

# Inovações na Educação Científica e Tecnológica

## II. Modelos Curriculares.

### Formação e Actualização de Professores de Ciência e Tecnologia (\*)

ANABELA MARTINS

Royal Danish School of Educational Studies, Dep. Physics,  
Emdrupvej 115 B, DK — 2400 Copenhagen NV, Denmark

#### 1. Modelo de Xavier F. Carelse

##### 1.1. Os objectivos de uma Educação Tecnológica

No Simpósio Internacional da Unesco sobre o Ensino da Tecnologia no Contexto da Educação Geral Básica realizado em 1985, ficaram estabelecidos os seguintes princípios:

- A Educação Tecnológica deve ser desenvolvida tendo em atenção as suas contribuições para o processo educacional como um todo;
- A Educação Tecnológica deve ser relevante para o ambiente, mundo do trabalho, necessidades da vida diária do indivíduo e da comunidade, assim como para o desenvolvimento de atitudes positivas para com o trabalho e capacidades manuais;
- Ao ensinar tecnologia, a interacção ciência-tecnologia deve ser claramente enfatizada e discutida;
- O desenvolvimento de capacidades relacionadas com a tomada de decisões, resolução de problemas, planeamento, «design» e fabrico, devem fazer parte integral da educação tecnológica.

Tendo como base os princípios enunciados, foram então estabelecidos os seguintes objectivos gerais para uma educação tecnológica actualizada:

1— Desenvolver capacidades mentais e manuais no planeamento («design»), fabrico e avaliação objectiva de novos artefactos;

2— Promover o desenvolvimento da curiosidade, poder interrogativo, capacidade de

iniciativa, engenho, recursos e discriminação no que diz respeito a todas as facetas do ambiente e, em particular, da tecnologia em geral;

3— Promover atitudes de cooperação e responsabilidade social.

##### 1.2. Conteúdos Curriculares

Dentro do padrão de objectivos indicados em 1.1., o Prof. Carelse propõe um programa de ciência e tecnologia que abrange um largo espectro de assuntos ligados a necessidades sociais e individuais. O programa não é compartimentado em Física, Química ou Biologia, mas sim um todo sequencial e/ou integrado. O estudo do impacto da ciência e da tecnologia nas necessidades e actividades sociais, inclui por exemplo:

- A distribuição de ocupações e a necessidade de tornar a ciência relevante tanto para as populações rurais nas sociedades agrárias, como para a comunidade dos negócios nas sociedades altamente industrializadas;
- A necessidade de demonstrar a relevância da ciência e da tecnologia para melhorar a qualidade de vida dentro da família e da comunidade;
- A necessidade de reconhecer que, em muitas sociedades, as actividades de lazer para jovens e idosos, bem como as tecnologias associadas, podem ter um papel

(\*) Parte I deste artigo: Gaz. Fis., vol. 14, fasc. 1, pág. 14 (1991).

muito importante no desenvolvimento de atitudes sociais saudáveis.

Estes objectivos necessitam ser interpretados de acordo com o contexto específico de cada país.

Os temas propostos poderiam ser:

#### A. Ciência e Tecnologia na Economia

A.1. *Agricultura*—Conceitos de Ecologia e Biologia com relevância para pequenos e grandes agricultores, jardineiros, trabalhadores agrícolas.

A.2. *Negócios*—Conceitos de informática e computadores com relevância para a organização de empresas, finanças, pessoal administrativo e de chefia.

A.3. *Energia*—Conceitos de física, química e economia relacionados com a energia e o seu impacto no nosso ambiente e no desenvolvimento tecnológico, as suas derivações de fontes tradicionais fósseis e renováveis e todas as suas aplicações.

#### B. Ciência e Tecnologia na Indústria

B.1. *Processamento*—Conceitos de química, microbiologia e geologia com relevância para os trabalhadores da indústria química e alimentar.

B.2. *Fabrico*—Conceitos de física, química, planeamento e «design» relacionados com as propriedades e uso dos materiais com relevância para os trabalhadores da construção civil, têxteis e indústrias de manufactura.

#### C. Ciência e Tecnologia na Vida

C.1. *Casa*—Conceitos de química, biologia e física relacionados com a nutrição, higiene e segurança com relevância para as donas de casa, canalisadores, electricistas, etc.

C.2. *Comunidade*—Conceitos de biologia, saúde, sociologia, psicologia e demografia relevantes para a nutrição, saúde mental e física, saneamento e planeamento familiar com relevância para o impacto da ciência e tecnologia no ambiente social, benefícios sociais, procura de emprego, entrevistas, inquéritos de opinião, etc.

#### D. Ciência e Tecnologia no Lazer

D.1. *Entretenimento*—Conceitos de biologia e física com relevância para o impacto da ciência e da tecnologia na música, teatro, cinema e meios de comunicação social.

D.2. *Ocupação de tempos livres («hobbies»)*—O impacto da ciência e da tecnologia nas artes, artesanatos, actividades pessoais extra-trabalho, desporto e desenvolvimento físico (conceitos de «art e design», educação física e muitos outros).

O desenvolvimento deste currículo depende de muitos factores, tais como o nível tecnológico, estabilidade do sistema educativo da sociedade em que se aplica, das condições das escolas, da preparação dos professores que o leccionem e ainda, dos recursos da comunidade na qual a escola está inserida. Não é necessário abordá-lo em toda a sua extensão: a profundidade ou nível de abordagem dependerá evidentemente do grau de ensino a que se destina (primário, secundário ou superior).

#### 1.3. Métodos de Ensino

Perante um programa tão vasto, os métodos tradicionais de ensino deverão ser substituídos por métodos como Estudo de Casos, Projectos interdisciplinares, Debates e Discussões, Visitas de Estudo Orientadas, etc. Vamos apresentar alguns exemplos do estudo de casos.

##### Estudo de Casos

Qualquer dos temas propostos deve ser abordado partindo de um determinado aspecto

da tecnologia que os alunos encontrem na vida real, fora do laboratório da escola. O estudo de casos trata de um tópico ou de um projecto relacionado com um aspecto da tecnologia que afecta ou pode vir a afectar sectores significativos da população.

Por exemplo, o caso do aquecimento de casas nas regiões frias (energia, conservação, usos, etc.). Com este tópico, devem levar-se os alunos a compreender os conceitos de oxidação-redução, combustões completas e incompletas, produção de monóxido de carbono, propriedades venenosas do CO em ambientes pouco ventilados; vantagens e desvantagens, incluindo cálculo de custos exactos por mês, dos diferentes tipos de aquecimento utilizados, p.ex., «fuel óleo», bombas de calor, electricidade, etc.; mas em qualquer situação é fundamental a abordagem do isolamento da casa, conservação da energia e poupança. (Na Dinamarca e Suécia por exemplo, as companhias locais de electricidade fazem, de vez em quando, sessões a nível do município, para ensinarem os utentes a poupar electricidade; se o utente o desejar, enviam um técnico da companhia a fim de calcular um consumo aproximado tendo em atenção as dimensões e condições de isolamento da casa).

Partindo da análise do que de facto faz parte da nossa vida diária e necessita ser explicado e conhecido, cada tópico deve posteriormente ser acompanhado de experiências simples que reforcem alguns dos conceitos e ratifiquem as bases científicas da tecnologia; deve também promover-se paralelamente a realização de entrevistas, discussões com base em material documental, a construção de aparelhos simples e o desenvolvimento de capacidades de planeamento para a resolução de problemas concretos relacionados com o caso em estudo.

Outros casos podem ser desenvolvidos à volta de tarefas práticas, como o manter um carro ou uma bicicleta, construir uma pequena ponte, pintar um quarto, planear o orçamento familiar, tratar de um jardim ou de um animal, construir um forno ou chuveiro solar numa casa de praia, etc.

Outros podem ainda centrar-se no estudo de um estúdio de televisão, num emissor de rádio, numa fábrica de produção de aço ou vidro, têxteis ou papel, conforme a área onde a escola se insere. Este tipo de casos pode considerar-se bastante próximo do que se usa na Educação Científica Ambiental (ECA). Deveria mencionar-se aqui o estudo de alguns casos inseridos na ECA realizados em algumas escolas portuguesas: «A CIDADE», projecto realizado na Escola Secundária Pedro Nunes em 1985/6 em Lisboa; «A Água», projecto realizado na Escola Secundária de Odivelas em 1986 em Lisboa; «TEJO», projecto a nível nacional orientado pela DGEBS; «Reciclagem do Papel», projecto realizado na Escola Secundária Camões em Lisboa; «Os Lixos», projecto realizado na Escola Secundária de Queluz, etc.

Um exemplo de um caso deste tipo desenvolvido a nível regional europeu, isto é, entre vários países da região europeia é o «Projecto do Mar Báltico» com um programa bem estabelecido para as escolas pertencentes aos países que circundam o Mar Báltico: Rússia, Polónia, Suécia, Finlândia e Dinamarca.

Qualquer um dos projectos mencionados e muitos outros semelhantes que aqui não foram mencionados, são uma forma realista de introduzir aos alunos os importantes conceitos científicos nos quais se baseia grande parte do desenvolvimento tecnológico e de lhes mostrar como a ciência e a tecnologia tem de facto efeitos nas suas vidas diárias.

No número da *School Science Review* de Setembro 89, são dados dois exemplos de metodologias muito usados também nas escolas secundárias e universidades (método Y) dos países nórdicos, para o ensino da Física numa perspectiva tecnológica (ou o ensino da tecnologia numa perspectiva física).

#### **Método X: Física na Rua (Foster, 1989)**

Este método descreve alguns tópicos de física que podem ser encontrados durante um passeio numa área urbana. Qualquer rua contém numerosos e interessantes contextos para uma aprendizagem básica de física. O artigo

apresenta uma excelente informação básica, questões para serem respondidas pelos alunos, quer durante o passeio quer posteriormente na sala de aula. Foi pedido aos alunos para levarem o seguinte material: contador de Geiger-Muller, cronómetro, termómetro digital, régua, fita métrica, craveira, compasso, medidor de níveis de som, martelo, lápis e papel.

O professor planeou o passeio durante um período lectivo de uma hora, começando por explicar aos alunos que o principal objectivo daquele passeio era mostrar como a física está à nossa volta. Durante o passeio foram abordados, entre outros, os seguintes itens nos locais indicados:

#### Método Y: Física num Contexto Tecnológico (Kahn, 1989)

Neste método parte-se da análise e desmontagem de um circuito receptor de rádio (Figs. 5 e 6), teórica e experimentalmente, para durante quase um semestre se ensinar electrónica, electricidade, som, electroquímica, física do estado sólido, indução electromagnética, radiação electromagnética, circuitos oscilantes, física atómica e até relatividade. Considera-se o circuito receptor de rádio como «uma caixa preta», uma vez que nenhum dos alunos inicialmente tinha ainda estudado qualquer dos tópicos em questão. Tudo o que

ITEM	LOCAL	QUESTÕES
Radiação	Portão da escola	Comparar com outros valores de radiação no ambiente
Parábolas	Arcadas	Comparar com o movimento de uma pedra lançada ao ar segundo ângulos diferentes
Carros em movimento	Cruzamento de ruas	Calcular velocidade, aceleração, etc.
Som	Protector de som que aparece nas auto-estradas	Constituição do protector; Função do protector de som; Medir o nível de som em frente e atrás do protector de som
	Protecção metálica horizontal de uma rua ou de separação numa estrada	Bater com um martelo e medir a velocidade do som no ar e no metal
Sirene	Chaminé de uma fábrica	Como funciona e qual a sua estrutura
Luz/Cor	Semáforos	Quais os factores que determinam o sistema de semáforos para controlo do tráfego?
	Céu	Porque é que o céu é azul?
Antenas de TV	Telhados das casas	Funcionamento, estrutura
		Em que direcções estão orientadas? Porquê?
		Será possível determinar o comprimento de onda das ondas recebidas estimando o comprimento dos dipólos (antenas)?
Electricidade	Lâmpadas, iluminação das ruas	Qual a função da cobertura das lâmpadas e qual a posição destas? Como estão ligadas entre si e porquê?
	Comboio eléctrico, metropolitano, carros eléctricos	Em que diferem os tipos de electrificação?
Mecânica	Edifício em construção	Identificação de máquinas simples
Etc.	Lances de escadas	Determinar a potência (watt) de um aluno a subir as escadas a correr e devagar.

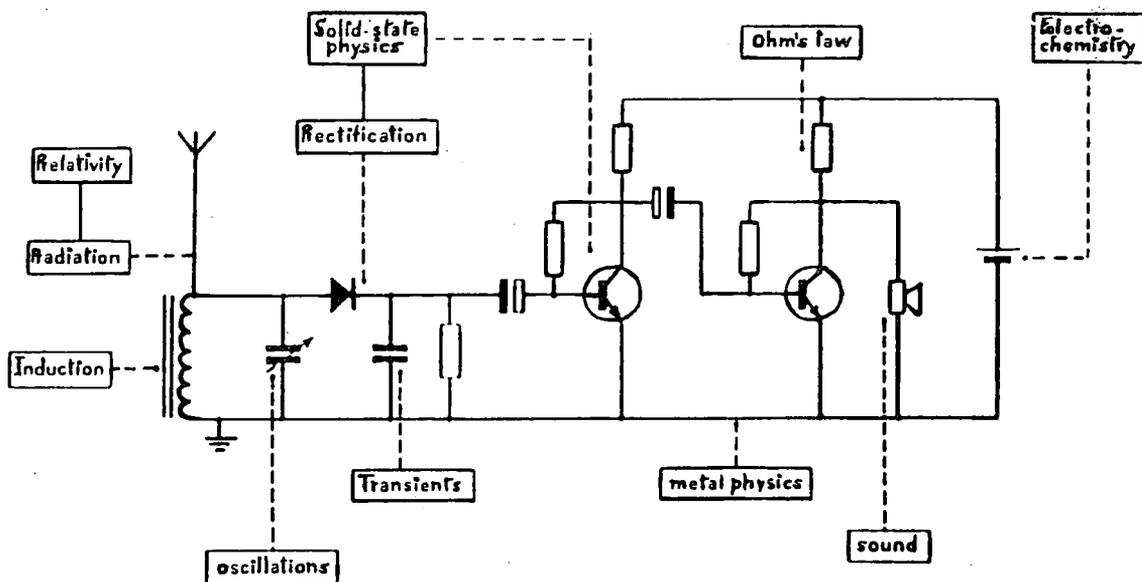


Fig. 5 — Circuito completo de um rádio, integrador do conceito de tecnologia.

foi abordado era estritamente necessário à compreensão e posterior construção de um circuito de rádio.

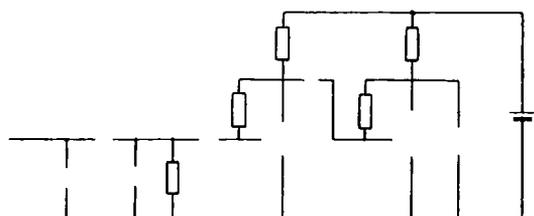


Fig. 6 — Circuito básico depois de totalmente desmontado.

#### 1.4. O Desenvolvimento do Currículo e a Formação de Professores

Os métodos alternativos de ensino aqui referidos dependem evidentemente das escolas e dos currículos. Estes últimos são talvez o maior impedimento da utilização mais frequente de métodos semelhantes nas nossas escolas, não só pela insuficiente definição e referência dos tópicos abordados como pela clássica dependência dos professores de «terem de cumprir o programa». Claro que um programa é para se cumprir, mas isso deve ser feito tendo em vista os objectivos educacionais defi-

nidos e os interesses dos alunos. Expor os professores durante a sua formação e os alunos nas aulas a diferentes métodos de ensino é tornar ambos mais flexíveis e receptivos a novos conhecimentos, motivados à aprendizagem e melhor preparados para se adaptarem a situações novas. Kahn (1989) no seu artigo da *School Science Review* refere como conclusão que «as estratégias de ensino resumidas no seu artigo, quebram as fronteiras artificiais que existem entre a ciência e a tecnologia, de forma a melhorar a aprendizagem de princípios básicos».

Os professores de ciências e tecnologia a nível do ensino secundário devem ser constantemente actualizados e especializados; deve ser-lhes dada uma formação contínua que lhes permita integrarem constantemente e sistematicamente a tecnologia nas suas aulas. Devem ser criadas infra-estruturas específicas para introdução e desenvolvimento da educação tecnológica tais como o actual GETAP na DGEBS, a nível regional e nacional. Devem também ser criados centros de recursos que forneçam materiais quer na preparação de informação e recomendações, livros de textos para os alunos e guias para os professores, quer na organização de uma rede de distribuição de

equipamento para as oficinas e laboratórios das escolas.

Há pelo menos dois tipos de currículos que poderiam ser desenvolvidos nas escolas do ensino básico e secundário: um currículo integrado de ciência e tecnologia ou um currículo mais lato, de carácter interdisciplinar para o qual os professores de uma vasta gama de disciplinas poderiam contribuir. O modelo curricular na secção 1.2. poderia ser desenvolvido segundo estas duas formas de abordagem, tendo em atenção os conhecimentos e capacidades adquiridas durante a educação primária. Deveria existir o equipamento necessário para ensinar os tópicos ou estudo de casos, assim como ferramentas que possam ser usadas quer por alunos quer por professores. Como já se referiu, oficinas e laboratórios devidamente apetrechados são indispensáveis e todos os assuntos devem ser ensinados de uma forma prática, com a finalidade de os alunos desenvolverem as suas capacidades através de um ensino verdadeiramente experimental.

O programa de desenvolvimento curricular deveria passar pelas seguintes fases:

1—Estabelecimento de novos programas com a consulta e participação dos professores em todas as fases;

2—Publicação dos programas para debate e de uma lista preliminar de recursos materiais e centros de fornecimento desses materiais;

3—Revisão do currículo e aplicação num estudo piloto em algumas escolas completamente equipadas; elaboração, por uma equipa especializada, dos primeiros exames escritos e outras formas de avaliação, tais como das capacidades manuais e de observação; elaboração do currículo final;

4—Extensão do programa a outras escolas, elaboração da lista final de materiais;

5—Aplicação do currículo a todas as escolas.

As fases 3, 4 e 5 podem sobrepor-se quando o tempo é crucial, mas esta decisão implica mais cuidado na avaliação dos alunos sujeitos à experiência dos novos currículos.

Quanto à avaliação da aprendizagem, os participantes do «International Symposium on the Teaching of Technology within the Context of General Education» (pág. 7) acordaram que a avaliação dos alunos devia basear-se nos pontos seguintes:

- Conhecimento dos conceitos científicos sobre os assuntos e processos tecnológicos abordados no currículo;
- Capacidades de formulação e resolução de problemas tecnológicos do nosso ambiente;
- Capacidades de planeamento e criatividade ligadas à inovação tecnológica;
- Capacidades de planeamento e criatividade ligadas à inovação tecnológica;
- Capacidades de manipulação, de comunicação e de investigação relacionadas com a ciência e a tecnologia.

A avaliação final deve consistir em dois exames escritos, um prático e um projecto e, ainda, numa prova de laboratório sobre qualquer um dos assuntos tratados durante o curso.

## **2. Problemas e Expectativas na Formação e Actualização de Professores de Ciência e Tecnologia**

### **2.1. Introdução**

Desde os anos 50 que, quer a educação científica quer a educação tecnológica, se confrontam com várias exigências sociais. Duas podem, no entanto, ser apontadas:

- a procura de especialistas dentro da força de trabalho e
- a necessidade cada vez mais premente de uma preparação mais alargada e compreensiva dos jovens sobre a natureza e impactos da ciência e da tecnologia na vida do dia a dia.

A segunda exigência implica a existência de professores de ciência e tecnologia com uma formação generalista, sem de modo algum esquecer o aprofundamento da sua preparação académica. Estes professores terão de desenvolver uma forma de pensar flexível que lhes permita orientar os jovens na adaptação às mudanças sociais. Por outro lado, a educação centrada na resolução de problemas reais da sociedade é absolutamente necessária se queremos educar cidadãos para uma sociedade democrática.

Mas como podem os professores e educadores ser formados para este tipo de ensino? Qual será a melhor maneira de manter os professores actualizados e interessados em aprender mais e sempre? Quem vai ajudá-los a tornarem-se competentes no uso de novas tecnologias e no uso de estratégias inovativas de ensino? Em que direcções deverão enveredar os programas de formação inicial e contínua de professores? Quais as mudanças a efectuar? Poderá exigir-se aos professores que «mudem» sem lhes dar «nada», sem lhes ensinar como? Como pode ainda pensar-se no «milagre» da mudança para a Europa 92, se as nossas escolas estão entre as piores equipadas e mais superlotadas dos países da CEE? Como se pode exigir aos nossos professores se estes estão entre os mais mal remunerados da CEE? Como pode pensar-se em educar os nossos jovens no ambiente degradado das nossas escolas? Como pode pensar-se em novos currículos sem apetrechar as escolas devidamente para tal fim? Como pode pensar-se em reduzir o insucesso escolar com tão elevada média de alunos por turma e sem o acompanhamento tutorial daqueles alunos com dificuldades sociais e de aprendizagem?

Estas são algumas das perguntas que se repetem vezes sem fim e continuam sem resposta visível; claro que muitas delas estão fora do âmbito deste artigo, mas não pode deixar de referir-se a sua existência sempre que se fala em mudança e quando se tem oportunidade de observar e comparar sistemas de ensino outros países onde estes problemas foram provavelmente equacionadas há longo tempo e estão resolvidos. Embora muitos documentos

tenham sido publicados, a reforma de ensino no nosso país não é ainda uma realidade com existência e extensão satisfatória para aqueles que dela mais deveriam usufruir — os jovens deste país e os seus professores. Se as transformações políticas e da força de trabalho associadas às mudanças tecnológicas estão a ter tão grande impacto na sociedade, não pode evitar-se esse impacto nos sistemas educativos. As escolas têm o dever de decidir como e em quê devem mudar, mas sobretudo as escolas do ensino básico e secundário não podem ser vistas como «empresas» das quais se espera lucros! À escola devem ser dados os meios para um desenvolvimento total numa sociedade verdadeiramente democrática, onde os professores (e alunos) e administradores devem ter um espaço comum de participação, decisão e actuação. A educação e a saúde devem ter prioridade numa sociedade, mesmo naquelas onde as «catedrais do dinheiro» começam a proliferar e a destruir valores considerados como importantes até agora.

Sem dúvida que as revoluções científica e tecnológica são em grande parte responsáveis pela criação de sistemas massivos de escolaridade, o que implica mais custos. A actual revolução «tectrónica» aumentou por um lado as taxas de escolaridade e por outro as taxas de desemprego. Contudo, fez diminuir o número de professores de ciências e tecnologia devido à competitividade das condições oferecidas pelo sector privado. Em Portugal, estes problemas são um pouco diferentes por várias razões, entre elas o facto de a oferta de cursos de formação inicial e profissionalização em exercício ser inferior às necessidades das escolas e as vagas serem preenchidas por outros profissionais que não encontram emprego no sector privado.

Finalmente, a actual revolução tecnológica está a criar a necessidade de uma nova forma de pensar sobre os processos de ensino-aprendizagem. A educação está a ser vista como um processo contínuo de formação cada vez mais integrada na maioria dos países da CEE e sobretudo nos países nórdicos. Alguns dos problemas enunciados recentemente, de forma a melhorar a qualidade de formação dos professores de ciências e tecnologia no que diz

respeito aos problemas levantados por esta interacção Ciência-Tecnologia-Sociedade são:

- Revisão dos critérios de selecção, recrutamento e avaliação de professores em cursos de formação inicial;
- Revisão dos critérios de selecção dos formadores de professores;
- Definições de novos papéis dos professores e sobretudo dos directores de turma, departamento ou disciplina;
- Necessidade da criação de programas compreensivos sistemáticos de Formação Contínua de professores;
- Desenvolvimento de um ensino integrado e interdisciplinar, orientado para a resolução de problemas reais da sociedade, em tempos lectivos paralelos ao currículo normal;
- Intensificar a interacção entre as escolas, as instituições de ensino superior e a comunidade.

A compartimentalização do conhecimento é responsável em parte pelo facto de os alunos não transferirem os conhecimentos para as aplicações práticas e não se usarem materiais e situações do dia a dia. Kahn (1989, pág. 9) refere que esta situação lembra «...plantar árvores físicas isoladas sem nunca se observar a floresta física de que elas fazem parte. O mundo natural perde-se e o mundo modificado pela actividade humana raramente é focado; os físicos «jogam» com as partes enquanto o todo é um tabú». Aquele físico refere ainda no mesmo artigo duas visões do ensino da física aparentemente antagónicas:

1—Num poema de William Blake *«To see a world in a grain of sand. And a heaven in a wild flower. Hold infinity in the palm of your hand and eternity in one hour»;*

2—No livro *«Lectures on Physics»*, Richard Feynman referindo-se à observação de uma gota de água como um potente microscópio diz...» *There is nothing that living things can do that cannot be understood from the point of view that they are made of atoms acting accordingly to the laws of Physics».*

Enquanto W. Blake manifesta o desejo de ver o todo na parte, R. Feynman reduz o todo

às partes. E, contudo, são dois aspectos da mesma ideia, a de que, por mais pequeno que seja um grão de areia ou uma gota de água ou um átomo, contêm em si a essência de um todo.

Infelizmente e apesar dos triunfos das grandes teorias unificadoras, é como se o ensino da ciência em geral e da física em particular, tivesse perdido de vista o todo e a unidade da ciência e da sociedade.

*Concluindo:* O Congresso Internacional da Unesco sobre Educação Científica e Tecnológica e a sua relação com um Desenvolvimento Nacional (1981) concluiu que, perante as necessidades da sociedade e o rápido desenvolvimento da ciência e da tecnologia, a procura de professores de ciências aumenta, esperando-se que estes sejam:

- a) Bem preparados academicamente em um ou mais assuntos científicos ou em Ciência Integrada, e capazes de inter-relacionar a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade;
- b) Capazes de interpretar e ensinar num contexto social e tecnológico;
- c) Conhecedores das implicações sociais e económicas do desenvolvimento da ciência e da técnica;
- d) Competentes nas capacidades para uma variedade de situações de ensino/aprendizagem na sala de aula, incluindo a avaliação;
- e) Flexíveis no seu estilo pessoal e capazes de cooperar com as mudanças.

Cada país deve procurar encontrar a solução à luz dos recursos disponíveis para assegurar que estas metas sejam atingidas. No entanto, muito se pode avançar se forem desenvolvidos esforços de cooperação entre Organizações Profissionais Regionais Nacionais e Internacionais.

## 2.2. Um Modelo de Formação de Professores de Tecnologia

Se se adoptar a conclusão proposta por G. B. Harrison, de que a Tecnologia necessita

de ser ensinada numa disciplina progressiva e claramente articulada construindo interfaces com as outras áreas do currículo escolar, então cada professor terá um papel a desempenhar na educação tecnológica, embora esse papel seja ainda um pouco impreciso.

Harrison divide o problema em duas partes. Primeira: consideremos aqueles professores que seriam responsáveis pelo currículo central, a disciplina de Tecnologia. Estes professores não podem saber tudo acerca da tecnologia em todos os seus contextos e conceitos, nem tão pouco sobre o conteúdo e objectivos de outras disciplinas que possam eventualmente contribuir para a educação tecnológica. Tais professores devem ter uma compreensão geral básica não só dos padrões gerais da tecnologia mas também um domínio razoável dos conceitos e processos fundamentais utilizados na tecnologia. Devem possuir conhecimento especializado e experiência pessoal do domínio de técnicas e capacidades, pelo menos no que diz respeito à tecnologia e contextos individuais como por exemplo, em electrónica, agricultura ou medicina. A extensão deste conhecimento deve ser tal que possa ser usado para tomar decisões que impliquem acção, e devem ser capazes de comunicar sobre tais assuntos, não só com os seus alunos mas também com os seus colegas. Devem também possuir informação pedagógica e capacidades que lhes permitam comunicar com um diálogo não ambíguo e assegurar a aproximação progressiva das metas aceites.

Segunda: consideremos aqueles professores das disciplinas tradicionais, os quais geralmente se consideram isolados da tecnologia. Estes professores não entendem nem querem entender porque «não precisam» da tecnologia e esta é mal vista, incómoda e desconcertante. Mas se a tecnologia for abordada tal como se sugere nos dois modelos curriculares apresentados, e for abordada com esses professores durante a realização de um projecto na prática, com orientações simples e seguras e um espaço para reflexão e discussão, muitos desses professores darão concertada contribuições interessantes. Sendo a tecnologia abordada numa disciplina central com contribuições importantes

de outras disciplinas curriculares, estará a desenvolver-se uma educação mista. Para que esta abordagem faça sentido para os alunos, será necessário que estes sintam que todos os professores trabalham em conjunto para o mesmo fim e que têm objectivos comuns (Fig. 2).

A relação entre qualquer assunto e o modelo apresentado na Fig. 2 pode ser estruturada em termos das suas contribuições *para e de* cada um dos três aspectos centrais da Tecnologia, os *PROCESSOS, METAS E RECURSOS* (Fig. 7).

	TECNOLOGIA	AREA DO CURRÍCULO
METAS	←	→
PROCESSOS	←	→
RECURSOS	←	→

Fig. 7 — Padrão da relação entre Tecnologia e as outras áreas do currículo.

Por exemplo, as METAS da Tecnologia são importantes para as disciplinas de Humanidades, por exemplo, no estudo de projectos para modelos hidráulicos para estudar aspectos da Geografia Física ou investigar e datar achados arqueológicos. Ou para a Ciência, quando as investigações em curso requerem instrumentos de alta precisão e sofisticação. As Artes e Ofícios levantam constantemente necessidades de técnicas ou metas da Tecnologia, como no enverneçamento ou vidrar de porcelanas ou na rigidez estrutural de mobílias. Igualmente e vice-versa, a Tecnologia proporciona METAS a disciplinas como, por exemplo, a Tecnologia dos Materiais que necessita frequentemente de investigar propriedades físicas tais como a condutividade, a elasticidade, o desgaste, a resistência à fractura, ao calor, ao atrito, etc. Além disso, esta área da Tecnologia necessita constantemente de uma grande precisão na linguagem para explicação das condições de utilização dos materiais; da matemática para cálculos e decisões; e da Arte e da Estética como recursos de suporte para tomada de decisões sobre projectos, desenhos, esque-

mas, etc. Mas talvez esta correlação biunívoca entre metas, mais significativa, ocorra quando têm de se fazer julgamentos entre conjuntos de valores totalmente diferentes como são a segurança e o custo.

O cientista, o geógrafo, o historiador, o sociólogo e o matemático têm muito a dizer sobre os processos usados por aqueles que trabalham no domínio tecnológico, i.e., os recursos do conhecimento de um cientista, de um artífice ou de um historiador ou de um matemático são necessários ao técnico, se este se preocupa com aspectos da sociedade em que vive. Mas os processos tecnológicos podem ser usados por um geógrafo ou um historiador quando estes necessitam de criar sistemas para levarem a cabo os seus estudos.

Outra maneira de olhar consistentemente esta relação biunívoca na estrutura das disciplinas escolares é sugerida pelo «Science & Technology Education Project (S.I.T.E.)» ou pelo «Curriculum Subject Transformation Model», Figs. 8 e 9.

Este projecto, embora centrado na contribuição da ciência para a educação tecnológica, pode ser aplicado a outras áreas do saber. A Fig. 8 sugere algumas fases de transição nas ligações entre o conhecimento básico de uma determinada área do saber (área interior da superfície cónica delimitada pelas duas linhas convergentes no esquema) alargando-se sucessivamente até à resolução de problemas do mundo real por interacção com outros assuntos. Quando este modelo é aplicado ao campo do conhecimento científico, proporciona várias estruturas úteis para o desenvolvimento de atitudes necessárias a uma mais completa compreensão da tecnologia (Fig. 9).

*Estádio A*—O símbolo (a), Fig. 10, representa um conceito científico clássico usado para explicar a natureza de certos fenómenos.

*Estádio B*—O símbolo (b), Fig. 10, representa o mesmo conceito sendo usado para tomar uma decisão com determinados efeitos.

A transformação do estádio A no estádio B é a primeira das diferenças significativas entre ciência e tecnologia.

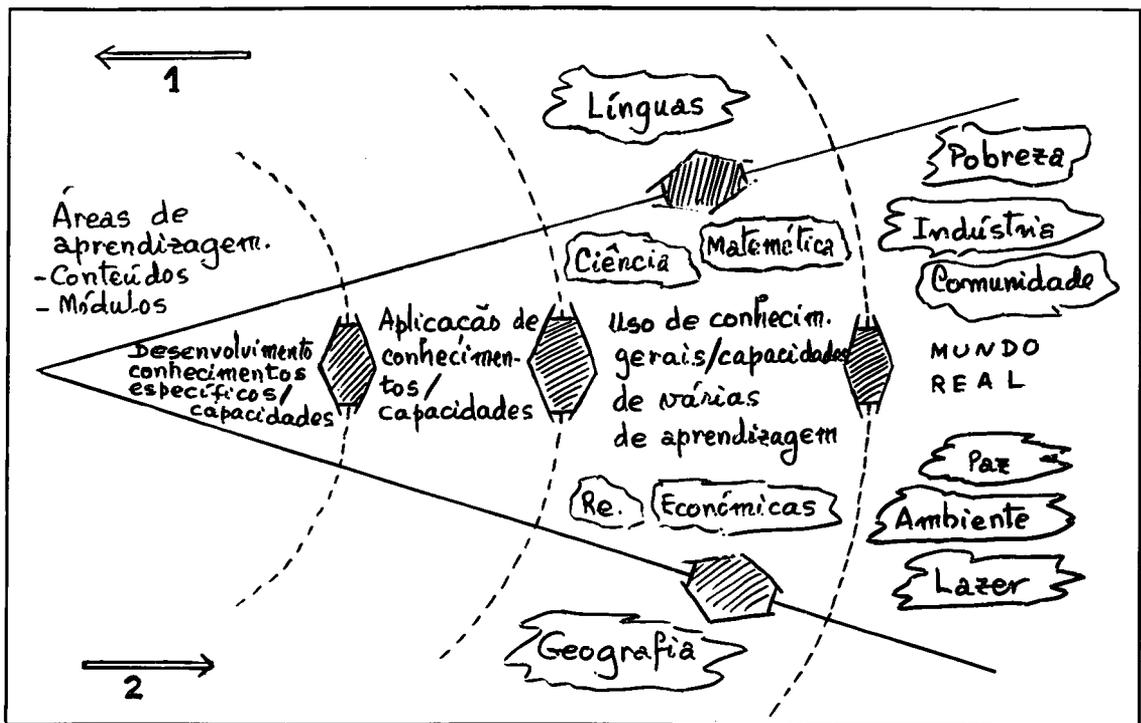


Fig. 8—«Curriculum Subject Transformation Model»—Níveis desde a aquisição dos conhecimentos básicos até à sua aplicação ao mundo real (S.I.T.E. Project, 1987).

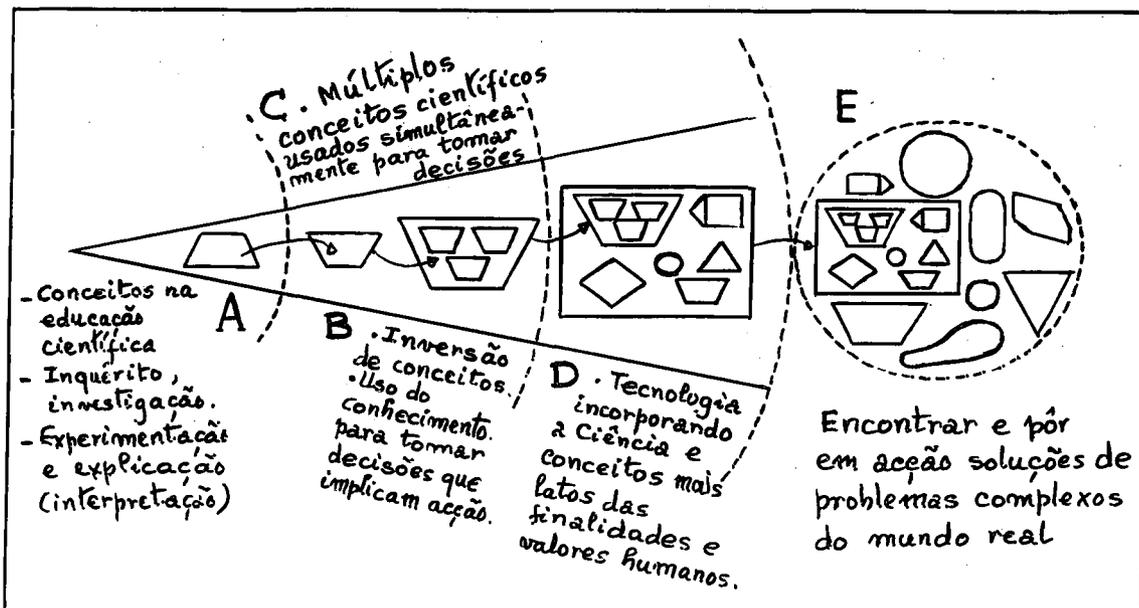


Fig. 9 - «Curriculum Subject Transformation Model» aplicado ao campo científico.

*Estádio C*—O símbolo (c), Fig. 10, representa o uso de múltiplos conceitos na tomada de uma decisão. Esta segunda diferença é

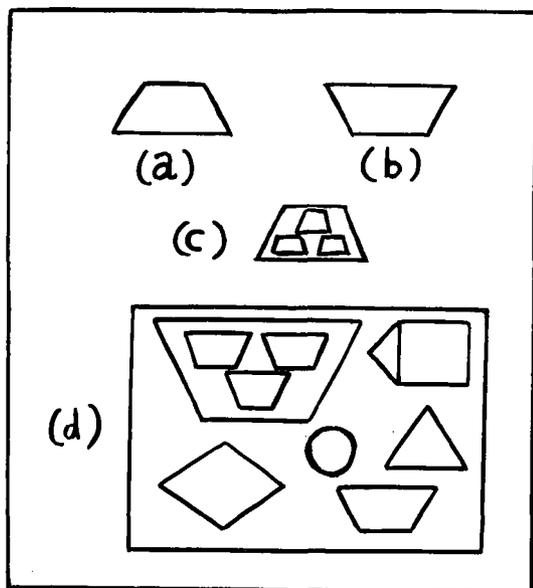


Fig. 10

devida ao facto de que muitas vezes os conceitos estão em conflito e necessitam de ser confrontados entre si e com os juízos de valor subjectivos que estão muitas vezes presentes

na decisão final, apesar da correcção e exactidão científica de cada conceito per si.

*Estádio D*—O símbolo (d), Fig. 10, representa a Tecnologia. Aqui os múltiplos conceitos científicos devem ser confrontados com uma série de outros problemas levantados por outras áreas do currículo tais como Geografia, Artes Manuais, Matemática, Ambiente, Biologia, etc. Começa neste estágio o confronto com os problemas do mundo real.

*Estádio E*—Neste estágio, os alunos tomam contacto com os verdadeiros problemas do mundo e podem aplicar as suas capacidades para resolver esses problemas, utilizando todos os recursos que foram adquirindo ao longo do desenvolvimento do currículo.

Este processo deve ser utilizado pelos professores de ciências e tecnologia, quer por esta ordem, quer pela ordem inversa. De qualquer forma, a ênfase da formação é colocada no aspecto da constante correlação entre o conhecimento e a sua aplicação na resolução de problemas reais e na necessidade de uma formação, experimentada pelos professores, de tal forma que ela aumente a auto-confiança e as capacidades de transferência deste processo para os seus alunos. Este processo reforça a aquisição de conhecimento/capacidade sem a

qual não é possível o ensino da Tecnologia. No entanto, ele pode apresentar o perigo de, pela forma como foi esquematizado, se pensar a Tecnologia apenas como «ciência aplicada» o que não corresponde à nossa definição de Tecnologia.

## Conclusão

A experiência de aprendizagem que cada professor e aluno deve ter, passa então pela combinação dos conhecimentos e aquisição de conceitos e capacidade de planear, projectar, aplicar e tomar decisões na escolha de recursos, para a realização de tarefas tecnológicas. Esta interacção reforça a necessidade e relevância de possuírem ambos conhecimentos e capacidades.

Partindo então de uma interpretação convencional de Tecnologia, G. B. Harrison tenta mostrar como é que uma Educação Tecnológica razoável depende, simultaneamente, da formação específica de professores de Tecnologia e das contribuições de outras áreas do saber e de um ensino essencialmente experimental. Sendo difícil o estabelecimento de um domínio da tecnologia entre os professores, Harrison recomenda que pelo menos os professores desenvolvam e pratiquem as suas próprias capacidades técnicas. Harrison diz ainda que a Tecnologia tem hoje um tão grande impacto na Humanidade, que os problemas a ela ligados não devem mais ser deixados apenas ao cuidado dos técnicos. Os objectivos, aspirações e valores dos indivíduos devem ser tidos em conta, se de facto queremos melhorar e não destruir essa mesma Humanidade.

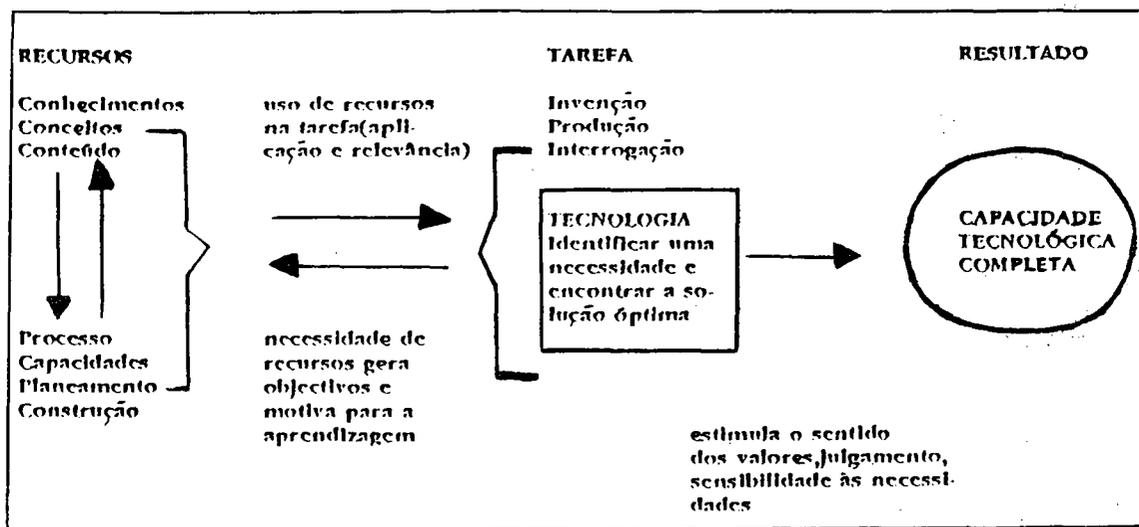


Fig. 11 — Um modelo de educação tecnológica.

Uma vez possuídos os recursos, deve ser dada a possibilidade de realizar tarefas tecnológicas na identificação de necessidades, no planeamento, na optimização dos recursos, no encontrar de soluções e de testar os resultados finais.

Tal experiência de aprendizagem vai de encontro à definição de Tecnologia dada na parte I deste artigo.

## 3. Conclusões, Resoluções e Recomendações da «Second Nordic Conference on Science and Technology Education, Finland», Agosto, 1989

### 3.1. A Educação Tecnológica no Contexto da Educação Científica

Considerando a importância da educação tecnológica no actual contexto da educação,

reafirmaram-se nesta conferência *as recomendações* dos estados membros da CEE e da Organização Internacional dos Educadores de Ciência e Tecnologia (IOSTE, Kiel, 1987), propondo ao representante da UNESCO ali presente a organização de um encontro entre estados membros do INISTE «International Network for Information In Science and Technology», com a finalidade de discutir:

- as relações entre a educação científica e tecnológica e as estratégias de inovações necessárias para assegurar o importante papel que a educação tecnológica tem nas sociedades actuais e futuras;
- a implementação de cursos de formação contínua e inicial de professores;
- o impacto potencial da educação tecnológica na orientação vocacional como parte da educação geral básica e complementar;
- organização de várias actividades para o desenvolvimento do tema «Ciência e Sociedade».

### 3.2. Recomendações para Apresentação na «World Conference on Education for All-Meeting on Basic Learning Needs», Tailândia, Março 1990

1—A educação para todos deve incluir ciência para todos, com ênfases numa formação científica funcional e o reconhecimento de que a formação científica deve ser considerada básica tanto para adultos como para jovens;

2—Deve ser dada prioridade de apoio à educação primária básica para o desenvolvimento de uma educação científica e tecnológica directamente relacionada com o ambiente local em todos os seus aspectos;

3—Educação básica em muitos países terá de expandir-se para além da escola a nível local. Terão de ser criados sistemas de divulgação que incluam a rádio, televisão e os jornais, de forma a tornar acessível e compreensível ao

grande público uma cultura científica e tecnológica básica relacionada com o ambiente e as necessidades da comunidade.

Neste contexto deve ser dada alta prioridade às jovens e mulheres.

4—Deve ser dada atenção especial à educação e formação quer inicial quer contínua de professores de *Ciência para todos*, particularmente no que diz respeito ao desenvolvimento de capacidades de comunicação científica através de trabalhos experimentais e resolução de problemas.

### 3.3. Intercâmbio de Materiais Audiovisuais entre os Professores de Ciências

Os países nórdicos têm um sistema de cooperação e colaboração a nível da educação bastante desenvolvido e activo. Por outro lado têm estreitas relações com o INISTE da UNESCO, promovendo um intercâmbio de materiais audiovisuais entre os professores de ciências nos países membros (e não só). Cada participante deve contribuir com «videotapes» para as aulas sobre tópicos específicos, como por exemplo:

- métodos de ensino;
- aplicações das várias teorias da aprendizagem;
- actividades extra-escolares para os alunos;
- inovações nos trabalhos experimentais;
- comparação de diferentes estilos de professores;
- temas interdisciplinares de educação ambiental.

Estes materiais deverão ser desenvolvidos e distribuídos para avaliação e comentários e, posterior reprodução e divulgação a outros professores e escolas com o apoio da UNESCO. Os resultados preliminares deste projecto (já iniciado) deverão ser discutidos na «Terceira Conferência Nórdica sobre Educação Científica e Tecnológica» a realizar na Noruega no verão de 1991.

Nesta mesma conferência serão ainda tratados os seguintes tópicos:

1—O papel da ciência e da tecnologia na educação ambiental. As questões a serem consideradas incluem:

- como é que cada país define educação ambiental?
- quais as capacidades científicas necessárias para uma educação científica ambiental?
- quais os exemplos de projectos que possam ser considerados como projectos de educação científica ambiental?

2—Formação inicial e contínua de professores de ciências e tecnologia para uma educação científica ambiental (exemplos de cada país).

3—Avaliação de actividades do INISTE em países nórdicos e outros.

4—Discussão de projectos interdisciplinares de educação científica ambiental com impacto na resolução de problemas a nível local e/ou regional e/ou nacional.

Para os professores portugueses que estejam interessados em participar e obter mais informações, deverão dirigir-se a um dos seguintes endereços:

Prof. Hannu Kultunen  
National Board of General Education  
Hakaniemenkatu 2  
SF 00530 HEISINKI  
Finland

ou

International Network for Information in Science  
and Technology Education—INISTE  
UNESCO  
Place de Fontenoy 7  
75700 PARIS  
FRANCE

(A representante em Portugal do INISTE é a Prof.<sup>a</sup> Mariana Pereira do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa).

#### Nota sobre Bibliografia e Centros de Apoio

Foi pedida à UNESCO a continuação de compilação e publicação de bibliografias computadorizadas sobre tópicos específicos no campo da educação científica e tecnológica, com prioridade para os seguintes tópicos:

- educação científica: o ambiente e as mudanças globais;
- ciência, tecnologia e sociedade;
- actividades científicas e tecnológicas fora da escola;
- transferência de informação incluindo as modernas tecnologias e comunicação dentro da educação científica.

Nesta área a UNESCO publica duas séries (uma sobre ciência e tecnologia e outra sobre educação ambiental) muito interessantes e úteis, cujos documentos são grátis na maioria dos casos e podem ser enviados quando solicitados. Os professores (ou talvez a escola e mais tarde os centros de professores) podem tornar-se membros do INISTE e receber periodicamente uma «NEWSLETTER» com todas as informações no domínio da educação científica, tecnológica e ambiental. Quer a «newsletter» quer alguns documentos mais relevantes podem ser pedidos para:

Prof.<sup>a</sup> Maria Malevri  
Assistant Programme Specialist  
Science Education Section  
Division of Science, Technical & Environmental  
Education  
UNESCO  
7, Place de Fontenoy  
75700 PARIS  
FRANCE

Para finalizar gostaria ainda de referir um outro centro vocacionado exclusivamente para a formação de professores de ciências e tecnologia na Holanda, através do qual se pode receber também uma «NEWSLETTER» com informações incidindo mais no domínio tecnológico:

Prof. Marc de Vries  
Pedagogical Technological College  
P.O. Box 86 2  
5600 AV EINDHOVEN  
The Netherlands

A informação é um dos primeiros passos para a motivação pessoal em aprender mais e melhor. Estar bem informado permite participar. Participar permite realização pessoal e com esta daremos uma verdadeira contribuição como professores eficientes e seguros numa sociedade democrática.

Espero que algumas destas informações possam vir a ter utilidade para os professores de física e química e tecnologia nas escolas secundárias.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARELSE, X. F. — *Technology Education in Relation to Science Education* in «Innovations in Science and Technology Education, Vol. II, pp. 101-112, UNESCO, Paris (1988).
- CORTE-REAL, L. — *Environmental Education—A Project Work done in a Secondary School in Portugal*, in Proceedings of «Teaching Chemistry at Low Cost», UNESCO Workshop, Karlslunde Strand, Denmark (1988).
- FOSTER, S. — *Streetwise physics*. «School Science Review», Setembro 89, 75 (254), pp. 15-21 (1989).
- HARRISON, G. B. — *Teachers for Technology* in Raat J. & al. «Basic Principles of School Technology», pp. 485-508, Report of PATT 3 Conference, Eindhoven University of Technology, the Netherlands (1988).
- KAMPMAN, J. — *Skolehistorie i Danmark*. Royal Danish School of Educational Studies (1988).
- KAHN, M. — *Physics in a technological context*. School Science Review, Setembro 89, 75 (254), pp. 9-13 (1989).
- Lei de Bases do Sistema Educativo, 1986.
- LEWIS, J. L. — *Science and Technology and Futur Human Needs*. Pergamon Press (1987).
- MARTINS, A. — *In Service Teacher Training for Physics and Chemistry Teachers in Portugal*, estudos prévios de tese de doutoramento não publicados (1989).
- MOURÃO, C., RAMINHO, J. — *A Educação Tecnológica na Escolaridade Obrigatória*. Gabinete de Estudos e Planeamento, Ministério da Educação, Lisboa, Portugal.
- Proceedings da 2<sup>nd</sup> Nordic Conference in Science and Technology Education—*Innovations in Science Education*. Heinola, Finland, August 1989.
- Proceedings da «Internation Foundation for School Improvement—The Dutch case», the Netherlands, Junho 1989.

### New carbon structures; beyond Diamond and Graphite ...

The discovery of new Carbon molecules:  
C<sub>28</sub>, C<sub>32</sub>, C<sub>50</sub>, C<sub>60</sub>, C<sub>70</sub> ...

- It is well known that pure carbon can exhibit two distinct crystal structures: Diamond, with cubic unit cell symmetry, and Graphite, having hexagonal unit cell symmetry. Due to the translational symmetry of such crystal lattices, the structures can accommodate any number (N) of carbon atoms, forming ideally an *infinite crystal* ( $N \rightarrow \infty$ ) where surface effects are virtually negligible.

- Recent and exciting discoveries [1] show that pure carbon can also form *finite molecules* with specific number of atoms, distributed in space in well defined molecular structures. Molecules with 28, 32, 50, 60 and 70 carbon atoms have been discovered and their intrinsic structure characterized.

- These new carbon molecules are called «fullerenes» and exhibit a peculiar football-shaped geometry, as shown in the cover of the present Gazeta de Física issue.

- There appear to be boundless possibilities for these new molecules, both as a starting chemical for making new products and as a new material. Scientists are already speculating on its potential as a lubricant — a collection of molecular ball bearings — as a semiconductor and as catalyst. Solid C<sub>60</sub> doped with potassium atoms behaves as a superconductor at the relatively high temperature of 19.3 K.

1. For an introductory review, see New Scientist, pages 34-38, 6 July issue (1991).

(Adaptação de J. Bessa Sousa)