

CIÊNCIA E SOCIEDADE

TEMAS E DEBATES

VOLUME II

NÚMERO 4

SOBRE O PLANO BÁSICO DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

- Conferências Realizadas em Brasília de 29 a 30 de Agosto de 1973, sob os Auspícios da Comissão de Ciência e Tecnologia da Câmara dos Deputados -

PESQUISA BÁSICA E APLICADA NO DESENVOLVIMENTO
DA ENERGIA NUCLEAR

H.G. de Carvalho

15 MAR 1974

CENTRO BRASILEIRO DE PESQUISAS FÍSICAS

AV. WENCESLAU BRAZ 71

RIO DE JANEIRO

BRASIL

NOTA DO EDITOR

"E mesmo quando conseguem estabelecer formulações científicas ou teorias a partir de seus experimentos demonstram uma disposição intempestiva e prematura para se voltarem para a prática. Procedem dessa forma não apenas pela utilidade e pelos frutos que essa prática propicia como também para obter uma certa garantia de que não serão infrutíferas as investigações subsequentes e ainda para que suas ocupações sejam mais reputadas pelos demais". FRANCIS BACON.

Do NOVUM ORGANUM de Bacon aos volumosos dicestos governamentais e à copiosa literatura publicada nos anos recentes, o elenco de motivos para a orientação da pesquisa científica e suas aplicações em direção à produção de utilidades enriqueceu-se consideravelmente. Entre outras razões, essas atividades desenvolver-se hoje por intermédio de comunidades de apreciáveis dimensões e incluem numerosos projetos que representam investimentos vultosos se comparados a outros que apresentam o atrativo do retorno mais ou menos imediato.

A desmobilização progressiva do aparato da guerra fria, bem como os objetivos atingidos nos desenvolvimentos de artefatos bélicos e a conseqüente incorporação dessas atividades em organismos diretamente subordinados à tecnologia da Defesa, afrouxaram parcialmente os superiores argumentos de segurança, desmontando a base psicológica sob a qual a economia da produção científica se estabeleceu no pós-guerra. Nos países do mundo desenvolvido procedeu-se então a uma reformulação dessa economia, visando a formas de produção científica capazes de garantir a criação de valores novos em termos competitivos ou acomodáveis com outros setores, particularmente aqueles ligados ao provimento de necessidades sociais que ascenderam em relevância no curso de cristalização da "détente".

Nos países em desenvolvimento os reflexos dessa movimen-

tação adquirem matizes dramáticos, os problemas novos alinhando-se paralelamente àqueles cujo atrazo se busca vencer, em meio a demandas mais conspícuas e urgentes, manipuladas com metodologia incomparavelmente menos eficaz que a disponível nos países desenvolvidos. Vez por outra se alçam as vozes radicais proclamando a inutilidade dos esforços invertidos em setores da pesquisa científica mais distantes da ação prática, alternando-se aos reclamos, aparentemente menos céticos mas equivalentes em resultados, dos que pretendem deslocar toda a atividade de pesquisa científica para os problemas de interesse nacional. Inquestionavelmente um dos problemas do interesse nacional é o da opção entre o reconhecimento da pesquisa em todos os níveis e formas como necessária ao desenvolvimento autônomo, e a supressão daquelas áreas que não informam de maneira tangível a prática corrente, por onerosas, supérfluas ou injustas. Qualquer dos caminhos inclui ainda problemas delicados de dimensionamento e articulação dos diferentes setores entre si e com a produção social, bem como sobre as formas de organização mais propícias ao seu florescimento.

Dentro desse quadro tão delicado quanto assombrado por incertezas e colocações arrojadas é aprovado o Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico 73/74 (PBDCT) e o Decreto nº 70.000, dispondo sobre suas diretrizes, execução e controle. Iniciativa cujo mérito só se pode revelar ao longo do processo de implementação, sua importância ressalta, entretanto, desde já, pelo que representa como tomada de posição, proposta de caminhos e canalização de debates.

A Comissão de Ciência e Tecnologia da Câmara Federal de Deputados, em singular demonstração de sensibilidade e entendimento de suas responsabilidades e atribuições, houve por bem convocar a presença de alguns nomes dos mais expressivos do planejamento e da pesquisa científica deste país para ouvi-los e discutir com eles as palpitantes questões suscitadas por aquelas medidas. A acolhida calorosa e interessada dispensada pelos parlamentares aos conferencistas e demais convidados garantiu o sucesso daquela reu-

nião, compondo o clima da mais sincera cordialidade e contestação construtiva com que se desenvolveram os trabalhos; não fora a iniciativa em si, daquela promoção, já exaustiva de nossa apreciação e agradecimento, encontraríamos melhores palavras para registrar profundo reconhecimento e apreço pela forma com que nossas vozes foram recebidas.

As personalidades e realizações dos conferencistas, Dr. JOSÉ PELUCIO FERREIRA, Prof. CARLOS CHAGAS FILHO, Prof. HERVASIO G. de CARVALHO, Prof. JACQUES DANON, são bem conhecidas pela comunidade científica, dispensando a inclusão nesta publicação de seus perfís, traçados brilhantemente naquela oportunidade pelos Srs. Deputados ADHEMAR DE BARROS FILHO, MINA RIBEIRO, AURELIANO CHAVES e LUIZ GARCIA, respectivamente. Tampouco estamos incluindo os iluminantes debates que se travaram após cada conferência, para reduzir a extensão dos textos a limites compatíveis com a pronta divulgação das idéias centrais dos expositores. Os anais daquelas sessões estão sendo publicados pela Câmara de Deputados e contem o registro completo das reuniões.

Os textos foram compilados a partir das traduções das notas taquigráficas, gentilmente cedidas pelo Sr. Presidente da Comissão de Ciência e Tecnologia, Deputado FAGUNDES NETTO. O estilo comunicativo e informal das exposições orais, aliado às imperfeições naturais dos registros taquigráficos tornam extremamente penosa a tarefa de adaptação dos textos para a linguagem escrita. Nem todos puderam ser revistos pelos autores e mesmo os que o fizeram foram gentís ao ponto de atender nosso pedido de não reescrever toda a matéria para evitar maiores delongas em sua divulgação. As impropriedades residuais ocorrendo nesses textos correm, assim, por conta exclusiva das pressões editoriais.

Associando-nos, com a divulgação destas notas, à feliz iniciativa da Comissão de Ciência e Tecnologia da Câmara Federal / de Deputados acreditamos estar contribuindo para a colocação própria de tantos problemas que afligem a comunidade científica brasileira neste momento, a administradores e planejadores da pesquisa.

PESQUISA BÁSICA E APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA NUCLEAR

H. G. de Carvalho
Comissão Nacional de Energia Nuclear
Rio de Janeiro, Brasil

O SR. CONVIDADO (Hervásio Guimarães de Carvalho)
- Sr. Presidente da Comissão de Ciência e Tecnologia da Câmara dos Deputados, Sr. Vice-Presidente, Sr. Líder da APENA, Srs. Oficiais Gerais, Sr. Embaixador da Índia, Srs. Deputados, meu querido amigo Aureliano Chaves:

I. BREVE HISTÓRIA DA CIÊNCIA NO BRASIL

Vou começar por fazer um pequeno histórico do desenvolvimento científico do País.

De acordo com George Basalla⁽¹⁾ a difusão da ciência da Europa Ocidental após os séculos XVI e XVIII contém três estágios que se sobrepõem, isto é:

(1)

"The Spread of Western Science", Science vol. 156, 612 (1967).

- a sociedade não científica, proporcionando dados ou sendo objeto de estudos para a ciência européia;
- de "ciência colonial" - dependendo de instituições e treinamento estrangeiro - não necessariamente da "mãe-pátria" (no nosso caso Portugal);
- desenvolvimento de uma tradição científica independente.

Veremos pois, no caso brasileiro os três estágios.

No primeiro estágio, em 1549, na Bahia, o padre Jesuita Manoel de Nóbrega coligia e publicava dados sobre a flora, fauna, etc., inclusive sobre o uso do fumo (tabaco) pelos índios. Maurício de Nassau fundou o primeiro Observatório Astronômico da América do Sul. Estimulou e amparou os trabalhos sobre medicina de Willem Piense, do naturalista George Marcgrave, que publicou em 1648, em nosso país, o primeiro livro científico (em holandês).

No segundo estágio de Basalla - "ciência colonial" - a situação em breves traços foi a seguinte: a ciência colonial no decorrer de três séculos produziu um acervo modesto de realizações. Foi o fruto do trabalho individual de homens como B. Franklin, nos Estados Unidos, em eletricidade. Estes homens trabalharam isolados quase sem o benefício da troca de informações com a comunidade científica. No Brasil, o Padre Bartolomeu Lourenço, por exemplo, precedeu aos irmãos Montgolfier, e, em 1709, lançou um balão de ar quente. O fato teve pequena repercussão e as consequências foram decepcionantes. Foi também uma figura solitária Joaquim Gomes de Souza, nosso primeiro físico-matemático, que a partir de 1848 trabalhou ativamente em matemática e física.

No terceiro estágio, gostaria de chamar a atenção para um fato que quase sempre é esquecido: o papel da ciência pura em nossa Independência. É que José Bonifácio de Andrada, muito cedo, foi de Santos para Lisboa e manifestou seu extraordinário talento pela ciência, tendo, aos 26 anos, recebido o título de Secretário Perpétuo da Academia de Ciências de Lisboa. Recebeu uma bolsa de estudo, tendo trabalhado com Lavoisier, até que a Revolução Francesa levou La-

voisier à prisão. Foi depois para a Suécia trabalhar com Berthelot e, posteriormente esteve na Inglaterra. Passou 11 anos praticando ciência pura. Fez as primeiras descobertas importantes que o Brasil tem registrado, sobretudo no campo da mineralogia e da geologia, porque desejava implantar a siderurgia em Portugal a todo custo. Era um ideal que tinha chamado a si: desenvolver a siderurgia em Portugal. Durante 11 anos gozou de uma bolsa de estudo que o transformou num homem cultíssimo. Foi esse cidadão com essa cultura extraordinária, graças a essa bolsa de 11 anos, que voltou ao Brasil aos 56 anos de idade, como grande expoente da ciência em Portugal e que teve o talento, o conhecimento, o discernimento, de fazer com que hoje tenhamos esta unidade nacional, que faz do Brasil o maior país Latino-Americano.

Então, foi uma bolsa de estudo, foi a ciência pura, que levou José Bonifácio a essa condição intelectual que nos garantiu ter de fato uma pessoa com esse grande grau de conhecimento, patriarca e grande arquiteto da cultura atual.

Na fase de Independência, nossa afirmação começa pela Biologia. Na fase anterior, apareceram rastros, que, entretanto não permitiram sustentação. Nesta ocasião, no caso da Biologia, a existência de gente muito bem preparada no Instituto Pasteur, de Paris, como foi o caso de Oswaldo Cruz, permitiu fundar o Instituto Butantã e, depois, organizar o famoso Instituto Oswaldo Cruz que, após aquele problema, que todos conhecem, da febre amarela, se transformou num Instituto de grande prestígio, onde foram feitas descobertas muito importantes, constituindo-se no núcleo fundamental do desenvolvimento da Biologia no Brasil. Portanto, o desenvolvimento da Biologia foi o primeiro passo para nossa independência científica. Carlos Chagas continuou a obra de Oswaldo Cruz e desde então o Brasil vem mantendo uma tradição científica no campo das ciências biológicas.

Em 1934, deu-se um fato de suma importância para o Brasil. Armando Sales de Oliveira, Governador do Estado de São Paulo, criou a Universidade de São Paulo e com esta a Faculdade de Ciências e Letras.

Armando Sales não se limitou à criação da Universidade de São Paulo, mas passou ativamente a recrutar pessoal estrangeiro de alto gabarito intelectual. A situação na Europa era inquietante e isto foi um fato favorável ao aliciamento de professores. Entre os cientistas que vieram para o Brasil, destacam-se os professores Gleb Wataghin e Giuseppe Occhialini - físicos de renome e que formaram o primeiro grupo de físicos brasileiros; entre seus estudantes contam-se M. Schoenberg, Cesar Lattes, P.A. Pompéia, M. D. de Souza Santos e outros que iniciaram, sob orientação daqueles professores, pesquisa sistemática em física.

Em janeiro de 1951 foi fundado pela ação do Almirante Álvaro Alberto, o Conselho Nacional de Pesquisas que passou a ser o impulsionador da pesquisa científica no Brasil. Quase simultaneamente com a fundação do C.N.Pq. e quinze anos depois do nascimento da física em São Paulo, fundou-se, em 1949, o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Seu primeiro Diretor Científico (Cesar Lattes) tornou-se muito conhecido pelos seus trabalhos em Bristol, Inglaterra - a descoberta do meson pi - e pela produção artificial do meson pi, em Berkeley, Califórnia. A situação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas facilitou o desenvolvimento da física, porque de uma parte é este um organismo privado - de outra parte, é totalmente subvencionado pelo Governo Federal - mantendo elo com a Universidade do Brasil (atual UFRJ). Exatamente por não necessitar muitos recursos, inicialmente o Centro tornou-se o principal foco da Física Teórica de toda a América Latina - a Física Experimental progrediu vagarosamente à medida que foram obtidos recursos suficientes e hoje se destaca por sua importância e variedade de campos.

O C.B.P.F., além de ser organismo de pesquisa básica dedica-se intensamente à formação de físicos nos graus de mestrado e doutorado.

O C.B.P.F., no Rio, e o Departamento de Física da Universidade de São Paulo, são, no Brasil, os dois centros de pesquisa e ensino da física mais importantes.

No Rio de Janeiro, há ainda, os seguintes Institutos de Pesquisas que trabalham em física: o Instituto de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, fundado em 1959 pelo saudoso Padre F.X. Roser, S.J., o Instituto de Engenharia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear, que realiza também trabalhos de pesquisa básica, o NEPEC, o Instituto de Biofísica da Universidade Federal do Rio de Janeiro e da Comissão Nacional de Energia Nuclear, o Instituto de Pesquisa da Marinha e do Exército, o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro e o Instituto de Tecnologia, onde são realizados alguns trabalhos.

Em outubro de 1956 foi criada a Comissão Nacional de Energia Nuclear. A CNEN estimulou o crescimento do Instituto de Energia Atômica, em São Paulo, órgão fundado pelo C.N.Pq. e pela Universidade de São Paulo, sob a égide da CNEN, o Instituto de Pesquisas Radioativas de Belo Horizonte e o Instituto de Engenharia Nuclear, no Rio de Janeiro.

Existem outras instituições onde a pesquisa física é realizada, a saber: o Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto este que tem se destacado muito nos últimos anos, Escola de Engenharia de São Carlos, no Estado de São Paulo, Instituto de Física da Universidade Federal da Bahia, que se destaca pelo trabalho sobre geofísica, havendo ainda trabalhos científicos em física em Recife, Fortaleza e Curitiba.

II. PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Poderia continuar neste assunto, mas a conferência se transformaria praticamente na história do nosso desenvolvimento. O fato é que o desenvolvimento precisa ser feito de uma forma biológica, criando uma infra-estrutura, para que ele tenha sustentação e continuidade.

Eu gostaria de passar ao assunto que me trouxe a esta Comissão. Queria observar que, no contexto da pesquisa e da tecnolo-

gia, se tomarmos, por exemplo, o chamado complexo industrial militar dos Estados Unidos, complexo esse que, de resto, dá como sub-produto quase todo o desenvolvimento tecnológico que temos hoje - esses aviões que usamos, os meios de comunicação, etc. - quase tudo dele provém.

É preciso notar que, em consequência do desenvolvimento tecnológico militar, é que atualmente existe esse tremendo surto de civilização. A própria penicilina, os antibióticos, se formos examinar, tiveram origem em problemas de caráter militar. Nesse complexo a pesquisa se constitui apenas de 5%.

É notória a importância do progresso rápido e contínuo da tecnologia para nosso Desenvolvimento e para nossa Segurança. É fato bem conhecido que o progresso da tecnologia depende fortemente da qualidade e da importância da pesquisa científica disponível para este objetivo.

Entre a pesquisa básica e o produto acabado há várias etapas de atividades bem delineadas, elas claramente identificadas de uma cadeia, cinco das quais, na linguagem técnica, possuem as denominações de: Pesquisa, Desenvolvimento Exploratório, Desenvolvimento Avançado, Engenharia de Desenvolvimento e Desenvolvimento Operacional. A importância de cada etapa no processo global, pode ser aquilatada pelo seu custo médio.

PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Denominação	custo %
Científica (Pesquisa)	
1º Pesquisa	5%
2º Desenvolvimento Exploratório	12%
3º Desenvolvimento Avançado	16%
Desenvolvimento Tecnológico	
4º Engenharia de Desenvolvimento	15%
5º Desenvolvimento Operacional	30%
6º Gerência, Superintendência e Suporte de todas as Operações	22%

Os primeiros estágios pertencem nitidamente à comunidade científica de pesquisa; os restantes à de tecnologia e desenvolvimento.

Para melhor compreensão do funcionamento do sistema, que na sua natureza é em geral complexo e varia bastante com o objetivo tecnológico a atingir, faremos um breve comentário a respeito, de cada um destes estágios da Pesquisa e do Desenvolvimento.

- a. Divisão da Pesquisa e do Desenvolvimento em Tecnologia e Desenvolvimento.
- b. Orientação básica de cada subdivisão da Tecnologia e do Desenvolvimento contendo o objetivo básico, o produto final, a orientação do esforço, a gerência deste grupo, as exigências, o risco econômico desta etapa, um grande número de exemplos ilustrando a variedade e a complexidade de cada estágio, e, finalmente como é conduzida a filosofia da administração de cada etapa.

Parece-nos desnecessário indicar a cada momento o papel das ciências básicas na cadeia tecnológica, pois ele é patente no estágio preliminar, e permeia totalmente o estágio de engenharia, indo até a fabricação final do produto.

1. PESQUISA

A Ciência orienta-se para o conhecimento da natureza, isto é, para o estudo de fenômenos. A pesquisa visa melhorar a compreensão dos fenômenos e dos modelos e teorias que descrevem estes fenômenos.

Pesquisa é o processo mediante o qual novos conhecimentos são adquiridos, incluem esforços dirigidos para incrementar o conhecimento sobre os fenômenos naturais do meio natural e os apontados para as soluções de problemas de engenharia, ciência da vida, e dos ambientes. "Pesquisa" é o estudo intensivo e sistemático dirigido para o complexo conhecimento do objetivo estudado. "Desen

volvimento" é a exploração sistemática do conhecimento com o objetivo de produzir materiais úteis, sistemas ou métodos, e inclui o projeto e a realização de protótipos e processos.

Do ponto de vista da indústria, o termo "pesquisa" tem significado próprio e refere-se a toda pesquisa básica ou aplicada colimando à solução de problema que não esteja associado a uma aplicação técnica específica.

A classificação de um projeto - como pesquisa ou como desenvolvimento - depende essencialmente das características da investigação individual.

2. DESENVOLVIMENTO EXPLORATÓRIO

O Desenvolvimento Exploratório representa um esforço de ligação ou ponte entre, de um lado, a pesquisa básica e a produção e, de outro, o aperfeiçoamento do aparelho, peça ou equipamento desejado e as idéias gerais e as aplicações específicas. Acima de tudo, o Desenvolvimento Exploratório reduz os riscos econômicos no desenvolvimento de equipamento. Esta etapa cada vez mais é considerada como importante para os responsáveis pela Pesquisa e pelo Desenvolvimento. O Desenvolvimento Exploratório, como o termo indica, não segue um caminho predeterminado, é uma busca, tentando encontrar o melhor modo de realizar certo objetivo.

Em geral, a palavra "Desenvolvimento" implica na criação ou aperfeiçoamento de um certo objeto, mas aqui não se deve tomar neste sentido o significado de "Desenvolvimento", porque o Desenvolvimento Exploratório pode ser conduzido teoricamente mediante o uso de papel e lápis, e não passar de uma simples análise teórica da plausibilidade de um conceito. O Desenvolvimento Exploratório é efetuado quando a pesquisa básica já se encontra em estágio avançado e é parte quase indistinguível desta. A diferença entre a pesquisa básica e o Desenvolvimento Exploratório é que na primeira a orientação é para o conhecimento da natureza dos fenômenos no segundo se busca sempre saber se a solução de um importante proble-

ma é plausível através do método adotado. Ambos incrementam o conhecimento dos fatos, mas os objetivos em si são bem diferentes.

Pelo exposto, não existe definição sucinta capaz de exprimir o que seja o Desenvolvimento Exploratório, face à natureza diversificada de suas funções. O que se pode dizer, entretanto, é que é um esforço dirigido para a solução de um problema específico. Tem como escopo desenvolver e avaliar a viabilidade das soluções propostas, fazendo uma mensuração dos parâmetros pertinentes.

3. DESENVOLVIMENTO AVANÇADO

O Desenvolvimento Avançado ocorre na última parte de formulação do conceito e não segue obrigatoriamente a sequência exposta anteriormente. Conforme as circunstâncias, pode ser omitido, indo do Desenvolvimento Exploratório direto à Engenharia de Desenvolvimento. A expressão não deve ser encarada literalmente; a palavra "Avançada" refere-se à natureza do estágio, isto é, quando a teoria já foi bem comprovada.

A palavra Desenvolvimento significa criar ou aperfeiçoar equipamento. Embora colimados para solução de problema específico, o Desenvolvimento Exploratório e o Desenvolvimento Avançado diferem no objetivo particular, isto é, enquanto o Desenvolvimento Exploratório averigua se o método selecionado é capaz de dar solução desejada ao problema o Desenvolvimento Avançado já visa a produzir equipamento adequado a provas experimentais e operacionais, satisfazendo especificações exigidas para a missão definida.

Os objetivos imediatos do Desenvolvimento Avançado são demonstrar a plausibilidade e aceitabilidade de um item técnico do ponto de vista econômico e operacional, em tempo oportuno, no programa.

O Desenvolvimento Avançado é uma etapa importante de formulação do conceito permitindo projetar o desenvolvimento de sistemas e coligir os elementos indispensáveis aos contratos com a indústria com redução apreciável dos riscos econômicos.

Uma instalação piloto necessária ao desenvolvimento de um processo de empreendimento de química industrial é um exemplo comum de Desenvolvimento.

4. ENGENHARIA DE DESENVOLVIMENTO

A Engenharia de Desenvolvimento ou Desenvolvimento da Engenharia de Produção é a parte do programa que envolve a produção de itens de grande importância - mas que ainda não foram aprovados para o Desenvolvimento Operacional e produção. Na fase de Engenharia de Desenvolvimento, os responsáveis demonstram as características técnica, econômica, logística e operacional de sistemas perfeitamente executáveis e satisfatórios - além de sistemas, equipamentos, subsistemas, componentes ou processos, considerados como soluções ótimas de problemas específicos ou objetivos técnicos.

Esta etapa da tecnologia é muito importante porque seu custo é considerável - daí, porque, neste estágio, há uma total reavaliação ou balanço de todo o programa de Engenharia de Desenvolvimento antes de sua aprovação.

Esta etapa é conduzida lançando-se mão do que há de melhor e mais perfeito na tecnologia de componentes, de modo a permitir o mais alto grau de confiança na Engenharia de Desenvolvimento. Aqui surge a filosofia da Garantia de Qualidade e do Controle de Qualidade.

A Engenharia de Desenvolvimento é quando também um protótipo operacional ou modelo é produzido para demonstrar as características específicas de diferentes alternativas, para atender certa necessidade do mercado.

O interessado no produto adquire o item em questão de acordo com as exigências especificadas, verificando a formulação do conceito e as especificações de contrato. A produção limita-se a um número de unidades indispensáveis à demonstração - porque o equipamento ainda não recebeu a aprovação final para ser considerado como comercial.

Quando aprovado encerra-se a etapa de Engenharia de Desenvolvimento e dá-se o início ao Desenvolvimento Operacional.

5. DESENVOLVIMENTO OPERACIONAL

É o estágio do processo de obtenção do produto acabado, constituído por: engenharia de produção e serviço de controle de eficiência e manutenção de itens aprovados para a produção - manutenção do equipamento em estoque para seu emprego imediato.

O fabricante estabelece sua linha de produção e o processo para na produção atingir a quantidade desejada. Nesta etapa auditores tecnológicos examinam e aferem a qualidade dos componentes, subsistemas e sistemas de modo que satisfaçam requisitos de proficiência.

Durante o Desenvolvimento Operacional a engenharia de produção e o sistema de controle transformam os modelos projetados em itens inteiramente adequados às condições de utilização imediata.

O Departamento de Defesa dos Estados Unidos, por exemplo, segue uma filosofia de contratar em sequência (primeiro o desenvolvimento e depois a produção), mas pode optar por um contrato englobando os dois campos.

Como o assunto da palestra é pesquisa básica na energia nuclear, voltando ao que antes me referi, foram os objetivos militares que forçaram seu enorme desenvolvimento. Um deles foi a bomba atômica; outro, a bomba de hidrogênio e, ainda a pesquisa espacial, a NASA.

Começarei pelo problema da educação: apresento na Fig. 1 uma pirâmide da evasão escolar. Em mil alunos nos Estados Unidos, temos a seguinte situação: a pirâmide quasi que não sofre evasão. Observemos por exemplo, o número dos que chegam a curso superior: de mil, setecentos e oitenta concluem totalmente o curso primário e o curso secundário, ginásial. Depois, desses setecentos e oitenta, duzentos e cinquenta completam o curso superior, e um certo número destes, de cinquenta a oitenta, completam o mestrado sendo que

PIRÂMIDES DE EVASÃO EDUCACIONAL

BRASIL

ESTADOS UNIDOS ———

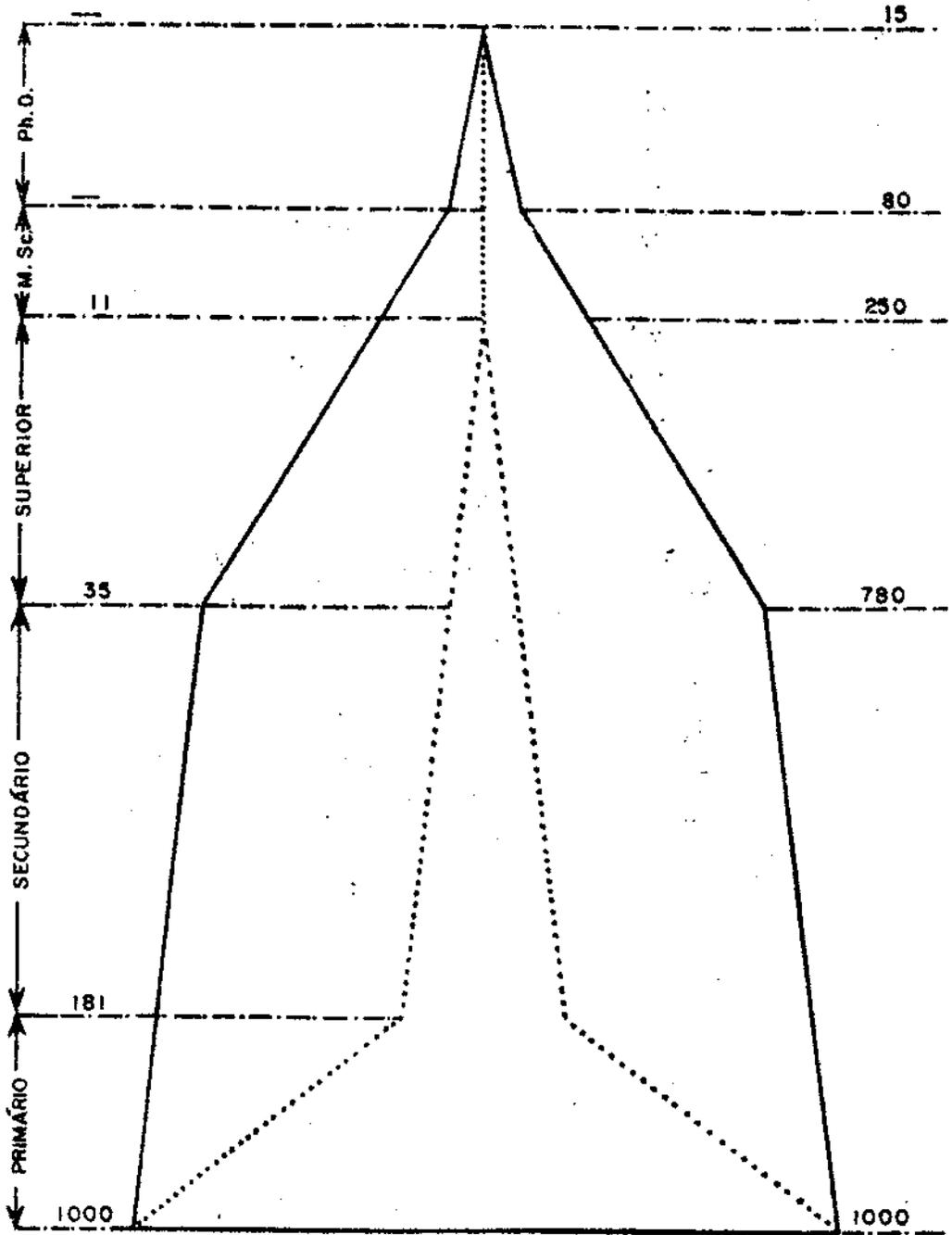


Fig. 1

destes, alguns vão para o PhD. Então, podemos ver uma espécie de radiografia da nossa situação. Há uma evasão considerável logo no primário; igualmente, depois, no secundário e, a seguir, na parte relativa ao escalão mais alto de educação que praticamente não dá para ser representada aqui. A pirâmide representativa da evasão educacional constitui a parte mais importante da presente explanação. A riqueza de um povo, de um país, não são de suas jazidas minerais. No desenvolvimento de um povo nenhum milagre existe. O "milagre japonês", o "milagre israelita" e o "milagre alemão", nada mais são do que resultados do efeito estupendo da educação. O "milagre japonês" começou no século passado, quando o Governo daquele país tomou como bandeira educar maciçamente seu povo. O milagre é fruto do trabalho, do trabalho de gente competente. Acredito que o milagre da educação possa ocorrer no Brasil. Porque está no Alcorão "Deus só faz milagre quando os homens já realizaram esse milagre no coração". O milagre da educação existe no coração de todos os brasileiros. Há uma ânsia enorme no coração dos jovens brasileiros: ânsia de aprender, ânsia de ser um cidadão de um mundo moderno. De maneira que o milagre brasileiro deverá resultar da nossa vontade de progredir, de aprender.

O ensino das Humanidades - o chamado ciclo secundário da educação é a espinha dorsal de uma nação. Da obrigatoriedade e da qualidade deste ensino dependerá a futura PRODUTIVIDADE da nossa força de trabalho, em particular esta produtividade depende do ensino de ciências e matemáticas. Os princípios básicos da Física, quando bem assimilados, são de importância fundamental para a vida profissional e quotidiana.

Entretanto, professores que não tenham aprendido lucidamente o assunto que ensinam, têm a propriedade de transmitir aos seus alunos sentimento de aversão à matéria que lecionam. A Física não é exceção à regra - pelo contrário - é considerada disciplina difícil e árida, porque geralmente é mal ensinada, sem entusiasmo é a emulação devida.

É na escola secundária, onde germinam as vocações que o

cientista em potencial morre - o tédio das aulas, dada por alguém que não conhece bem a matéria e que não tem entusiasmo pelo que ensina liquida o interesse do estudante, porisso, a qualidade do ensino é indispensável à educação secundária, em todos os seus estágios. Como a educação é um sistema integrado - uma espécie de corrente onde - um elo fraco redundando em resultado danoso a todo o sistema - há portanto, necessidade de preparar bem os professores.

Uma vez perguntei a Fermi como é que ele explicava que aos trinta e dois anos de idade, sem ter saído da Itália, tinha realizado tanta coisa em Física. Ele disse simplesmente isto: "A única explicação que eu próprio acho é que tive excelentes professores no ensino secundário".

O ensino da Física aos futuros professores deve, pois, ser esmerado - e os cursos de atualização de professores secundários é uma preocupação constante dos países mais desenvolvidos. Nestes países existem sistemas dirigidos para atingir o objetivo de preparar professores atualizados e competentes para o ensino secundário, porque há uma profunda consciência do papel que o professor secundário desempenha na germinação e desenvolvimento do futuro cientista ou tecnólogo.

A formação de um mestre e particularmente de um doutor, exige uma preparação - um alicerce - muito melhor porque, agora, não se trata de assimilar o conhecimento profissional contemporâneo e sim preparar o futuro pesquisador, - o profissional criativo, capaz de desvendar a natureza das coisas. Eis, porque, é necessário dar uma base extensa e especial de matemática (métodos matemáticos), mecânica quântica, mecânica analítica, mecânica estatística, eletromagnetismo, mecânica relativística e outras cadeiras básicas, lecionadas com o espírito do ensino em profundidade. A qualidade dos cursos de mestrado, depende deste espírito - uma fundação gigante - clássica, que permite ao cientista com pouco esforço se manter atualizado, por muitas décadas. É óbvio, que o ensino específico para formar o físico deve ser pois o mais cuidadoso.

A existência no país de cursos de mestrado e doutorado,

de alta qualidade constituirá um celeiro de professores para as universidades.

Eu não poderia fazer um estudo histórico sobre todos os fatos que, em cadeia, em sucessão, permitiram chegar, por exemplo, à energia nuclear. É impossível. Eu teria de começar com Zenão de Eléia. Seria uma história muito longa. Mas quero lembrar os fatos importantes: Mendeleiev, com a classificação periódica dos elementos; Becquerel, com a descoberta da radioatividade, e Pierre e Marie Curie com as descobertas que se sucederam em consequência desses fatos; Einstein, com a relatividade restrita; Rutherford, descobriu o núcleo do átomo, acontecimento que teve imensa importância; Bohr, fazendo o primeiro modelo atômico; Rutherford, com a primeira reação nuclear. Depois começam a aparecer descobrimentos para desencadear o processo. Chadwick descobre o nêutron. Logo depois da descoberta do nêutron, houve a descoberta da radioatividade artificial por Curie. Nessa ocasião, Fermi já vinha trabalhando de maneira formidável, pois realizou trabalhos em 1932, que lhe deram o Prêmio Nobel. Então, Fermi e Amaldi - vou mostrar um pouco mais adiante - começaram a classificação periódica de Mendeleiev, no sentido de criar elementos com número atômico maior do que o do urânio. Por isso é que são chamados transuranianos, porque acima do urânio. Aconteceu um fato, para o qual chamo a atenção do leitor, pois é de grande importância e ilustra bem o valor da pesquisa fundamental no destino da humanidade. O conhecimento da classificação periódica de Mendeleiev em relação às terras raras, induziu o químico D'Agostino, com Amaldi, com Fermi, com Rasetti, a fazer essas experiências, bombardeando o urânio. Entretanto, sempre houve interpretação errada, porque o conhecimento clássico da época era falho. Os resultados das experiências com nêutrons e com urânio teriam sido muito satisfatórios, se naquela época, em 1934, D'Agostino tivesse feito uma interpretação correta. Pode-se imaginar o que teria acontecido com o mundo? Naquela ocasião, Hitler estava em ascensão no poder e os alemães eram extremamente fortes em ciências. Teria sido decidido o destino da humanidade. O fato de

se desconhecer um programa da classificação periódica, um problema de física atômica, deu lugar a uma interpretação errada, que, entretanto, nos salvou do nazismo. Em 1939, em dezembro, Hahn e Strassmann, no Kaiser Wilhelm Institute, descobriram que, de fato os núcleos pesados, como o urânio, bombardeados com o nêutron, se desdobravam em dois pedaços de massas quase iguais. Descobriu-se o bário e o lantânio. Imediatamente, Irene Curie e Joliot Curie repetiram as experiências e chegaram a uma conclusão. A interpretação foi feita por uma física austríaca, física teórica, que nessa época já estava refugiada na Suécia - porque era judia - e que interpretou, então, esses resultados. Essa física austríaca Lise Meitner, e Fritsch interpretaram o fenômeno e explicaram que ele geraria uma grande quantidade de energia, conforme mostrarei dentro em breve. Logo depois, começaram a perceber a importância militar que isso poderia ter e, então, foram feitas certas comunicações aos respectivos governos, porque estava aí uma nova fonte de energia que poderia eventualmente ter utilidade militar. Quando chegou um certo momento, os físicos ficaram muito preocupados com o que haviam descoberto e resolveram pedir que, daí por diante os trabalhos fossem feitos sigilosamente. Houve acordo entre eles. Entretanto, como houve publicação, que já estava no prelo na América do Norte, Joliot Curie ficou ofendido com a história e continuou publicando, sem levar em conta o acordo tácito. Mas, nessa ocasião, Bohr, trabalhando com Wheeler, fez um trabalho teórico em que previa todas as propriedades. E este trabalho ainda hoje é a bíblia da física. Eles praticamente não deixaram nada para ninguém. Inclusive, fizeram a previsão de que o Urânio 235 seria fissionável e que, se existissem isótopos do plutônio que fossem ímpares - podiam ser ímpares ou pares - também seriam fissionáveis. De fato, isso foi logo descoberto. A teoria referiu-se a isso. Separaram o espectro de massa, e imediatamente foi provado que era de fato verdadeiro. Então Heisenberg, nessa ocasião, sem que isso tivesse nenhuma importância - era simplesmente ciência pura, naquela época - descobriu, jun

tamente com outros de grupo de Berthollet, o netúnio, o plutônio e os isótopos diferentes do plutônio. Nesse ponto, a guerra já havia começado. Depois vou contar essa parte da primeira reação em cadeia. Passarei a outra parte agora. Discutia-se se seria possível fazer uma bomba, ou não. As experiências de Fermi eram sempre feitas com nêutrons retardados. Quando calculava uma bomba ele era formidável. Todos eles eram homens extraordinariamente competentes. Chamo a atenção para um ponto: quando se fala em cientista ligado à energia nuclear deve-se acrescentar que ele não pode ser medíocre. Para, de fato, produzir resultado é preciso que ele seja profundamente competente. Os que lideram esse campo são homens excepcionais, e é quase um acidente na História existirem tantos, ao mesmo tempo, num mesmo lugar. De modo que chamo a atenção para o fato de que a ciência de baixa qualidade não é a ciência de que precisamos. Infelizmente, um país como o Brasil, em fase de desenvolvimento, não pode dar-se ao luxo de ter maus cientistas. Só pode ter aqueles que sejam capazes de resolver problemas brasileiros, porque só o Brasil os tem.

Dois físicos ingleses, Fritsch e Priestley, fizeram circular, em segredo, um memorando, republicado 25 anos depois: "On the Construction of the Super Bomb". Eles explicavam como era possível fazer essa tal bomba. Este memorando decidiu a questão. E, daí por diante, todos os físicos se convenceram de que era possível fazer a tal bomba. Aí, então, começou a haver receios. Sabiam que no Kaiser Wilhelm Institute havia físicos muito bons, que conheciam o assunto muito bem, que não tinha passado despercebido a eles esse fato extraordinário e, portanto, era um problema sério decidir se fariam uma bomba ou não. Nesse momento, já tinha havido a matança dos israelitas em grande quantidade. E aqueles, como Einstein, que se haviam refugiado nos Estados Unidos, estavam agindo praticamente em legítima defesa, quando Openheimer e outros se reuniram e escreveram ao Presidente Franklin Roosevelt, pedindo que ele tomasse uma atitude séria a esse respeito, porque de repente poderia haver um acidente e ele se deparar com a seguinte situação:

Hitler com a super-arma na mão, impondo a sua vontade. Assim, o que os levou a fazer isso foi a legítima defesa. Esse fato foi que os obrigou a uma organização estupenda de cientistas. Alguns não estavam muito satisfeitos, porque sabiam que seria para alguma coisa, mas desconheciam as consequências. Devo lembrar que houve uma época áurea na História, que foi o Século de Péricles. Quando Péricles se encontrava no auge do seu Governo, quando a Grécia florescia de maneira estupenda, uma peste mudou a mentalidade do pessoal, da juventude, e os costumes. Tudo foi alterado, pois a ameaça de morte era tão permanente que fez todos diferentes durante 3 anos. Este fato que deve constituir uma lição para nós entendermos melhor a juventude de hoje.

Agora vou falar sobre a tal classificação periódica de Mendeleiev, errada. Até a época em que eram feitas aquelas experiências - até quase 1940 - acreditava-se que o lantânio e o lútécio fossem os únicos elementos dessa cadeia de terras raras que deviam ser localizados nessa casa da classificação periódica, e que o actínio, o tório, o urânio, esses outros todos tinham a sua contraparte nessas famílias. Não eram terras raras. Somente essas famílias de terras raras eram as grandes famílias. Então, quando eles foram pesquisar o Elemento 93, procuraram-no com propriedade do rênio. O 94 seria propriedade do ósmio. E aí é que estava todo o erro de D'Agostino e de todo o mundo. Até que Otto Hahn se convenceu de que não era nada disso. Os transuranianos eram os novos, que estavam procurando fossem estudados com propriedades totalmente diferentes. Então, acontece o seguinte: na realidade, há duas famílias de terras raras: a família dos lantanídeos e a dos actinídeos. Agora sabemos que as propriedades do tório correspondem ao cério, do európio ao actinídeo; do urânio ao neodímio; do plutônio ao samário; e assim por diante. Então, eles têm as mesmas propriedades das terras raras e uma variedade muito grande de estados de oxidação. Tudo isso atrapalhou terrivelmente o nosso D'Agostino, e também os outros químicos que trabalhavam na época. Não foi um erro específico

de D'Agostino. Era um erro comum, porque se acreditava que a classificação periódica de Mendeléiev fosse a correta, e não esta que aqui está. Então, V.Exas. vêm que uma simples interpretação de um fato que poderia ser considerado, não diria banal, mas até clássico, levou o mundo a mudar de destino. Creio que com isso expliquei o que pretendia: chamar a atenção para que esses elementos tiveram de ser estudados em química. Mas como eles eram fabricados por bombardeio de ciclotron, em quantidades inferiores ao grama, ao milionésimo do grama, foi preciso desenvolver técnicas que antes ninguém havia imaginado. Como fazer química correta com quantidades assim tão pequenas? Normalmente, se usava um tubo de ensaio etc. Tinha-se de pegar aquilo e reduzir por um fator de milhões, ou talvez, bilhões, fazer a coisa em quantidade extremamente pequena. Vou mostrar isso levemente a V.Exas. No momento, eu quero só explicar um fato que está ligado com a interpretação daquela famosa física, Lise Meitner. Quando combinamos o carbono com o oxigênio, dá CO₂ e dá também calor-energia. Como energia tem massa, a massa, de um lado, por conservação de massa, tem de ser ligeiramente menor do que a máxima. Então, quando eles se combinam, perdem massa, porque a energia vai embora. Quando combinamos próton com um nêutron, para fazer, por exemplo, um núcleo de deutério, o que deve acontecer, para haver energia de ligação? Deve haver perda de energia para o exterior. E perdendo energia para o exterior, deve haver um decréscimo de massa. Então, a afinidade da energia de ligação é medida pela perda de massa. Como existem instrumentos muito sensíveis, isso é possível ser medido. Então, podemos por um gráfico o que acontece quanto às massas atômicas dos diferentes elementos e por energia média de ligação.^(*) Verão V.Exas. uma coisa curiosa. Passa por um máximo em determinado ponto, que é próximo do ferro. Então, o ferro é um elemento, provavelmente, dos mais estáveis, porque é dos que perderam mais energia na sua formação. Então, como é que foi interpretado imediatamente o fenômeno da fissão? Foi interpretado da seguinte maneira: os elementos pesados

(*) Foi exibida na ocasião uma curva de energia de ligação em função do número de massa (N.do E.)

dividindo-se em dois pedaços - a energia de ligação será mais baixa nesse caso, passando a ser mais alta nos dois pedaços - obtenho um ganho dessa energia de ligação. Invertendo a curva, se eu partir aqui o material, obterei fragmentos de fissão já quase embaixo da curva. Então obtenho um ganho proveniente dessa transição. Há fragmentos em que não se ganha muito, mas outros onde o ganho é bem maior. Isso também é muito importante para entender a fusão. No caso da fusão infelizmente a curva não está com os elementos mais leves - os elementos mais leves, ao se combinarem por síntese, adquirem energia de ligação mais alta e vão ceder essa energia para o exterior. E os pesados se quebram, dando também energia. Temos duas maneiras de fazer energia: uma, utilizando, por análise, os pesados, quebrando os pesados: outra, por síntese dos leves. Ficou bem claro nessa ocasião que era possível a produção de energia quer por análise, quebrando-se os átomos mais pesados, quer através da combinação de átomos mais leves. Portanto, há duas formas de produção de energia: ou fazemos a fissão, isto é, quebramos os elementos físséis - urânio-233, plutônio-239 - ou fazemos a síntese de elementos mais pesados. Neste ponto gostaria de chamar a atenção para o fato de que os chineses, no ano de 1054, viram que a Super Nova e outras estrelas, como a estrela de Natal - que provavelmente foi uma Super Nova também - tinham uma meia-vida que coincidia com a de certos elementos que produzem fissão espontânea. O Califórnio-254 tem a mesma meia-vida da Super Nova. Quando há uma grande explosão, formam-se elementos muito pesados, que respondem pelo brilho extraordinário dessas estrelas novas, que depois caem rapidamente. Há pouco, eu falava de microquímica. Vou mostrar como foi feita essa microquímica. Para ver o que se estava passando aqui no ultramicro-tubo de ensaio, foi utilizado um microscópio. Depois, através de seringas com agulhas muito finas, injetavam-se os reagentes. Temos aqui o campo do microscópio. Aqui é a cabeça da agulha por onde passa a linha. O material se precipita, e é vista a reação no microscópio. Aquela química toda que V. Exas. viram foi corrigida, etc., e foi feita

com essas quantidades ultramicroscópicas, muito antes de se dominar tecnologicamente a produção de plutônio para fabricação de bombas. Isso mostra a criatividade, a pesquisa pura, podendo tratar quantidades que antigamente nem teríamos pensado em examinar, porque eram irrisórias. Tudo isso foi feito com amostras incrivelmente pequenas. É bom verificar o que foi realizado em pesquisa aplicada, quando os cientistas resolveram, em seguida, fazer a bomba atômica. Eles tiveram de estudar aquela reação em cadeia a que já mencionei, realizada em Chicago por Fermi e seus colaboradores; depois tiveram de estudar a fuga de nêutrons, a massa crítica de uma bomba, a captura de nêutrons no urânio-238, que não é fissionável, a captura de nêutrons por impurezas, nêutrons produzidos durante a fissão, para terem uma idéia de como poderiam realizar essa bomba. Caso não restasse apreciável número de nêutrons, não teríamos um processo divergente e, por conseguinte, explosivo. Depois, houve necessidade de purificação de materiais. Aqui aparece um fato inteiramente novo na História. Devo lembrar que estamos habituados a chamar qualquer coisa de pura, em química, com 99,9% - que é um caso de pureza muito grande. Mas, em virtude da necessidade de fazer reação em cadeia, começou-se a exigir coisas da seguinte ordem: é preciso obter uma grafite em que não se tenha mais que 2 ou 4 partes por milhão. Daí aparecerem conceitos novos de pureza, que antes o homem sequer imaginava pudessem existir, pois, no ambiente em que vivemos, as coisas andam bem misturadas. Foram necessários processos de purificação extraordinária. Esses processos foram inventados não só para a grafita, como também para o urânio e para o próprio plutônio. O plutônio impuro, principalmente nos elementos leves, transforma-se numa fonte de nêutrons. Se V. Exas. estudaram a mecânica de uma bomba, verão que não podemos ter nêutrons em quantidade, hipótese em que a bomba explodirá prematuramente, ocorrendo aquilo que os americanos chamam dull, uma espécie de bomba idiota, isto é, antes de ter chance de explodir, ela se funde e se desfaz. É por isso que o plutônio explosivo, militar, não pode ter

plutônio-240, pois esse, em fissão espontânea, é emissor de nêutrons. É uma fonte natural de nêutrons, como é o califórnio-252. Infelizmente, no Brasil - como diz o Almirante Octacílio Cunha - a moeda de maior circulação são as idéias errôneas. E se chegou à conclusão de que qualquer plutônio explode. Mas não acontece isso, tanto que, no caso da bomba, o urânio entrava no reator, extraía o plutônio antes de ele se degradar e se transformar em 240, e voltava outra vez para o reator; aí ele havia circulado inúmeras vezes. Como as alternativas eram produção de plutônio e produção de urânio-235, foram feitas pesquisas aplicadas sobre enriquecimento do urânio, adotando-se os métodos mais diversos - não vou discutir isso aqui porque tomaria tempo enorme - inclusive de separação química dos diferentes elementos. Quando o estágio de pesquisa - desenvolvimento exploratório e desenvolvimento avançado - chegou ao fim, teve início a parte de engenharia de tecnologia. Nesse momento, não houve dúvida alguma no espírito dos homens de ciência. E, no Brasil - é bom que se diga - confundem muito tecnologia nuclear com física nuclear. É uma coisa gravíssima. Até mesmo na Câmara, é comum consultarem o físico nuclear sobre matéria de tecnologia nuclear. Neste ponto eles tiveram de chamar os homens da tecnologia. Foi preciso convocar Dupont - muito a seu contra-gosto, pois ela não queria sair de Delaware - para fazer reatores em Hunford, no Estado de Washington. Os engenheiros formavam um time muito grande. Evidentemente esse time tinha de ser assessorado pelos homens da ciência, que sabiam o que pretendiam da tecnologia, isto é, aquilo que eles queriam gerar, agora em grande escala. Foi feita uma organização. Não vou fazer a lista de todos os que participaram desse processo tecnológico, porque ela é gigantesca. Envolve da mesma forma como a NASA, os contratantes, os empregos secundários, etc. Tudo isso teve importância acentuada, porque desenvolveu tecnologias novas, inteiramente inesperadas. Foi uma contribuição enorme para a paz, levando à produção dos materiais. Evidentemente, em determinado momento, já não se tratava apenas de tecnologia, no que

se refere à fabricação do artefato assunto particular da tecnologia militar, ou seja, como preparar um artefato. Nessa fase, o grupo de estudos avançados se havia dividido em física teórica, física nuclear experimental, química e metalurgia, divisão de explosivos. Estudaram todos os aspectos da bomba. Eu não mostrei ali, mas todos os aspectos biológicos foram encarados maciçamente. Tomou-se cuidado com tudo quanto se relacionava com proteção humana. Foi necessário criar instrumentação em quantidade abundante para poder atacar o problema, e isso foi orquestrado de forma extraordinária por Oppenheimer. Chegou o momento em que a bomba ficou pronta, e todo mundo foi até lá para ver se ela explodia ou não. Ninguém ignorava que havia possibilidade de ocorrer uma bomba do tipo idiota. Mas o fato é que a bomba explodiu exatamente como eles tinham previsto, porque todas as precauções tinham sido tomadas, todos os aspectos tinham sido estudados. Por incrível que pareça, este século se caracteriza por um fato único: descobriu-se o método de descobrir. Este o momento que estamos vivendo. Nós descobrimos o método de descobrir. Temos instrumentos que nos permitem investigar profundamente a natureza e dela obter as informações de que precisamos para chegar aos resultados a que nos propomos. Tudo isso foi feito de forma harmônica. Nada falhou. A bomba explodiu de primeira, apesar de isso não haver ocorrido com muitas outras.

Vou agora fazer resumo de quanta pesquisa básica, fundamental, se faz na Comissão. A Comissão não se dedica única e exclusivamente ao problema da energia. Ela se dedica a todas as aplicações da energia nuclear que produzam bem-estar para a humanidade. E não há limite para isso. Os isótopos e outros instrumentos de trabalho produzidos pela energia nuclear têm aplicação tão vasta que seu único limite é nossa inteligência. Em alguns casos, como na medicina, em vez de os isótopos serem usados para a terapêutica, como esperávamos, são muito empregados para o diagnóstico. Mas são ferramentas de trabalho com as quais não contávamos, extraordinárias para o diagnóstico. Entramos em campo com o qual não sonháva-

mos poder ser utilizado. Volto a repetir: o limite de aplicação dessa ferramenta é o da inteligência humana. Resumindo, temos a pesquisa básica aplicada à física, e aqui o desenhista omitiu um dos campos, ligando-o à física de reatores (*); foi um pequeno erro de desenho - física aplicada à hidrodinâmica, à termodinâmica, à mecânica, à metalurgia, à eletrônica, à neutrônica; que dá a física de reatores, eletromagnetismo, separação de isótopos, oceanografia física. Somos obrigados a localizar com precisão os reatores. Não pode ser em qualquer lugar. Devemos olhar cuidadosamente os problemas ecológicos. Temos também a parte de geofísica para prospecção, do ponto de vista de localização de terremotos. Outro campo que se desenvolveu de forma fantástica foi o da instrumentação. Não se sabe mesmo até que ponto se pode chegar. Vou dar o exemplo da Índia. Na Índia, encontrei um grupo que trabalhava intensamente na instrumentação de controle dos reatores indianos. E o mercado era pequeno, porque o número de reatores, afinal de contas, não é muito grande. A esse respeito, fiz uma observação sobre o fato de aquilo não ser econômico. Um ano depois, eu me encontrei com Sarabat e voltei a falar no assunto. Disse: "Você está enganado porque estamos fazendo instrumentação para todas as destilarias de petróleo, para todas as instalações químicas, e, quando você disse aquilo, fui procurar onde empregar". Estamos cobrindo toda a Índia com instrumentação, embora eles já utilizem outros instrumentos, como osciloscópios, etc.. As aplicações são vastíssimas. A física de estado sólido é um setor enorme. Só podemos entender certos problemas conhecendo a fundo isso aí. Não há limites para as aplicações no setor civil ou militar da física em estado sólido. Temos também bastante vinculação com a física nuclear. A fissão é um fato da física nuclear, assim como todos os problemas decorrentes dos isótopos produzidos estão ligados à Física Nuclear. Temos que estudar reações nucleares, espectrometria, acelerador de partícula, radioquímica etc.. Também o reprocessamento e a separação dos isótopos estão vinculados. O interessante nem é falar nisso. O interessante é visitar os nossos institutos on

(*) O Orador faz menção a um diagrama apresentado na oportunidade.
(N. do E.)

de se passa do papel para a realização. Isso dá outra impressão. É difícil ver alguém visitando nossos institutos. É verdade que eles são muitos e em locais distantes, mas merecem uma visita. Daqueles casos que aponteí, só tomei alguns exemplos. No caso de eletromagnetismo, viu-se que a separação dos isótopos corrigiu o defeito. É desagradável citar coisas demais. Na Física Nuclear dei alguns exemplos de espectrometria, alguns ligados com aceleradores, física do estado sólido, radioquímica, etc.. Tudo isso é pesquisa básica. Vejamos, agora, a pesquisa aplicada. A pesquisa aplicada é utilizada na agricultura, e isso já foi demonstrado aqui pelo Prof. Ademar Cervelini. É alguma coisa da qual nos podemos orgulhar. Existem três centros importantes. Um na Índia, outro na Iugoslávia e ainda outro no Brasil. São considerados centros por excelência das Nações Unidas. As Nações Unidas abordam um número muito grande de problemas. Destaquei o problema do feijão como um exemplo, porque o feijão é a nossa maior fonte de proteínas. Então, estamos pesquisando um feijão que cresça com rapidez, que resista a pragas, enfim, com qualidades que atendam ao problema brasileiro. Temos problemas de nutrição de vegetais, de desinfestação de insetos, de regimes pluviométricos, enfim, uma série deles. Somos a única instituição que cuida de saber a composição isotópica da água dos rios do Brasil inteiro. E com isso descobrimos fatos incríveis. Quando chove em determinado local, conhecemos por meio de isótopos de oxigênio e hidrogênio, quase que a impressão digital da água. A água que cai em determinado local, às vezes aparece a 300 Km adiante. A formação geológica permite que ela lentamente vá terminar nessa região. Então, para estudarmos as águas subterrâneas utilizamos a hidrologia. As aplicações são enormes. Estamos tratando de dar ao País o que ele espera de nós. São programas feitos à parte dos programas da C.B.T.N., que foi feita para executar trabalho de tecnologia. Então, ninguém deve ficar impressionado, pensando que a C.B.T.N. só vai fazer tecnologia, abandonando a parte de pesquisa pura e aplicada. Não é verdade. Continuamos isso com toda a inten-

cidade. Evidente que, quando a verba da C.B.T.N. cresce, essa parcela não cresce de forma proporcional. Esta é a situação em que nos encontramos. Isso que aí está é mais uma demonstração de tudo o que estamos fazendo em vários setores. Tenho medo de começar a descrever e cansar V.Exas.. Deixarei toda esta matéria por escrito, e V.Exas. terão oportunidade de ver, com detalhes, o que estamos fazendo. Aconselho-os a lerem o nosso relatório de 1972. Pode-se tomar para exemplo, inclusive, o que é feito fora da Comissão, em todo o Brasil. Estamos dando enorme assistência aos radioterapeutas, para evitar que eles ministrem doses erradas. Temos construído escolas. O meu trabalho tem sido tão intenso nesse setor que tive o prazer de receber a Medalha Amadeu Fialho, dos radiologistas, em gratidão pelo que a Comissão está fazendo por eles e que não tinha sido feito antes. Estamos estendendo esse auxílio a todos: aos hospitais, às Forças Armadas. Estamos procurando atender a todos os recantos do País. Certamente os senhores ouviram falar em fusão e tenho a intenção de não deixar de focalizar o problema, porque esta será, certamente, a forma de energia do futuro. Quando integralmente dominada, com a sua tecnologia plenamente desenvolvida, teremos abundância de elementos leves à disposição, pois na água do mar, para cada 7 mil moléculas há uma de água pesada, de deutério. Então, a quantidade de material combustível é ilimitada. Mesmo que venhamos a viver milhares e milhares de anos, sempre teremos em abundância esses elementos na Terra. Ali^(*) estão listadas as reações de elementos leves, com a respectiva energia produzida: 3,2; 4; 17; 18; 4; 16 milhões de elétrons-volts. Tenho a impressão de que, se não quiser fazer uma conferência muito longa, terei de falar outra vez sobre este assunto. Mas, para terminar, quero fazer pequeno relatório sobre a situação da fusão. Esse relatório pode ser feito simples e facilmente, lembrando que, para realizar a fusão, precisamos de temperaturas muito altas para aquecer os elementos leves. No caso mais favorável, que é usado tritium, precisa

(*) Faz-se referência a um diapositivo projetado apresentando o rendimento em energia de diversas reações de fusão (N. do E.)

mos de 50 milhões de graus. É preciso conjugar três parâmetros, on de um deles é a temperatura da massa do plasma. As moléculas precisam colidir com a energia suficientemente alta. Na teoria cinética, de que os senhores se recordam, a temperatura está vinculada à essa energia. É aquela equação que lhes mostrei. A temperatura absoluta está ligada à velocidade. Para que as moléculas tenham energia cinética suficiente, é preciso aquecê-las à temperatura da ordem de centenas de milhões de graus. Depois é preciso confiná-las por intermédio de campos magnéticos pois não há parede de recipiente que resista a essas temperaturas - de tal maneira que confine o plasma longe das paredes e o aqueça. Então, há dois problemas: um é o número de partículas a densidade de partículas; o outro é o tempo de confinamento. Quando se conciliam esses três parâmetros - temperatura, o tempo de confinamento e densidade de partículas - forma-se uma superfície com esses três eixos, onde o fenômeno é realizável. Estão começando a aparecer máquinas como a Tocomac, a Sila, dispositivo de foco muito intenso, e o caso das pastilhas de laser. Atualmente, utilizando vidros de neodímio, laser de vidro, conseguimos dar pulsos de um tempo de duração extremamente curto: duração de um milésimo de milionésimo de segundo. Então esses pulsos são feitos nesses lasers de vidro, com mil joules, mas é possível aumentar para dez mil e ir até cem mil, que é a energia requerida. Nós podemos pegar uma pastilha, uma esferinha de hidreto de lítio, e aquecer com lasers, que convergem em todas as direções para essa pastilha. Essa pastilha aquecida na superfície sofre um fenômeno inverso da explosão, a implosão. Seus elétrons são arrancados e ela implode e ao implodir ela produz energia. Então esse é o tipo de fusão com laser. O que há anos parecia um absurdo hoje caminha rapidamente, fora aquelas máquinas que estou mostrando. De modo que isso demonstra que nos estamos aproximando velozmente da fusão, que parecia à distância enorme. E a razão pela qual não chegamos rapidamente à solução do laser é porque não pusemos o mesmo número de homens-hora como fizemos em outros problemas. Outra possi-

bilidade que está sendo investigada no momento é a do uso de um feixe intenso de elétrons relativísticos (elétrons acelerados à velocidades próximas a da luz). Como no método do feixe de laser, o feixe de elétrons não requer um "recipiente magnético" para conter o combustível de hidrogênio pesado. Os elétrons seriam lançados em pulsos curtos e o combustível seria exposto ao feixe em cada pulso. Esta técnica ainda apresenta alguns problemas tais como o da focalização do feixe e duração do pulso, que vem sendo estudados em laboratórios americanos e soviéticos. Tivessem os países mais desenvolvidos dado maior atenção à fusão e ela hoje já estaria resolvida. É problema somente, porque devo lembrar aos senhores que a Bíblia diz que "no princípio era o caos e que no primeiro dia se fez a luz". A luz é a luz das estrelas. As estrelas são reatores a fusão. Então, a primeira coisa que Deus fez foi a fusão. Iluminou o caos fazendo a fusão. No primeiro dia, fez logo a energia nuclear. Tudo o que estamos fazendo nesta sala - o sorriso de uma criança, até o verso de um poeta - é o fruto da luz, é fruto da fusão, é fruto da Divindade que criou. Quero terminar simplesmente com o Livro II, de Isaías, Capítulo II, Versículo IV, onde esse Profeta, o Profeta da Misericórdia Divina, diz:

"Julgarão nações e arguirão muitos povos e as suas espadas serão forjadas em relhos e arados; as suas lanças serão transformadas em foices e não levantará a espada uma nação contra a outra; nem dará por diante se adestrarão mais para a guerra".

O que Isaías profetizou é exatamente o que está acontecendo nos dias atuais em que a tecnologia desenvolvida para as armas tem uma larga e esplêndida utilização para o bem comum da humanidade. Na Medicina a instrumentação, os anti-bióticos e toda uma gama de descobertas feitas para atender problemas médico-militares, é hoje de uso corrente salvando milhares de vidas. A segurança nos transportes aéreos conduzindo anualmente centenas de milhões de pas

sageiros rapidamente aos destinos; os satélites de comunicações; artefatos mais recentes da incrível rede de comunicações existentes no planeta tem sido um fator de bem comum e até mesmo um guardião da paz. Surpreendentemente a profecia de Isaías começa a ser cumprida. O aço das espadas é forjado em arados, no bem comum. Dia chegará em que a predição do Profeta da Misericórdia Divina será total.