

tecnológica

nuclear, pelos técnicos de Brasília.

subsidiárias até o fim do ano

Texto do acordo já no Congresso

NA REUNIÃO

UMA VELHA HISTÓRIA BRASIL



Atividades dos Físicos

O caminho da independência

Cientistas nucleares acreditam agora que será difícil um novo recuo

PARTICIPAÇÃO DOS FÍSICOS NO PROGRAMA NUCLEAR BRASILEIRO

Cientistas nucleares acreditam agora que será difícil um novo recuo do governo na sua política. Os protestos dos EUA são atribuídos a uma aguda concorrência entre as americanas e alemãs

O Acordo Nuclear

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Brasil-Alemanha

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

ATÔMICA

independência

O caminho da independência



CURSOS

EUA interferem no acordo

NOVO DEBATE: O URÂNIO DEVE SER ENRIQUECIDO? OS FÍSICOS DENUNCIAM A DIVERGÊNCIA DO GOVERNO



por que?

BOLETIM 5 Ano 6 - 1975

problema é político: a energia nuclear deixou de ser um segredo

BOLETIM 5 Ano 6 - 1975 "clube atômico"

BOLETIM INFORMATIVO / SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

Editor:

Prof. Henrique Fleming

Assistente de Produção e Arte:

Álvaro Roberto Souza Moraes

Auxiliar de Produção:

Margareth Miller Robertson

Impresso na Gráfica do

Instituto de Física da U.S.P.

Obs.: Notícias e sugestões deverão ser enviadas para:

Sociedade Brasileira de Física

Instituto de Física - USP

Caixa Postal 20553

0100 - São Paulo - SP

Dezembro/1975

# **A PARTICIPAÇÃO DOS FÍSICOS**

## **NO PROGRAMA NUCLEAR**

### **BRASILEIRO**

Relatório da Comissão Especial

Sociedade Brasileira de Física

Outubro de 1975

O Conselho da Sociedade Brasileira de Física, em sua reunião de 24 de outubro de 1975, em São Paulo, tomou conhecimento do relatório preparado pela Comissão Especial designada pelo Presidente da SBF em sua reunião de 12 de julho de 1975, em Belo Horizonte - MG.

Considerando as informações ali contidas, decidiu recomendar a publicação no Boletim da SBF para conhecimento dos sócios, encorajamento de discussões e comentários, sobre o assunto, pelos membros da comunidade.

Considerando que vários aspectos do problema merecem um estudo mais aprofundado, o Conselho recomendou ainda que sejam realizados estudos adicionais sobre os seguintes problemas específicos:

- a) Um estudo sobre alternativas nucleares para o problema energético brasileiro;
- b) Um estudo sobre o dimensionamento de um projeto para a construção de um reator de potência brasileiro;
- c) Um estudo sobre problemas de poluição e segurança relacionados com a utilização de reatores nucleares.

# 1. Introdução

Dada a sua formação científica, os físicos têm desempenhado um papel decisivo para o desenvolvimento da tecnologia nuclear desde o seu início há pouco mais de 30 anos.

Com a intensificação das atividades nucleares no País decorrentes da assinatura do Acordo Brasil-Alemanha e as intenções manifestas nas declarações da Presidência da República e mais recentemente da NUCLEBRÁS S/A (ANEXO I) no sentido de que:

- a) "A transferência de tecnologia nuclear seja realizada em condições que permitam sua total absorção por cientistas e técnicos brasileiros.
- b) Um desenvolvimento paralelo de um processo tecnológico autônomo seja realizado, a partir da tecnologia transferida e absorvida".

Tornou-se evidente que os físicos brasileiros deverão desempenhar um importante papel no esforço nacional para que a efetivação da transferência e do desenvolvimento de uma tecnolo-

gia autônoma sejam concretizados eficazmente.

A importância deste papel dos físicos no Programa Nuclear Brasileiro foi logo reconhecida pela Sociedade Brasileira de Física, o que motivou uma moção de caráter geral aprovada pela Assembleia Geral, em julho de 1975 em Belo Horizonte, e uma deliberação de seu Conselho (Anexo II), no sentido de ser constituída uma Comissão Especial da Sociedade com a finalidade de:

- a) Identificar os setores de pesquisa e desenvolvimento, em que a participação dos físicos seja útil e/ou necessária.
- b) Levantar dados sobre os recursos humanos atuais, particularmente em Física, e definir as necessidades futuras.
- c) Definir programas de atividades e identificar os instrumentos e métodos para a sua implementação.
- d) Estudar outros aspectos do problema que forem considerados pertinentes.

O presente relatório constitui o resultado dos trabalhos desta Comissão.

## II. O acordo nuclear e a absorção de tecnologia

O desenvolvimento industrial do nosso País processou-se, em grande parte, pelo simples transplante de empresas estrangeiras, que antes exportavam produtos acabados e que agora passaram a produzi-los aqui. A implantação dessas atividades industriais não foi em geral governada por uma política de atendimento prioritário às necessidades nacionais. Pelo contrário, a industrialização evoluiu a partir da substituição da importação de bens de consumo que, em grande parte, eram divorciadas das reais necessidades da população brasileira.

Esse modelo de desenvolvimento econômico, baseado numa associação íntima com capitais estrangeiros, não estimulou o desenvolvimento da tecnologia nacional.

Nesse quadro, a importação da tecnologia é quase sempre o caminho mais eficiente para soluções imediatistas. No caso das filiais de empresas estrangeiras, que têm na matriz a origem de toda a tecnologia que utilizam, a contribuição interna aos projetos limita-se à sua adaptação às condições locais. As empresas nacionais são também afetadas pelas características do nosso processo de desenvolvimento, que se traduzem em dependência tecnológica, não só em termos de técnicas de produção, como também em especificações de consumo feitas sobre padrões vigentes em outros países. Esta situação é confirmada de maneira dramática por recente pesquisa realizada pela Secretaria do Planejamento (Ref.1).

É dentro desse quadro que se deve inserir o Acordo Nuclear Brasil-Alemanha. Segundo comunicado do Palácio do Planalto, publicado no dia 27 de junho de 1975, "as autoridades brasileiras cedo convenceram-se da necessidade de construir em território nacional uma infra-estrutura de industriais nucleares, que pudesse obter transferência de tecnologia estrangeira para seu desenvolvimento.

Interessava, portanto, adquirir "know-how", e não apenas comprar produtos acabados.

Assim sendo, para assegurar que o Acordo Nuclear não leve, como no passado, ao agravamento da desnacionalização que ocorre em outros campos, a questão que se coloca imediatamente é a de saber como se procederá a "transferência de tecnologia" na execução do programa previsto no Acordo .

É óbvio que o "know-how" envolvido na execução do projeto, isto é, o aprimoramento da mão de obra especializada e a adequação de técnicas industriais para tornar viável a efetivação do Acordo, terá que ser transferido. Mas daí ao domínio da tecnologia a ponto de nos tornarmos aptos a conceber novos projetos de reatores vai u ma grande distância.

Nos termos do Acordo serão constituídas, entre outras, diversas subsidiárias da NUCLEBRÁS em associação com firmas alemãs, visando concretamente:

- a) a fabricação de componentes pesados para reatores nucleares, com a tecnologia do consórcio alemão KWU (SIEMENS e AEG-TELEFUNKEN);
- b) criação de uma companhia de engenharia de usinas nucleares, cujas especificações determinarão os detalhes da tecnologia a ser empregada;
- c) associação da NUCLEBRÁS S/A à firma alemã STEAG para prosseguimento na Alemanha Federal dos trabalhos de desenvolvimento do processo de jatos-centrífugos;
- d) constituição no Brasil de uma companhia para construção e operação de uma usina semi-industrial de enriquecimento do urânio pelo mesmo processo;
- e) construção no Brasil de uma usina piloto de reprocessamento de combustíveis.

É necessário cuidado para que, com esse tipo de associação entre companhias brasileiras e alemãs, os problemas técnicos que surjam não sejam levados à matriz para serem resolvidos exclusivamente por técnicos e cientistas alemães. É necessário definir uma política específica para evitar que tal situação se concretize, a fim de estimular os processos internos de criação de tecnologia.

Por outro lado, é imprescindível a mais ampla participação da comunidade técnico-científica brasileira nos órgãos decisórios para diminuir os riscos de eventuais falhas nos itens complementares do Acordo.

Por exemplo, os itens c) e d) acima citados, são os mais controvertidos. Estes itens especificam que o Brasil financiará pesquisas tecnológicas na própria Alemanha, o que é inédito no relacionamento entre países desenvolvidos e menos desenvolvidos. Contudo, uma efetiva transferência de tecnologia só se fará com uma real participação de cientistas e técnicos nacionais no projeto, de tal forma que, gradualmente, a própria infraestrutura material e humana de pesquisa possa ser efetivamente transplantada para o País.

Considerando-se, também, que o processo jato-centrífugo de enriquecimento de urânio ainda se encontra em estados iniciais de desenvolvimento (Ref.2), seria altamente recomendável que o estudo de outras opções fosse paralelamente conduzido no País.

Por outro lado, é necessário observar que o Acordo Brasil-Alemanha não prevê explicitamente nenhum processo de pesquisa e desenvolvimento de reatores propriamente ditos, uma vez que será adotado o modelo de PWR de 1300 MWe comercialmente já operacional na Alemanha. Serão feitos investimentos tipicamente de pesquisa e desenvolvimento, somente na área do ciclo de combustível, a saber, na exploração e enriquecimento do urânio e no reprocessamento de

combustível.

Portanto, consideramos da maior importância que se estabeleça um equilíbrio no sentido de não nos restringirmos a um transplante de fábricas de reatores, participando apenas da pesquisa e desenvolvimento do ciclo do combustível. É imperativo que um significativo esforço seja também realizado para a efetiva transferência da tecnologia dos reatores PWR e para o desenvolvimento dos futuros reatores brasileiros.

Este esforço deve ter como objetivos:

- 1º) a curto prazo, em primeira prioridade, o domínio da tecnologia do PWR a fim de desenvolver a nossa própria competência técnica no menor tempo possível;
- 2º) desenvolver um programa autônomo de longo alcance, voltado para os reatores do futuro - a alta temperatura, refrigerados por gás e rápidos regeneradores - que leve à utilização otimizada do tório e do plutônio.

Para o primeiro objetivo alertamos o Governo para os seguintes pontos que merecem especial atenção:

- a) os aspectos de segurança dos reatores e dos processos de garantia da qualidade, em particular, dos reatores PWR cujas falhas foram apontadas recentemente por um importante grupo de físicos americanos. (Anexo III e ref. 3);
- b) o impacto ecológico das centrais nucleares e a análise de sua localização;
- c) o problema dos rejeitos radioativos, cujos efeitos podem se estender às gerações futuras.

Dada a relevância dos aspectos acima para a segurança pública, tendo em vista que passaremos a utilizar em larga escala os reatores PWR, consideramos prioritário o esforço para o domínio da

tecnologia desses reatores. Seria uma grave omissão da ciência e da técnica nacionais, deixar os delicados problemas de segurança aos técnicos e cientistas alemães.

O segundo objetivo que enumeramos, de longo prazo, poderá levar o País a uma eventual independência tecnológica no setor nuclear, dada a disponibilidade de tempo superior a 15 anos, previstos para os reatores avançados se tornarem economicamente viáveis. Afim de concretizar esse objetivo, a Comissão é de opinião que deveria ser projetado e construído um reator exclusivamente nacional. Como primeiro passo, procurar-se-iam definir as características básicas desse reator que melhor servissem aos interesses do Programa Nuclear Brasileiro.

Ao propormos a construção de um reator nacional esclarecemos não se tratar de "reinventar uma roda", americana ou européia, mas sim de "inventar uma roda" brasileira.

Limitar-se somente ao aumento gradativo do índice de fabricação de componentes no País, condicionado ao "know-how" estrangeiro, com pesados tributos explícitos e implícitos, significaria nos alienarmos da tarefa fundamental que é a da implantação de um processo de pesquisas e desenvolvimento que nos conduza à auto-suficiência tecnológica. Criar tecnologia própria não significa somente reduzir importações, mas sim significa dispor de maior grau de autonomia tanto na programação quanto na realização do próprio desenvolvimento do Brasil.

Na consecução de todos esses objetivos, é imperativo o estreitamento das relações entre as Universidades e os Institutos de Pesquisas Nucleares de São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte (subordinados à CNEN ou NUCLEBRÁS). O estabelecimento dessa cooperação, intermediada pelo CNPq e MEC, é condição necessária, a nosso ver, ao bom andamento dos programas. Essa cooperação permitiria agilizar a formação de pessoal em áreas também afins à engenharia

nuclear, possibilitando a interação mutuamente benéfica entre a engenharia e as ciências básicas.

### **III. O problema dos recursos humanos**

A expectativa despertada nos diversos setores de atividades técnico-científicas do País pelo Acordo Brasil - Alemanha trouxe a necessidade de resolver o problema de Recursos Humanos nacionais capacitados a empreender uma real absorção da tecnologia nuclear.

Esta absorção somente se tornará eficaz caso:

- a. seja atendida a demanda maciça de engenheiros e técnicos para a indústria nuclear e órgãos normativos.
- b. sejam criados, no mais breve prazo, condições para formação de um número adequado de profissionais em nível de pós-graduação de alta qualidade.

Trata-se, portanto, de otimizar e incrementar a utilização do atual sistema de ensino e pesquisa do País e, caso necessário, adotar soluções de e-

mergência.

#### III.1 Estimativas dos Recursos Humanos Necessários

A fim de estimar recursos humanos de que o Brasil necessitará no setor nuclear dentro dos próximos 10 a 15 anos, referimo-nos à Tabela I (Ref.4) que apresenta o número de empregados nesse setor em diversos países da Europa em diferentes estágios de avanço tecnológico.

Notamos, que, nos países mais avançados, onde estão em andamento os processos de inovação tecnológica, a percentagem dos trabalhadores engajados no setor nuclear atinge em média 0,11% da força de trabalho nacional. Para os países menos avançados, essa média baixa para 0,035%. Em comparação, nos Estados Unidos da América do Norte, onde processos inovativos são muito intensos, esta média sobe para 0,20%.

No caso do Brasil, onde existem cerca de 15 milhões de

T A B E L A I

	<u>P A Í S</u>	<u>Nº total de em- pregados no país (Milhões)</u>	<u>Nº de empre- gados no setor nuclear</u>	<u>Percentagem de empregados no setor nuclear</u>
Países mais avançados no campo nuclear	França	22	27.209	0,13
	Alemanha	27	23.147	0,09
	Suécia	3,6	3.720	0,10
	Inglaterra	26	31.754	1,25
	TOTAL	78,6	85.824	0,11 (média)
Países menos avançados no campo nuclear	Áustria	3,0	1.524	0,05
	Bélgica	4,0	2.475	0,08
	Dinamarca	2,4	854	0,04
	Itália	20	6.543	0,03
	Holanda	4,7	2.917	0,06
	Noruega	1,6	560	0,035
	Portugal	3,2	815	0,025
	Espanha	13	2.860	0,02
	Suiça	3,0	1.642	0,055
	TOTAL	54,9	20.190	0,035 (média)

trabalhadores, o número de pes-  
soas engajadas no setor nuclear  
deveria somar cerca de 160.000,  
caso o País se lance num progra

ma de criação de tecnolo-  
gia ao nível dos países  
mais avançados da Europa,  
e cerca de 5.200 para um

programa de assimilação e de menor inovação tecnológica. Atualmente, no País, existem 2000 pessoas trabalhando no setor nuclear.

Na Europa, os institutos de pesquisas e órgãos governamentais empregam, em média, cerca de 49% do total dos trabalhadores engajados no setor nuclear. Cerca de 32% do pessoal dos institutos e órgãos governamentais formam o corpo científico de nível superior. Por outro lado, tipicamente, nos institutos de pesquisas nucleares nacionais e estrangeiros, cerca de 25% desse pessoal científico tem formação básica de graduação em Física.

Para os países menos avançados da Europa onde a indústria nuclear é transplantada do estrangeiro, as instituições de pesquisa e órgãos governamentais ocupam uma maior percentagem (65%) do total de empregados no setor nuclear, e cerca de 41% do pessoal daquelas instituições compõem o quadro de pessoal científico de nível superior. Con

tudo é necessário observar que, apesar dessas percentagens serem altas, os números absolutos são acentuadamente menores que os dos países avançados, com exceção da Itália.

Portanto, para fins de referência, pode-se estimar a grosso modo, as necessidades brasileiras de recursos humanos conforme o quadro abaixo:

a) Para um modelo de inovação tecnológica comparável aos países europeus mais avançados:

- Total geral de pessoal: 16.000
- Total de pessoal nos institutos de pesquisas e órgãos governamentais: 7.850
- Pessoal científico de nível superior: 2.500
- Número típico de físicos: 620

b) Para um modelo de transplante da indústria nuclear:

- Total geral de pessoal: 5.200
- Total de pessoal nos institutos de pesquisas e órgãos governamentais: 3.400
- Pessoal científico de nível superior: 1.400
- Número típico de físicos: 350

- Dados referentes aos Estados Unidos (Anexo IV e Ref. 5, 6 e 7) são talvez menos aplicáveis ao Brasil devido à extensão das atividades nucleares naquele País. É interessante observar, contudo, a distribuição percentual do pessoal que trabalha nesta área:

PESSOAL DA ÁREA NUCLEAR NOS ESTADOS UNIDOS (ANEXO IV)

Engenheiros	20%
Físicos matemáticos* e outros cientistas	8%
Técnicos	19%
Outros empregados	53%
TOTAL	100%

\* Observe-se que nesta distribuição 8% de cientistas constituem 8% do total (a maioria dos quais físicos); no conjunto engenheiros e cientistas a percentagem destes é de 28%.

De modo geral, os números dos Estados Unidos confirmam as previsões acima.

Os físicos tem participação de maior significação nos institutos de pesquisas nucleares de apoio à energia nuclear, como é o caso do Centro Nuclear de Saclay, França, no qual de um efetivo de 4.800 pessoas cer

ca de 2.200 estão localizadas na divisão de Física (Anexo V e Ref. 8). Para fins ilustrativos, o Laboratório Nacional de Oak Ridge, que executa principalmente programas de pesquisa e desenvolvimento, conta com aproximadamente 5.000 funcionários dos quais 35% pertencem ao corpo científico de nível superior.

Somente na Divisão de Proteção Radiológica (Health Physics, trabalham cerca de 220 físicos.

No Centro Nacional de Jülich, com um total de 3.500 empregados, somente a área de pesquisas de materiais para reatores conta com cerca de 150 físicos.

Como exemplo nacional, citamos o caso do Instituto de Energia Atômica de São Paulo, que possui no seu quadro científico aproximadamente 90 pesquisadores graduados em Física, o que representa cerca de 25% do seu corpo científico em nível superior. (Anexo VI).

O Anexo VII mostra a situação da Nuclebrás neste particular.

### III.2 A Comunidade de Físicos no Brasil

O número de profissionais graduados em Física, comparado ao de outras áreas da ciência, no Brasil, é relativamente grande, embora ainda pequeno face às necessidades potenciais de apoio científico ao desenvolvi-

mento do País.

O Plano Nacional de Pós-Graduação (Ref. 9) mostra que em 1973, havia 8.200 alunos matriculados em cursos de graduação em Física, incluindo cursos de matemática, química e outras ciências, excluindo porém engenharia. Uma pequena fração desses alunos se dirige efetivamente para bacharelado ou licenciatura em Física. Contudo, desse total, somente uma parte é qualificada para exercer atividades de pesquisa na área nuclear. Atualmente, há 290 vagas para cursos de mestrado e 35 para doutorado, em todo o País. Segundo levantamento feito pela Sociedade Brasileira de Física (Ref. 10), existem no momento cerca de 417 Mestres e 277 Doutores em Física no Brasil.

Há atualmente, cerca de 145 físicos engajados, de uma forma ou outra, em projetos nucleares. Estima-se que cerca de 100 físicos são formados nas melhores Universidades brasileiras por ano, dos quais cerca de 50% preferem

trabalhar no magistério secundário ou superior, sem estar envolvidos em pesquisas científicas. Os restantes permanecem nas instituições acadêmicas ou de pesquisas. Um reduzido número deles trabalham na indústria, medicina, etc.

### III.3 As áreas de participação dos físicos

A importância dos físicos nos processos de formação do engenheiro nuclear é bastante reconhecida. Um número substancial de disciplinas de Física fazem parte obrigatória do currículo do curso de engenharia em geral e da engenharia nuclear em particular.

Contudo, a par da necessidade de físicos no sistema de ensino e pesquisa relacionado com a energia nuclear, a sua participação no setor industrial não deve ser subestimada.

Segundo recente levantamento de dados efetuados em 31 estabelecimentos da indústria nuclear norte-americana (Ref. 6), entre as áreas de direto interesse da indústria, na qual a

participação dos físicos é imprescindível, citam-se:

- Análise de segurança
- Controle de radiação
- Blindagem contra radiação
- Instrumentação nuclear
- Efeitos da radiação
- Estudo do cerne do reator

Outro levantamento (Ref.7, Anexo IV) indica que, nos EUA, a fração dos físicos, matemáticos e cientistas da natureza do total de profissionais de nível superior, engajados em energia nuclear representa cerca de 20% e se eleva a 40% no setor governamental.

Esses números não podem ser transplantados diretamente para o caso brasileiro dada a infraestrutura técnico-científica dos EUA, voltada essencialmente para os processos criativos. Cabe ao Governo quantificar as necessidades de pessoal científico escolhendo uma posição dentro de uma gama de valores que vai desde uma total dependência a uma substancial autonomia tecnológica.

A Comissão identificou as

principais áreas de atuação potencial do físico brasileiro no Programa Nuclear:

a) As áreas de atuação em que o nível de formação é de graduação, e eventualmente, de mestrado, são:

- Monitoração de radiação (pessoal, ambiental, etc.)
- Tratamento de rejeitos radioativos
- Processos de controle de qualidade.

b) As áreas de atuação em que o nível de formação é eminentemente de pós-graduação são:

- Análise de segurança
- Efeitos biológicos da radiação
- Física experimental de reatores
- Física nuclear ligada a reatores
- Estudo de materiais para reatores

- Dosimetria da radiação
- Instrumentação Nuclear
- Análise numérica de cálculo de reatores
- Teoria de transporte de neutrons
- Ensino e treinamento de recursos humanos.

Nas áreas citadas no item a), a Comissão é de opinião que, dado o conhecimento que o físico normalmente possui sobre a Física das radiações, ele representa o elemento humano melhor preparado para a execução daqueles tipos de tarefa.

Nas áreas do item b), nos setores em que são importantes a criatividade e a habilidade de resolver problemas novos a partir dos conhecimentos fundamentais das leis da natureza e de suas consequências, o físico torna-se um elemento potencial de grande utilização.

## IV. Conclusões e Recomendações

Face ao exposto nos capítulos anteriores, chega-se às seguintes conclusões e recomendações:

#### IV.1 - Conclusões

##### a. Sobre os Recursos Humanos

Potencialmente, o Brasil possui condições para ter, no futuro, uma indústria nuclear de alto nível. Para isso, é necessário criar, quanto antes, uma infraestrutura humana capaz de:

i. preparar pessoal capacitado para absorver e incorporar, a curto prazo, a tecnologia nuclear do Acordo Nuclear, e a longo prazo, as outras tecnologias em desenvolvimento no mundo.

ii. desencadear um processo de inovação tecnológica para o futuro.

Para o País atingir, a curto ou a médio prazo, um nível de criatividade intermediário entre os países mais e menos avançados da Europa, serão necessários recursos humanos de nível superior da ordem de 2000 graduados, somente nos institutos de pesquisa nuclear e órgãos governamentais (NUCLEBRÁS), dos quais cerca de 500 devem ser físicos. Desse total, estimamos que cerca de um terço estará engajado em atividades que requeiram apenas nível de bacharel (Secção III.3, ítem a), enquanto que o restante deve ter nível de mestrado ou doutorado.

Atualmente, cerca de 150 graduados em Física trabalham em diferentes institutos de pesquisa nuclear e NUCLEBRÁS, dos quais 31 são portadores de título de doutor e 15 de Mestre. Revela-se portanto uma considerável lacuna entre o número de 46 doutores e mestres existentes e o de 350, que é a demanda potencial para um programa de energia nuclear do nível descrito no parágrafo anterior.

Para preenchê-la, requer-se das Universidades e Institutos de Pesquisa Nuclear um esforço enorme (Secção III.3 ítem b).

#### b. Sobre uma Tecnologia Nuclear Brasileira

Não se devem medir esforços na efetivação da transferência de tecnologia no processo de implementação do Acordo, mediante a efetiva participação da comunidade técnico-científica do País, tanto na sua execução como nas decisões complementares do Acordo.

Por outro lado, a Comissão é de opinião que um significativo esforço deve ser feito, a par do Acordo Brasil-Alemanha, no sentido de desenvolver uma capacidade própria de projeto de reatores, uma vez que o treinamento "on the job" preconizado pelo Governo durante a implementação do Acordo não inclui necessariamente a concepção do próprio projeto do reator, desde que o reator adotado já é um modelo comercial.

A fim de criar condições para uma maior independência tecnológica, a Comissão é de parecer que os esforços para o futuro deverão enfatizar entre outros os reatores avançados, visando otimizar o uso de combustível nuclear, particularmente com a utilização das reservas comprovadas de tório.

Em todos os sentidos, uma estreita colaboração entre a Universidade e os institutos de pesquisas nucleares será essencial para proporcionar os meios de treinamento e os instrumentos apropriados para a criação de tecnologia nacional.

#### IV.2 - Recomendações

a. Aumentar substancialmente, sem prejuízo da qualidade, o número de vagas dos cursos de pós-graduação nos campos afins à energia nuclear nas escolas de engenharia, física, química e matemática do País.

b. Aumentar o número de físicos em treinamento nos campos afins à engenharia nuclear, principalmente em nível de mestrado.

do e doutorado, para atingir uma taxa mínima de formação de 60 mestres e doutores por ano. Dessa maneira, em cinco anos o número total deverá satisfazer as necessidades dos institutos de pesquisa e órgãos governamentais, Esta é uma taxa elevada de crescimento para a área da Física mais próxima da área nuclear, mas que parece atingível levando em conta que a produção de mestras e doutores em geral tem aumentado em 20% ao ano ou seja, aproximadamente 150 profissionais por ano. Uma maior ênfase em programas de Física Aplicada parece porém indispensável.

c. Estreitar o relacionamento entre a Universidade e Institutos de pesquisas nucleares para aprimorar o processo de formação de recursos humanos em problemas diretamente relacionados à energia nuclear proporcionando aos engenheiros, físicos, químicos e matemáticos oportunidades de estágios nos institutos nucleares.

d. Proporcionar meios e estímulos para levar aos institutos e à Universidade os problemas técnicos que surgirem na indústria nuclear em implantação para aprimorar a criatividade nacional e aumentar o intercâmbio entre a indústria e as instituições de pesquisas.

e. Apoiar a introdução, através dos órgãos competentes do MEC, de disciplinas específicas ligadas à física atômica e nuclear e de materiais de interesse nuclear, nos currículos dos últimos anos dos cursos de graduação em engenharia. Em particular, estimular a criação de opções nucleares nos departamentos afins das escolas de engenharia.

f. Da mesma forma, apoiar a criação de disciplinas opcionais de física aplicada relacionadas com a transferência de calor, fluido-dinâmica, física de reatores, ciências de materiais, instrumentação e eletrônica nucleares, física das radiações e física de confinamento de plasma, nos cursos de graduação em Física.

g. Para acelerar o programa de formação de recursos humanos a Comissão recomenda:

- aumentar o número das bolsas de estudo de pós-graduação em campos afins à energia nuclear;
- contratar especialistas estrangeiros com experiência na área nuclear;
- estimular o envio de especialistas nacionais para estágios no exterior, em laboratórios e indústrias nucleares e nas universidades;

h. Criar condições em curto prazo para treinamento prático dos alunos de pós-graduação nos laboratórios nacionais e, em longo prazo, como estagiários, nas indústrias de construção de reatores e de ciclo de combustível da NUCLEBRÁS.

i. Programar uma ação conjunta entre a Universidade, os institutos de pesquisa e órgãos governamentais para equacionar os problemas e definir as prioridades das áreas de pesquisa e desenvolvimento relacionados com:

- materiais nucleares
- combustíveis nucleares
- análise de reatores
- dosimetria
- processos de garantia e controle de qualidade
- tecnologia dos sensores nucleares
- física dos produtos de fissão
- seções de choque de interesse para energia nuclear
- efeitos da radiação
- impactos ecológicos
- técnicas de prospecção de minerais nucleares
- tecnologia de reprocessamento de combustível nuclear
- tecnologia de enriquecimento de urânio

- fusão controlada
- dinâmica de reatores

j. Apoiar os estudos para viabilizar o projeto e construção de um reator nacional, após um criterioso estudo de definição de suas características para servir como "escola" de criação de tecnologia nuclear.

k. Apoiar os estudos dos processos alternativos de enriquecimento de urânio particularmente por ultracentrifugação e por laser.

#### A Comissão

- Prof. Fernando Claudio Zawislak

Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

- Prof. Luiz Pinguelli Rosa

Instituto de Física da Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/UFRJ

- Prof. José Israel Vargas

Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais.

- Prof. Shiguo Watanabe

Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Participaram também dos trabalhos da Comissão, o Prof. José Goldemberg, Presidente da Sociedade Brasileira de Física e como observadores o Prof. Marcio Quintão Moreno do MEC-Departamento de Assuntos Universitários; Prof. Heitor Gurgulino de Souza, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, e o Dr. Ricardo Brant Pinheiro da NUCLEBRÁS S/A.

Além disso auxiliaram significativamente os trabalhos da Comissão o Dr. Roberto Y. Hukai do Instituto de Energia Atômica - IEA, além de outros cientistas e profissionais.

A N E X O I

Declaração do Observador da  
NUCLEBRÁS à Comissão da S.B.F.

Dr. Ricardo Brant Pinheiro

Na qualidade de observador, não me cabe discutir nem subcrever o relatório da Comissão da SBF incumbida de estudar o problema da formação de quadros para o programa nuclear.

Desejo simplesmente reafirmar que o propósito da minha participação como observador foi exclusivamente o de proporcionar dados e informações sobre as estimativas preliminares de necessidades de pessoal na área de atuação da NUCLEBRÁS que inclui indústria e pesquisa tecnológica.

O Programa Nuclear Brasileiro e o Acordo de Cooperação com a RFA tem como objetivos fundamentais:

- a) Transferência de tecnologia em condições que permitam sua total absorção por cientistas e técnicos brasileiros.
- b) Desenvolvimento paralelo, a partir da tecnologia transferida e absorvida, de um processo tecnológico autônomo;

c) Criação simultânea de uma base industrial em todas as áreas da energia nuclear, tecnologia de usinas nucleares e do ciclo do combustível;

d) Transferência e absorção do "know-how" e do "engineering" correspondente às diferentes fábricas de componentes nucleares e do ciclo de combustível nuclear;

e) Tratando-se de execução de monopólio da União, todas as atividades no âmbito da cooperação teuto-brasileira estarão sujeitas à decisão da NUCLEBRÁS.

f) Formação dos quadros científicos e técnicos para assegurar a absorção da tecnologia transferida e o desenvolvimento da tecnologia brasileira.

Ao solicitar a anexação da presente declaração ao Relatório, deixo registrado que a NUCLEBRÁS orienta todas as suas ações no sentido de alcançar uma independência tecnológica no mais curto prazo e que somente considerará as sugestões do Relatório que digam respeito aos objetivos específicos da Comissão que se coadunem com a política nuclear tal como definida pelo Governo Brasileiro.

A N E X O II

MOÇÃO APROVADA PELA ASSEMBLÉIA  
GERAL DA S.B.F., EM JULHO DE  
1975, BELO HORIZONTE\*

1. Para que o desenvolvimento científico e tecnológico se realize é indispensável a participação dos cientistas e técnicos brasileiros na formulação dos métodos e sistemas utilizados e no debate político global sobre as opções energéticas do país.

2. Para que se consiga a formação de pessoal especializado em quantidade e qualidade compatíveis com uma política nuclear racional é imperiosa a participação das universidades brasileiras, bem como a integração dos institutos de pesquisa nuclear ao setor universitário.

3. É necessário que se analise o problema energético de maneira global e que o desenvolvimento dos reatores de potência se verifique paralelamente à pesquisa de outras formas de energia. Em particular, exprimimos reservas quanto ao fato de que, num país onde existem mais de

cem mil megawatts hidráulicos seja necessário recorrer de imediato a uma solução nuclear dessa magnitude.

4. A SBF reitera sua posição contrária à utilização da tecnologia nuclear para fins militares.

5. O controle da ação sobre o ambiente (poluição radioativa e térmica) ao longo e após a execução do projeto deve ser também executado por uma organização idônea, independente, como a SBPC, a exemplo do que é feito em países com programas nucleares desenvolvidos.

6. A SBF manifesta a sua opinião de que deve ser mantida a política de estrito monopólio estatal sobre os recursos naturais de importância energética.

7. Como condição para qualquer destes pontos possa ser convenientemente considerado e para que os cientistas e técnicos brasileiros participem deste debate, é indispensável que se discutam livre e amplamente os termos do Acordo Nuclear e suas

implicações nos vários aspectos tecnológicos, econômicos, ecológicos e sociais da vida brasileira.

\* O Prof. José Israel Vargas solicitou que fosse anexado a es-

ta moção a declaração que fez na Assembléia Geral da SBF na qual a moção foi aprovada. O Prof. Luiz Pinguelli Rosa solicitou que fosse também anexada uma declaração.

DECLARAÇÃO DO PROF. JOSÉ ISRAEL VARGAS NA ASSEMBLÉIA GERAL DA SBF, EM BELO HORIZONTE - MG.

Tendo estado envolvido, nos últimos 20 anos, direta ou indiretamente com o setor nuclear, no Brasil e no exterior, julguei do meu dever participar de reunião informal da Sociedade Brasileira de Física, convocada para discutir a Política Nuclear, em particular o recente acordo com a Alemanha.

Havendo parte da imprensa noticiado posições que não refletem, e que contrariam mesmo as opiniões que externei na referida reunião, julgo necessário repeti-las resumidamente por escrito.

1. O acordo com a Alemanha é positivo - ele oferece uma oportunidade para que a Política Nuclear Brasileira saia do imobilismo que a vinha afetando nos últimos anos, definindo ações e metas precisas que o País deverá atingir nos próximos 15 anos. Contrariamente a opção que vinha sendo adotada no caso do reator Angra I, que não ensejava qualquer transferência de tecnologia, o acordo atual envolverá a ampla participação da indústria, e de setores técnico-científicos nacionais.

Do ponto de vista energético, não há dúvida de que, face às limitadas reservas hidro-elétricas da região Centro-Sul, da má qualidade do carvão nacional, dos preços atuais e da nossa limitada produção petrolífera, a instalação de reatores na re-

gião assegurará a manutenção das altas taxas de expansão econômica que vem sendo atingidas nos últimos anos.

2. O volume de recursos envolvidos e a vasta gama de objetivos técnicos a serem atingidos, exigirão um enorme esforço da comunidade técnico-científica nacional para que a transferência de tecnologia almejada se faça efetivamente. Para isto, torna-se indispensável a mais ampla participação das universidades e dos institutos especializados na formação da diversificada gama de especialistas exigida para a implementação das fases previstas no acordo. À vista da dispersão do pessoal que vinha sendo formado nos últimos 20 anos, devida às flutuações de nossa Política Nuclear; estou convencido de que a comunidade científica e acadêmica somente participará do esforço necessário com o aval de órgãos como o CNPq e do efetivo envolvimento do Ministério da Educação e Cultura.
3. Do ponto de vista mais técnico, é necessário ressaltar a necessidade de que o programa inclua a construção e operação de um reator de teste de materiais de 50 a 60 Megawatts de potência, instrumento indispensável ao teste no País de elementos combustíveis a serem produzidos pela companhia mista germano-brasileira prevista no Acordo. Sem esta instalação experimental, dificilmente nossos técnicos e engenheiros absorverão e integrarão efetivamente uma das fases mais importantes da tecnologia nuclear. Para que se tenha idéia do esforço necessário, somente na consecução desse objetivo serão necessários cerca de 400 a 500 técnicos de todos os níveis para a operação e exploração do reator.
4. Quanto ao desconhecimento ou não participação da comunidade científica nas discussões que levaram ao acordo, penso ser ingênuo imaginar que, a despeito do interesse de tal participação a comunidade fosse ouvida, face ao sigilo e à delicadeza que en-

volvem naturalmente operações de tal vulto e importância política. De outra parte, a não participação declarada dos membros presentes na reunião da Sociedade Brasileira de Física não implica que necessariamente parte da comunidade técnico-científica mais diretamente envolvida com o assunto, pertencente aos órgãos e laboratórios da Nuclebrás tenham sido mantidos alheios ao assunto. Por mais desagradável que tal posição possa parecer a cada cientista individualmente, acho pouco provável que a totalidade da comunidade científica alemã, russa, francesa, chinesa, tenha sido consultada globalmente por ocasião do início dos respectivos programas nucleares, ou do desenvolvimento das fases mais delicadas dos mesmos.

5. As legítimas preocupações expressas por vários colegas, quanto a possíveis implicações militares do acordo parecem-me pouco fundamentadas, à vista da fiscalização que sobre o mesmo será exercida pela Agencia Internacional de Energia Atômica através da aplicação das estritas normas de salvaguarda daquele órgão, e dos compromissos formais assumidos publicamente pelos governos do Brasil e da Alemanha, no sentido de não permitirem a "militarização" das atividades conjuntas.

No que respeita a certa imprensa internacional interessada em combater o acordo, alegadamente pelo fato de o Brasil não ser signatário do Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares, é necessário lembrar que também a Argentina, Japão, Paquistão, Israel, África do Sul, França, China e Índia recusaram-se a aderir aos termos do mesmo. Essa atitude é, pelo menos em parte, devida à natureza hipócrita do tratado que nada tem contribuído para o desarmamento universal desejado por toda a humanidade.

Assim, no momento em que a referida imprensa externa sua inquietação quanto à possibilidade de, num futuro remoto, vir o Brasil a fabricar armas nucleares, a União Soviética e os Estados Uni

dos, que conjuntamente com outros membros do Club Atômico se permitem a continuação dos seus programas de desenvolvimento de armas, acabam de chegar a um acordo para limitar seu armamento a "apenas" 2.400 foguetes estratégicos, dos quais 1.320 seriam dotados de cabeças nucleares múltiplas, algumas delas carregadas com o equivalente a 50 megatons de explosivo.

Não têm pois esses países autoridade moral para denunciar os programas de desenvolvimento nuclear pacíficos de quem quer que seja.

#### DECLARAÇÃO DO PROF. LUIZ PINGUELLI ROSA

Com respeito aos 7 pontos da moção da Assembléia Geral da SBF aprovada em Belo Horizonte, sou de opinião que deveria constar do Relatório o comentário abaixo:

"Partindo da hipótese que os demais pontos estejam sendo ou venham a ser considerados pelos responsáveis pela política energética do País, nos fixaremos aqui nos pontos 1 e 2. Esses pontos tratam da participação dos cientistas e técnicos brasileiros e das universi-

dades e institutos de pesquisa.

Explicitamos nossa posição de que, ao tomarmos a hipótese de trabalho acima enunciada, não colocamos os pontos 3 a 7 em prioridade inferior. Pelo contrário, consideramos que o integral cumprimento dos sete pontos, contidos no documento firmado pela Assembléia Geral da SBF, é condição essencial para assegurar a participação da comunidade dos físicos e o próprio sucesso do programa.

"As recentes decisões governamentais relativas à política de energia nuclear exigirão do País, no próximo decênio, grandes investimentos em recursos materiais e humanos para criação, desenvolvimento e aplicação da tecnologia necessária.

Os físicos deverão, forçosamente, desempenhar um papel essencial nesse processo, para assegurar-lhe o êxito em termos de uma real e efetiva capacitação nacional na área de energia nuclear.

Há numerosos físicos no País que conhecem de perto muitos dos problemas científicos e tecnológicos associados aos reatores de potência. Esta é a oportunidade de reuni-los para

estudarem em profundidade um plano de ação, para a realização de pesquisa e desenvolvimento na aplicação da Física à Tecnologia nuclear.

Esse plano procurará definir, na área da Física, os setores específicos de pesquisas e desenvolvimento a serem atacados; os programas de atividades a serem desenvolvidos nesses setores; os recursos correspondentes já disponíveis em termos de pesquisadores e laboratórios; as necessidades de criação e ampliação desses recursos; os instrumentos e métodos para a implementação dos programas propostos; e outros aspectos do problema que forem considerados pertinentes".

A N E X O III

FALHAS DO SISTEMA DE SEGURANÇA DE REATORES A ÁGUA LEVE APONTADAS PELOS FÍSICOS NORTE AMERICANOS

A - A probabilidade de funcionamento do sistema de refrigeração de emergência do núcleo do reator não é predizível.

B - As consequências de acidentes envolvendo maior escape de radioatividades são subestimados.

- C - Não são pesquisadas medidas para mitigação de consequências de um acidente.
- D - Os métodos de cálculo para análise de acidentes não são satisfatórios.
- E - O programa de pesquisa experimental em segurança é falho devido à falta de relação de escala definida entre modelos e sistemas reais.
- F - Os presentes regulamentos do Governo para a indústria não incentivam a melhoria dos sistemas de controle e os métodos de operação dos reatores.

## referências

1. F.S. Erber et al., Absorção e Criação de Tecnologia na Indústria de Bens de Capital, Secretaria do Planejamento FINEP, série de Pesquisas nº 2.
2. Proceeding of Peaceful Uses of Atomic Energy, Genebra, 1971.
3. Rev. Modern Physics, Vol. 47, julho de 1975.
4. Rembser, J. e Banister, D.F., "Manpower employment in the Civil Nuclear Energy Field", Nuclear Eng. International, agosto de 1975.
5. R.W. Deustsch e J.W. Whistney, Nucl. News 17, junho de 1974.
6. W.W. Wilson, Nucl. News 17, junho de 1974.
7. A. Palladino, Nuclear Technology 27, agosto/setembro de 1975.
8. Rapport Anuel CEA, 1973.
9. Plano Nacional de Pós-Graduação, MEC, 1975.
10. Relatório - "A situação da Física no Brasil", SBF, 1975.

A N E X O IV

EMPREGO NO SETOR DE ENERGIA NUCLEAR

EM JULHO DE 1975 NOS EE.UU (Ref. 7)

	GOVERNO	SETOR PRIVADO	TOTAL
Engenheiros	11.900	21.100	33.000
Físicos, Matemãti- cos e Cientistas da Natureza	8.300	2.500	10.800
Outros Cientistas	1.500	1.300	2.800
Técnicos	13.900	17.900	31.800
Outros empregados	49.500	43.000	92.500
TOTAL.....	85.100	85.800	170.900

A N E X O V

A. EFETIVOS DOS CENTROS DE PESQUISAS NUCLEARES DO COMISSÃO DE  
L'ENERGIE ATOMIQUE DE FRANÇA (Rapport annuel, CIA, 1973, ref.7)

Fontenay	1.100
Saclay	4.800
Grenoble	1.500
Cadarache	2.300

B. COMPOSIÇÃO POR DIVISÕES E DEPARTAMENTOS DO CENTRO DE PESQUISAS  
DE SACLAY

Proteção e Segurança	200
Física	2.200
Biologia	150
Ciências e Técnicas Nucleares	60
Transferência de Calor	40
Estudo e Desenvolvimento de	
Reatores	330
Construção de Reatores	150
Propulsão Nuclear	80
Metalurgia e Combustível	380
Química	430
Radioelementos	300
Outros	460
<b>T O T A L</b>	<b>4.800</b>

ANEXO VI

PESSOAL CIENTÍFICO DE NÍVEL SUPERIOR (INCLUINDO-SE BOLSISTAS NÃO FORMADOS) DO

INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

C O R D E N A D O R I A	N Í V E L					
	Doutor	Mestre	Graduado	Bolsista	Total	Físicos
Operação e Manutenção de Reator	-	2	5	7	14	4
Proteção Radiológica e Dosimetria	1	1	5	14	21	8
Instrumentação e Eletrônica Nuclear	-	-	13	9	22	-
Processamento de Dados	-	3	42	1	46	5
Projetos e Oficinas	-	-	2	-	2	-
Física Nuclear	6	3	4	9	22	14
Radioquímica	4	3	6	5	18	-
Radiobiologia	3	6	8	-	17	2
Processamento de Materiais Radioativos	1	1	8	3	13	-
Radiofarmácia	1	4	3	6	14	-
Aplicação de Radiação e Radioisótopos na Medicina	5	8	13	4	30	-
Aplicação de Radioisótopos na Engenharia e Indústria	3	-	18	9	30	3
Ciência e Tecnologia de Materiais	9	6	12	9	36	27
Engenharia Química	6	12	38	13	69	2
Metalurgia Nuclear	2	4	2	-	88	-
Engenharia Nuclear	6	3	57	22	88	23
T O T A L	47	56	236	111	450	88

OBSERVAÇÃO: O efetivo de físicos representa 20% do total, e 25% do pessoal com curso de graduação completo.

A N E X O VII

EFETIVO DE FÍSICOS NA NUCLEBRÁS

ÁREAS	EFETIVO
Ciclo de Combustível	9
Análise de Reatores	17
Controle de Qualidade	2
Proteção Radiológica	17
Apoio Técnico	8
T O T A L	53

OBS:- Deste total, cerca de 9 são portadores de título de Doutor, 4 de Mestre, 30 tomaram cursos de Pós-Graduação sem título e 10 tem somente o título de graduação.