

# Realmente se ensina Física no Brasil?

A. O. Bolivar \*

Instituto Cultural Eudoro de Sousa,  
Grupo “Mário Schönberg” de Estudos em Física-Matemática-Filosofia,  
Ceilândia, 72221-970, Cx. P. 7316, D.F, Brasil.

August 7, 2003

## Resumo

Em 1963, na Primeira Conferência Interamericana sobre Ensino de Física (First Inter-American Conference on Physics Education), realizada no Rio de Janeiro, Richard Feynman discutiu o problema do ensino de Física na América Latina. Na ocasião, apontou algumas dificuldades, tais como, a estrutura burocratizante das universidades, que impedem o surgimento e o fomento de físicos criativos no sistema educacional brasileiro. Aqui, apresentamos a tradução desse trabalho, como também tecemos alguns comentários que atualizam, depois de 40 anos, as observações feitas por Feynman. Especificamente, chegamos à conclusão ou à constatação de que *no Brasil ainda não se ensina Física*.

## Abstract

In 1963 at First Inter-American Conference on Physics Education in Rio de Janeiro, Feynman addressed the problem of teaching physics in Latin America. There he pointed out how the educational system prevents the appearance of creative physicists in Brazil. Unfortunately, after 40 years we have to endorse that those problems still hold in the Brazilian universities. In this paper we also present the translation of this relevant article by Feynman.

---

\*Endereço atual (até setembro de 2003): II. Institut für Theoretische Physik, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57/III, D-70550, Stuttgart, Germany.

## I Realmente se ensina Física no Brasil?

Em 1963, Feynman<sup>†</sup> arrolou algumas razões de porquê na América Latina (no Brasil, em específico) não se ensinava Física (ver Sec. III). Passados 40 anos (20 de Ditadura Militar e 20 de Governo Civil) chegamos à mesma triste conclusão: *no Brasil, ainda não se ensina Física*. Com base nesse artigo do Feynman, abaixo apresentamos alguns motivos que nos atestam essa constatação.

(i) **A Decoreba.** Feynman apontou a decoreba como a principal dificuldade que impede o ensino das Ciências. Decoreba significa simplesmente o fato de o aluno estudar para fazer provas. O vestibular é o símbolo da decoreba. Encontramos escolas públicas e privadas, e os chamados “cursinhos de pré-vestibular”, especializados em táticas e macetes destinados a facilitar o ingresso nas universidades.

Uma vez na universidade, o estudante é obrigado a submeter-se a vários vestibulares internos a fim de passar em uma miríade de disciplinas estéreis (e.g., Física I,II,III,IV; Cálculo I,II,III, etc). Para termos uma idéia, em média, um estudante na graduação faz cerca de 120 provas. Não bastasse isso, ainda existe o famoso “Provão”. O que subjaz abscondido por trás dessa cultura da avaliação no sistema educacional brasileiro?

O que é decorado? O “conhecimento livresco” de má qualidade que se propala nas universidades brasileiras é baseado em livros de sujeitos com pouca ou quase nenhuma expressão na Física, tais como a dupla *country* Halliday/Resnick, Goldstein, Jackson, e outros. Esses apresentam uma física onde se privilegia o adestramento para a resolução de exercícios (já resolvidos) a serem posteriormente cobrados pelos professores em suas “listinhas de exercícios” ou em suas “provinhas”. Assim, é fácil constatar que não se estimula a criatividade.

A tentativa de se compreender os artigos originais dos grandes físicos como também o contato com a física fenomenológica são os verdadeiros meios para aflorar a criatividade. Infelizmente, é notório notarmos recém-formados, e mesmo professores, sem ter lido e compreendido os artigos e livros onde jaz a verdadeira Física: para que serve ler os artigos de Einstein, Planck, Heisenberg se eles não são cobrados nas provas?

Esse tipo de ensino baseado na decoreba, por um lado, rejeita a importância dos

---

<sup>†</sup>Richard P. Feynman (1918–1988) ganhador do Prêmio Nobel de Física do ano de 1965, juntamente com Sin-Itiro Tomonaga (1906–1979) e Julian Schwinger (1918–1994), por seus trabalhos fundamentais em eletrodinâmica quântica tendo profundas conseqüências para a física das partículas elementares. Passou o ano de 1951 em licença sabática trabalhando no Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), no Rio de Janeiro, a convite do Prof. José Leite Lopes, um dos fundadores do CBPF em 1949.

aspectos históricos e filosóficos subjacentes à Física; por outro lado, não revela a utilidade da Física em aplicações técnicas e tecnológicas a serem criadas e desenvolvidas por brasileiros. Essas atividades são deixadas para os países do chamado Primeiro Mundo. Concluimos, então, que na graduação o estudante vê a Física como uma pseudo-ciência. Por conseguinte, uma vez no Ensino Médio o que o professor ensina? Simplesmente estuda-se para fazer provas. Forma-se, então, um círculo vicioso: professores ruins das universidades gerando professores ruins no Ensino Médio que por sua vez produzem alunos fazedores de provas.

*(ii) A Estrutura Burocrática das Universidades.* Uma outra razão, dada por Feynman, de porquê não se ensina Física no Brasil é a estrutura burocrática inerente às universidades, tais como o sistema de créditos e as avaliações, que dão origem a um ambiente universitário pobre e estéril, onde ocorre um lamentável fenômeno: a separação do ensino da pesquisa. A Graduação é dedicada ao ensino, ou a algo parecido com isso. Mestrado é uma preparação para a pesquisa. Doutorado é onde se faz pesquisa, ao passo que Pós-doutorado serve como um catalisador para amenizar o problema da quantidade de doutores que não possui emprego.

Nas universidades, encontramos professores que dão aula copiando no quadro o que já está escrito nos livros-textos, usando métodos antigos (giz) ou dispositivos eletrônicos de última geração. Por outro lado, os estudantes ficam assistindo às tediosas aulas e copiando o que já está escrito nos livros-textos. Verificamos que o ambiente universitário é permeado de procedimentos artificiais, onde não se ensina nenhuma Ciência, como já constatara Feynman.

As discussões entre os estudantes versam ou sobre as “listinhas de exercícios” que valem alguns pontos na nota final ou sobre as questões que caíram ou vão cair nas provas. Ademais, as aulas são ministradas, em geral, para uma multidão de alunos, como se estivéssemos assistindo a um culto evangélico. Esse é o ambiente universitário. Textos valiosos de Einstein, Feynman, Bohr, Bohm, Prigogine simplesmente permanecem intocados nas bibliotecas pela maioria dos estudantes e professores.

*(iv) A Falta de Alternativas.* Uma outra grave situação presente no ensino de Física no Brasil é a falta de alternativa para aqueles que querem realmente Ensinar e Pesquisar fora da estrutura da universidade. Em mais de 50 anos, enquanto o número de universidades cresceu assustadoramente, não houve a criação de institutos de física além do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), no Rio de Janeiro, em 1949, e do Instituto

de Física Teórica (IFT), em São Paulo, em 1952. Este último acabou sendo fagocitado pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) em 1987.

(v) **Que Tipo de Pesquisa em Física se faz no Brasil?** Diante de um Ensino Médio pobre e de uma Graduação ruim, somos imediatamente levados a questionar sobre o efeito dessa situação para a pesquisa em Física no País: que tipo de pesquisa em Física se faz no Brasil?

É inegável que existem pequenos grupos que realizam pesquisa de alta qualidade e que são reconhecidos internacionalmente. Contudo, devemos nos perguntar se essas pesquisas são pioneiras ou apenas de *participação* de atividades que acontecem no exterior. Não é difícil reconhecer que trabalhos pioneiros realizados por físicos brasileiros são exíguos, ao passo que são numerosos aqueles que se dedicam a participar de pesquisas realizadas no exterior. Um caso histórico é o do Prof. César Lattes que em 1947 obteve resultados experimentais originais na detecção do méson  $\pi$ . No entanto, quem ganhou o Prêmio Nobel foi o inglês Cecil Powell por ter sido o responsável pelo grupo do qual participava Lattes. Esse exemplo ilustra o tipo de pesquisa que realizamos: fazemos pesquisa para que seja reconhecida pelos países do Primeiro Mundo. Nas universidades, um dos critérios de promoção e vaidade acadêmica é o número de publicações em revistas de circulação internacional com parâmetro de impacto alto. Esses periódicos se assemelham muito com as vitrines de *Shopping Centers*, onde os produtos (os “papers”) são colocados à disposição de seus consumidores (os poucos leitores que trabalham na área).

## II Quando se ensinará Física no Brasil?

Depois de apontarmos os males que impedem o ensino de Física no Brasil, queremos com base no artigo do Feynman (ver Seç. III) sugerir algumas alternativas:

(i) Criação de institutos de pesquisa fora da universidade, mas acoplados ao Ensino Médio, de modo a elevar a qualidade de professores e alunos através do espírito de pesquisa, rompendo assim com a artificialidade de se estudar para fazer provas.

(ii) Substituir os livros didáticos do Ensino Médio por revistas de pesquisa e ensino, tais como a *Revista Brasileira de Ensino de Física*, *Os Cadernos Catarinenses de Física*, como também periódicos estrangeiros.

(iii) Colocar os professores do Ensino Médio em contato com os melhores grupos de pesquisa do País que por falta de local melhor estão dentro da estrutura burocrática das universidades.

Esperamos que esse artigo do Feynman sirva de referencial para a implementação de posteriores políticas por parte de importantes instituições preocupadas com o Ensino e a Pesquisa em Física no Brasil, tais como a Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC). Esperamos também que cada professor individualmente reconheça que é impossível ensinar Física dentro de uma estrutura burocratizante como a Universidade. Por isso, há a necessidade de sonharmos e formularmos alternativas, desde que estejamos preocupados com a essência da Física e da Ciência, e não com a idéia de Universidade.

A tradução<sup>‡</sup> que se segue tem como título original *The Problem of Teaching Physics in Latin America* apresentado na Primeira Conferência Interamericana sobre Ensino de Física (First Inter-American Conference on Physics Education), realizada na cidade do Rio de Janeiro em junho de 1963. Como artigo, esse trabalho apareceu na revista *Engineering and Science*, vol. XXVII, pp. 21–30, Novembro de 1963.

### III O Problema do Ensino de Física na América Latina

O problema do ensino de Física na América Latina é apenas parte de um problema maior que afeta o ensino de Física em qualquer parte do mundo. Na verdade, faz parte do problema de como ensinar algo onde quer que seja – um problema para o qual não se conhece nenhuma solução satisfatória.

Existem muitos projetos novos em muitos países que visam o ensino de Física; isto mostra que ninguém está satisfeito com os métodos existentes. Não se duvida que muitos dos novos projetos pareçam bons, pois ninguém ousou ainda questioná-los; ao passo que, todos os velhos métodos já há algum tempo mostram claramente seus defeitos.

O fato é que ninguém sabe muito bem como dizer alguma coisa nova a respeito de como se deve ensinar. Assim, quando tentamos visualizar melhor como ensinar Física, temos de ser um tanto modesto porque ninguém sabe realmente como fazê-lo. Isto significa que estamos diante, ao mesmo tempo, de um sério problema e de uma oportunidade para novas descobertas.

O problema do ensino de Física na América Latina pode também ser generalizado de um outro modo a fim de nos fazermos lembrar do problema ainda mais sério de se

---

<sup>‡</sup>O autor agradece à Dr. Erika D'Ambrosio do CALTECH (California Institute of Technology, Pasadena, Estados Unidos) por enviar-lhe gentilmente uma fotocópia desse artigo do Feynman.

tentar fazer *alguma coisa* na América Latina. Temos de estar preocupados, pelo menos parcialmente, com os problemas sociais, políticos e econômicos que aqui são tão peculiares.

Compreendemos melhor os problemas, caso estejamos em primeiro lugar conscientes dos verdadeiros motivos para se ensinar Física. Assim, tentarei dar algumas razões de porquê acredito que devemos ensinar Física. Com base nisso, podemos depois questionar se um dado projeto educacional está realmente satisfazendo a qualquer uma destas razões.

A primeira razão evidentemente é que a Física é uma ciência básica, e como tal, é usada em Engenharia, Química e Biologia, e possui todos os tipos de aplicação em Tecnologia. Física é a ciência ou o conhecimento da Natureza; ela nos diz como as coisas funcionam. Em particular, estou aqui enfatizando como funcionam os vários tipos de dispositivos tecnológicos inventados pelos homens no presente e no futuro. Portanto, aqueles que souberem Física serão mais úteis em lidar com os problemas técnicos que surgem na indústria local.

Pode-se argumentar, e na prática levanta-se tal objeção, que no atual estágio de desenvolvimento industrial que a América Latina enfrenta, tal preocupação com a tecnologia é totalmente supérflua, visto que é mais fácil importar pessoal tecnicamente bem treinado de países mais avançados. Assim, é realmente necessário desenvolver localmente pessoas bem treinadas em alta tecnologia?

Acho que sim. Não sei bastante economia para dar uma resposta segura, mas tentarei mesmo assim dar uma opinião. Penso que é de fundamental importância melhorar a habilidade técnica das pessoas que trabalham na América Latina. Através de uma educação técnica, o homem dotado de maior habilidade é capaz de produzir mais. Acredito que a melhoria da habilidade técnica das pessoas da América Latina, e conseqüentemente da produtividade, constitui a fonte do verdadeiro avanço econômico.

Do ponto de vista econômico, não tem sentido ficar importando continuamente pessoas mais tecnicamente habilitadas. Se os latino-americanos tiverem uma formação técnica mais sólida, eles conseguirão achar empregos nas indústrias aqui em desenvolvimento. Cedo as pessoas, que agora importam tais trabalhadores, perceberiam que há um provimento de homens realmente capazes na América Latina e que este sortimento local possui muitas vantagens. A mão de obra local não exigiria altos salários; além disso, as pessoas conheceriam os costumes e os modos de vida em cada país da América Latina, e ficariam contentes em almejar posições mais permanentes.

Embora tendo formação em Ciência ou em Engenharia, é verdade que os latino-americanos parecem ser muito pobres tecnicamente falando comparados com aquilo que é desenvolvido no estrangeiro. Isto, como explicarei, é por causa que a eles não foi ensinada

nenhuma Ciência. Este fato, provavelmente, forçou os empresários a dar pouca atenção ao desenvolvimento de universidades e cientistas locais. Se fossem inteligentes, esses empresários veriam o problema de um modo diferente e seriam os primeiros a fomentar um encontro do tipo que estamos tendo hoje a fim de se inteirarem da situação local e da questão de como ensinar Física de uma maneira realmente satisfatória em seus países. Infelizmente, nenhum deles se encontra hoje aqui.

Uma razão secundária para se ensinar Física, e também qualquer ciência experimental, é que ela aliás ensina muitas técnicas para manipular as coisas, como, por exemplo, técnicas de medição e de cálculo que possuem aplicações muito amplas indo além do campo particular em que surgiram.

Uma outra razão maior para ensinar Física é o compromisso com a própria Ciência. A Ciência é uma atividade feita por homens; para muitos, é um prazer imenso. Não deveria ser negada a pessoas de uma grande parte do mundo simplesmente devido à precariedade do sistema educacional. Em outras palavras, uma das razões para ensinar Ciência é produzir cientistas que não apenas contribuam para o desenvolvimento da indústria, mas também contribuam para o desenvolvimento do conhecimento, alegrando outros nesta grande aventura dos nossos tempos e, evidentemente, ter enorme prazer ao fazer isso.

Terceiro. Há uma boa razão para estudar a Natureza, para apreciar seu encanto e sua beleza, mesmo que não se torne um cientista profissional. Este conhecimento da Natureza também dá um sentimento de estabilidade e de realidade acerca do mundo a ponto de espantar muitas crenças e superstições.

Um quarto motivo para se ensinar Ciência é ensinar como as coisas são descobertas. A importância de questionar, o valor das idéias livres – não somente para o desenvolvimento da Ciência, mas o valor das idéias livres em toda área do conhecimento – torna-se evidente. Ciência é um modo de ensinar como alguma coisa (desconhecida) passa a ser conhecida; até que ponto as coisas *são* conhecidas (pois, nada é conhecido de modo absoluto), como tratar a dúvida e a certeza, quais são as regras por detrás daquilo que é evidente, como pensar as coisas de modo que julgamentos possam ser feitos, como distinguir a verdade da falsidade. Esses são certamente aspectos secundários, mas igualmente importantes para o ensino da Ciência, e da Física em particular.

Finalmente, ao estudar Ciência, você aprende a lidar com o expediente baseado em tentativas e erros, a desenvolver um espírito de invenção e de livre inquirição que é de grande valor para além da própria Ciência. Aprende-se a perguntar: “Não há um modo melhor de fazer isso?” (a resposta a esta questão *não* é dada por simples reflexo condicionado: “Vamos ver como eles fazem lá nos Estados Unidos”, porque certamente deve

haver um modo melhor do que o deles!). Temos de tentar a pensar uma nova maneira, uma nova idéia, para acharmos alguma melhoria na técnica. Esta questão é a fonte de grande parte do pensamento independente e livre, da invenção e do progresso humano em todas as áreas.

Aqui, termino minha lista de motivos para o ensino de Física, como uma Ciência. Permitam-me, agora, aventar a descrever algumas das maiores características do ensino da Ciência na América Latina que me parecem ser de relevância especial para nós.

A primeira característica, e a mais séria, acredito, é o ensino e a aprendizagem baseadas quase exclusivamente na pura decoreba (*pure abjected memory*). De modo algum, assim se ensina Física como Ciência, pois nada é compreendido, é somente lembrado, decorado. Isto de nenhum modo satisfaz as razões (que sublinhei acima) para o verdadeiro ensino da Ciência. Memorização de leis não permite fazer aplicações destas leis a novas situações; não provoca prazer de realmente fazer contribuições científicas; decorando, não se pode ensinar qualquer técnica. Com a memorização, o conhecimento não é compreendido; não se aprecia a beleza da Natureza. A memorização não ensina como as coisas foram descobertas, ela não revela o valor de uma mente livre e inventiva.

Por exemplo, o telescópio é um interessante instrumento para se fabricar, para compreendermos, para observarmos, para com ele brincarmos. Outrora, colocou as idéias e as mentes dos homens em novas direções. Deu um grande impulso à moderna revolução do pensamento. Por um longo tempo, foi o único instrumento revelador da vastidão dos Céus e do local modesto ocupado por nós. Mas, na América Latina decora-se que há uns quatro tipos de telescópios: o newtoniano, o cassigraniano, etc, etc e etc. No primeiro, a imagem é virtual e invertida, etc. (Eu ponho “etc” em tudo porque eu realmente não sei quantos tipos de telescópio existem, ou quais são seus nomes, ou qual tipo de imagem aparece em cada tipo). Mas, não me sub-estimem; eu sei muito sobre os telescópios: como eles funcionam, como fabricá-los e como usá-los, a potência deles e suas limitações). Como consequência da decoreba, resulta que o telescópio é perdido. Não há mais telescópio, nenhuma lente, nenhuma estrela, nenhum olho, nenhuma luz – tudo não passa de palavras memorizadas que não exigem compreensão. O essencial não é apreendido, pois professores e alunos estão apenas preocupados com a questão: “Quais são os quatro tipos de telescópio?”.

Tenho de dizer de imediato que não sou contra a memorização. Algumas coisas, muitas de fato (embora nada de especial), podem ser aprendidas de cor. Por exemplo, é bom, mas não essencial, saber de cor que  $7 \times 8 = 56$ . Eu me oponho a qualquer método de ensino exclusivamente baseado nisso; com a memorização pouco se aprende sobre o significado



das coisas.

As pessoas em meu país não conseguiam compreender quando lhes relatei o quanto de material é memorizado na América Latina sem que as pessoas completamente o compreendam. As aulas são ditadas tão vagarosamente que estudantes podem copiá-las palavra por palavra em seus cadernos – e frases são repetidas de modo que eles possam checá-las constantemente.

Quando perguntei sobre o que é a Lei de Brewster, os estudantes respondiam em um piscar de olhos: “A luz que incide sobre um material de índice  $n$  é 100 por cento polarizada com o campo elétrico perpendicular ao plano de incidência se a tangente do ângulo de incidência for igual ao índice de refração”.

A estes mesmos estudantes, então, digo: “Olhem a baía [de Guanabara] a partir da qual a luz do sol está sendo refletida. Se eu olho esta reflexão através deste pedaço de polaróide e o giro, o que acontece?” Todas as respostas que recebo são vazias. Ninguém sabe de nada. Mas, eu dou gritos de surpresa e alegria quando eles tentam e vêem as reflexões se tornando mais claras e mais escuras.

Isto demonstra que alguma coisa está totalmente errada. Não há qualquer conhecimento da Natureza. Na medida em que se ignora o mais importante, a memorização é inútil. Estes estudantes são como livros, não mais do que isto. Posso olhar o índice de um livro e procurar “Lei de Brewster” e achar uma referência equivalente à resposta dos estudantes. Mas, no índice eu não não posso achar a expressão “o sol que reflete na baía”.

O que os estudantes sabem daquilo que não está disponível de modo fácil e direto em um livro? As coisas que podem ser consultadas em um livro são apenas uma parte do conhecimento. Quem vai querer ter um tal estudante para trabalhar em uma certa atividade quando se tem um livro, que não exige nenhum gasto com alimento ou manutenção, sempre pronto a dar respostas adequadas? Quem quer *ser* um tal estudante para trabalhar tão arduamente, para perder o interesse e o prazer, e ser suplantado por uma lista impressa e sem vida de “leis”?

A experiência que tenho faz-me pensar que a decoreba é uma das principais falhas da educação na América Latina.

Um segundo problema na América Latina é que os estudantes ficam isolados um do outro. Eles não podem conversar com outros estudantes; eles ficam impossibilitados de perceber o quão estúpido é seguir outros alunos. Isto acontece por alguma razão psicológica. Eles têm vergonha de mostrar alguma dificuldade, pois, eles temem serem ridicularizados por outros companheiros. Eles não podem fazer perguntas na sala de aula porque os outros dizem mais tarde: “Por que você quer que percamos nosso tempo com

isso? Todo mundo já sabe disso”. Assim, para salvar a própria pele, todos eles fingem saber alguma coisa, comprometendo a discussão livre e a troca de idéias que constituem um dos modos mais prazerosos e mais fáceis de se aprender as coisas. Há muito “show” e também muita formalidade em sala de aula impedindo o livre pensamento e a livre discussão.

Um terceiro problema é a falta de liberdade na estrutura universitária. Você não pode transitar de um assunto a outro ou de um laboratório a outro. Aqueles que vão ao estrangeiro estudar [doutorandos e pós-doutorandos] encontram dificuldades em transmitir de uma maneira fácil e direta suas descobertas aos estudantes de universidade, quando eles retornam. Além de não encontrarem emprego, eles não são bem-vindos por outros companheiros de profissão na estrutura da universidade. Por alguma razão ou outra, torna-se necessário para tais pessoas criar novos institutos de pesquisa separados das universidades. Infelizmente, o espírito de pesquisa e de excitação presentes nessas novas instituições não se acham nas universidades.

Um outro problema na América Latina é que há pouca alternativa para aqueles estudantes que não querem seguir a carreira de cientista. Não é fácil para eles conseguir empregos aqui nas indústrias dos países em desenvolvimento. Talvez se estes estudantes forem realmente bem treinados, as empresas gradualmente perceberiam o valor deles e este problema desapareceria. Mas alguns dos estudantes que têm certa afinidade para a Física não são gênios; embora eles não pretendam fazer alguma contribuição científica, ou não queiram se tornar um Einstein na vida, tem de haver algum lugar para essas pessoas a fim de que o entusiasmo delas possam ser bem aproveitado.

Quando comecei a estudar no Massachusetts Institut of Technology (MIT), comecei com a Matemática, e provavelmente eu pensava em me tornar um matemático. Em seguida, descobri que a única utilidade da matemática abstrata ou pura é ensinar mais matemática abstrata; por isso, voltei-me para uma área mais técnica: a engenharia elétrica. Por fim, percebi que eu avançara muito em matemática; resolvi, então, escolher algo que ficasse entre a Matemática e a Engenharia: a Física.

Esta escolha foi muito fácil para mim porque, como os assuntos eram contíguos, os cursos que tínhamos em cada disciplina eram quase os mesmos e eram ensinados pelos mesmos professores. Os engenheiros estudavam Física ensinada por físicos, por exemplo, e os físicos, por sua vez, aprendiam deles alguma coisa de eletricidade em um curso administrado por professores de engenharia elétrica. É fácil para os estudantes deslocarem-se para lá e para cá entre disciplinas afins. Se a física for muito difícil (para os engenheiros), ou a matemática muito abstrata, eles podem voltar à engenharia e mais tarde cursar estas

disciplinas. Tal maleabilidade é muito difícil de acontecer nas universidades da América Latina.

Uma outra característica da situação na América Latina é o pequeno número de pessoas envolvidas: a conseqüência é uma fugacidade na estrutura organizacional das instituições. Para alguma coisa funcionar, depende da iniciativa individual de cada um.

Finalmente, temos de mencionar o problema dos melhores estudantes que vão estudar em outros países. Isto ocorre devido à falta de oportunidades na América Latina, ao clima de rigidez que existe nas universidades, como também à falta de apoio financeiro contínuo por parte do Governo e da iniciativa privada.

Agora, gostaria de levantar algumas questões para as quais penso que aqui é o fórum adequado para procurarmos respostas.

Primeiramente, como podemos livrar a educação secundária [Ensino Médio] da memorização escravizante (*drudge memorization*) que existe atualmente? Sabe-se que se pode estimular as crianças a se interessarem pela Ciência de um modo verdadeiro, vivo e ativo, enquanto elas são novas. Diz-se algumas vezes que não se pode estimular o interesse delas durante o tempo em que elas permanecem na Universidade, mas isto não é verdade, desde que elas não tenham sido destruídas como seres pensantes durante o níveis escolares que antecedem o universitário [Ensino Fundamental e Secundário].

Gibbon, uma vez, dissera: “O poder da instrução é de pouca eficácia, exceto naquelas felizes situações onde ela é quase supérflua”. Isto não é totalmente correto. É verdade quando se tem uma boa instrução, mas a instrução ruim pode ser muito eficiente ao deixar a impressão de que um dado assunto é vazio e desinteressante. É possível destruir o entusiasmo e o interesse que estudantes possam ter alcançado ao descobrirem um pequeno livro na biblioteca, ao comprar um brinquedo, um “kit” de química ou um pequeno motor elétrico com o qual se pode brincar. De fato, uma das fontes mais importantes para motivar o interesse em Ciência é um brinquedo, um livro especial, e aqueles poucos professores que são livres, o bastante, das agarras de um sistema educacional e que são capazes de manter as crianças excitadas e inspiradas ao provê-las com sugestões, demonstrações e jogos.

Sabe-se da experiência em educação que, apesar de todos os projetos e programas, no fundo tudo depende do professor, individualmente falando. Pode-se ter professores ruins e, não importa o que você tenta fazer com eles, os alunos aprendem muito pouco. Ou, pode-se ter bons professores e não faz muita diferença o que você faz, *desde* que você deixe o professor livre. Assim, acho que temos de encontrar como dar liberdade àqueles poucos professores que tenham capacidade de inspirar as crianças. É importante que estes

professores trabalhem durante um tempo razoável com as crianças, sugerindo experiências e deixando-as livres para criar.

A segunda questão que tentaremos responder é como trazer engenheiros e outros cientistas aplicados mas perto do seu mundo real de aplicação. Não basta que eles lembrem exatamente de como usar a fórmula decorada na escola de engenharia quando o professor copiava no quadro ou ditava a aula. Temos de fazer alguma coisa para tornar o engenheiro aplicado mais flexível, de modo que ele seja eficiente num domínio maior de aplicações.

Uma alternativa seria ter verdadeiros cientistas ensinando Física a estudantes de engenharia, de preferência físicos experimentais atuando ativamente em pesquisa. A física experimental gera problemas técnicos. Para se ter sucesso, você tem de trabalhar com suas próprias mãos, você tem de estar em contato com a realidade. Decoreba não funciona. Assim, pessoas que são boas em física experimental sabem quais são os problemas em engenharia.

O desenvolvimento da tecnologia industrial é em grande medida simplesmente a aplicação mais ampla de técnicas que na maioria dos casos foram desenvolvidas por cientistas que tentavam fazer experimentos. Isto ocorre porque ao tentar fazer um experimento em Ciência, você tem de explorar inevitavelmente alguma técnica ao extremo. Ao fazer isso, você aprende como as coisas podem ser feitas, construídas. Foram os físicos experimentais que primeiro se depararam com os problemas relacionados de como produzir uma situação de alto vácuo ou de como atingir temperaturas mais baixas. Hoje, alto vácuo e baixas temperaturas são ferramentas que fazem parte da tecnologia industrial.

Portanto, a ciência experimental é uma fonte de engenharia. Por isso, ela deve ser ensinada a engenheiros em escolas para mantê-los cientes do amplo domínio das técnicas disponíveis, como também das possibilidades abertas para o futuro. Talvez, então, depois de termos criados bastantes engenheiros de verdade com valor real para a indústria na América Latina, a indústria verá que não há nenhuma vantagem em contratar engenheiros de outros países e desejará ter mais homens treinados localmente e apoiará as escolas com métodos de ensino que produzam tais engenheiros. Assim, teremos a bola rolando.

Sei que o número de escolas de engenharia na América Latina está aumentando rapidamente. Por exemplo, no Brasil há o dobro de escolas de engenharia que há dez anos. Se este é o caso, então, talvez o problema se resolva por si mesmo. Se estas escolas não são todas organizadas sob o mesmo sistema, se há uma diversidade nas escolas, então, uma ou outra escola pode desenvolver um modo de produzir excelentes estudantes – caso o Ensino Secundário não os tenha destruídos. Então, esta escola adquirirá reputação, crianças tentarão entrar nelas, outras escolas tentarão competir e copiar os melhores métodos, e

assim por diante, até que o problema se resolva por si mesmo.

O terceiro problema que temos aqui é como encorajar os verdadeiros pesquisadores e mantê-los no país de origem. Temos de provê-los com livros, com equipamento experimental, com dinheiro para visitas em centros de pesquisa no exterior, e com um grupo coeso de estudantes interessados. Não, não! Desculpem-me – o grupo de pesquisadores formar-se-á naturalmente. Caso o pesquisador seja bom, ele conseguirá com certeza estudantes.

É imperativo encorajar o verdadeiro pesquisador que faz contribuições à ciência para que ele permaneça em seu próprio país. Isto não deve ser difícil porque há forte sentimento de patriotismo nessas pessoas; eles sabem que tem muito a oferecer ao seu país e querem de fato ajudar. A dificuldade são os terríveis problemas que eles têm em seu países de origem. Por exemplo, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), localizado no Rio de Janeiro, que é um dos mais importantes institutos de pesquisa na América Latina, ficou isolado do resto do mundo por causa de um simples fato: ninguém queria pagar pela *PHYSICAL REVIEW* ou *NUOVO CIMENTO*. Ninguém queria pagar pelos periódicos que podem manter as pessoas informadas daquilo que acontece no resto do mundo.

Além disso, o fato de os salários serem extremamente baixos mostra uma falta de interesse do Governo brasileiro, de políticos, da indústria no desenvolvimento da ciência neste país. É uma atitude que não respeita, que não compreende o valor destes pesquisadores. Esses pesquisadores criativos deveriam ter o direito, a oportunidade e a responsabilidade para dar rumos à ciência e ao ensino da ciência em seus países.

Apenas com os pesquisadores que realmente compreendem o significado da Ciência, que conhecem o verdadeiro espírito científico, é possível transmitir conhecimento aos seus estudantes, aos estudantes dos estudantes. E se as coisas forem organizadas corretamente, todo o sistema educacional seria permeado de modo a acelerar o desenvolvimento técnico do país.

Gostaria de enfatizar, ao abordar minha quinta e última questão, a importância de fazer uma dessas coisas de modo contínuo, consistente e modesto. Não deve ser feito com grande propaganda, com muito dinheiro, com muita publicidade para que não exista o perigo de não ser mantido no futuro, como atualmente acontece com muitos projetos que não conseguem ser executados por falta de um apoio contínuo. É necessário manter um apoio contínuo, consistente, perpétuo e fazer as coisas mais modestas de tal modo que a continuidade do apoio possa ser mantida. Um grupo de pesquisa torna-se mundialmente conhecido somente depois de anos de frutífera pesquisa. Um ano sem apoio e com evasão de pesquisadores, e tudo está perdido.

Avalio que este é um problema muito sério e difícil de resolver porque envolve cir-

cunståncias sociais e econômicas peculiares a cada país. As dificuldades são muitas vezes (mas nem sempre) meramente o reflexo de problemas mais sérios que assolam um país como um todo.

Podemos tentar ver se há algum modo de elaborar um esquema de modo que o sistema educacional, ou pelo menos suas partes mais importantes, tais como, os pesquisadores ou especialmente os bons professores, seja em parte independente dos malogros do Governo.

Talvez, o sistema educacional não deva ser totalmente financiado pelo Governo. Talvez, maiores esforços para obter fundos privados possam funcionar. Possivelmente, a confiança e o contato com instituições mais perenes, como escolas religiosas, possam sustentar a continuidade destes esforços.

Discuti os problemas de modo tão direto e franco quanto possível, como eu os vejo. Não tenho a intenção de fazer qualquer crítica, exceto no mesmo espírito de qualquer outra discussão, que mais tarde teremos [nesse encontro], representará uma crítica. Pois, com certeza, não ficaremos contentes com a atual situação do ensino de Física na América Latina. Do contrário, não teríamos tido este encontro. Tentei evitar fazer muitas sugestões específicas de como proceder, porque esta é a nossa tarefa para o resto deste encontro.