein (1980), por sua vez, é de opinião que os cursos de ciências, com orientação tecnológica, são mais motivadores e relevantes para os estudantes, e que algumas avaliações destes cursos mostraram que eles aumentaram seu número de matrículas.

No Brasil, a matrícula nas escolas técnicas secundárias aumentou em mais de 400 por cento entre 1970 e 1976 (MI, 1976). Mesmo que as escolas técnicas secundárias não sejam a mesma coisa que cursos de ciências tecnologicamente orientados, parece mostrar o que os alunos de segundo grau gostam de estudar. É evidente que, ao nível pré-universitário, existe pouca possibilidade de que se produzam novos conhecimentos em ciências ou em tecnologia: mas isto não significa que seja impossível melhorar o entendimento e desenvolver as habilidades básicas em cada uma destas áreas a este nível.

Um outro aspecto que necessariamente deve ser abordado são as condições psicológicas do aluno que devem ser respeitadas. E nestas condições a tecnologia aparentemente desempenha um papel muito

mais importante que a ciência. Pelo motivo citado acima, a tecnologia está mais próxima do aluno, psicologicamente, do que a ciência. Pode-se, então, inferir que o conhecimento prévio das coisas em torno do aluno é um passo muito importante na sua aprendizagem. Piaget (1978) afirma que o conhecimento se gera na ação do indivíduo sobre o objeto, isto é, na interação do indivíduo com o meio e se isto for a realidade, então, a ciência aplicada deverá necessariamente ser o ponto de partida para o ensino das ciências.

O nível de desenvolvimento mental determina quão longe cada aluno pode se afastar dos fatos concretos. A educação científica tem por objetivo não a pura informação, mas principalmente dar oportunidade aos alunos para desenvolverem suas habilidades e potencialidades. Advém, daí, a necessidade do professor de ciências de acompanhar o aluno nas suas atividades e constantemente avaliar seu estado de prontidão em relação ao domínio de conhecimentos em diferentes níveis: concreto, pré-operatório, operativo ou estágio formal. De certa forma, toda atividade pedagógica deveria iniciar-se pelas coisas concretas por três motivos: primeiro, por causa da prontidão psicológica do aluno; segundo, por causa da natureza da ciência; e, terceiro, por causa do objetivo do ensino das ciências — formar um espírito observador, analítico e crítico da realidade concreta que cerca cada indivíduo.

Resumindo, pode-se então concluir que as condições psicológicas do aluno deverão ser conhecidas e consideradas quando da formulação de novos currículos de educação científica. As implicações deste critério vão provavelmente exigir uma maior individualização do ensino e regionalização dos currículos.

AS CONDIÇÕES DO PROCESSO DE ENSINO

Bunge (1976) afirma categoricamente que “A tecnologia compartilha com a ciência um rico conjunto de proposições epistemológicas”; e, ainda mais, afirma que: “Metodologicamente, a pesquisa tecnológica não é diferente da pesquisa científica”. A investigação científica e a tecnológica iniciam com fatos e objetivos diferentes e têm necessariamente produtos finais diferentes, mas a metodologia da busca dos conhecimentos é a mesma. Estas idéias são compartilhadas também por Rapp (1974) e Mantell (1969). Rapp dizia:

“no momento em que o conhecimento e metodologia cientí-

ficos entram na tecnologia, elas se transformam em investigação tecnológica”.

Mantell concorda que, em sentido amplo, pesquisa básica, pesquisa aplicada e abordagem sistêmica, cabem, na verdade, no conceito de “metodologia científica” comumente aceita. Em outras palavras, a ciência e a tecnologia estão tão entrelaçadas que a separação artificial das duas destruiria a imagem real de ambas. Se isto for assim, por que então frisamos apenas os conhecimentos científicos, nas escolas pré-universitárias, uma vez que estudantes deste nível ainda não estão maduros o suficiente para entender as vantagens da separação da ciência da tecnologia, para explicar o meio ambiente onde vivem? Em termos de processo ensino-aprendizagem, parece ser uma falha curricular muito grande.

Se de um lado os conhecimentos científico-tecnológicos são cada vez mais importantes na vida das pessoas, o processo de criação destes conhecimentos é igualmente importante porque é o processo da busca do conhecimento que desenvolve a atitude científica. Lunetta e Novik (1982), falando da responsabilidade dos professores de ciências, afirmam que “eles (os professores) devem ajudar os alunos não só a aprender algumas das mais importantes descobertas, acumuladas ao longo dos séculos pela humanidade, mas principalmente desenvolver habilidades para adquirir e descobrir novas informações, resolver problemas e comunicar soluções” (p. 195). Ora, estas habilidades acima citadas são as habilidades que os cientistas e engenheiros usam nas atividades de investigação. Em outras palavras, a metodologia do ensino das ciências deve, de certa forma, ensinar a ciência como um processo. De outra forma, os conhecimentos científicos e tecnológicos se transformariam em “dogmas de ensino”, verdades prontas, acabadas, o que certamente não retrata a natureza do conhecimento científico.

A dinâmica usada no ensino de ciências deve possibilitar ao aluno uma percepção das limitações da abrangência e de certa forma a história evolutiva de conhecimentos científico-tecnológicos. Estas percepções só irão se desenvolver se houver uma participação concreta no processo de gerar o conhecimento, aplicando as habilidades necessárias. A metodologia de ensino que proporciona o desenvolvimento de habilidades, tais como observar, coletar dados, analisar, pensar lógica e criticamente na literatura científica é em geral denominada de método de inquirição (Schwab, 1962; Novak, 1964; Bingham, 1969; e outros). Re-

sumindo — a metodologia do ensino de ciências deverá focalizar três aspectos: o conteúdo a ser trabalhado, que deve ter aplicações regionais; o processo da produção do conhecimento científico, que é importante para a compreensão da natureza da ciência; e as habilidades ou potencialidades dos alunos necessárias para agir eficazmente no seu meio ambiente. Observados estes três aspectos, seria, então, possível cobrir todos os objetivos contidos na lei e os desejáveis para o desenvolvimento individual.

Um fato deve ser ressaltado aqui. Juntar as aplicações tecnológicas aos conteúdos e processos científicos, no sentido de ciência, não significa, necessariamente, uma mudança na metodologia proposta. Ao contrário, amplia e enriquece esta metodologia com novas possibilidades.

Por fim, o professor de ciências, como em qualquer método de ensino, desempenha uma função crucial: a eficiência dos currículos de ensino, qualquer que seja ela, depende da preparação, motivação e atuação do professor. Portanto, a adequada preparação do professor de ciências, para desenvolver um currículo com as características mencionadas aqui sugerida.

A NATUREZA DO CONTEÚDO PROGRAMÁTICO DE CIÊNCIAS

Se no passado o conhecimento tecnológico, em geral, precedeu o conhecimento científico, nos dias de hoje, a ciência está definitivamente mais avançada. Entretanto, para o desenvolvimento de ambas, na atualidade, deve existir uma forte interdependência (Conant, 1974). A idéia de complementariedade entre a ciência e a tecnologia foi enfatizada por Bunge (1972, 1974, 1977), Fiebleman (1972), e outros; mas, as metas são certamente diferentes. Skolimowski (1972) afirma:

“A ciência tem como meta a ampliação do nosso conhecimento através do desenvolvimento de teorias cada vez melhores; a tecnologia, ao invés, cria novos artefatos com a finalidade de aumentar a eficácia”.

No entanto, a tecnologia não produz simplesmente novos artefatos — artefatos são, na verdade, um produto da tecnologia, não a tecnologia em si — que é, da mesma forma como a ciência, um conhecimento. Como diz Black (1977), a tecnologia produz “know-how”, técnica,

habilidade e experiência. Ele afirma ainda: "o conhecimento relevante de um sistema tecnológico bem sucedido é, em essência, um conhecimento metodológico, de procedimento". A questão aqui é que a tecnologia é também uma forma de conhecimento e, desenvolvendo este conhecimento, o homem se torna capaz de produzir artefatos cada vez mais eficientes para as finalidades que foram planejadas.

Uma outra característica distinta entre a Ciência e a Tecnologia é que a primeira é basicamente analítica, enquanto que a segunda é eminentemente sintetizante. Noüy (1969) sustenta que: "O método científico universal é a análise". Moles (1971), por sua vez, acha que: "A única maneira que as ciências têm de produzir novos conhecimentos é a de quebrar os complexos fenômenos em partes mínimas e estudar as suas propriedades e interações". Assim o produto da investigação científica é generalizável a todos os fenômenos da mesma natureza. Por outro lado, Markov, citado por Tondl (1974), diz claramente: "A tecnologia é sempre dependente de uma certa síntese de redes causais, implementadas pelo Homem com o propósito de atingir certos desejos, ou resultados planejados". Entretanto, a síntese pressupõe a análise, e esta análise é encontrada no empreendimento científico.

Deve ficar claro que a tecnologia não é apenas a aplicação do conhecimento científico. Bunge (1977) afirma que a tecnologia envolve muitas áreas da atividade humana que nela deixam os seus traços profundos, das quais deve-se destacar o componente de criatividade, que é particularmente visível no planejamento da política e da investigação tecnológica. Contrariamente à ciência, os produtos da tecnologia são específicos e de aplicação limitada.

Em relação ao ensino de ciências, nas escolas pré-universitárias, a questão fundamental é saber até que ponto os currículos que incorporam conteúdos tecnológicos são mais relevantes que os tradicionais nas escolas brasileiras? Hurd (1976) resumizando o que estava sendo enfatizado em diversos relatórios, encontros, seminários de associações científicas, ou congressos nos USA, conclui:

1. "A ciência e a Tecnologia são básicas para o futuro . . .
2. Os novos conhecimentos deveriam ser utilizados o mais rápido e eficientemente possível para promover a qualidade de vida e o progresso social.
3. Mais pesquisas científicas deveriam ser feitas sobre problemas concernentes à população em geral, tais como, o

aumento do consumo de alimentos e energia. a melhoria de saúde. e assim por diante”.

Se isto é considerado de importância para currículos de ciências de escolas pré-universitárias. em um país desenvolvido. certamente será muito mais fundamental para escolas de países em desenvolvimento. onde ainda existe a necessidade de construir uma cultura científico-tecnológica. Mas agora a questão é: quanto pode-se esperar de um tal currículo de ciências integrando ciência e tecnologia? De certa forma somos obrigados a concordar com Hurd (1976) que é de opinião que:

“Tipicamente. os objetivos das escolas pré-universitárias não englobam. no seu ensino de ciências. idéias sobre o aproveitamento racional do conhecimento científico para o bem-estar individual e social”.

Mas. por outro lado. também é verdade que a escola tem como função principal preparar o aluno para viver e funcionar eficientemente na sociedade. Daí a necessidade da escola. de um lado. trabalhar e dar oportunidade aos alunos para desenvolverem suas potencialidades. habilidades e conhecimentos. demandados pela sociedade. e por outro lado. focalizar e enfatizar aqueles conhecimentos relevantes para o indivíduo e a sociedade. fomentando a avaliação crítica das mudanças que estes conhecimentos porventura exigirem. na vida particular e na própria sociedade. Isto a escola possivelmente só conseguirá com a prática diária. no seu ensino.

Concluindo. pode-se então dizer que a desvinculação do conhecimento científico do tecnológico. ao nível de escola pré-universitária. forma uma visão distorcida da realidade do mundo atual. Somos obrigados a concordar com Whitehead (1974) que diz: “conhecimento inaplicado é um conhecimento despojado de seu sentido”. Portanto. o ensino de ciências nas escolas pré-universitárias sem o vínculo de sua possível aplicação. como a prática diária já tem demonstrado. tem o perigo de se tornar um ensino desvinculado da realidade dos problemas que cada sociedade e/ou indivíduos enfrentam.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Como foi visto na análise dos dois pontos de vista. os conteúdos do conhecimento científico e tecnológico são por natureza diferentes — buscam objetivos diferentes. Entretanto são complementares no senti-

do que a tecnologia usa os conhecimentos científicos para aperfeiçoar seus produtos e a Ciência depende de instrumentos, produzidos pela tecnologia, para penetrar cada vez mais nos fenômenos naturais. As metodologias de investigação usam processos semelhantes e dependem das mesmas habilidades práticas e intelectuais.

Contra todas as recomendações pedagógicas (Comênio, (1657: Ausubel, 1968; e outros) o ponto de vista dos currículos de ciências, da década de 60, tenta ensinar aos alunos o que está psicologicamente muito longe da realidade deles. O ponto de vista defendido nesta monografia dá ênfase à vinculação do conhecimento científico ao tecnológico e de outras áreas de conhecimento ao nível das escolas pré-universitárias, como um dos meios para tornar o ensino relevante e mais próximo da realidade física e psicológica do aluno.

No primeiro ponto de vista pode-se questionar a suposição de que o conhecimento e a metodologia científica são por si só suficientes para ajudar o aluno a atuar com eficiência na vida real. Se as escolas pré-universitárias têm como função básica preparar os alunos para uma cidadania funcional e eficiente, então a aprendizagem global do processo ciência-tecnologia é essencial no ensino de ciências, porque é a tecnologia que vai trazer o estudante para a realidade concreta, campo de onde a ciência extrai apenas as suas idéias e problemas, muitas vezes, não muito perceptíveis a estes mesmos alunos.

Como já foi discutido, anteriormente, os currículos que apresentam o primeiro ponto de vista foram construídos para resolver um problema tipicamente norte-americano: a concorrência científica com a União Soviética — a formação do cientista — coisa que nada tem a ver com a população brasileira, cujos problemas e necessidades são totalmente diferentes. A pura e simples introdução destes currículos sem considerar nossos problemas e necessidades já se constituiu um erro em si. Não se pode negar que neste período houve um progresso científico e tecnológico, mas não se está nada certo de que isto tenha ocorrido por conta destes currículos. Possivelmente, teria sido diferente se se tivesse prestado mais atenção para as condições e culturas brasileiras e a partir delas planejado currículos de ensino de ciências.

O segundo ponto de vista privilegia o conhecimento integrado da ciência, tecnologia e sociedade, como também o processo da produção deste conhecimento. O ensino do processo e do conhecimento tende a tornar a educação científica mais relevante e significativa ao nível da

escola de primeiro e segundo graus, pois, parece ir ao encontro do que foi recomendado já pelo pai da didática, Comênio, no século XVII, e depois por uma plêiade de psicólogos e estudiosos da educação que sempre frisaram a importância da realidade da criança como ponto de partida para a aprendizagem. Como foi dito anteriormente, a tecnologia é a realidade imediata. E como diz Bunge (1973), antes que existisse o Homo Sapiens, existiu o Homo Faber, isto é, antes do homem sentir a necessidade de conhecer, sentiu a necessidade de fazer. A suposição de que os alunos normalmente transferem para a vida real o que aprenderam na sala de aula é questionável, uma vez que fica faltando uma enormidade de elos entre a abstração da teoria e a solução prática de problemas. A descoberta destes elos deve ser objeto de estudo nos currículos de ciências nas escolas de primeiro e segundo graus.

Os dois pontos de vista enfatizam o processo científico, mas com objetivos diferentes: no primeiro, a idéia era fazer de cada cidadão um cientista em potencial, o que é naturalmente um absurdo; no segundo, o objetivo principal será desenvolver as potencialidades do indivíduo, principalmente no que tange ao espírito crítico, pensamento lógico, capacidade de análise e síntese, rigor nas observações e na coleta de informações, além de desenvolver atitudes sociais, e de relacionamento e de respeito pelas idéias e atitudes de outras pessoas, tudo isto em função da vida plena das pessoas.

Ora, isto só será conseguido através da prática, o aluno fazendo, o aluno construindo sua própria educação científica. A questão é, então, saber como implementar um currículo de ciências com estas características. A literatura científica referente à metodologia do ensino científico indica que o método provavelmente mais adequado para se atingir metas acima colocadas é o ensino da ciência como processo, também conhecido com a inquirição pedagógica, enfatizada por Schwab (1962), Novak (1964), Bingham (1969), Hurd (1964), Morine e Morrone (1973), Rowe (1978), Lunetta e Novick (1982), e outros. Esta metodologia privilegia todo um processo de investigação científica, uma grande variedade de formas que muitas vezes tomam nomes específicos, tais como método de redescoberta, descoberta, resolução de problemas, ensino para a investigação e outros, mas que, em última análise, enfatizam o processo da busca pelo aluno do conhecimento teórico e a sua aplicação prática.

Um outro aspecto enfatizado, neste segundo ponto de vista, é o de que

a ciência e a tecnologia não existem isoladas, elas estão interligadas com todas as outras disciplinas, principalmente com a história cultural e a filosofia. É, provavelmente, muito importante para a compreensão das teorias científicas as suas relações com a história social e política, como também com as teorias filosóficas subjacentes que por sua vez dimensionam e orientam as atividades científicas a cada passo do desenvolvimento cultural. Apresentar os conhecimentos científicos e tecnológicos sem a sua história evolutiva, que mostra toda uma luta da humanidade contra a ignorância e o feiticismo, é como diz Conant (1970) tirar os movimentos de um animal. Conhecer a dinâmica da transformação das idéias científico-tecnológicas, ao longo dos tempos, é tão importante quanto conhecer a teoria da evolução para a compreensão da variedade dos seres vivos e os fenômenos ecológicos. Conant (1947) vai mais longe quando afirma: Para desenvolver o espírito científico é necessário que junto ao estudo dos conteúdos e metodologia científicos se estude também seus aspectos sócio-histórico-filosóficos. Concluindo, pode-se, então, dizer que um currículo de ciências sem os aspectos sócio-histórico-filosóficos inseridos em seu corpo, seria um corpo morto, e que provavelmente não seria capaz de atrair a atenção e a motivação do aluno. Na verdade, uma análise superficial dos livros e textos usados nas escolas secundárias irá mostrar que, praticamente, nenhum deles faz qualquer referência histórica, a não ser certa apresentação de lista de datas e/ou nomes, sem abordar aspectos sócio-culturais.

Os objetivos educacionais, que se pretende atingir através de um currículo de ciências que englobe, ao mesmo tempo, os conhecimentos científicos e tecnológicos, contextos históricos, bases filosóficas e sócio-culturais, são, além de uma formação científica sólida, o desenvolvimento de habilidades necessárias para um cidadão participar eficientemente dos anseios e trabalhos de sua comunidade e em consequência atingir uma plenitude de vida pessoal. Estes objetivos são naturalmente os mesmos de tantos outros currículos, apenas os princípios curriculares, discutidos nesta monografia, pretendem estar um pouco mais próximos da realidade e das necessidades de cada grupo social e de cada indivíduo em particular.

Resumindo, pode-se supor, com uma certa margem de segurança, que ensinar ciências integrando as aplicações tecnológicas e questões sócio-histórico-filosóficos:

1. torna os currículos de ciências das escolas pré-universitárias

- rias mais significativos e por isso mesmo mais relevantes;
2. torna o processo ensino-aprendizagem mais eficiente e relacionado com a vida diária;
 3. permite, mesmo assim, o USO do método de inquirição pedagógica nas suas diversas formas;
 4. contribui para construir uma cultura científico-tecnológica desde as suas bases;
 5. ajuda a ampliar a compreensão da natureza da ciência e da tecnologia pela oportunidade de contrastá-las;
 6. permite relacionar o conhecimento científico com as suas aplicações tecnológicas;
 7. está em pleno acordo com os objetivos educacionais traçados e explicitados em documentos oficiais.

Analisando-se os currículos de ciências sob o prisma das quatro áreas de influência, de acordo com Schwab (1962), foi possível detectar certas características que deveriam permear todo o processo de ensino-aprendizagem. Mas, a implementação de um currículo com estas características vai certamente criar um certo número de problemas quanto às áreas de formação adequada aos professores, aos livros textos que não existem, à integração do ensino de ciências no currículo global, ao material didático-pedagógico, etc. Dentre eles, o mais importante e o mais urgente a ser resolvido é o da formação e profissionalização do professor de ciências. Com a solução deste problema, os outros serão parcialmente resolvidos. O tipo de currículo sugerido, aqui, exige uma preparação um tanto diferente dos programas usuais de formação de professores de ciências. Sabe-se que nos programas usuais a ênfase está no puro conhecimento factual, enquanto que o tipo de currículo sugerido necessita de um professor que saiba identificar e interpretar os indicadores de cada uma das quatro áreas de influência. Esta não é uma tarefa fácil de executar.

Muitos outros problemas certamente irão ocorrer com a transformação curricular, mas se realmente alguma coisa deve ser feita para melhorar o ensino de ciências nas escolas pré-universitárias, para torná-lo mais significativo aos alunos, para construir uma cultura científica e desenvolvimento-tecnológico, então, certamente, um dos primeiros passos terá que ser um ensino que conecte o conhecimento científico às aplicações tecnológicas, à história, à filosofia e às características sócio-culturais de cada comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, D. P. *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, Green Stratton, 1963.
- AZEKE, Thomas O. *Biology education in Nigeria for the 1980s*. Science Education Center, University of Iowa, 1980. (Position Paper).
- AZEVEDO, Fernando de. *Cultura brasileira*. São Paulo, Melhoramentos, 1954.
- BARBOSA, Rui. *Obras completas*. Rio de Janeiro, Ministério da Educação e Saúde, 1942. V. 9 e 11.
- BERKHEIMER, Glenn D. *The rationale for and objectives of Science Education*. Michigan State University, 1979. (Draft Copy).
- BINGHAM, R. M., ed. *Inquiry objectives in the teaching of Biology*. Kansas City, Mid Continental Regional Educational Laboratory, 1969.
- BIRSH, Charles. Social responsibility in science. *The Australian Science Teacher Journal*. 18(1), Mar. 1972.
- BLACK, Max. *Are there any interesting philosophical questions in technology*. In: PSA 1976. East Lansing, 1977. p. 185-193.
- BOOTH, Norman. The role of science educations. In: *NEW trends in integrated science teaching*. Paris, UNESCO, 1980. v. 1.
- BRASIL. Ministério do Interior. *II Plano Nacional de Desenvolvimento*. Porto Alegre, SUDESUL, 1976.
- BRUNER, JEROME. S. *The process of education*. Cambridge, Harvard University Press, 1960.
- BUNCE, Mario. The philosophical richness of technology. In: PSA 1976. East Lansing, 1977. p. 153-172.
- —. Technology as pallied science. In: RAPP, Friedrich. *Contributions to a philosophy of technology*. Boston, Riedel, 1974. p. 19-39.
- —. Toward a philosophy of technology. In: *PHILOSOPHY and technology*. London, The Free Press, 1972. p. 62-76.
- CHAGAS, Waldir. *O ensino*. São Paulo, Melhoramentos, 1976.
- COMENIUS, Johnus Amos. *Didactica magna*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, s.d.
- CONANT, James B. *On understanding of science*. Yale University Press, 1947.

- EASELEY, J. A. The physical science study committee and educational theory. *Harvard Educational Review*, 29(1). Winter, 1959.
- GOODLAD, J.S.R. *Science for non-scientist*. London. Oxford University Press, 1973.
- HARMS, N.C. & YAGER, R.R. *What research says to the science teacher*. Washington, D.C., NSTA, 1981.
- HELGESON, Stanley L. *et alii*. The status of pre-college science, mathematics, and social science education: 1955-1975. In: SCIENCE education. Washington, D.C., Government Printing Office, 1977. v. 1. p. 21.
- HOFSTEIN, Avi. Future developments in integrated science education in relation to technical studies. In: *New trends in integrated science teaching*. Paris. UNESCO, 1980. p. 119-124.
- HURD, Paul DeHart. Teaching and learning the future through science. *Californian Science Teacher Journal*, 7(1). Oct. 1976.
- . *Theory into action*. New Haven, Yale University Press, 1964.
- JONES, Graham. *The role of science and technology in developing countries*. London. Oxford University Press, 1971.
- KLOPFER, L.E. Evaluation of learning in science. In: HANDBOOK on formative and summative evaluation of student's learning. New York. McGraw Hill, 1971.
- KRASILCHIK, Miriam. The evaluation of programmes for the education of teachers of integrated science. In: NEW trends in integrated science teaching. Paris. UNESCO, 1974. p. 121-124.
- LITTLE, Elbert P. The physical science study committee. *Harvard Educational Review*, 29(1). Winter 1959.
- LUNETTA, V.N. & NOVIK, S. *Inquiring and problem solving in the physical science*. Dubuque. Kental/Hunt, 1982.
- MANTEL, M.I. Scientific method — a triad. In: RAPPI, Friedrich. *Contributions to a philosophy of technology*. Boston. Riedel, 1974.
- MAYBURY, Robert H. *Technical assistance and innovation in science education*. New York. Johan & Sons, 1975.
- MOLES, Abraham. *La création scientifique*. Paris. Rene Kister. s.d.
- MORAVCSIK, Michel J. *Science development*. The building of science in less developed countries. PASITAM, 1976.

- MORINE, H. & MORINE, G. *Discovery: a challenge to teachers*. New Jersey. Prentice Hall. 1873.
- NOUYL, Lecomte du. *L'Home devant la science*, Paris. Flammarion. 1969.
- NOVAK, A. Scientific inquiry. *Bioscience*, 14 Oct., 1964.
- PIAGET, Jean. *Psicologia e epistemologia*. Rio de Janeiro. Forense Universitária. 1978.
- RADHAKRISHNA, S. *Technology and global problems: views from the developing world*. Pergamon Press. 1980.
- RAPP, Friedrich. Technology and natural science — a methodological investigation. In: —. *Contributions to a philosophy of technology*. Boston. Riedel. 1974. p. 93-114.
- RAW, Isias. Developments in integrated science education in relation to nutrition and Health education. In: *NEW trends in integrated science teaching*. Paris. UNESCO. 1980. v. 5.
- ROBINSON, J.T. *The natural science and science teaching*. Belmont, CA. 1968.
- ROWE, M.B. *Teaching science as continuous inquiry*. New York. McGraw-Hill. 1979.
- SCHWAB, Joseph J. *The teaching of science*. Massachusetts. Harvard University Press. 1962.
- SKOLIMOWSKY, Henryk. The structure of thinking in technology. In: *PHILOSOPHY and technology*. London. The Free Press. 1972. p. 42-50.
- TAGLIEBER, J. Erno. *An assessment of science achievement and factors related to learning outcomes*. Ann Arbor, MI. University International Microforms, 1984. (Tese de Doutorado).
- TONDL, L. On the concepts of technology and technological sciences. In: RAPP, Friedrich. *Contributions to a philosophy of technology*. Boston. Riedel, 1974. p. 1-19.
- VAN DEN BERG, Ewe. *Intermediate technology and science curriculum in developing countries*. Science Education Center, University of Iowa. 1977. (Position Paper).
- WATSON, Fletcher *et alii*. *Priorities for research in science education: a study committee report*. 1978. (Draft Copy).
- WOLF, Frank E. Ten points to scientific supremacy. *Science Education*, 43(2), Mar. 1959.
- YAGER, Robert E. *The current situation in science education*. Science Education Center. University of Iowa. 1980. (Draft Copy).