



**COMISSÃO
NACIONAL DE
ENERGIA
NUCLEAR**

CNEN	DR
Doc. nº 0133	

RELATÓRIO ANUAL

1967

BRASIL

ÍNDICE

I	Introdução	1
II	Atividades Gerais dos Institutos de Pesquisas Liga dos à CNEN	3
III	Estudos sôbre Centrais Nucleares	20
IV	Pesquisa Fundamental	32
V	Pesquisa Tecnológica	46
VI	Radioisótopos	62
VII	Atividades Industriais	80
VIII	Aprovisionamento de Urânio e Tório e Fiscalização Mineral	86
IX	Assistência Técnica e Ensino	95
X	Relações Públicas e Internacionais	106
XI	Finanças	112
XII	Organização e Pessoal	115

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das coletividades humanas tem sido marcado por descobertas científicas e realizações tecnológicas que representam verdadeiros marcos na História da Civilização. A Revolução Industrial ("clássica") da máquina a vapor e da eletricidade, seguiu-se a descobertas e desenvolvimentos que se difundiram lentamente. A "transferência" de conhecimentos e a aplicação dos resultados da pesquisa, ainda no século passado, se fazia vagarosamente. Por outro lado, não havia pesquisa "organizada"; não havia aplicação sistemática de esforço intelectual e de recursos materiais de vulto visando objetivos pré-determinados. Grandes vocações, cujos nomes ficaram ligados à História da Ciência, respondiam pelas descobertas científicas, e os avanços tecnológicos, faziam-se à custa do gênio dos inventores. Em verdade, a TÉCNICA representava, quase sempre, uma manifestação do engenho inventivo de cérebros privilegiados.

Com a Revolução Industrial, já no século passado mas principalmente no atual, foram se organizando nas Indústrias e ao lado das Universidades, grupos devotados ao progresso tecnológico. A "tecnologia" foi, de certa forma, se organizando. Entretanto, somente depois da primeira guerra mundial e especialmente durante e após a última conflagração é que se tomou consciência de que o desenvolvimento das Nações, no mundo de hoje, acha-se condicionado à seu progresso científico e tecnológico. Da pesquisa isolada, passou-se à pesquisa por equipes; ao lado da pesquisa desinteressada, cresceu a pesquisa com objetivos pré-determinados.

A atual ERA NUCLEAR e ESPACIAL caracteriza-se pela concentração de esforço científico e tecnológico com alvos pré-fixados. Passou-se a um estágio de programação de objetivos e de tarefas, com reflexos na própria pesquisa pura. E o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia passou a imperativo, não somente do progresso; mas da sobrevivência das comunidades.

O ano de 1967 marcou o reconhecimento, por parte do Governo brasileiro, desta realidade e das mudanças que ela está introduzindo nas estruturas econômicas das sociedades.

O reflexo dêste reconhecimento junto à Comissão Nacional de Energia Nuclear (um dos principais agentes de uma tal "abertura tecnológica" por parte do País) não se fez esperado, através de algumas medidas concretas por parte das autoridades competentes:

1) Através do Decreto nº 60.890, de 22 de junho, o Excelentíssimo Senhor Presidente da República constituiu um Grupo de Trabalho Especial, junto ao Ministério das Minas e Energia, para instituir um mecanismo de cooperação entre o Ministério das Minas e Energia e a CNEN, com vistas ao planejamento da utilização de usinas nucleares para fins de produção de energia elétrica e propor este mecanismo de cooperação pelo qual, resguardadas as atribuições específicas da CNEN e ouvido o Conselho de Segurança Nacional, caberia ao Ministério das Minas e Energia, através das Centrais Elétricas Brasileiras S/A - ELETROBRÁS, a construção e operação das usinas nucleares que viessem a ser executadas pelo Governo Federal.

2) Através da Lei nº 5.299, de 23 de junho, permitia-se à CNEN a contratação de pessoal técnico especializado de nível médio e superior, com vencimentos excluídos do limite estabelecido no Artigo 35 do Decreto-Lei nº 81, de 21 de dezembro de 1966.

3) Em consequência, a CNEN baixou as Diretrizes Básicas para o seu Programa de Desenvolvimento Nuclear.

II. ATIVIDADES GERAIS DOS INSTITUTOS DE PESQUISAS LIGA-
DOS À CNEN

1. Instituto de Energia Atômica
2. Instituto de Pesquisas Radioativas
3. Instituto de Engenharia Nuclear
4. Laboratório de Dosimetria

1. INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA (IEA)

O IEA, localizado em São Paulo, é constituído por oito Divisões Didático-Científicas, a saber, de Física Nuclear, de Radioquímica, de Física de Reatores, de Radiobiologia, de Metalurgia Nuclear, de Engenharia Química, de Operação e Manutenção de Reatores e de Engenharia Nuclear, e cinco Serviços Complementares de apoio.

Diversos cursos (treze ao total) foram desenvolvidos no Instituto ou com a participação de seu pessoal, principalmente visando a aplicação de radioisótopos em ciências biomédicas. Dentre estes destaca-se o Curso sobre Metodologia e Aplicações Médicas de Radioisótopos em La Paz, Bolívia, sob os auspícios das Comissões brasileira e boliviana e da Universidade Mayor de San Andrés.

Estagiaram nos laboratórios do IEA, por períodos de uma semana a um ano, elementos pertencentes a outras instituições nacionais, num total de cinquenta e dois (52). Contam-se, entre os mesmos, elementos vindos de Santa Catarina (Faculdade de Farmácia e Bioquímica), do Paraná (Universidade do Paraná e Faculdade de Medicina de Londrina), da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto (Universidade de São Paulo), da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Piracicaba), de várias faculdades do Sistema Estadual de Ensino Superior (Assis, Marília, Araçatuba, Botucatu, etc.), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, do Departamento de Química da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, das Universidades da Bahia e Pernambuco, etc. De outros países da América Latina, o IEA recebeu um total de nove estagiários, vindos do Paraguai, Equador, Peru, Bolívia e México.

Os trabalhos nas diversas Divisões continuaram de maneira normal.

1.1 Divisão de Radioquímica

A Divisão de Radioquímica dedicou-se principalmente a

estudos de reações e processos químicos com auxílio de traçadores radioativos, estudos de métodos de análise por ativação, química dos produtos de fissão e do plutônio (descritas no Cap. IV), ao processamento químico de radioisótopos (descrito no Cap. VI), estudos de problemas de corrosão de alumínio, etc. Além destas, uma série de atividades já se tornaram rotineiras, como a determinação sistemática de Sr-90 em água de chuva, recolhida através de três estações coletoras.

1.2 Divisão de Física de Reatores

A Divisão de Física de Reatores concentrou seus trabalhos em três setores:

- a) Grupo de Fonte Pulsada de Neutrons;
- b) Grupo de Física Teórica de Reatores;
- c) Grupo de Térmica.

As atividades dos dois primeiros grupos acham-se descritas no Capítulo IV.

Pelo Grupo de Térmica foi projetado e iniciado o Laboratório de Medidas Térmicas, e construídos e provados vários termopares com o objetivo de treinar pessoal na fabricação e provas de termopares para usos especiais e não produzidos no País.

1.3 Divisão de Radiobiologia

As atividades da Divisão de Radiobiologia estão descritas em detalhes no Capítulo VI.

Os trabalhos desenvolveram-se principalmente no Laboratório de Radioisótopos que é mantido em cooperação com o Hospital das Clínicas da FMUSP. Há estreita colaboração com o Laboratório de Radioisótopos do Hospital do Servidor Público Estadual e com o Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Nestes laboratórios, ao lado das atividades de pesquisa, desenvolve-se a rotina que fornece a base experimental para aquelas. Um protótipo de contador de corpo inteiro para uso clínico está sendo estudado. Em escala reduzida, o setor de radiofarmácia

passou a atender pedidos de moléculas marcadas formulados por ou trás instituições.

1.4 Divisão de Metalurgia Nuclear

A Divisão de Metalurgia Nuclear continuou seus trabalhos relativos à tecnologia de fabricação de elementos combustíveis descritos com detalhes no Capítulo V. A equipe recebeu pela terceira vez o Prêmio Metal Leve pela contribuição técnica "Principais Características Metalúrgicas dos Elementos Combustíveis Fabricados para o Conjunto Sub-Crítico RE-SUCO".

1.5 Divisão de Engenharia Química

Na Divisão de Engenharia Química está em fase de conclusão a montagem de duas usinas piloto de purificação do urânio, dependendo-se, apenas, da entrega de alguns componentes. Em labo ratório, foi construída e testada uma coluna para estudos de purifica ção de urânio por troca iônica em leito móvel. Quanto ao tório, os estudos permaneceram em escala de laboratório, referindo-se, prin cipalmente, à extração por solventes em misturadores decantadores, estudos sôbre transformação do sulfato em carbonato por troca iônica e precipitação do oxalato. Prosseguem os estudos preliminares da usina de tetrafluoreto de urânio. Mais detalhes podem ser vistos no Capítulo V.

1.6 Divisão de Operação e Manutenção de Reatores

Paralelamente às suas atividades de rotina relativamente ao reator IEAR-1 e suas instalações, a Divisão de Operação e Manutenção de Reatores vem se dedicando aos estudos sôbre as aplicações de radioisótopos na indústria (descritos no Cap. VI).

a) Atividades relacionadas com o IEAR-1

a.1) Dados operacionais - No ano de 1967 foram realiza

passou a atender pedidos de moléculas marcadas formulados por outras instituições.

1.4 Divisão de Metalurgia Nuclear

A Divisão de Metalurgia Nuclear continuou seus trabalhos relativos à tecnologia de fabricação de elementos combustíveis descritos com detalhes no Capítulo V. A equipe recebeu pela terceira vez o Prêmio Metal Leve pela contribuição técnica "Principais Características Metalúrgicas dos Elementos Combustíveis Fabricados para o Conjunto Sub-Crítico RE-SUCO".

1.5 Divisão de Engenharia Química

Na Divisão de Engenharia Química está em fase de conclusão a montagem de duas usinas piloto de purificação do urânio, dependendo-se, apenas, da entrega de alguns componentes. Em laboratório, foi construída e testada uma coluna para estudos de purificação de urânio por troca iônica em leito móvel. Quanto ao tório, os estudos permaneceram em escala de laboratório, referindo-se, principalmente, à extração por solventes em misturadores decantadores, estudos sobre transformação do sulfato em carbonato por troca iônica e precipitação do oxalato. Prosseguem os estudos preliminares da usina de tetrafluoreto de urânio. Mais detalhes podem ser vistos no Capítulo V.

1.6 Divisão de Operação e Manutenção de Reatores

Paralelamente às suas atividades de rotina relativamente ao reator IEAR-1 e suas instalações, a Divisão de Operação e Manutenção de Reatores vem se dedicando aos estudos sobre as aplicações de radioisótopos na indústria (descritos no Cap. VI).

a) Atividades relacionadas com o IEAR-1

a.1) Dados operacionais - No ano de 1967 foram realiza

das 165 operações do reator, das quais 148 em 2 MW, de aproximadamente oito horas cada uma, para produção de radioisótopos, experiências com feixes de radiação; 17 operações em baixa potência, destinadas a calibrações, ajustes diversos, medidas de reatividade e experiências da DFN, e fins didáticos. O ritmo de operação do reator foi mantido (3 x 8 horas por semana) tendo sido alterado durante o mês de junho para quatro operações semanais para permitir a conclusão de experiências programadas pela DFN. Não foi possível manter esse ritmo no segundo semestre, uma vez que muitos dos elementos combustíveis já se encontram com uma irradiação ("burn up") bastante elevada (cêrca de 15%) e ter-se-ia queima mais rápida das reservas de combustível. Em fins do corrente ano é que foi colocada a encomenda de um novo conjunto de elementos combustíveis, esperando-se a entrega para o segundo semestre de 1968. A energia total dissipada foi de 2.371 MWh; cêrca de 108,9 g de U-235 foram queimadas, formando-se aproximadamente 8,40 g de plutônio.

a. 2) Utilização do Reator - Foram atendidos 301 pedidos de irradiação, permanecendo ainda do ano anterior diversos pedidos relacionados com a ativação de fontes para gamagrafia. Além das solicitações para utilização de fluxo neutrônico houve outras para irradiação gama com o reator desligado. Cada pedido corresponde, em geral, a numerosos itens.

a. 3) Fontes para gamagrafia - Prosseguindo o programa elaborado em 1965 para produção de fontes para gamagrafia, continuaram sendo produzidas fontes de Ir-192 (27 fontes), de Co-60 (12 fontes), de Eu-152 (4 fontes), de Tm-170 (5 fontes), de Lu-177 (1 fonte) e Yb-169 (2 fontes); 39 destas fontes, perfazendo 110,10 Ci, foram fornecidas aos diversos interessados.

b) Atividades do Grupo GRESIL

Este grupo é constituído por três físicos e um técnico brasileiros e três elementos franceses. Foram utilizados três (3) dispositivos de irradiação: GRESIL I, II, e III; o primeiro fornecido por Grenoble, os dois últimos construídos no IEA. Efetuou-se o estudo da liga Fe-Ni mediante irradiação por 250 horas passo a passo, determinando-se a temperatura de transição ordem - desordem em $320^{\circ} \text{C} \pm 5^{\circ} \text{C}$. Foram realizadas medidas preliminares de

campo coercitivo e imantação remanescente, por observação do ciclo de histerese. Estudou-se as ligas Cu-Pd (50-50) e Cu-Pd (60-40).

c) Estudo de modificações e reformas do IEAR-1

Fôram levados a efeito estudos sôbre a reforma das instalações de ventilação e de eletricidade do reator. Concluíram-se os estudos sôbre as modificações do sistema de refrigeração, levando-se a efeito especificação do trocador de calor. Por outro lado, foi realizado estudo de novo difusor da água de retôrno, em colaboração com o Laboratório de Hidráulica da Escola Politécnica. Foram feitos entendimentos com a firma PROMON ENGENHARIA S/A, após seleção entre diferentes firmas que se interessaram pelos problemas, para assessorar a DOMR no programa de reformas.

1.7 Divisão de Engenharia Nuclear

As atividades da Divisão de Engenharia Nuclear desenvolveram-se no domínio dos estudos de avaliação técnico-econômica de sistemas nucleares.

1.8 Divisão de Física Nuclear

A Divisão de Física Nuclear dedicou-se aos seguintes campos, especialmente (veja-se detalhes no Cap. IV):

- a) Espectrometria Beta;
- b) Espectrometria Gama;
- c) Foto. desintegração do U e do Th;
- d) Metrologia Nuclear;
- e) Espectrometria de Neutrons;
- f) Monocromador de Neutrons;
- g) Difractometria de Neutrons;
- h) Espectrometria de Massa;
- i) Neutrônica Experimental;

1.9 Serviço de Proteção Radiológica e Dosimetria

O Serviço de Proteção Radiológica e Dosimetria realiza

serviços de dosimetria pessoal (filmes dosimétricos) para terceiros e pessoal do IEA, assim como os levantamentos radiométricos necessários do Instituto. Entre os usuários do Serviço encontram-se laboratórios e serviços de radiologia e radioterapia de todo o País.

2. INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS (IPR)

Localizado em Belo Horizonte, o IPR é constituído por seis divisões, a saber: de Materiais, de Engenharia de Reatores, de Aplicações de Radioisótopos, de Física, de Química e de Instrumentação e Controle, e do Departamento de Segurança e Radioproteção.

2.1 Divisão de Materiais

As atividades da Divisão de Materiais concentram-se na prospecção de urânio e tório em Araxá (descritas no Cap. VIII) e em metalurgia. Além destas, visaram principalmente a implantação de um laboratório de metalurgia física e apoio ao Grupo do Tório. Um aparelho de ensaio de microdureza foi adquirido.

2.2 Divisão de Engenharia de Reatores

A Divisão de Engenharia de Reatores concentra suas atividades no Grupo do Tório, na operação do reator Triga Mark - I (IPR-R1), de um acelerador, de um irradiador gama e no Escritório de Estudos e Projetos.

a) Grupo do Tório

O Grupo do Tório apresentou o relatório final das atividades em 1966/67 (descrito com detalhes no Cap. III). Durante o ano, os trabalhos neste setor se caracterizaram pela elaboração dos programas REPTO, PLUTO e TORUNA, para o cálculo de reticulados do reator Instinto (veja-se Cap. IV). Um programa bastante comple

xo (OPTIMUM) para a otimização econômica do reator também foi laborado.

O projeto do vaso de pressão está ainda em desenvolvimento. Resultados preliminares mostram que a pressão de operação não ultrapassa as possibilidades tecnológicas atuais, para as dimensões internas do projeto atual (cêrca de 8 m de diâmetro e 9 m de altura); nestas condições, as paredes laterais do vaso teriam uma espessura de 4,3 m, e as suas extremidades, 7 m.

O projeto detalhado do tampo superior do vaso ainda não foi completado, parecendo extramamente difícil assegurar a concretagem, em boas condições, dos espaços existentes entre as 335 penetrações de troca de combustível e barras de contrôle, com cêrca de 13 cm de diâmetro, em uma malha de 24 cm. Este problema terá que ser analisado em maior detalhe e poderá conduzir a modificações na geometria do núcleo.

Foi elaborado também um programa para cálculo dos trocadores de calor. Um programa para o estudo da estabilidade hidrotérmica dos trocadores está em fase de aperfeiçoamento.

Está em fase de elaboração o projeto de um circuito hidrotérmico, cuja finalidade é o estudo do canal do reator, bem como do funcionamento do trocador de calor e da pressurização do sistema primário.

Foi ainda desenvolvido um projeto conceitual de uma central de 2 x 500 MWe, a fim de verificar certos problemas ligados à segurança das instalações e à operação do reator, incluindo o dispositivo de renovação do combustível.

b) Reator IPR-R1

O Reator IPR-R1 continuou a produção rotineira de radioisótopos para a pesquisa, treinamento, ensino, aplicações industriais e análise por ativação. Os quadros que se seguem fornecem um resumo da operação em 1967:

	1º Trimestre	2º Trimestre	3º Trimestre	4º Trimestre
Horas de Criticabilidade	33,2	50,5	70,8	52,6
Energia Dissipada (kWh)	2.208	2.783	4.859	3.128
Atividade Irrradiada (mCi)	1.614,62	1.523,73	9.998,64	814,94
Nº de amostras irradiadas	222	497	2.183	3.371

Quanto à manutenção, um novo tipo de filtro foi projetado e executado para o sistema de refrigeração da água do poço do reator. Foram instalados manômetros na tubulação a fim de se detectar rapidamente os entupimentos na mesma. Foram também iniciados os testes com o oscilador de pilha, utilizando-se a grafita para os primeiros ensaios. O oscilador destina-se a medida de parâmetros nucleares de materiais.

c) Acelerador

No acelerador foram instalados equipamentos acessórios necessários para controlar o sistema de vácuo e a forma do feixe. Foram também medidas as doses de neutrons de 14 Mev e a surgência do alvo.

Paralelamente, desenvolveram-se programas de computador para a análise de espectros compostos e para a determinação de parâmetros de desintegração radioativa em substâncias compostas.

d) Irradiador Gama

As irradiações na fonte de Co-60 foram quase tôdas de

matérias orgânicas e organismos vivos, por solicitação de pesquisadores do Departamento Nacional de Endemias Rurais, Faculdade de Farmácia e Bioquímica da UFMG, Fazenda Experimental do Ministério da Agricultura, etc.

e) Escritório de Estudos e Projetos

Estudo de Consultoria para a CELPA S/A (Centrais Elétricas do Pará S/A) - Foi realizado um estudo de viabilidade técnico-econômica de uma central nuclear para o Estado do Pará. Cinco engenheiros especializados nos setores mais importantes de centrais núcleo-elétricas realizaram este trabalho, que totalizou 1.700 engenh. hora, somente em escritório, não computadas as viagens realizadas para coleta de dados. Veja Capítulo III para maiores detalhes.

2.3 Divisão de Aplicações de Radioisótopos

As Atividades da Divisão de Aplicações de Radioisótopos estão descritas no Capítulo VI.

2.4 Divisão de Instrumentação e Controle

A Divisão de Instrumentação e Controle atua, principalmente, como apoio de outras divisões. Ampliou seu Laboratório e desenvolveu circuitos, além de realizar a manutenção de rotina da instrumentação eletrônica do IPR.

2.5 Divisão de Química e Divisão de Física

As atividades das Divisões de Química e de Física estão descritas nos Capítulos IV e V.

2.6 Departamento de Segurança e Radioproteção

O Departamento de Segurança e Radioproteção tem sob

sua responsabilidade o controle das doses de radiação recebidas pelos funcionários do IPR e presta serviços a outras entidades congêneras. Assim, foram feitos os seguintes levantamentos radiométricos, atendendo a pedidos diversos: Posto de Censo Torácico do SESC, Aparelho de Raios-X da RCA Eletrônica Brasileira S/A, Faculdade de Odontologia de Diamantina, instalações da DEMA S/A, Poço de Pesquisa "P4III-5", em Barreiro, Araxá.

Colaborou-se também nos trabalhos do Grupo do Tório, na parte referente a problemas de blindagem e segurança de reatores.

2.7 Gerais

O IPR realizou diversos cursos para pessoal de nível médio e superior sobre aplicações de radioisótopos, e acolheu cerca de duas dezenas de estagiários.

Dos trabalhos efetuados por outras entidades para ou em colaboração com o Instituto destacaram-se:

- a) CEA francês, no trabalho sobre reatores a Água Pesada e Tório, nos termos de Cooperação Franco - Brasileira;
- b) Universidade da Califórnia, para realização de Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares;
- c) Instituto de Engenharia Nuclear, para cálculo do fluxo macroscópico do projeto INSTINTO;
- d) Escola Superior de Agricultura de Viçosa, para estabelecimento de um laboratório de aplicações de radioisótopos nesta escola;
- e) Instituto de Pesquisas e Experimentação do Centro Oeste (IPEACO), para pesquisas sobre aplicações de radioisótopos na agricultura, tendo sido já irradiadas as amostras de arroz.

3. INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR (IEN)

Localizado na Guanabara, o IEN é o mais novo dos Ins

titutos e atravessa fase de grande expansão. O seu principal equipamento é um reator tipo Argonauta, que pode atingir potências até 10 kW e cuja maior aplicação é em ensino e treinamento. Possui também uma unidade de irradiação gama (Co-60) de 1.500 Ci.

O Instituto é formado por quatro divisões técnico-científicas, a saber: Divisão de Reatores; Divisão de Física Nuclear; Divisão de Instrumentação e Controle e Divisão de Engenharia de Reatores.

3.1 Divisão de Reatores

A Divisão de Reatores tem a seu cargo a operação do reator Argonauta e as atividades relacionadas ao mesmo, além dos trabalhos ligados à Física de Reatores.

a) Operação do Reator Argonauta

As operações do reator atingiram uma média de três por semana, num total de 105. Foram feitas 27 irradiações para as diversas divisões e solicitações externas, 12 experiências didáticas e 65 para trabalhos de pesquisa, experiência, calibração etc., e executados 168 testes no reator. Os níveis de potência atingidos se situaram entre 0 a 127 watts.

b) Seção de Física de Reatores

Veja-se no Capítulo IV.

c) Seção Experimental

Executa as atividades inerentes ao laboratório de medidas do Argonauta, realizando calibrações, medidas absolutas por coincidência, determinação das atividades e espectrometria gama e beta de amostras e detetores, como também auxilia a parte didática da DR. Foram realizados trabalhos de calibração do fluxo e determi

nação de parâmetros do reator, coeficiente de perigo para plástico, medida da atividade de produtos de fissão na água do reator, atividade de gama do núcleo e medida de atividade de amostras para a DEQ e CNEN.

d) Módulo de Coincidência

Foi projetado e construído um módulo de coincidências duplas ou triplices, com tempo de resolução de 0,5, 1 e 1,5 micro - segundos.

e) Gerador de Neutrons

Instalação e testes do gerador de neutrons e sistema de análises: o trabalho consistiu na montagem do laboratório de neutron-avitação, incluindo a montagem do gerador de neutrons e sistema de análises composto de analisador de 400 canais, conjunto de fotomultiplicadoras com cristais de NaI (Te) e conjunto para monitores de fluxo de neutrons, montagem do sistema de transferência de amostras, testes de funcionamento e calibragem dos diferentes elementos integrantes do conjunto acima e instalação da blindagem necessária à operação do laboratório.

f) Sistema de Coincidências

Foi construído um sistema ajustável para contagem em coincidência, usando cristais de antraceno e NaI (Te). O trabalho consistiu na determinação do ponto de operação dos aparelhos empregados em cada canal, a estatística de contagem e coeficientes de correção. Este sistema é usado para calibrar o fluxo do reator.

g) Sistema de Contagem para detetores de dysprosio

Está sendo aplicado um sistema de contagem de detetores de Dy, no qual se faz, automaticamente, a compensação do tempo de decaimento do elemento irradiado.

3.2 Divisão de Física Nuclear

As atividades da Divisão de Física Nuclear estão descritas no Capítulo IV.

3.3 Divisão de Instrumentação e Contrôles

A Divisão de Instrumentação e Contrôles tem a seu cargo o computador IBM 1620-II, que foi recebido e instalado neste ano, e a manutenção do instrumental eletrônico do Instituto. Foi concluída uma série de aparelhos eletrônicos iniciados com a colaboração da AIEA.

3.4 Divisão de Engenharia de Reatores

A Divisão de Engenharia de Reatores preparou um projeto para um Centro de Estudos de Materiais Nucleares (CEMAN), com a finalidade de estudar os materiais que, além do combustível e equipamentos eletrônicos, são empregados na construção dos reatores nucleares, compreendendo materiais usados em revestimento de elementos combustíveis, moderador, refletor, arrefecedores, vasos de pressão, blindagem, barras de controle, proteção, estruturas em geral, etc. O estudo sobre transmissão de calor e problemas ligados aos arrefecedores dos reatores também está previsto.

Baseado nesta idéia, o projeto CEMAN ficaria constituído de:

- A) Laboratório de Análise de Materiais Nucleares e Termodinâmica;
 - B) Unidade de Irradiação de Alto Fluxo (reator para testes de materiais e outros fins);
 - C) Laboratórios de Materiais Irrradiados;
 - D) Estação de Tratamento de Rejeitos Radioativos;
 - E) Estocagem de Rejeitos Radioativos;
 - F) Setores Auxiliares.
- a) Laboratório de Análise de Materiais Nucleares

O Laboratório de Análise de Materiais Nucleares já se en

contra projetado, e, praticamente, com a sua construção em vias de aprovação. Compõe-se êle dos seguintes setores:

- a. 1) Setor de Ensaio de Concretos;
- a. 2) Setor de Físico-Química;
- a. 3) Setor de Ensaio de Metais;
- a. 4) Setor de Ensaio de Outros Materiais (madeira, plásticos, etc.);
- a. 5) Setor de Ensaio Térmicos;
- a. 6) Setor de Transmissão de Calor e Termodinâmica;
- a. 7) Setor de Maquetes e Modêlos Reduzidos.

Neste laboratório serão realizados todos os ensaios físicos, mecânicos, metalúrgicos e térmicos; além disso, disporá êle de um setor especializado em Transmissão de Calor. Os ensaios, testes, análises e experimentações independem da existência da Unidade de Alto Fluxo. A grande flexibilidade permitirá seu uso para experiências e ensaios mesmo para empresas privadas.

b) Unidade de Irradiação de Alto Fluxo

A Unidade de Irradiação de Alto Fluxo se propõe que seja um reator de pesquisas com fluxo da ordem de $10^{14}/\text{cm}^2.\text{s}$ que deverá dispor de várias facilidades ou dispositivos que permitam sejam realizadas tôdas as experiências, testes e análises sôbre materiais em geral, danos por radiação, blindagens em geral, Física de Reatores, empilhamentos, reticulados, Física Nuclear, Química Nuclear, reatividades, contrôle, instrumentação nuclear, industrialização de radioisótopos, etc.

Segundo os primeiros estudos, êsse reator deverá possuir pelo menos, as seguintes características:

Tipo:	Poço ou piscina
Potência:	entre 15 MW e 30 MW
Fluxo:	da ordem de $10^{14}/\text{cm}^2.\text{s}$
Moderador:	água leve
Combustível:	urânio enriquecido
Refletor:	grafita e água leve

c) Laboratório de Materiais Irrradiados

O Laboratório de Materiais Irrradiados tem sua construção

ção intimamente ligada à do reator de alto fluxo. Deveria ser composta, essencialmente, de três células quentes: grande, média e pequena.

d) Seções de Engenharia Química, de Aplicações de Radioisótopos e de Radioquímica

Situam-se também na DER as Seções de Engenharia Química, de Aplicações de Radioisótopos e de Radioquímica. Um convênio entre a CNEN e a Universidade Rural do Rio de Janeiro, tendo o IEN como executor, está em estudo, visando a aplicação de radioisótopos na agricultura.

4. LABORATÓRIO DE DOSIMETRIA (LD)

4.1 Radiopolição atmosférica

Objetivando a determinação da radiopolição atmosférica causada por bombas de fissão ou fusão, foram feitas 192 medidas no Rio de Janeiro e em Juiz de Fora. Foi constatado um acréscimo acentuado na radiopolição em ambas as cidades coincidindo com ensaios de explosivos nucleares efetuados pela França e pela China Continental em junho. O aumento da radioatividade detectada teve início neste último mês, atingiu o máximo em julho, e decaiu progressivamente retornando aos valores iniciais em outubro. A média mensal máxima constatada no Rio de Janeiro foi de $8 \cdot 10^{-13}$ micro Ci/cm³, e em Juiz de Fora $11 \cdot 10^{-13}$ micro Ci/cm³. Ambos os valores são inferiores aos limites de concentração máxima permissível, representando entretanto um acréscimo sensível na taxa de radiocontaminação interna sobre a radioatividade natural, se considerarmos os respectivos graus de periculosidade em função da meia vida física e biológica dos radionuclídeos presentes, e dos órgãos de fixação no corpo humano.

4.2 Radioatividade ambiente

Teve seu término neste exercício o levantamento radiométrico da área onde está sendo construído o prédio para a instalação

do acelerador Van de Graaff de 4 MeV do Instituto de Física da PUC. Para a execução do levantamento, que tem por fim coligir elementos para o futuro controle de segurança radiológica, foram efetuados cerca de 400 medidas confiáveis de radioatividade ambiente, de amostras do solo, da vegetação, e do ar para a determinação da atividade natural junto com as medidas da radiopoliuição atmosférica.

4.3 Diversos

Técnicos do LD foram designados para participar de grupos de trabalho incumbidos dos estudos de normas a serem adotadas referentes ao Transporte de Materiais Radioativos em Segurança e Proteção contra Radiações.

Foram efetuados levantamentos radiométricos para controle de transporte marítimo de materiais radioativos, e executados estudos e medidas para aprovação de projeto e instalação de unidades de teleterapia com Co-60. O LD está prestando assessoramento a uma Universidade para a implantação de setores destinados a operar com substâncias radioativas.

III - ESTUDOS SOBRE CENTRAIS NUCLEARES

1. Relatório do Grupo de Trabalho Especial
MME/CNEN/ELETOBRÁS/CSN
2. Relatório Final (Período 1966/67) do Projeto
Instinto
3. Estudo de Viabilidade de Instalação de uma Central
Nuclear no Pará
4. Perspectivas Futuras de Energia Nuclear na Região
Centro-Sul

1. RELATÓRIO DO GRUPO DE TRABALHO ESPECIAL MME/
CNEN/ELETOBRÁS/CSN

O Grupo foi criado através do Decreto nº 60.890, de 22 de junho de 1967, tendo como missão instituir e propor um mecanismo de cooperação entre a Eletrobrás e a CNEN, "com vistas ao planejamento da utilização de usinas nucleares para fins de produção de energia elétrica". As suas conclusões principais podem ser assim sumarizadas:

A) recomenda o início imediato das "providências para a construção de uma Primeira Central Nuclear, com a capacidade de referência de 500 MWe, localizada na Região Centro-Sul do País".

B) recomenda que "seja firmado, com a possível urgência, um CONVÊNIO DE COLABORAÇÃO entre a ELETROBRÁS e a CNEN, com a finalidade de regular a competência e atribuição dessas entidades, na realização do Programa de Implantação de Centrais Nucleares no Brasil".

Com vistas à consecução desta segunda recomendação, o Grupo foi encarregado de ampliar seus trabalhos a fim de redigir o convênio entre as duas entidades.

C) recomenda, ainda, o Grupo que caibam à ELETROBRÁS os aspectos nos quais as centrais nucleares não diferem essencialmente das centrais convencionais, quais sejam:

C.1) a escolha do sistema elétrico no qual deve ser integrada a central;

C.2) a definição da potência;

C.3) o estabelecimento dos esquemas de financiamento;

C.4) a assinatura, como contratante, dos contratos com fornecedores e construtores;

C. 5) a construção das centrais;

C. 6) a operação e manutenção;

C. 7) a estocagem de elementos combustíveis novos e dos irradiados até a retirada para as usinas de reprocessamento.

D) À CNEN caberiam os aspectos peculiares das centrais nucleares, e que são de sua competência, quais sejam:

D. 1) a definição das linhas de reatores que mais consultem aos interesses nacionais e que possam ser aceitos nas concorrências;

D. 2) o estabelecimento dos padrões de segurança;

D. 3) o estabelecimento do regime de salvaguardas, de acordo com a política nacional;

D. 4) o estabelecimento das normas de licenciamento;

D. 5) as questões relacionadas com a política de combustíveis, sendo de sua atribuição exclusiva o controle da utilização de elementos combustíveis, a fixação de normas para transporte e a atribuição de créditos para o combustível irradiado.

E) especial atenção também deve ser dada à construção da primeira central; com vistas à assimilação, pela CNEN, da maior parcela possível de "know-how", e a possibilidade de adestrar seu pessoal na fase de operação e manutenção.

F) os problemas de tecnologia nuclear ficariam sob responsabilidade da CNEN, compreendendo-se, aí, o projeto, instalação e operação de laboratórios; pesquisa e desenvolvimento de novos materiais, com ênfase no aproveitamento de matérias primas nacionais; o projeto, construção e operação de protótipos de reatores, prevendo-se neste último caso também a colaboração da ELETROBRÁS no "estudo conjunto das condições de custo e de potência elétrica admissível, além de outras formas ...".

Pode ser verificado, em geral, que no contacto havido entre as duas entidades, ficaram definidas muitas das responsabilidades. Alguns pontos ficaram em aberto e foram definidos no Convênio assinado; pode-se dizer que foi criada a infraestrutura para a introdu

introdução de centrais nucleares no País, seguindo a prática também adotada por, praticamente, todos os países do mundo: construção, o peração e manutenção pelas companhias de eletricidade existentes, e fiscalização pelas comissões de energia nuclear.

2. RELATÓRIO FINAL (PERÍODO 1966/67) DO PROJETO INSTANTO

2.1 Histórico e fundamentos do Grupo do Tório

No primeiro semestre de 1965, a CNEN reuniu em um Comitê de Estudos de Reatores de Potência (CERP), um grupo de técnicos de seu próprio quadro, e dos três Institutos de Pesquisa associados, com a finalidade de realizar uma avaliação, a mais completa possível, da situação atual e perspectivas da energia nuclear no Brasil, e mais especialmente na região Centro-Sul.

Os estudos então realizados mostraram que Centrais Nucleares poderão ser introduzidas no sistema elétrico do Centro-Sul, em condições econômicas, a partir do início da próxima década, sendo que o parque nuclear deverá crescer rapidamente nos dez anos seguintes (com o progressivo esgotamento do potencial hidráulico economicamente explorável), para tornar-se a principal fonte de energia disponível na região, a partir de 1990/95.

O suprimento de material físsil para um programa desta amplitude pode constituir-se, a longo prazo, em um ponto de estrangulamento, visto que a evolução do mercado mundial de urânio, após 1975, é dificilmente previsível; restrições crescentes da oferta de urânio são possíveis, uma vez que o desenvolvimento da utilização de centrais nucleares, em todo o mundo, deverá levar à exaustão das reservas de baixo custo atualmente conhecidas nos Estados Unidos e na Europa Ocidental e a probabilidade de que novas reservas sejam descobertas e exploradas em tempo útil não pode ser avaliada à priori.

A prospecção de urânio no Brasil acha-se ainda em uma etapa preliminar, e embora nenhuma reserva significativa, a baixo custo, seja conhecida, novas descobertas podem ser esperadas. No entanto, qualquer que seja o resultado dos trabalhos de prospecção em curso, parece claro que o Brasil deve buscar a melhor utilização

de suas reservas, dirigindo sua política no sentido da máxima independência de suprimento de combustível a longo prazo, e acompanhando a tendência geral da evolução tecnológica dos países mais desenvolvidos, no sentido da utilização crescente de materiais físséis especiais e de reatores conversores e regeneradores avançados, com o abandono progressivo das atuais técnicas de utilização do urânio, natural ou enriquecido, em reatores de baixo rendimento de combustível.

O esquema previsto pela maioria dos países industrialmente mais desenvolvidos para atingir tais ciclos auto-sustentados de materiais físséis especiais, baseia-se na produção de plutônio em reatores conversores (incluindo conversores avançados) e a posterior utilização do mesmo em reatores super-conversores rápidos.

A mesma política poderia ser aplicada no Brasil; no entanto, a complexidade dos problemas tecnológicos intrínsecos aos reatores rápidos (a maior parte dos quais ainda não resolvidos em mais de dez anos de estudos, notadamente nos Estados Unidos), e a existência de consideráveis recursos nacionais em minérios de tório, levaram a estudar com particular interêsse a possibilidade de utilização dêste elemento no programa nuclear brasileiro.

Estudos preliminares realizados ainda em 1965 mostraram que o ciclo do tório poderia apresentar boas perspectivas para o programa nuclear brasileiro, oferecendo a possibilidade de implantar-se, no País, uma indústria nuclear baseada em uma tecnologia própria, embora integrada à evolução tecnológica mundial, e em uma política bem definida de suprimento de combustível nuclear.

Êstes resultados eram demasiado preliminares, e deveriam ser confirmados por um trabalho mais intensivo, antes que um programa mais amplo e mais objetivo pudesse ser definido.

Assim, em dezembro de 1965, foi criado, na Divisão de Engenharia de Reatores do Instituto de Pesquisas Radioativas (que participara intensamente dos estudos anteriores), o Grupo do Tório, com a finalidade de "dar seqüência aos estudos anteriormente feitos para a CNEN, pelos engenheiros do CERP, sôbre ciclos de combustíveis nucleares e sôbre as possibilidades de utilização do tório no programa nuclear brasileiro".

2.2 O Projeto INSTINTO

O objetivo imediato do programa a ser desenvolvido pelo Grupo Tório era selecionar um conceito de reator (ou um número limitado de conceitos) que pudesse ser utilizado como referência na avaliação da viabilidade do ciclo do tório no Brasil. Simultaneamente, o trabalho do GT deveria permitir a formação de um grupo de engenheiros com suficiente experiência no estudo e projeto de reatores.

Ainda em fins de 1965, decidiu-se que os estudos seriam concentrados em um único conceito de reator, tendo em vista os recursos limitados à disposição do grupo (em capacidade técnica, tempo e dinheiro). Após discussão preliminar e análise das informações disponíveis, tendo em vista as necessidades previsíveis do programa brasileiro, o grupo escolheu como referência um reator moderado e refrigerado a água pesada sob pressão, com vaso em concreto protendido.

Tendo em vista os objetivos e finalidade do estudo, este tipo de reator apresenta algumas vantagens bem definidas:

A) Boas perspectivas de competitividade econômica, podendo-se esperar características técnicas bastante avançadas em relação aos conceitos atualmente utilizados; um fator de regeneração superior à unidade é tecnicamente possível.

B) Trata-se de um conceito ainda não extensivamente desenvolvido em outros países; sendo um dos objetos principais do programa o desenvolvimento de uma experiência própria de estudo e projeto de reatores que pudesse servir de base para um futuro desenvolvimento industrial, a adoção de um conceito já bem estudado em outros países levaria o grupo a copiar soluções já encaminhadas, sem um melhor conhecimento das razões que levaram às mesmas e de sua adaptabilidade às condições próprias do País.

C) Não faz apelo a tecnologia demasiado complexas, e representa o desenvolvimento natural de um conceito já bem conhecido tecnicamente, o reator a urânio natural e água pesada.

D) Os reatores de água pesada têm grande flexibilidade no que se refere ao combustível, o mesmo conceito básico podendo ser otimizado para utilizar qualquer combinação físsil e fértil. O planejamento de um programa nuclear a longo prazo, decorre de uma

hipótese sobre a evolução do mercado mundial de materiais físséis. Essa evolução não pode ser prevista com certeza razoável nas condições atuais, o que pode comprometer a realização dos objetivos visados. A economia de um país insuficientemente desenvolvido, como o Brasil, não poderia suportar o abandono total de um programa desta magnitude; este risco será mínimo se o programa, mesmo concebido para utilizar um determinado ciclo de combustível, puder ser adaptado para incorporar outros combustíveis que, no futuro, possam revelar-se mais econômicos.

O programa de trabalho do Grupo (denominado Projeto Instinto) assumiu o carácter de investigação preliminar, de forma a fornecer à CNEN os elementos necessários para uma decisão, e dividiu-se, basicamente, em três fases:

A) Discussão preliminar das opções e elaboração dos modelos e métodos de cálculo.

B) Estudos paramétricos, estudo de soluções técnicas específicas, estudo de um projeto de referência.

C) Ciclos de combustíveis: U-235/Tório; Urânio natural Plutônio-Tório. Suprimento de combustível ao programa de reatores (longo prazo).

Em junho de 1966, um acordo de cooperação entre a CNEN e o Comissariado Francês de Energia Atômica definiu um estudo comum franco-brasileiro sobre o programa do Grupo do Tório (que foi apresentado como executor do acordo), a se realizar pelo intercâmbio de informações e de missões técnicas. Este acordo alargou as perspectivas do programa, que foi estendido, em sua primeira fase, até meados de 1967.

2.3. Principais conclusões do relatório apresentado

O reator de referência apresenta as seguintes características básicas:

<u>Potência:</u>	1600 MWt (cêrca de 500 MWe)
<u>Moderador:</u>	água pesada sob pressão, quente.

<u>Arrefecedor:</u>	água pesada sob pressão.
<u>Vaso de pressão:</u>	concreto protendido, geometria cilíndrica vertical.
<u>Trocadores de calor:</u>	tubos verticais em contra corrente, integrados no vaso de pressão, em uma região anular em torno do núcleo.
<u>Renovação do combustível:</u>	em marcha, com máquina de carga e descarga externa.

As dimensões do vaso de concreto serão bastante avançadas, mas análises preliminares indicaram que sua confecção não ultrapassa as possibilidades tecnológicas atuais; alguma dificuldade pode ser esperada na concretagem do tampo superior, se for utilizada uma máquina de carga e descarga externa.

2.4. Estudo paramétrico

O estudo paramétrico, visando a otimização econômica referente a três ciclos de combustível (U 235/Th, Pu/Th e urânio natural), conduziu aos seguintes resultados principais:

<u>Combustível</u>	ThO ₂ -UO ₂	ThO ₂ -PuO ₂	UO ₂ (nat)
<u>Parâmetros básicos</u>			
Relação volumétrica Moderador/combustível	25	30	15
Potência específica (W/g)	40	40	10
Irradiação (MWd/t)	50.000	25.000	10.300
<u>Física</u>			
Fator de multiplicação infinito	1,048	1,053	1,044
Fator de conversão médio	0,837	0,825	0,821
<u>Núcleo</u>			

<u>Núcleo</u>	ThO ₂ -UO ₂	ThO ₂ -PuO ₂	UO ₂ (nat)
Altura e diâmetro (m)	5, 3	5, 6	7, 0
Número de canais	275	261	296
Passo do reticulado(cm)	26	29	34
Carga de combustível (t)	40	40	160
Enriquecimento inicial (% atômica)	2, 58	3, 21	0, 711
<u>Vaso de pressão</u>			
Diâmetro interno (m)	8, 1	8, 3	9, 4
Altura interna (m)	9, 7	10, 0	11, 5
Água pesada total (t)	190	220	320

A otimização, em cada caso, foi feita visando tornar mínimo o custo de energia elétrica produzida. Assim, foram avaliados custos referentes aos três itens que sofreriam alteração com a mudança de combustível (ciclo do combustível), água pesada e vaso de pressão), e minimizados em cada caso. Os resultados obtidos foram os seguintes (em mills/Kwh).

<u>Combustível</u>	ThO ₂ -UO ₂	ThO ₂ -PuO ₂	UO ₂ (nat)
Ciclo de combustível	1, 12	1, 51	0, 64
Vaso de pressão	0, 12	0, 13	0, 18
Água pesada	<u>0, 23</u>	<u>0, 26</u>	<u>0, 40</u>
	1, 47	1, 90	1, 22

2.5 Comparação dos resultados

Pôde-se observar que a utilização do tório, qualquer que seja o elemento físsil associado, leva a uma potência específica elevada (40 W/g), o que cria problemas tecnológicos sérios ligados à remoção do calor no reator e, eventualmente, à fabricação de elementos combustíveis de pequeno diâmetro e boa resistência mecânica; deverá ser levado em consideração no projeto que estes elementos deverão suportar uma irradiação importante, principalmente no caso do combustível U-235 (50.000 MWd/t) e menos no caso do plutônio (25.000 MWd/t). Também os problemas tecnológicos ligados à realização do tempo superior do vaso de pressão serão mais agudos na versão U-235/Th, menos na Pu/Th e bastante reduzidos na versão u

urânio natural (por outro lado, o diâmetro interno do vaso será crescente, nesta ordem).

De um modo geral, pode-se dizer que a opção do programa urânio natural/plutônio/tório oferece menos problemas tecnológicos que a opção U-235/Th, principalmente no início do programa, quando seriam construídos exclusivamente reatores a urânio natural.

Aos preços atuais do mercado internacional de materiais físséis (incluindo os preços da tabela americana de materiais físséis especiais) a versão urânio natural conduz aos menores custos globais; o reprocessamento do combustível irradiado em reatores deste tipo, visando à introdução em um ciclo plutônio/tório, só será justificável economicamente se o preço do urânio no mercado interno subir a cerca de US\$ 15/kg, ou se o custo do reprocessamento for inferior a US\$ 25/kg (o que não parece provável); em qualquer hipótese, o plutônio produzido só poderá concorrer com o urânio 235 se o preço deste no mercado interno for majorado em cerca de 70%, passando a algo como US\$ 20/g, seja por uma evolução no mercado mundial (possível, mas não provável), seja pela imposição de taxas de importação.

No entanto, caso por decisão governamental ligada à política de desenvolvimento do País, o programa nuclear brasileiro deva ser planejado visando à máxima independência do suprimento externo de combustível, a utilização racional das limitadas reservas nacionais de urânio atualmente conhecidas deve merecer atenção prioritária. Neste caso, a utilização dos reatores a urânio natural e, posteriormente, do ciclo plutônio-tório representa uma perspectiva extremamente interessante. Deve-se observar, no entanto, que a referida decisão governamental representa uma política de valorização das reservas de urânio e deverá se refletir por uma correspondente fixação dos preços de urânio, no mercado interno, acima do nível do mercado internacional.

2.6 Programa de desenvolvimento do projeto Instinto

A análise preliminar do problema levou o Grupo a conclusão de que a construção de um protótipo brasileiro do tipo propôsto, de cerca de 100 MWt (25 MWe), projetado para funcionar com urânio e, em uma segunda etapa, ser utilizado como reator experimental e de testes para o combustível plutônio-tório, poderá ser iniciado em

1970/71 (o que permitiria a central operar por volta de 1975).

O custo do programa seria o seguinte (milhões de NCr\$):

Construção do protótipo (1971/75):	100
Pesquisa de desenvolvimento (1968/77):	<u>50</u>
Total (1968/77):	150

Para a realização deste programa, o número de elementos do GT deverá passar de cerca de 30 engenheiros (em fins de 1967) a cerca de 70 (em 1971).

3. ESTUDO DA VIABILIDADE DE INSTALAÇÃO DE UMA CENTRAL NUCLEAR NO PARÁ

As Centrais Elétricas do Pará S.A., CELPA, companhia responsável pela energia elétrica no estado do Pará, contratou com o Instituto de Pesquisas Radioativas um estudo de viabilidade de introdução de centrais nucleares no seu sistema.

As centrais nucleares não foram consideradas mais do que simples produtoras de energia elétrica pela CELPA, e só foram consideradas alternativas válidas para a expansão do sistema, porque as demais alternativas, térmica convencional e hidráulica, apresentaram também dificuldades de construção e, portanto, a solução nuclear não poderia ser abandonada de antemão. Note-se que é a primeira vez que uma companhia de eletricidade no Brasil encomenda um estudo de viabilidade de introdução de centrais nucleares em sistemas elétricos.

Os estudos continuam, mas a análise preliminar do problema demonstrou que a idéia não era absurda, se bem que merecesse uma análise mais detalhada no período 1970/75. A melhor opção (ao nível dos estudos em fins de 1967) seria a introdução de uma unidade (BWR) de 125 Mwe em 1979 e uma duplicação em 1981.

4. PERSPECTIVAS FUTURAS DE ENERGIA NUCLEAR NA RE-
GIÃO CENTRO-SUL

Estudos realizados pela CNEN permitiram ter uma primeira aproximação da medida em que será necessária a introdução da energia nuclear na região Centro-Sul no Brasil.

O modelo de otimização desenvolvido permitiu obter a seguinte evolução ótima do parque nuclear (capacidade existente em cada ano).

A N O	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Capacidade instalada (MWe)	-	180	3820	15500	27900	55600

Para evitar o ritmo demasiado elevado desta instalação nos primeiros anos, admitiu-se que o programa fôsse iniciado antes; uma triplicação da capacidade existente cada cinco anos pareceu uma hipótese razoável. Assim, é razoável esperar que a capacidade instalada evolua da seguinte maneira:

A N O	1975	1980	1985	1990	1995	2000
Capacidade instalada (MWe)	500	1500	4500	13500	27900	55600

O fator de capacidade média no parque nuclear deverá evoluir de 30% em 1975 a 80% em 2000, caracterizando perfeitamente o fato de assumir, progressivamente, uma parte da geração de base do sistema.

IV - PESQUISA FUNDAMENTAL

1. Física de Reatores
2. Física Nuclear e do Estado Sólido
3. Química

1. FÍSICA DE REATORES

1.1. Instituto de Pesquisas Radioativas

No Instituto de Pesquisas Radioativas os trabalhos neste setor se caracterizaram pela elaboração de programas para computador que substituíssem os esquemas de cálculo manual até então adotados, o que veio a introduzir uma enorme economia de tempo nos estudos paramétricos. Entretanto, devido à memória restrita do computador de pequeno porte usado (IBM 1130 da UFMG), foi extremamente difícil organizar os programas de maneira que coubessem nesta memória. Isto, no entanto, foi realizado com sucesso e três programas de cálculo físico do reticulado foram escritos, a saber: os programas REPTO, PLUTO e TORUNA, correspondentes, respectivamente, aos três ciclos de combustível possíveis no reator Instinto: Th-232/U-235, Th-232/Pu-239 e Urânio natural (U-238/U-235).

Outro problema considerável resolvido foi o cálculo do fluxo macroscópico para o reator com várias zonas de combustível. As tentativas para adaptar o método de cálculo RIFIFI de reatores a grafita franceses (versão para cálculo manual) para reator a água pesada não conduziram a resultados satisfatórios. Foi escrito no Instituto de Engenharia Nuclear um programa para cálculo do fluxo macroscópico denominado CARMEN. Os resultados deste programa foram muito satisfatórios e se comparam bem com os resultados do cálculo RIFIFI (última versão) de Saclay (para IBM/360).

O programa CARMEN permitiu também calcular com maior precisão a reatividade negativa introduzida pelas barras de controle.

Os cálculos preliminares das barras foram realizados pelo método de Scalletar e Nordhein, para barras isoladas e para os anéis de barras possíveis no reticulado.

1.2. Instituto de Engenharia Nuclear

No Instituto de Engenharia Nuclear, os estudos sôbre Física de Reatores foram concentrados principalmente no auxílio ao projeto Instinto. Foi realizado o programa para cálculo do fluxo macroscópico para o reator com várias zonas de combustível, denominado CARMEN. Está em andamento um estudo sôbre o método das colisões para o cálculo das células em que o combustível é constituído de um feixe ("cluster").

1.3. Instituto de Energia Atômica

A Divisão de Física de Reatores do IEA possui dois grupos ligados especificamente a estudo de física de reatores:

a) Grupo de Fonte Pulsada de Neutrons: foi concluído um trabalho levado a efeito com a finalidade de se investigar as constantes de decaimento em geometrias cúbicas de água para comparação com resultados provenientes de diferentes geometrias. As conclusões principais foram: A - Não confirmação do efeito de forma geométrica (shape effect) para diferentes geometrias de água; B - Evidência de que o tipo de ponderação no ajuste do polinômio: $\lambda(B^2) = v \sum_a DB^2 - CB^4 \dots$ pode ter notável influência sôbre os parâmetros calculados pelo método dos mínimos quadrados; C - Mostrou-se, também, que a distância extrapolada tem uma influência drástica na obtenção dos parâmetros de difusão, o que levou ao desenvolvimento de método próprio para determinação de distância extrapolada a partir dos dados clássicos das medidas pulsadas, isto é, os pares (λ_2, B^2) ; D - Concluiu-se que o valor de λ_{tr} avaliado a partir dos pares (λ, B^2) concorda com a teoria da difusão, na qual $\lambda_{tr} = 3D/v$.

Um estudo sôbre perdas de contagem num analisador de tempo, iniciado como subsídio ao trabalho anterior, foi estendido para um analisador que aceita apenas um pulso de análise; foi considerada a equivalência entre um intervalo de contagens de duração T e um intervalo composto de um grande número NB intervalos $\Delta t \ll T$, tais que $NB \Delta t = T$; concluiu-se que, no caso de taxas de contagem variando no tempo, a fórmula clássica da correção do tempo morto deve ser modificada. Foi também desenvolvido um projeto a fim de se obter um sistema para prova de fontes de ions a serem utilizadas no acelerador (Gerador Van de Graaf - 400 keV), procurando-se também estudar a introdução de modificações na eletrônica do acelerador.

acelerador, visando melhorar as características da pulsação e, ainda, determinar a impedância da fonte e sua variação com os parâmetros associados, para melhorar o acoplamento da garrafa com o oscilador, aumentando assim o rendimento em termos do feixe extraído.

b) Grupo de Física Teórica de Reatores: as atividades do grupo relacionaram-se principalmente com Teoria do Transporte e Teoria da Difusão. Foram desenvolvidos cursos sobre Teoria de Difusão e uma série de experiências em colaboração com o Grupo de Fonte Pulsada. Estudou-se, também, o cálculo de reticulados de urânio natural e grafita, a comparação do cálculo com modelos sintéticos e de multigrupo, o cálculo físico da evolução do combustível aplicado ao tório, envenenamento pelo xenon e seu efeito na reatividade.

2. FÍSICA NUCLEAR E DO ESTADO SÓLIDO

2.1. Instituto de Pesquisas Radioativas

a) O Laboratório de Cronogeologia alcançou um progresso razoável, em consequência de um acordo existente entre o IPR e a Divisão de Geologia e Mineralogia do DNPM. Por meio deste, foram levantados recursos complementares para a compra de material e execução de serviços. Neste ano foram concluídas montagens de circuitos eletrônicos de controle; para o espectrômetro de massa construiu-se o núcleo do eletroímã e enrolaram-se as bobinas.

b) O Laboratório de Física do Estado Sólido dedicou-se às seguintes atividades:

b.1) Efeito Mössbauer: foi montado um espectrômetro de velocidade constante e iniciados os trabalhos de calibração e montagem mecânica dos sistemas de deslocamento.

b.2) Crescimento de cristais: foi elaborada uma tese de mestrado sobre a rejeição de impurezas pelo cristal, durante o processo de crescimento pelo método Kyropoulos.

b.3) Ressonância magnética eletrônica: foram construídos diversos componentes para o espectrômetro de micro-ondas:

criostato para temperaturas de 77°K, cavidade sincronizável para 9,4 GHz, detetor sensível a fase, sistema de amarramento em fase de Klystron, oscilador de frequência variável.

b.4) Tese sôbre o comportamento de um ion de terra rara em uma matriz cúbica: verificou-se a revisão de cálculos e testes comparando-os com os semelhantes encontrados na literatura.

b.5) Fluorescência óptica de elementos de transição em uma matriz por excitação com raios X: foram realizadas pesquisas preliminares para a montagem e ajustamento de aparelhos e soluções de problemas de detecção da fluorescência, usando como amostra $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ à temperatura ambiente. Pretende-se também realizar experiências a baixas temperaturas a fim de obter as subestruturas das bandas do sulfato de níquel e de outros compostos. À temperatura ambiente foram detetadas três bandas de fluorescência, com centros em 5500 Å e 12000 Å .

b.6) Laser a gás: pretende-se fazer uma lâmpada de descarga para laser a gás. Construiu-se um sistema de vidro com bomba de difusão e medidores.

b.7) Ressonância nuclear: realizou-se um estudo das aplicações da ressonância nuclear, tendo em vista a linha de trabalho do IPR e as possibilidades da aparelhagem adquirida pela UFMG. De imediato há a possibilidade de estudar estruturas orgânicas e de dosar certos compostos de interêsse.

2.2. Instituto de Engenharia Nuclear

A Divisão de Física Nuclear desenvolveu, além dos trabalhos já em andamento, interessantes pesquisas em Espectroscopia Nuclear. A aquisição de detetores de germanio, de cintilação e circuitos de coincidência rápida, permitiu desenvolver vários projetos neste sentido.

Os projetos empreendidos foram:

a) Física de Fissão Nuclear: Foi estudada a fissão induzida por protons de altas energias em elementos pesados, utilizando mica submetida a bombardeamento de feixe de protons de 2, 13 e 29 GeV do Cosmotron e "Alternating Gradient Synchrotron" do Brookhaven National Laboratory" que incidia normalmente ao plano de clivagem das micas. Para cada alvo foram utilizadas dois detetores que só registram

registravam os fragmentos emitidos para frente ou para trás. Assim, as fissões são identificadas no microscópio por apresentarem os traços coinciais, enquanto os eventos que só deixaram um único traço em qualquer dos hemisférios não são considerados como fissão.

b) Espectroscopia Nuclear: O esquema de desintegração do Nd-147 foi estudado utilizando detetores de Ge, Si e NaI, sistema de coincidência e analisador de 400 canais.

Igualmente foi estudado o esquema de desintegração do In-116m utilizando um filme de Índio com cerca de $1\text{mg}/\text{cm}^2$ e ir radiado no Reator Argonauta num fluxo de $10^9\text{n}/\text{cm}^2\cdot\text{s}$. Experiências preliminares permitiram a obtenção de espectros de alta e baixa energia com alta resolução, utilizando o detetor de Ge.

Também foi estudado o esquema de desintegração do Eu-152, com a utilização de detetores de Ge, Si e NaI, sistema de coincidência e espectrômetro de conversão interna. Foram preparadas películas finas de $0,3\text{mg}/\text{cm}^2$ de Eu por meio de eletrodeposição molecular em Al e ativadas no reator Argonauta com o fluxo de $10^9\text{n}/\text{cm}^2\cdot\text{s}$. A finalidade de projeto é o estudo dos eletrons internamente convertidos, calculando seus coeficientes por meio de um espectrômetro de conversão interna que utiliza detetores sólidos, bem como estudar as transições gama da desintegração por técnica de coincidências. Foram obtidos espectros de eletrons e raios gama, utilizando os detetores de Si-Ge.

Foi reiniciado o estudo de raios gama de captura de neutrons com o auxílio de detetores de Ge, amplificador de janela, analisador de 400 canais e fonte de neutrons. Espera-se fazer um estudo detalhado dos níveis de Rh-104 que são populados na desexcitação proveniente de captura de um neutron térmico pelo Rh-103. Foram estudados os raios gama obtidos da reação Cl-35 (n, gama) Cl-36, importante para calibrar o sistema. Está sendo estudada a reação Au-197 (n, gama) Au-198.

c) Aprendizado e desenvolvimento de técnicas: Estão sendo desenvolvidos métodos para a fabricação de detetores do tipo Ge-Li e Si, e criostatos para a sua utilização. Foram projetados dois sistemas para difusão de Li em Ge, um por eletrodeposição de Li a 400°C e outro por aquecimento a 400°C em vácuo ou atmosfera inerte de uma suspensão de Li em óleo, estando em fase de montagem um aparelho para fazê-la em éter de petróleo. Foi feita, também, a difusão de dois detetores de Si na Universidade de São Paulo.

2.3 Instituto de Energia Atômica

A Divisão de Física Nuclear do IEA dedicou-se especialmente aos seguintes setores:

a) Espectrometria Beta - Os trabalhos de espectrometria beta, visando o estudo de espectros de emissores beta e da radiação gama emitida por núcleos radioativos artificiais e por núcleos compostos por processo (n , gama), serão realizados com espectrômetros de precisão projetados na DFN: um espectrômetro magnético de dupla focalização destinado ao estudo de elétrons de conversão interna provenientes da captura radioativa de neutrons, projetado de forma a apresentar características de funcionamento superiores às existentes no momento (em uso em laboratórios do exterior), combinando campos magnéticos homogêneos e inhomogêneos num arranjo altamente dispersivo, com uma resolução a meia altura de 0,05% para um alvo de 1cm de largura; e um espectrômetro de características mais modestas do que o anterior, apresentando, entretanto, maior versatilidade; será utilizado para estudo de elétrons de conversão interna resultantes de captura radioativa de neutrons ou de fontes radioativas, com uma resolução de 0,18% para uma fonte de 1cm de largura.

b) Espectrometria Gama - Desde o início do primeiro semestre a DFN vem desenvolvendo a técnica de construção de detectores de estado sólido (Ge-Li drifted) para espectrometria gama de precisão. Vários detectores já foram construídos e reconstruídos, tendo-se atingido elevada resolução (cerca de 8 KeV), limitada apenas pelas condições inadequadas do pré-amplificador utilizado. Um sistema de vácuo dotado de fonte de tensão para a migração do lítio foi planejado e está sendo construído. Os detectores destinam-se à realização de várias pesquisas relativas à radiação gama de captura e à espectroscopia nuclear; o equipamento será complementar aos espectrômetros beta referidos acima, utilizado para a realização de medidas nas quais a resolução das linhas gama não seja crítica ou ainda quando razões de intensidade recomendarem o seu emprego. Exemplo importante é o estudo dos espectros nucleares de núclídeos de curta vida média.

c) Fotodesintegração do U e Th - Uma atenção especial tem sido dada aos estudos de fotofissão, procurando-se determinar, com precisão, os valores e o comportamento das seções de choque na vizinhança do limiar, com a finalidade de esclarecer a natureza do fenômeno, até o presente interpretado com base em dados experimenta

experimentais não isentos de crítica. Durante o período de julho a outubro, as medidas tiveram prosseguimento com vários alvos situados num dos canais tangenciais do reator IEAR-1. Os resultados obtidos estão sendo analisados com auxílios das facilidades proporcionadas pelo computador face à complexidade do sistema de equações que descrevem as secções de choque, para as quais estão sendo levadas em conta a contribuição de linhas pouco intensas da radiação de captura, cuja influência havia sido desprezada pelos autores que vêm estudando o fenômeno. O efeito da variação da resolução do detector para as diversas linhas foi incorporado às previsões das respostas do detector calculadas por processo de Monte Carlo na DFR. Estão em andamento as técnicas de detecção de fenômenos de fissão com base nos danos de radiação induzidos em micas (e em plásticos) por fragmentos de fissão; essa técnica será utilizada nas medidas de distribuição angular dos fragmentos de fissão induzida por neutrons de diversas energias em U-235, U-238, Th-232 e Pu-239, visando esclarecer dados experimentais conflitantes existentes na literatura.

d) Metrologia Nuclear - O Laboratório de Metrologia Nuclear atingiu elevado padrão, destacando-se pelos trabalhos de intercomparação preliminar de fontes de Co-60 e de intercomparação internacional de soluções de Co-60, na qual participaram 25 laboratórios especializados. É interessante assinalar que nos trabalhos de intercomparação internacional, os laboratórios recebem soluções de fontes radioativas e devem construir as fontes para determinar a atividade absoluta da solução; os resultados das atividades reais só são conhecidos após o recebimento dos dados de todos os laboratórios participantes. Toda a comparação foi supervisionada pelo "Bureau International des Poids et Mesures" (BIPM). Os resultados do LM situaram-se entre os três melhores obtidos pelos laboratórios participantes, conforme consta do "Report on the International Comparison of Dilution and Source Preparation Methods by Means of Co60", do BIPM. De julho a outubro procedeu-se à elaboração dos manuscritos referentes aos trabalhos da comparação internacional, os quais deverão ser objeto de próxima publicação. Ainda no segundo semestre, o LM desenvolveu as seguintes atividades: A) Medidas das fontes utilizadas na comparação internacional pelo método da extrapolação; B) Desenvolvimento do "Método dos Traçadores", utilizando S-35 e Co-60; C) Medidas da auto-absorção por meio do S-35 e Co-60. Por outro lado, foi iniciada a montagem de um outro sistema 4 pi-beta-gama para medidas absolutas e realizados os estudos e projetos para construção de um sistema de medidas absolutas de atividade de isótopos que se desintegram por captura orbital e conversão interna. Foram, também, estudados os esquemas de desintegração e os métodos de cálculo para estudo das medidas absolutas de atividades de Au-198, Nb-95, Co-

Cr-137 e Mn-54.

e) Espectrometria de Neutrons - O grupo de espectrometria de neutrons por tempo de vôo terminou dois trabalhos que serão objeto de próxima publicação. O primeiro é trabalho teórico relativo à determinação da resolução do espectrômetro para neutrons lentos utilizando os "breaks" de difração de Bragg que ocorrem nas curvas de seção de choque total de substâncias policristalinas, como o Be, grafite, etc. No segundo os autores descrevem as características do espectrômetro de tempo de vôo da DFN, construído tendo em vista sua utilização em experiência de espalhamento de neutrons lentos aplicadas à Física dos Estados Sólido e Líquido, bem como para a determinação de espectros de neutrons e medidas de seções de choque em energias baixas, de interesse à Física de Reatores. Apresentam êsses trabalhos os problemas teóricos e os resultados das medidas da resolução para pequenas amostras, tais como as que vêm sendo utilizadas em medidas de parâmetros de terras raras. São apresentados os resultados da calibração e da resolução experimental dos instrumentos usados, os quais foram construídos no IEA. Entre os trabalhos em andamento, encontram-se os relativos à rotação de grupos CH_3 em várias moléculas pela medida da seção de choque total para neutrons lentos. Estão em prosseguimento medidas das seções de choque totais para o urânio natural e o tório, bem como a construção de dispositivos para medidas de neutrons frios e de espalhamento inelástico de neutrons. Êsses dispositivos serão utilizados em trabalhos destinados ao estudo de hidretos de vários metais de interesse para a Física de Reatores e de interesse físico-químico.

f) Monocromador de neutrons - As pesquisas com monocromador levaram à determinação da seção de choque do irídio, em função da energia. Foram construídos novos sistemas de colimação e um filtro de telúrio para eliminação da contribuição das reflexões de segunda ordem. Os resultados dos estudos teóricos da resolução, objeto de trabalho a ser publicado, pôde ser confrontado com os dados experimentais. As medidas de seções de choque realizadas com o monocromador do IEA são de elevada precisão, tendo sido incluídos nas tabelas de seções de choque editadas pelo Laboratório National de Brookhaven e pelo CINDA (Computer Index of Nuclear Data) da AIEA. Está em projeto a construção de aparelhos de maior precisão, pelas oficinas do Instituto e, ao mesmo tempo, prosseguem estudos para determinação da seção de choque total para o chumbo.

g) Difratometria de Neutrons - Prosseguiram as medidas de amplitude de espalhamento, de resolução e intensidade; paralelamente

paralelamente, teve andamento a construção de sistema de automa-
tização que permitirá a obtenção de dados sem necessidade de permanência contínua de observadores junto à aparelhagem. Esse sistema será de interesse especial quando o IEAR-1 entrar em fase de funcionamento em potências mais elevadas, uma vez que as intensidades do feixe difratado, nas atuais condições, são pequenas, o que requer consideráveis tempos de observação para obtenção de dados de boa estatística.

h) Espectrometria de Massa - O espectrômetro de massa MS-2 tem sido utilizado em várias medidas de interesse da Divisão, notadamente as relativas a processos de enriquecimento isotópico de elementos leves. Foram realizadas medidas de enriquecimento isotópico de chumbo, para estudos de geocronologia, para o Instituto de Física da Universidade do Recife, bem como a determinação de deutério em várias amostras de água.

i) Neutrônica Experimental - Este grupo foi organizado com a finalidade de realizar: A) Medidas de fluxo térmico, épi-térmico e rápido, por meio de folhas detetoras, com elevado grau de precisão, necessários à Física de Reatores; B) Medidas de Q de fontes para a obtenção de padrões de precisão comparáveis com os disponíveis nos centros mais avançados. Entre outros, será utilizado o método clássico do banho de manganês, medindo-se a atividade específica com auxílio de padrões calibrados pelo método 4 pi-beta-gama pelo LM, lançando-se mão de método de diluição da amostra de intensidade pré-determinada, irradiada pelo IEAR-1 e inserida no banho de manganês; C) Medidas de fluxo isotópico e paralelo de neutrons de diversas energias com auxílio de folhas detetoras e de fissão induzida em U-235, U-238 e Th. Está sendo desenvolvida a técnica da medida de fluxo com amostras de óxido de disprósio depositado sobre cellofane, cujas atividades são determinadas em um sistema de contagem Geiger com geometria definida, calibrada por fontes fornecidas pelo LM.

3. QUÍMICA

3.1 Instituto de Pesquisas Radioativas

A Divisão de Química teve, em 1967, cinco projetos específicos:

a) Padronização de métodos de análise - Objetivou-se neste estudo, através da comparação de diversos métodos de análise de urânio que pudessem ser aplicáveis, escolher os mais adequados a materiais da região de Araxá. Foram estudados não só os métodos mais precisos como também os mais expeditos. Somente no terceiro trimestre de 1967, foram analisadas mais de 3.000 amostras, sendo que a estimativa é de 15.000 amostras em 1968. Futuramente, o trabalho será estendido a materiais de outras regiões e a outros elementos.

b) Análises por ativação - Os estudos de possíveis análises por ativação e a realização dessas análises são de múltiplas finalidades. Assim é que, além de constituírem parte da infraestrutura do IPR, foi possível uma utilização maior do IPR-E1 que mesmo assim está ainda sub-utilizado. Além de proporcionar a realização mais rápida de certas análises, que seriam difíceis por outros meios, têm possibilitado o treinamento de pessoal num campo quase inexplorado entre nós. Em 1966 a Divisão contava com cerca de 90% dos pedidos de irradiação, sendo que em 1967 o total atingiu 95%.

c) Análises químicas e espectrográficas - O objetivo desse projeto foi manter a Divisão em condições de continuar a atender às solicitações de análises químicas. Não têm sido pedidas análises orgânicas e, por isso mesmo, tem sido dada ênfase total às análises inorgânicas.

Foram adquiridos ainda em 1967 um polarógrafo, um potenciômetro, um condutoscópio, um coulômetro, um titriscópio e os diversos acessórios correspondentes, além de um espectrofotômetro de absorção atômica que têm sido usados na comparação de métodos de análise.

d) Ensaio prévio de extratibilidade - O início desse trabalho tinha sido antecipado para o primeiro semestre de 1966 pela importância de que se reveste. Uma amostra média de certo local em Araxá foi exaustivamente estudada sob o ponto de vista de extratibilidade do urânio, do tório e das terras raras. O estudo dessa amostra continuou em 1967 e, sempre de acordo com a Divisão de Materiais, outras amostras foram estudadas. Trabalhos dessa natureza visaram especialmente determinar a viabilidade da extração de metais de seus minérios sob o ponto de vista econômico.

3.2. Instituto de Energia Atômica

A Divisão de Radioquímica dedicou-se principalmente aos seguintes tópicos ligados à Química:

a) Estudo de reações e processos químicos com auxílio de traçadores radioativos: o tópico liga-se com os estudos de análise por ativação em particular com análise de mistura de terras raras; é examinado em função das velocidades de complexação dos elementos de terras raras, bem como de zinco e manganês com verzeno.

b) Estudo de método de análise por ativação: Os programas de trabalho prosseguiram, sendo desenvolvido método para análise de várias impurezas, ao nível de ppm, em magnésio metálico destinado à redução do tetrafluoreto de urânio a urânio metálico, bem como para ser usado em ligas a serem utilizadas em blocos de motores de fabricação nacional.

c) Estudo de química dos Produtos de Fissão e do Plutônio - Devido a alguns contratempos, o projeto não teve um desenvolvimento mais vigoroso, tendo sido estudados especialmente problemas ligados às "contagens" dos elementos de fissão em equilíbrio secular. Foi notado que, dependendo dos elementos em estudo, em particular quando se tratava de terras raras e seus descendentes bem como do sistema estrôncio-90, ítrio-90, a adsorção dos radionuclídeos correspondentes, no vidro das micropipetas usadas para transferência e medidas das soluções era suficiente para a quebra do equilíbrio secular. Nos casos em que o equilíbrio se reestabelece rapidamente tal fato não constitui inconveniente grave; entretanto, quando o equilíbrio só é estabelecido após meses a partir da data do preparo da fonte para contagem, o problema torna-se bastante sério. Por essa razão foram estudadas equações e fórmulas que permitem o cálculo da atividade de radioisótopos, em equilíbrio secular, quando fracionados por precipitações e co-precipitações de modo a poder ser feita a medida logo após o preparo da fonte, sem necessidade de esperar alguns meses para o restabelecimento do equilíbrio secular. Foi terminada a montagem de célula para produtos de fissão. Para testar o funcionamento da mesma foram feitos três processamentos de pastilhas de U_3O_8 de 5g cada uma, que haviam sido irradiadas por 100 horas e deixadas a "esfriar" por três anos. Foram separados Cs-137, Sr-90 e o grupo das terras raras.

d) Na Divisão de Engenharia Química teve prosseguimen

prosseguimento o estudo de extração dos elementos das terras raras com o Ácido Di-(2-Etil-Hexil) Fosfórico (HDEHP), diluído com dodecano. Foi estudado o mecanismo de extração dos lantânídeos, usando-se um potenciômetro registrador. Foi formulada a lei de velocidade de extração em função das concentrações iniciais dos lantânídeos, H⁺ e ácido HDEHP.

e) Também estão em desenvolvimento estudos sobre a retirada e aproveitamento de radioisótopos das famílias naturais, como o radio, coprecipitados com Ba So₄; foi desenvolvida a técnica para determinação de microquantidades de boro em urânio, partindo da extração do íon BF₄', complexado com monometiltionina, em 1,2-dicloroetano, sendo a fase orgânica medida espectrofotometricamente, adaptando-se, após, o método para determinação de boro em materiais estruturais, como o magnésio, alumínio e suas ligas. O processo foi facilmente adaptado ao caso do magnésio, o mesmo não ocorrendo para o alumínio, em decorrência da formação de espécies complexas, como AlF₄', AlF₄'' e AlF₄''', o que foi contornado através do controle das quantidades de ácido fluorídrico necessárias para complexar o Al e o B.

f) Desenvolveu-se, ainda, um procedimento para determinação rápida de urânio em soluções diversas usadas nas usinas piloto de purificação. O método baseia-se na medida do fotopico do U-235, presente no urânio natural. Para a análise são necessárias apenas 1 a 3 ml. da solução.

g) No sentido de aproveitar o ácido etilenodinitrilo-tetraacético existente em solução de sais de Cu-II complexados com EDTA, em mistura com elementos de terras raras, também complexados com EDTA, a DEQ desenvolveu processo especial. O resultado foi obtido por precipitação do cobre na forma de sulfeto, produzindo-se sulfidreto "in situ", por hidrólise controlada de tiouréia técnica. O EDTA foi precipitado no filtrado do sulfeto de cobre, por acidificação até pH 1. As Terras Raras foram aproveitadas no filtrado do EDTA, por precipitação com ácido oxálico diretamente, quando em macroconcentração, ou por concentração prévia em resina catiônica, eluição e finalmente precipitação convencional.

3.3. Instituto de Engenharia Nuclear

As Seções de Engenharia Química e de Radioquímica es

estão em fase de implantação, com aquisição de material e estágio de elementos no exterior. Já se dispõe de um laboratório completo de neutron-ativação e um irradiador de cobalto de 1500 Ci, além de algumas facilidades de laboratório.

V - PESQUISA TECNOLÓGICA

- 1 . Fabricação de Água Pesada
- 2 . Enriquecimento de Urânio
- 3 . Tratamento de Minérios de Urânio
- 4 . Purificação de Urânio e Tório
- 5 . Elementos Combustíveis
- 6 . Outras Pesquisas

1. FABRICAÇÃO DE ÁGUA PESADA

1.1 Histórico

O Grupo de Trabalho da Água Pesada foi criado, no Instituto Militar de Engenharia, em 20 de janeiro de 1964, a fim de realizar estudos sobre os métodos de análise e produção de água pesada.

Neste mesmo ano foi feito um convênio com a CNEN, pelo qual o grupo passava a trabalhar com os mesmos objetivos, mas já agora atendendo aos interesses tanto do Exército como da CNEN.

Por tal convênio, o IME ficaria encarregado da execução dos trabalhos, utilizando os professores e instalações (salas, laboratórios, etc.) que para isto fossem necessários, e a CNEN forneceria um auxílio financeiro, destinado ao pagamento dos serviços técnicos, aquisição de material, equipamento e bibliografia necessários ao funcionamento do GT.

A duração do convênio é de seis anos, a partir de 1964.

A seqüência de processos escolhida para o processo de enriquecimento foi o seguinte:

A) Concentração inicial (até 15% - 20%) pelo processo de troca química $H_2O - H_2S$.

B) Concentração intermediária (15% - 20% a 90%) pelo processo de destilação fracionada a baixa pressão.

C) Concentração final (a 99,8%) por eletrólise.

A escolha do processo de troca química $H_2O - H_2S$ para a concentração inicial foi baseada no fato de ser este o processo primário mais adequado para as condições atuais do Brasil. Há a alternativa da troca química $NH_3 - H_2$, porém tal caminho apresenta a dificuldade de exigir enormes quantidades diárias de amoníaco, do qual

é extraído o deutério. Na época atual, o Brasil ainda é carente de uma grande produção de NH_3 .

O GT-D₂O, entretanto, resolveu desenvolver estudos sobre o método do amoníaco, em paralelo com o do H_2S , tendo em vista encontrar-se em marcha uma apreciável ampliação de nosso que produtor de NH_3 .

1.2 .Situação atual e trabalhos realizados em 1967

a) Troca química $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{S}$ - Até o momento, a concentração inicial é a parte dos trabalhos do GT-D₂O que mais problemas vem apresentando. No final do primeiro semestre de 1967, a equipe sentiu a necessidade de alterar radicalmente o curso de suas atividades, por ter chegado à conclusão de que a instalação de laboratório que fôra montada não apresentava condições de fornecer os dados práticos desejados. Em consequência, as torres foram desmontadas.

Os estudos do processo continuam no sentido de levantar as características que mais atendam às condições brasileiras.

b) Destilação da água - Foi encomendada à indústria nacional uma instalação de colunas de destilação de vidro capazes de operar a vácuo. Espera-se iniciar a montagem e operação no próximo ano,

Paralelamente foi analisada a possibilidade e o interesse em se montar experiências de laboratório destinadas a estudar as características dos diversos tipos de enchimento, para obter melhores condições de operação.

c) Processo eletrolítico - No início do ano foi posta em funcionamento uma instalação eletrolítica de laboratório. Esta instalação consta de doze células de modelo industrial reduzido, distribuídas em dois estágios e arrefecidas.

Durante o ano, o funcionamento da instalação de eletrólise sofreu diversos contratemplos, devidos a falhas de funcionamento e defeitos. Apesar destas interrupções, entretanto, foi possível conseguir 2,2 litros de água a 21N, com o consumo total de 740 kWh.

Na experiência de queima de gases para a recuperação do deutério, houve uma explosão na tubulação de gás, causada por uma interrupção inesperada do fornecimento de energia elétrica. Com a experiência adquirida foi possível dimensionar uma linha para a operação de queima com segurança.

d) Laboratório de análises - O laboratório de análise tornou-se perfeitamente apto, no decorrer do ano, a controlar as diversas fases de enriquecimento de água em D_2O .

2. ENRIQUECIMENTO DE URÂNIO

2.1 Histórico

Em 1958 a CNEN adquiriu três ultra-centrífugas (do modelo alemão denominado ZG3) a fim de iniciar suas experiências sobre separação dos isótopos de urânio e argônio. Os aparelhos foram instalados no Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo.

Durante a realização das experiências, desde essa data, nenhum acidente sério se verificou com as três centrífugas; todavia, diversas dificuldades surgiram no desenvolvimento deste programa de pesquisas; todas, porém, foram resolvidas.

A 30 de março de 1966 conseguiu-se realizar, pela primeira vez no Brasil, um enriquecimento de urânio. Obteve-se um fator de separação de 1,05, ao qual corresponde um fator de separação parcial, relativo ao gás de composição isotópico natural, de 1,025, ou seja, um enriquecimento de 2,5%. No decorrer da experiência, a centrífuga funcionou perfeitamente durante 12 horas, nada de anormal tendo sido observado durante as 7 horas de passagem contínua do gás através da máquina com uma alimentação de 0,007 g/min na pressão axial de 03 Torr.

As experiências de enriquecimento estático, realizadas com uma vazão muito pequena do hexafluoreto através da máquina, 0,003 g/min, tiveram por finalidade o estudo do processo de separação em condições de equilíbrio para uma dada quantidade de gás presente no rotor. Nestas experiências foi investigada a dependência entre o fator de separação e a diferença de temperatura entre as tampas do rotor; o melhor fator de separação obtido (correspondente a

um enriquecimento de 9,2% em relação à composição isotópica normal), ocorreu a uma diferença de temperatura de 20°C a 21°C entre as tampas do rotor.

Nas experiências de enriquecimento dinâmico, o fator de separação foi investigado em condições de produção da centrífuga, isto é, em função da vazão do hexafluoreto de urânio que atravessa o rotor. Como era de esperar constatou-se que o fator de separação diminui com o aumento da vazão de alimentação.

2.2 Situação atual das ultra-centrífugas

A instalação de ultra-centrífugas cumpriu a primeira fase de sua missão, a saber, a investigação de todos os problemas tecnológicos que possam surgir. Entre os principais problemas detectados podem-se citar: a) reação química do UF₆ com o vapor de óleo presente nos labirintos e com o material dos anéis de vedação, principalmente no labirinto inferior; b) mistura da fração empobrecida com o gás de composição isotópica natural por passagem pelo anel de vedação.

Novas experiências foram montadas, com alterações nas ultracentrífugas, a fim de tentar contornar estas dificuldades.

3. TRATAMENTO DE MINÉRIOS DE URÂNIO

3.1 Histórico sobre os minérios de Poços de Caldas

Os primeiros passos para a industrialização do caldasito de Poços de Caldas foram tomados em 1953 no âmbito do Conselho Nacional de Pesquisas. Pretendia-se a construção de duas usinas.

USINA I - processamento mecânico e químico do caldasito até a obtenção do uranato de sódio;

USINA II - processamento químico e metalúrgico do uranato de sódio até a obtenção do urânio metálico.

Com a criação da Comissão Nacional de Energia Nuclear, em 1956, os trabalhos foram levados avante com a aquisição da área industrial, construção de vias de acesso, instalação de energia elétrica, água industrial, construção do primeiro pavilhão e fundações dos restantes.

As obras das usinas foram paralizadas em outubro de 1961, por decisão da Comissão Deliberativa da CNEN, alegando-se falta de conhecimento das reservas potenciais de jazidas e inexistência de um projeto completo para cálculo do investimento necessário.

Êstes dois itens não permitiriam obter uma conclusão sobre a viabilidade econômica do projeto, em particular, sobre a possibilidade de amortização do investimento. Um dos itens fundamentais destas tentativas era a obtenção do urânio como produto principal do processamento industrial.

Em face das mudanças havidas nas condições econômicas (grande procura atual do óxido e sais de zircônio), decidiu-se, em 1966, recomeçar os estudos sobre esta industrialização. Os estudos preliminares indicaram que se encontraria, possivelmente, excelente performance econômica para o conjunto industrial. No entanto, a mudança de filosofia do empreendimento foi capital: pretende-se industrializar o zircônio como produto principal, considerando o urânio como sub-produto, além de diversificação das linhas de produção, objetivando a industrialização das reservas minerais do Morro do Ferro, considerando as terras raras como produto principal e o tório como sub-produto.

Existem, na pior das hipóteses, as seguintes reservas em Poços de Caldas:

Caldasito :		100 000 ton
Bastnaesita :	Morro do Ferro Minério	6 000 000 ton
	Terras raras	300 000 ton
	Tório (em ThO ₂)	35 000 ton
Urânio :	Morro do Agostinho e Morro do Taquari em prospecção	

A CNEN tem em estoque, cerca de 22.250 ton de caldasito o que representaria cerca de 80 ton de U₃O₈ e mais de 10.000 ton de zircônio.

3.2. Atividades em 1967

a) Administração de Produção da Monazita - Na APM foram desenvolvidos estudos, em bancada, dos métodos de tratamento de vários minérios uraníferos de interesse da CNEN. Assim, foram recebidas e tratadas amostras de caldasito, minérios dos morros do Agostinho e Ferro, e outros minerais.

Tendo os trabalhos sobre o caldasito apresentado resultados satisfatórios e sendo este minério de interesse prioritário para a CNEN, resolveu-se construir uma usina piloto, baseada no processo ácido de ataque. Completados os trabalhos de montagem das usinas, foram elas inauguradas a 5 de julho.

Paralelamente, foi feito um estudo sobre o tratamento alcalino do mesmo minério, mediante contrato com o Instituto de Química da PUC. Os resultados levaram, também, à construção de um pequeno piloto.

b) Instituto de Energia Atômica - Visando uma solução mais econômica para o problema de dissolução do caldasito para a recuperação e separação de todos os seus constituintes, foram realizadas experiências preliminares, sobre a dissolução em determinados sistemas não aquosos. Os resultados qualitativos obtidos foram animadores, principalmente do ponto de vista do baixo custo da dissolução.

c) Instituto de Pesquisas Radioativas - Paralelamente aos trabalhos de prospecção de urânio e torio em Araxá, o IPR realizou diversos ensaios de laboratório com esses minérios visando extrair o urânio. Foi constatado que o minério de teor mais elevado (0,1% de U_3O_8 e geralmente autunítico) oferece extratibilidade variando entre 70 e 95%. No minério de teor mais baixo, o urânio está intimamente vinculado ao nióbio e a extração com ácidos fracos é baixa. Nesse caso, a recuperação fica dependendo da concentração prévia do mineral de nióbio.

4. PURIFICAÇÃO DE URÂNIO E TÓRIO

Tanto o combustível nuclear, como outros materiais empregados na construção de reatores, especialmente na sua parte pró

própriamente "nuclear", devem apresentar extremo grau de pureza, que se costuma denominar de "pureza nuclear". No caso do urânio e do tório, já foram desenvolvidos no País métodos de purificação. O IEA está construindo duas usinas piloto para tratamento de sais de urânio; uma que trabalhará segundo a técnica de "troca iônica" (desenvolvida pela Divisão de Radioquímica do IEA) e outra que operará segundo a técnica de extração com solventes (desenvolvida pela antiga Orquima S/A, sob contrato da CNEN). Esses pilotos deverão ser postos em funcionamento no próximo ano, com a finalidade principal de aperfeiçoar as duas técnicas e de permitir uma comparação econômica de ambas, visando obtenção de elementos para o projeto final e construção (pelos setores competentes) de instalações industriais para purificação, em nível nuclear, de sais de urânio. Um novo piloto, para produção de tetrafluoreto de urânio nuclearmente puro, está em fase de projeto, devendo sua construção ser iniciada em 1968. Os dois primeiros pilotos deverão, em seguida, ser utilizados para estudos relacionados com a purificação de sais de tório e poderão servir para estudo de outros materiais nucleares.

Diversos projetos estão sendo conduzidos na Divisão de Engenharia Química do IEA com este objetivo, tendo-se trabalhado, em 1967, principalmente nos seguintes:

4.1. Transformação de concentrados de urânio e tório em produtos nuclearmente puros.

a) Foi continuado o estudo da dissolução do diuranato de sódio (DUS) bruto, levando-se a efeito numerosas experiências, em escala de laboratório, com objetivo de obter dados complementares. A dissolução do material de partida, diuranato de sódio bruto fornecido pela APM, foi reestudada de modo a poder ser feita fracionalmente, permitindo uma pré-purificação já na etapa de dissolução ácida. Com esta técnica de dissolução, foi possível obter soluções límpidas de nitrato de uranila com melhores condições de filtrabilidade e maior economia do processo. As seguintes vantagens são conseguidas pela técnica da dissolução fracionada, comparada com a dissolução total de DUS; A - eliminação da etapa de calcinação do DUS a 450°C; B, - dissolução direta do DUS na forma original fornecida pela APM; C - digestão ácida feita a temperatura mais baixa, 70-80°C; D - digestão ácida do DUS em tempos menores; E - a solução de nitrato de uranila assim obtida pode alimentar as duas usinas piloto. Paralelamente, foram determinados os fatores de descontaminação pa

para tório, terras raras, fósforo, silício e ferro.

b) Purificação de urânio por troca iônica: Foram contnuados os estudos de purificação de urânio por troca iônica, utilizando-se colunas de vidro com 500 ml de resina.

c) Emprêgo do leito móvel - Foi projetada, construída e entreu em operação pequena coluna provida de sistema helicoidal para experiências com troca iônica, tendo a coluna características de leito móvel. Estes estudos têm, entre outras finalidades, as seguintes: A - tornar o processo da troca iônica dinamicamente contínuo; B - procura de outro eluente para o urânio, para se evitar a coprecipitação do ion sulfato no diuranato de amônio; C - eliminação das operações de retrolavagem do leito fixo de resina; D - aplicação do método a sistemas de soluções não clarificadas, isto é, soluções contendo certa percentagem de suspensões (sílica, insolúvel, etc), o que não é possível no processo de leito fixo. Como eluente, foi escolhido o carbonato de amônio, sendo realizadas experiências à temperatura ambiente e a 50 e 60°C. Os resultados são bastante animadores.

4.2 Transformação de concentrados de tório em produtos nu- clearmente puros

a) Extração por solvente em misturadores-decantadores - Foram feitos estudos de purificação de sais de tório, em escala de laboratório, pelo processo de extração com TBP - varsol, usando-se um conjunto misturador-decantador construído no IEA. Para a extração foi usada matéria prima fornecida pela APM, inicialmente nitrato de tório de grau comercial. Foi estudada a extração em 4 estágios, em contra-corrente. A lavagem da fase orgânica saturada com nitrato de tório foi lavada com nitrato de amônio-ácido nítrico, em três estágios. A reextração do tório da fase orgânica foi feita por dois processos: contactação com ácido sulfúrico, aplicando-se o método anteriormente desenvolvido por Krumholz e Brill e extração com água, com posterior precipitação do tório com ácido oxálico. Estes estudos tiveram como finalidades o treinamento do pessoal, o conhecimento da tecnologia e a purificação de pequenas partidas de sais e óxido de tório de elevada pureza química para as Divisões de Metalurgia e de Física Nuclear.

b) Estudos de transformação de sulfato de tório em carbonato de tório, por troca iônica - A transformação de sulfato de tório, em óxido de tório é feita, usualmente, passando-se pelo hidróxi-carbonato de tório. Para isso, o sulfato de tório cristalizado é tratado com mistura de hidróxido e carbonato de amônio, o precipitado é filtrado e lavado exaustivamente para eliminar o sulfato. Finalmente o precipitado é secado e calcinado a ThO_2 . O óxido assim obtido contém, sempre, dependendo das temperaturas de calcinação, quantidades variáveis de sulfato. Com a finalidade de se obter um produto completamente isento de sulfato, foi iniciada a transformação do sulfato de tório em carbonato de tório, por troca iônica. O sulfato de tório cristalizado é contactado com uma resina catiônica forte, sendo quantitativamente transferido o tório para a resina. Esta é lavada com água e, em seguida, eluída com carbonato de amônio. O carbonato de tório obtido, solúvel, é precipitado por adição de hidróxido de amônio. O ThO_2 que resulta é livre de íon sulfato.

c) Oxalato de tório - É fato conhecido que a precipitação de oxalato de tório, ao contrário do que ocorre com a de oxalatos de lantanídeos ou misturas de lantanídeos com tório, apresenta dificuldades em relação à filtrabilidade. É usual a técnica de precipitação de oxalato de tório por adição de ácido oxálico em soluções aquecidas de sais de tório, devendo a mistura ter sua temperatura elevada até a ebulição, seguida de um resfriamento até a temperatura ambiente e mesmo mais baixa, para depois se processar a filtração. Foram iniciados estudos visando a precipitação de soluções de nitrato de tório obtidas pelo processo de extração com TBP-varsol, com ácido oxálico, a temperatura ambiente. Os resultados obtidos foram animadores, precipitando-se o nitrato de tório diretamente extraído com água da fase orgânica TBP-varsol, usando-se ácido oxálico, em temperatura ambiente. O oxalato obtido filtrou muito bem e, calcinado, deu lugar a um óxido de boas características. As primeiras experiências foram realizadas com emprêgo de algumas gramas de material; passou-se a seguir para a casa de quilogramas, reproduzindo-se muito bem os resultados. Os estudos deverão ter prosseguimento para exame da possibilidade de uso industrial.

d) Compostos de tório de alta pureza - Foram preparadas diversas amostras de sulfato de tório cristalizado, de elevada pureza, para uso nas Divisões do IEA, assim como soluções de nitrato de tório para eletro-deposição de tório em suportes metálicos. Foi preparado, também, oxalato de tório (2,5 kg) de elevada pureza, par

partindo de nitrato de tório comercial fornecido pela APM; o material foi transformado em óxido de tório pela DMN.

4.3 Tetrafluoreto de urânio; estudos preliminares para a instalação da usina piloto.

Foram feitos estudos preliminares para o projeto de uma instalação piloto de produção de tetrafluoreto de urânio nuclearmente puro que podem ser divididos em três partes: A - projeto e construção de equipamento para estudos cinéticos da reação $UO_2 + UF_4(g)$; B - projeto e construção de equipamento para estudo da dinâmica de um sistema fluidizado dos sólidos envolvidos na reação; C - projeto da instalação piloto.

a) Estudo cinético de hidrofluoretação - Para estudar a cinética de hidrofluoretação de pós de UO_2 de diferentes características com fluoridreto, foram projetados e construídos um reator químico e acessórios, e providenciada a aquisição de materiais necessários. O equipamento construído é bastante versátil e presta-se à contactação entre pequenas cargas de sólidos e fases gasosas, na faixa de 25 a 800°C e de 0 a 45psig de pressão do gás.

b) Estudo dinâmico da fluidização - Para estudo das características dos sistemas fluidizados de pós de UO_2 e UF_4 , foi projetado e construído um protótipo de reator químico a ser usado na instalação piloto de UF_4 . O reator químico para estes estudos foi inteiramente construído com materiais transparentes na zona de fluidização e permitirá o estudo e observação das características de fluidização. Estes estudos visam, em primeiro lugar, a obtenção de dados experimentais tais como perda de pressão através do leito, densidade do leito fluidizado, velocidades mínimas de fluidização, características dinâmicas do leito, ciclones para a separação do pó arrastado, alimentação por roscas transportadoras, potência do motor de agitação, distribuidores para o gás fluidizante e outros.

c) Projeto da instalação piloto - Esta fase do programa foi iniciada quase que simultaneamente com os estudos anteriores, baseada na experiência prévia adquirida por engenheiro da Divisão em estágio na Universidade da Califórnia. Todavia, o detalhamento final do projeto somente poderá ser feito após a conclusão dos estudos preliminares mencionados acima. Para o projeto já foram preparados

um fluxograma geral do processo e vários outros desenhos de localização e distribuição de equipamentos, assim como desenho do painel gráfico de controle e painéis adicionais.

Grande parte dos equipamentos necessários as usinas piloto, como tanques, misturadores, redutores de velocidades, estrados metálicos, reatores químicos, válvulas, filtros, trocadores de calor e outros acessórios, foram projetados pela DEQ e executados pela indústria nacional.

5. ELEMENTOS COMBUSTÍVEIS

Uma vez obtidas sais de Urânio com pureza nuclear, há que transformá-los em "elementos combustíveis". Há grande variedade de tipos de elementos. A Divisão de Metalurgia Nuclear do IEA vem realizando esforço progressivo e contínuo nesse setor. Começou-se pela tecnologia de elementos combustíveis destinados a reatores de pesquisa e unidades subcríticas, nos quais a temperatura é relativamente baixa. Assim, foi desenvolvida a tecnologia de fabricação de elementos combustíveis para o reator tipo Argonauta, em funcionamento no Instituto de Engenharia Nuclear, e que emprega urânio enriquecido a 20% (arrendado pela USAEC), e no qual o combustível é representado por dispersão de óxido de urânio em pó de alumínio; desenvolveu-se, também, a técnica da produção de pastilhas de óxido de urânio de média densidade, utilizadas como combustível na unidade sub-crítica RE-SUCO, cedida à Universidade Federal de Pernambuco; etc. Estão sendo iniciados estudos para produção de elementos combustíveis tipo "liga" (liga alumínio-urânio), visando a fabricação de elementos combustíveis para o próprio IEA R1. Não tem sido descurado o problema da produção de elementos combustíveis metálicos e também de combustíveis cerâmicos de alta densidade.

Diversos projetos foram conduzidos neste sentido, em 1967:

5.1 Cerâmica nuclear

Prosseguiram os estudos tecnológicos referentes à produ

produção de peças e materiais cerâmicos e "cermets" de interesse para a pesquisa e desenvolvimento de elementos combustíveis, destinados, principalmente, a reatores de pesquisa. Foram levados a efeito estudos visando a produção de pastilhas de UO_2 a partir de pós produzidos sob diferentes condições, para determinação das condições de compactibilidade e de sinterabilidade a médias e elevadas temperaturas, e influência no tempo de sinterização. Objetivou-se, também, a melhoria das condições de produção de pastilhas e de peças anulares de UO_2 e o treinamento de novos pesquisadores da Divisão. Paralelamente, prosseguiram os estudos experimentais para produção de pastilhas de UO_2 de alta densidade, procurando-se estabelecer as características que devem apresentar os pós utilizados e a influência de outras variáveis, e iniciados estudos sobre produção de pastilhas de soluções sólidas de UO_2-ThO_2 , examinando-se a influência das condições de obtenção dos pós de ThO_2 e as de condicionamento das cargas sobre os característicos do produto .

5.2. Produção de urânio metálico e produção de barras fundidas sob vácuo de ligas de urânio para fabricação de elementos combustíveis .

Durante o primeiro semestre, procedeu-se à instalação de um forno e da casa de força correspondente. O forno exigiu montagem particularmente elaborada, pela presença de grande número de circuitos auxiliares e de proteção. Os ajustes e provas foram realizados no segundo semestre, inclusive construção de dispositivos de levantamento da base do forno, onde se apoiarão as lingoteiras .

Também estão em desenvolvimento pesquisas tecnológicas visando : A - estudo das variáveis de operação para a produção de barras de urânio de moldagem múltipla, com o objetivo de desenvolver a tecnologia de elementos combustíveis de urânio metálico contendo ou não elementos de liga; B - estudo de obtenção de lingotes destinados à transformação mecânica, principalmente por forjamento rotativo, das principais ligas de urânio; C - estudo da reprodutibilidade dos resultados, tendo em vista, principalmente, determinadas barras para elementos combustíveis . Foram concluídos estudos sobre fusão e lingotagem de urânio sob vácuo, em forno elétrico de laboratório .

Os Estudos experimentais sobre a redução de UF_4 por

magnésio também tiveram desenvolvimento. A obtenção de magnésio com pureza nuclear foi estudada no Departamento de Metalurgia da Escola Politécnica e o produto obtido utilizado nos estudos experimentais sobre redução de UF_4 . A tecnologia do processo foi estudada, considerando-se as diferentes variáveis da operação.

5.3 Laminação e forjamento rotativo de elementos combustíveis

Os estudos dos tecnológicos neste setor visam: A - a laminação de ligas de alumínio-urânio, ligas de alumínio para revestimento de elementos combustíveis, tanto em barras de secção retangular como em barras de secção circular; B - o forjamento rotativo ("swaging") de ligas à base de alumínio, inclusive como meio de adensamento para produção de elementos combustíveis contendo poros ou dispersões de óxidos, ou outros compostos e metais; C - solda e montagem de elementos combustíveis, inclusive por dispositivos de fixação; D - Estudos sobre transformação mecânica de urânio e ligas à base de urânio, tendo em vista, especialmente, a fabricação de elementos combustíveis que contenham ou incluam ligas à base deste metal.

5.4 Elementos combustíveis de Urânio metálico, de ligas de urânio e elementos com dispersões oxido-cerâmicas

No sentido de ampliar a experiência do pessoal e aperfeiçoamento dos meios de produção e controle, objetivando melhor reprodutibilidade dos resultados experimentais na fabricação de elementos combustíveis planos e tubulares, prosseguiram os estudos sobre a fabricação de elementos combustíveis constituídos por pastilhas cerâmicas e por dispersões metal-óxido, estes produzidos tanto pelo processo de "moldura", como por co-lingotagem.

Foram também realizados estudos visando a fabricação de elementos combustíveis planos, com revestimento de liga de alumínio e contendo não um, mas vários "cermets" de dispersão de alumínio em U_3O_8 . Os resultados são bastante satisfatórios e poderão levar à construção de elementos combustíveis de maior resistência às deformações ocasionadas pelas tensões de trabalho, térmicas e de outra natureza, que podem inutilizar, ou, pelo menos, prejudicar acentuadamente elementos combustíveis convencionais, dotados de um "cermet".

Tiveram prosseguimento as pesquisas tecnológicas relacionadas com a fabricação de elementos combustíveis planos contendo "cermets" com elevado teor de U_3O_8 , chegando-se a resultados bastantes interessantes. Dentro desta mesma linha, foram iniciados estudos de fabricação desse tipo de elementos combustíveis, empregando-se como revestimento a liga Al-81001. Esta liga apresenta resistência à corrosão em água, consideravelmente maior do que a liga Al-1100 que vem sendo utilizada em vários tipos de elementos combustíveis.

Foram iniciados estudos visando a fabricação de elementos planos, com liga de Al-U, revestidos com liga de Al. Objetivaram esses estudos levar a DMN a fabricar os elementos combustíveis para o IEAR-1. O assunto, até o momento, não havia sido considerado, uma vez que o preço dos elementos combustíveis era considerado relativamente baixo; entretanto, durante o ano, esse preço foi duplicado e há indicações de que aumente para o futuro.

5.5 Inspeção e Ensaios

A DMN está prosseguindo a instalação de facilidades para a inspeção e ensaios de elementos combustíveis e, ao mesmo tempo, desenvolvendo os processos metalográficos de controle. Foram realizados estudos metalográficos de urânio metálico e de ligas à base de urânio, especialmente Al-U. Programou-se a aquisição dos equipamentos necessários para que o setor possa bem desenvolver suas atividades.

6. OUTRAS PESQUISAS

6.1 Prosseguiram, no IPR, trabalhos sobre sinterização de óxido de berílio. No entanto, dificuldades de obtenção de equipamento adequado impediram, neste ano, a produção dos 50 kg de óxido puro que haviam sido previstos.

Na APM foram realizados estudos de solubilização de xenotima e preparação de sais de ítrio isentos de urânio e torio.

VI - RADIOISÓTOPOS

1. Panorama Geral
2. Instituto de Energia Atômica
3. Instituto de Pesquisas Radioativas
4. Instituto de Engenharia Nuclear

1. PANORAMA GERAL

Atualmente a produção nacional de radioisótopos supre cerca de 50% da demanda (em valor), principalmente pelo reator IEA-R1 de São Paulo. As importações em 1967 totalizaram cerca de 2.100 mCi, principalmente de Co-60, Fe-59, Ra-226 e S-90.

A CNEN estima que um total de 185 entidades do País já utilizem radioisótopos, sendo o maior número concentrado em São Paulo, Guanabara, Minas Gerais e Rio Grande do Sul. As aplicações cobrem principalmente os campos de medicina, indústria e agricultura.

Na medicina, os usuários podem ser classificados segundo o quadro seguinte:

	Diagnóstico	Terapia	Pesquisa	Ensino	Total
Hospitais Públicos	10	12	5	1	28
Clínicas Particulares	13	30	15	2	60
Faculdades	13	13	20	12	58
Total	36	55	40	15	146

Na indústria a classificação pode ser a seguinte:

Produto	Medidas	Gamagrafia	Traçador	T o t a l
Fumo	1			1
Têxteis	1			1
Papel	2			2
Plásticos	4			4
Cimento	1			1
Metais		7		7
Química			1	1
Total	9	7	1	17

As aplicações na agricultura são desenvolvidas principalmente no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Piracicaba). Há pesquisas em desenvolvimento também em Lavras e Viçosa (através do IPR), e outras a serem desenvolvidas na Universidade Rural do Rio de Janeiro (através do IEN), em Pernambuco e Rio Grande do Sul.

2. INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA

2.1 Divisão de Radiobiologia

As atividades desta divisão podem ser distribuídas em dois grupos: Aplicações Médicas de Radioisótopos, e Radiofarmácia.

a) Aplicações médicas de radioisótopos: As atividades

desenvolvem-se principalmente no Laboratório de Radioisótopos que o IEA mantém em cooperação no Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina, no Laboratório de Radioisótopos do Hospital do Servidor Público Estadual e no próprio IEA.

a.1) Atividades do Laboratório de Radioisótopos no Hospital das Clínicas - O Laboratório de Radioisótopos funciona no 8º andar do HC, junto à la. Clínica Médica. Todo o pessoal da la. CM colabora com os trabalhos do Laboratório e este serve não só à la. CM, mas à maior parte das Clínicas do HC, destacando-se a 3a CC, a Clínica Neurológica, etc. Um laboratório desse tipo deve necessariamente realizar trabalho de rotina, pois é dessa rotina que serão separados os casos interessantes para pesquisa.

O total de provas realizadas durante o ano de 1967 foi de 8.860, principalmente de captação de radioiôdo pela tireóide e mapeamentos tireoidianos. A análise do movimento global do Laboratório acusa um sensível incremento no número de provas não relacionadas com a função tireoidiana, traduzindo uma ampliação do número de provas postas em rotina, em consequência da passagem do estágio de pesquisa para o de rotina. Comparando-se com os dados do ano anterior, verifica-se que houve um decréscimo do número de provas de função tireoidiana; o fato, que foi objeto de exame por parte do pessoal do Laboratório e da la.C.M., levou à conclusão de que já foi ultrapassada a fase em que os médicos do Serviço de Endocrinologia pediam, sistematicamente, para todos os pacientes, várias provas de função com material radioativo. Este fato traduz uma evolução; os pedidos de exame são feitos apenas para os casos em que, realmente, a metodologia isotópica pode trazer algum esclarecimento ao diagnóstico. Assinale-se que evolução desse tipo ocorreu junto aos serviços de endocrinologia em todo o mundo.

São as seguintes as provas feitas como rotina no Laboratório de Radioisótopos: Tireóide - Captação de I-131 pela tireóide; mapeamento tireoidiano; prova de depressão a prazo curto e de depressão prolongada; provas de estímulo pelo TSH; Prova do Reflexo de Aquiles (com equipamento construído pelo IEA); Prova do percurso; mapeamento linear; mapeamento de corpo inteiro para localização de metastases de tumores da tireóide - fígado - Depuração de rosa-bengala I-131; depuração de oucoloidal Au-198; fluxo sanguíneo hepático; mapeamento hepático (com Au-198 coloidal e outros co

colóides "marcados") Absorção intestinal - Absorção de ácido oléico I-131; absorção de trioleína I-131; absorção de vitamina B-12 (com Co-60/Co-57); excreção fecal de rosa-bengala I-131; excreção fecal de albumina humana marcada com Cr-51 ou com I-131. Aparelho urinário-Renograma isotópico (hippuran I-131); mapeamento renal (hippuran I-131 e neohydrin Hg-203); determinação do fluxo sanguíneo renal (hippuran I-131). Sistema nervoso central - Mapeamento cerebral (A.H. I-131); mapeamento dos espaços subaracnoidianos e cavidades encefálicas (A.H. I-131). Aparelho respiratório - Mapeamento pulmonar com macro-agregados de A.H. I-131. Água e eletrólitos - potássio permutável; sódio permutável; bromo-espaço-bromo; água: água total (H-3). Hematologia - Sobrevivência de eritrócitos (Cr-51) e cinética de ferro (ferro (Fe-59); volume plasmático (S.A.H. I-131); massa eritrocitária. Estudos cinéticos - Metabolismo da albumina I-131; metabolismo de cálcio.

Entre as atividades de pesquisa destacam-se: - A - Ação da clorpropamida sobre a função tireoidiana - Partindo da presunção teórica de que a clorpropamida é capaz de determinar bloqueio em determinadas fases da biosíntese hormonal e do fato de ter sido publicada na literatura médica uma maior incidência de hipotireoidismo em diabéticos tratados a longo prazo com a clorpropamida, resolveu-se estudar mais detalhadamente o problema. As pesquisas vêm se desenvolvendo desde o ano anterior e orientaram-se em várias direções. Até o presente, foi possível coligir material comprobatório do seguinte: *) A clorpropamida determina crônica e agudamente bloqueio parcial da formação de iodotirosinas (prova de perclorato positiva) e da formação de tironinas iodadas (cromatografia com alterações quantitativas); **) O uso prolongado da droga, embora permitindo revelar alterações da biosíntese hormonal, até o presente não permitiu estabelecer a instalação de quadros de hipotireoidismo clínico; ***) O estudo do material humano reunido, sugere como provável que o diabético crônico e idoso apresente uma alteração de função tireoidiana independente do uso de clorpropamida, mas decorrente da própria moléstia, na hipotética dependência de lesões arteriolas. Este aspecto está, também, sendo investigado paralelamente. B) - Estudo de um protótipo de contador de corpo inteiro - Este projeto iniciado em fins de 1966, foi desenvolvido e o aparelho construído e amplamente testado em circunstâncias as mais variadas e com diferentes finalidades, tais como: estudo da cinética da albumina I-131; determinação do Na-24; idem do potássio permutável (K-42) e do bromo (Br-82) (espaço bromo) provas de absorção intestinal de gorduras, distribuição sistêmica de gorduras marcadas etc. Para as doses de material marcado, empregadas em provas cinéticas, a eficiência é suficiente, mesmo com o uso de único cristal 3" x 3". O

uso de cristais maiores permitiria emprêgo de menores doses e o acompanhamento do paciente por maior tempo. Foi desenhada blindagem complementar que permitiu redução sensível da contagem residual e melhorou bastante as condições de emprêgo do instrumento. C - Estudo de prova diagnóstico para as atresias das vias biliares - Em processeguimento e programa iniciado no ano passado e que conta atualmente com boa casuística, está em estudos prova de eliminação de rosa-bengala I-131 pelas vias biliares, como elemento diagnóstico da atresia das vias biliares. D) - Nódulos tireoidianos autônomos - Este assunto vem sendo objeto de estudos pelo grupo do Laboratório de Radioisótopos, desde há algum tempo, sendo examinado sob diferentes aspectos (inclusive anátomo-patológico), tendo permitido o estabelecimento de conceito adequado de nódulo tireoidiano autônomo e de seus sub-grupos. Foram estudados, até o presente, cerca de 250 pacientes, com análise de seis parâmetros tireoidianos. Em todos os casos foram realizadas provas de depressão e de estímulo, e feito estudo radiocromatográfico dos compostos iodados de tecido nodular e paranodular. E) - Biópsia rotatória da glândula tireóide - O trabalho está sendo desenvolvido em duas fases: a primeira, iniciada já em 1966, consistiu em estudo da viabilidade da técnica, seus detalhes, suas indicações. A segunda fase, em desenvolvimento, tem como objetivo estabelecer se a biópsia rotatória poderá aumentar a possibilidade de diagnóstico do carcinoma de tireóide, pela biópsia dos nódulos cintilográficamente frios. F) - Estudo dos espaços subaracnoidianos e das cavidades do sistema nervoso central - O objetivo deste estudo é duplo; de um lado, pretende-se fixar o valor diagnóstico do mapeamento dos espaços subaracnoidianos e das cavidades do sistema nervoso central e, de outro, investiga-se a distribuição da albumina marcada com I-131 (que é o indicador usado) no líquor, compartimento amostrável e, portanto, de grande valor no próprio controle do estudo compartimental da albumina. Os resultados obtidos com o emprêgo do soro albumina humana marcada com I-131 para o mapeamento das cavidades do sistema nervoso central (ventriculocintilografia), das cisternas e dos espaços subaracnoidianos do encéfalo e do canal raquidiano (mielocintilografia) são muito interessantes. G) - Eritrosina B - Levado por publicação recente sobre o emprêgo da eritrosina B (uma eosina iodada) como contraste radiológico para visualização do pâncreas, idealizou-se empregar a droga marcada com I-131 para o mesmo fim. A substância foi marcada nos laboratórios da DRB com alta atividades específica e ensaiada em ratos quanto à distribuição em órgão em função do tempo. Contrariamente ao que consta na literatura como ocorrendo no homem, verificou-se que a substância se concentra ativamente no fígado e muito pouco no pâncreas do rato. Seu comportamento é muito parecido com o da rosa-bengala, da qual é "parente" químico muito

próximo. Dada esta característica e o aspecto das curvas iniciais, está sendo estudada em cães, para empregos em substituição à rosa-bengala, pois a curva se apresenta, por hora, mais simples. Nos ratos demonstrou-se alta ação fotosensibilizante. Tratando-se de droga nova, haverá necessidade de cuidadosos estudos em animais antes que se possa preconizar seu emprego seguro em "anima nobili".

H) - Trabalhos relacionados com transplantes de órgãos - Grupo da Clínica Urológica - Transplantes renais no Homem - Tem-se colaborado com o grupo de transplantes renais da Clínica Urológica, realizando a determinação do fluxo sanguíneo renal no doador antes e após a nefrectomia para elucidar fato constatado de variações sensíveis do fluxo sanguíneo no indivíduo normal após a ablação de um rim. Por outro lado, graças à produção de lipiodol I-131 (na própria DRB), em doses elevadas, tem sido estudada a maior tolerância dos enxertos pela diminuição do número de linfócitos circulantes decorrente da destruição de parte do sistema ganglionar pelo radioiôdo que é administrado com o lipiodol por via linfática. - Grupo de Técnica Cirúrgica - Transplante de fígado em cães e porcos - Com este grupo, a colaboração é mais intensa, relacionando-se com: a) de terminação de fluxo hepático no fígado transplantado e no do próprio receptor, com emprego de colóide de Au - 198; b) procura de prova de função hepática que permita diferenciar as rejeições que são conseqüentes à lesão hepato-celular das que decorrem de trombose vascular para o que se tem recorrido ao uso de rosa-bengala I-131 e iniciado o uso de eritrosina B; c) estudo das alterações imunológicas determinadas pela injeção intralinfática de lipiodol I-131 em dose desrutiva. Este último aspecto do problema traz como corolário alguns fatos novos: estudo da anatomia radiológica e cintilográfica dos gânglios linfáticos dos cães, estudo da anatomia patológica dos gânglios linfáticos irradiados, estudo da crase sanguínea e estudo das características imunológicas. I) - Estudo das ascites quilosas - No sentido de demonstrar que as ascites quilosas decorrem de uma dificuldade de drenagem do sistema linfático visceral, foram iniciados estudos sobre a absorção de gorduras marcadas e sua distribuição em pacientes portadores de formas diversas de ascite. Foram estudados três casos e as informações colhidas são altamente sugestivas. Dada a raridade de tal afecção e a necessidade de ulterior documentação, os trabalhos desenvolvem-se em ritmo lento, devendo prosseguir por um ou dois anos. J) - Água e eletrólitos - Estão em desenvolvimento estudos sobre a distribuição de água e eletrólitos em diferentes estados patológicos, empregando-se Na-24, Br-82, K-42 e H-3. Nestes estudos muito tem auxiliado o contador de corpo inteiro "clínico" e os processos de cintilação líquida (H-3). K) - Detetor de estado sólido - Com o objetivo de permitir o emprego concomitante de dois

traçadores com espectros não resolvíveis por cristais de cintilação, foi iniciado o estudo do aproveitamento de detetor de estado sólido (Ge-Li). Como primeiro teste empregou-se o sistema para "separar" o Cr-51 do I-131 em determinação da volemia com uso simultâneo dos dois indicadores. Os estudos prosseguem, pois o uso de detetores de estado sólido abre novas perspectivas ao emprego médico de radioisótopos.

a.2) Atividades do Laboratório de Radioisótopos do Hospital do Servidor Público Estadual - Este Laboratório, que mantém colaboração com a DRB, vem realizando provas de função tireoidiana, função renal e hepática e acha-se bastante bem montado, disposto, inclusive, de "câmara de cintilação".

b) Radiofarmácia

b.1) Moléculas marcadas - este grupo é encarregado do desenvolvimento de técnicas de produção e controle de substâncias marcadas de uso médico. No corrente ano, passou-se a atender, aos interessados, em escala reduzida e compatível com as instalações existentes. As substâncias para as quais foram desenvolvidas técnicas de marcação e de controle e que podem ser consideradas como dominadas pelo pessoal, são as seguintes: rosa-bengala I-131; ácido oleico I-131; trioleína I-131; hippuran I-131; sôro albumina humana I-131; macro-agregado de S.A.H. I-131; sôro albumina humana Cr-51; macro-agregado de S.A.H.Cr-51; lipiodol I-131; globulina I-131 etc. Foram levadas a efeito 256 "marcações" para atender a solicitações da própria DRB (L.R) e a outros solicitantes. A "atividade" dos produtos marcados atingiu a 1.650 mCi.

b.2) Novas técnicas - Foi estudada a "marcação" de três novas substâncias: a eritrosina B, o óleo de soja e o telepaque. A eritrosina B é uma tetra iôdo fluoresceína, de estrutura semelhante à rosa-bengala e foi marcada com I-131. O óleo de soja é utilizado por via endovenosa, para fins terapêuticos. Dado a possível interesse médico, está sendo estudada sua marcação com I-131, pois trata-se de molécula característica, em cujas duplas ligações podem ser incorporados halogênios. O problema da "marcação" foi resolvido: está sendo examinado o problema da possível modificação das propriedades frente a agentes emulsificantes (que são usados quando o óleo é usado por via venosa) em decorrência da introdução do halogênio. O telepaque tem certo interesse, por ser substância utilizada como contraste radiográfico para visualização da vesícula biliar; a técnica de

marcação foi desenvolvida e estão sendo feitas algumas provas clínicas para verificação de seu real interesse.

b.3) Outras substâncias - Bromosulfaleína - Por ser substância empregada correntemente em provas de função hepática, tem sido estudada sua marcação, inclusive com S-35. Os resultados são animadores. Outros corante (azul de metileno, azul de Evans, etc.) têm sido objeto de estudos, por eventual interesse clínico. Paralelamente, tem sido estudada a marcação "in vitro" de hormônios tireoidianos, como a di-iôdo tironina (com I-125) e outros, como a insulina, hormônio de crescimento, etc.

b.4) Técnicas de controle - Ao mesmo tempo que são desenvolvidas técnicas de "marcação", o grupo da RF vem realizando progressos nas técnicas de controle dos produtos obtidos, inclusive provas em animais de laboratório.

c) Outras atividades :

c.1) Hormônio de crescimento - estão sendo levados a efeito estudos para a extração de hormônio de crescimento e sua marcação com I-131. Trata-se de substância de alto interesse, quando marcada, para a realização de numerosas provas de alto valor clínico; é difícil de ser obtida comercialmente, e por essa razão decidiu-se levar a efeito extração direta, com a cooperação de serviços da Faculdade de Medicina (que fornecem as hipófises). O trabalho está em desenvolvimento e deverá prosseguir no próximo ano.

c.2) Dosagem radioimunológica de Insulina plasmática, com emprêgo de Insulina I-131 - A "marcação" da insulina com I-131 exige concentrações elevadas de radioiôdo que não são possíveis obter, no momento, no IEA. Nessas condições, estes estudos são realizados com Insulina I-131 adquirida no exterior. A técnica radioimunológica original de Yalow e Berson foi modificada. Paralelamente, está sendo desenvolvida técnica de duplo anticorpo para radioimuno ensaio de insulina; esta técnica por precipitação do complexo antígeno-anticorpo deverá substituir a técnica anterior e, além de ser mais simples, parece levar a resultados mais precisos.

c.3) Estudos imunológicos, com uso de insulina I-131, em dois casos de diabetes resistentes à Insulina.

c.4) Estudo da distribuição do I-131 nos diferentes órgãos da economia animal, em função do tempo. - O estudo foi reali

realizado em ratos Wister, adultos, sendo o I-131 administrado por via parenteral, na dose de 20 mCi. Os animais foram sacrificados em tempos diferentes, após as aplicações, a saber, 10, 30, 60, 90 e 120 minutos. Foram removidos: tireóide, bexiga, rins, fígado, glândulas salivares, estômago e sangue. Os dados foram normalizados para a massa corporal e dose.

c.5) Curva de captação e decaimento do I-131 em tireóide de ratos. - Com fins de treinamento, foi estudada a captação de I-131 em ratos vivos e anestesiados, com e sem uso de colimador, em intervalos de 5 minutos após a administração de I-131 por via parenteral.

c.6) Dosagem de iôdo estável na urina - Para complementar provas feitas com I-131, foi desenvolvida técnica para a dosagem de iôdo estável na urina, introduzindo-se modificações na técnica de Farrel e Richmond. Foi reduzida a temperatura de digestão para 120°C, a fim de evitar a projeção do material para fora do tubo de ensaio, até redução do volume inicial à metade, elevando-se, a seguir, a temperatura a 160°C, até o final da digestão. O método modificado vem sendo empregado com resultados muito satisfatórios.

c.7) Dosagem de iôdo na "dieta pobre em iôdo" do Hospital das Clínicas - Para controle, foi elaborado método para a dosagem de iôdo em alimentos, estabelecendo-se uma dieta pobre em iôdo (verificada experimentalmente) para ser administrada em pacientes nos quais se estudou a cinética do iôdo.

c.8) Estudos de cinética compartimental do I-131, no hipertireoidismo. - O estudo da cinética do iôdo e sua distribuição compartimental é complicado, uma vez que em seu metabolismo verificam-se ciclos de reaproveitamento, sendo necessária a coleta de material em diferentes compartimentos. Realizam-se estudos cinéticos no hipertireoidismo, o que levou a desenvolver técnicas paralelas para separação de compostos iodados nas fezes, bile e sangue, usando filtração em gel-sephadex G-25. Entre os trabalhos em questão, encontra-se estudo sobre a excreção fecal de I-131, em pacientes tireotóxicos tratados com metimazol e propiltiouracil.

c.9) Estudo das causas da regeneração hepática. - Como estudo preliminar ao de efeitos biológicos da radiação, estão sendo realizados estudos sobre possíveis causas da regeneração hepática. Nesse sentido, têm sido desenvolvidas técnicas de hepatectomia, em ra

ratos Wistar, no sentido de averiguar o efeito do jejum prolongado sobre o tempo de aparecimento de mitoses no fígado de ratos hepactetomizados parcialmente, e em regeneração. Parece que o fator alimentar não tem efeito na regeneração; essa a razão de se investigar até que ponto o jejum influencia o processo. O estudo histopatológico mostra que o jejum prolongado aumenta, em alguns momentos, o índice de mitoses em relação aos ratos regenerantes alimentados. Dentro desse mesmo programa, foi desenvolvida técnica de autotransplante de fígado, com relativo sucesso (em ratos Wistar). Ainda dentro desse programa, estão sendo feitos estudos respirométricos do tecido regenerante: peças de fígado regenerante, em fatias, são estudadas no respirômetro de Walburg.

c. 10) Estudos do tumor IEA em ratos McCollum - Nos ratos McCollum do biotério desenvolve-se há 3 anos tumor espontâneo, que foi denominado "tumor IEA" e que vem sendo acompanhado durante os últimos anos. O tumor inicialmente, e nos primeiros dois transplantes, apresentava aspecto fibroso, composto na sua maioria de tecido conjuntivo, com raríssimas células atípicas, malignas, tanto que nos primeiros transplantes feitos, subcutaneamente, levaram cerca de um ano e ano e meio para a "pega". Atualmente, no 4º transplante, a "pega" é rápida e o aspecto histológico denota pouquíssimo tecido conjuntivo e grande quantidade de células tumorais.

c. 11) Marcação "in vivo" da peçonha de Crotalus Durissus Terrificus, com S-35 - Foi verificada a possibilidade da marcação "in vivo" do veneno da Crotalus D. Terrificus, com administração de S-35 sob forma de sulfato. O fato é bastante interessante, pois, geralmente, se admitia que não seria possível tal marcação. O veneno marcado foi utilizado para estudos de distribuição e outros.

c. 12) Conclusão da instalação do contador de corpointeiro e início de calibração - Foi completado o edifício do contador de corpo inteiro e revisto e melhorado o sistema de condicionamento de ar. Foram feitas modificações no sistema de movimentação do cristal e iniciada a calibração, para K-40 e outros radionuclídeos.

c. 13) Histo-patologia - Visando o treinamento de pessoal para estudos sobre histopatologia da radiação, estão sendo levados a efeito, estudos anátomo-patológicos, em tecido tireoidiano de pacientes submetidos a tratamento com radioiôdo e de ratos Wistar que receberam doses elevadas de I-131.

c.14) Estudo do comportamento do I-131, na eletroforese de papel, em presença de diferentes concentrações de insulina estável.

2.2 Divisão de Operação e Manutenção de Reatores

a) Experiências com fontes de Yb-169 destinadas a aplicações em traumatologia e odontologia: - Foram gamagrafadas várias partes do corpo humano (cadáveres) tais como femures, tíbias, maxilares, calcânios, frontais e parietais, em cooperação com a Faculdade de Odontologia da USP. Investigou-se primeiramente a eficiência da gamagrafia na localização de fraturas, deslocamentos ósseos e aspectos anatômicos gerais. A experiência inicial permitiu afirmar que o maior obstáculo é ainda a longa exposição requerida, embora tais exposições tenham sido reduzidas de horas para segundos com a produção de fontes radioativas de alta atividade. Presentemente estas experiências foram interrompidas até a construção de novas fontes usando Ytérbio enriquecido em 10 a 20% no isótopo 168, cuja importação já está sendo providenciada.

b) Gamagrafia de soldas em alumínio - Foram realizados ensaios para testar a eficiência das fontes de Tm-170 na localização de descontinuidades em soldas de alumínio. Foram ensaiadas soldas de diversos tipos (tôpo, vertical, etc.) e em várias espessuras de alumínio. Os melhores resultados foram obtidos em espessuras compreendidas entre 6 e 20 mm, empregando-se filme de granulagem fina. A sensibilidade de 2% nas soldas foi conseguida utilizando-se o intervalo 0,7 a 1,0 de densidade radiográfica.

c) Nomograma para cálculo de exposição - Foi elaborado um monograma para facilitar o cálculo do tempo de exposição para gamagrafias com fonte de irídio-192. Os fatores considerados para esta elaboração foram: a) determinação da exposição (com variação da atividade da fonte e distância fonte-filme); b) determinação da conversão de espessura para materiais diferentes do padrão.

d) Foram realizados diversos estudos teóricos sobre gamagrafia colorida que pode ser aplicada com vantagem sobre a gamagrafia comum, em certos casos, apesar do processamento mais elaborado dos filmes, e iniciados estudos sobre a gamagrafia com filmes polaroides.

e) Medidas de densidade. - Foi projetado e executado um medidor de densidade que se baseia na detecção da radiação gama espalhada. Esse medidor pode ser usado em imersões dentro de materiais ou na superfície dos mesmos. Consiste em uma fonte de $Co-60$ de 10 mCi, separada do detetor por meio de uma blindagem que retem a radiação direta. O espalhamento Compton dos raios gama é usado para se obter o valor da densidade do meio onde o instrumento é colocado. Foi iniciada a calibração do aparelho para três meios diferentes: alumínio, grafite e água. Foram construídas curvas de radiação de fundo e de espalhamento para análise da influência da temperatura ambiente na tensão de funcionamento do sistema de detecção.

f) Medidas de nível. - Foi elaborado projeto para a construção de um medidor de nível usando-se a técnica da fonte pontual. Um dispositivo "on-off" foi projetado e construído e o conjunto encontra-se em fase de provas.

g) Medidas de vazão. - Foi projetado um "injetor" de solução radioativa em tubulações para medida de vazão. O dispositivo foi projetado para injetar "instantaneamente" certa quantidade de solução radioativa, podendo ser usado com o método de contagem integral, método dos picos ou método do decaimento. Foram realizadas algumas provas e introduzidas modificações no projeto original.

2.3 Produção de radioisótopos

Foram desenvolvidos, principalmente, os seguintes trabalhos na Divisão de Radioquímica.

a) Célula de processamento para enxofre-35. - Foi concluída célula de processamento para S-35 com blindagem de lucite, visto que o S-35 é emissor beta puro e na matéria prima usada, o cloreto de potássio, não permanecem atividades gama após o tempo de resfriamento de cinco dias - adotado para o início do processamento. O S-35 está sendo produzido sob forma de ácido sulfúrico ou de sulfato de sódio. Os testes de pureza são feitos por curvas de absorção e por eletroforese.

b) Célula de processamento para I-131 a partir de Te elementar - Durante o primeiro semestre, a maior parte do I-131 foi produzida a partir da irradiação do ácido telúrico em solução. A partir de março passou a ser usada célula para processamento de telúrio elementar, com resultados plenamente satisfatórios. No segundo semestre passou-se a recorrer apenas à ativação do Te elementar na produção do I-131, deixando-se de lado, no momento, a irradiação do ácido telúrico.

c) Estudo para preparação de fósforo de cromo coloidal. - Tiveram prosseguimento os estudos visando melhorar as características do colóide obtido.

d) Estudo da preparação do Tc-99m. - Foram feitos estudos comparativos sobre o rendimento da produção de Tc-99m a partir da irradiação do Mo natural e do U_3O_8 . Chegou-se à conclusão de que o segundo caminho é mais adequado; entretanto, em decorrência do regime de funcionamento atual do IEA-R1 o rendimento é ainda muito baixo para as necessidades de emprego médico.

e) Outros radioelementos. - Foram retomadas as experiências para preparação de Zn-65, por efeito Szilard - Chalmers. O composto irradiado é o oxinato de zinco preparado em laboratório.

f) Célula modelo para processamento de material radioativo. - Foi concluído projeto de célula modelo para processamento de radioisótopos, tendo a firma encarregada entregue o projeto final. Será construída uma célula protótipo de acordo com o projeto a qual, depois de aprovada, servirá de modelo para as células a serem construídas no edifício projetado para processamento de material radioativo.

g) Radioisótopos processados e distribuídos (valores arredondados) :

Tipo	Atividade (mCi)
I-131	45.000
P-32	2.400
Au coloidal	19.000
Cr-51	800
Na-42	45
K-24	160
Br-82	48
S-35	70
Nb-95	0,5

3. INSTITUTO DE PESQUISAS RADIOATIVAS

3.1. Medidas de vazão em rios

Trata-se de trabalhos iniciados em 1966 e que contam com o interesse das Centrais Elétricas de Minas Gerais S/A (CEMIG), que patrocinou a fase inicial do estudo e fornece resultados por métodos convencionais de medida para comparação.

Utilizaram-se dois métodos: o de contagem total e o de amostragem contínua. Como a finalidade principal é a medida de grandes vazões, cuja técnica ainda não foi estabelecida, abandonou-se o método de amostragem contínua, que exigia o emprego de atividades muito elevadas. O método de contagem total, utilizando sondas

de cintilação imersas, permite o emprêgo de atividades menores, pelo aumento obtido através de melhores condições geométricas de contagem.

Os detetores utilizados, colocados no centro do rio e em cada uma das margens, são cintilômetros SPP3 com cristal de NaI ativados com tálio; funcionam como "rate-meters" ou podem ser acoplados a registradores gráficos. No primeiro caso, a curva de passagem do isótopo é obtida ponto a ponto, fazendo-se leituras de minuto a minuto. No segundo caso, basta integrar a curva utilizando-se um planímetro.

O radioisótopo empregado foi o Br-82 (meia vida de 35,7 horas), irradiado no tubo central do reator IPR-R1. Como a atividade específica é irrevelante no caso em questão, pode-se conseguir a pesar do fluxo relativamente baixo, atividades entre 05 Ci e 1 Ci. O manuseio destas atividades exige cuidados especiais; para a sua injeção no rio, foi projetado e construído um flutuador, rebocado por um barco a motor. Isso permite baixar as doses recebidas pelo pessoal no trabalho de campo. O Br-82 é um cation (sofrendo pouco o fenômeno de adsorção); emite vários raios gama de energia relativamente alta, tem boa secção de choque e é muito solúvel em água; tudo isto indica o seu emprêgo em medidas de vazão.

A calibração do detetor é feita em caixa aferida, com capacidade de 20m³. Nesta caixa coloca-se uma alíquota da solução injetada no rio e, mantendo-se as mesmas condições geométricas, obtém-se a resposta do detetor.

Foram realizados entre 10 e 15 testes de campo em três rios diferentes. O primeiro foi o Rio das Velhas, a uma vazão, na época, de 40m³/s. Em seguida, realizaram-se vários testes no Rio Paraopeba; as vazões medidas variavam entre 120m³/s e 60m³/s. Foram testados vários métodos de injeção, buscando-se um modo de diminuir o comprimento de misturamento (que é a variável crítica da medida). Adotou-se finalmente o sistema da injeção contínua transversal ao rio, que deu ótimos resultados. A condição de bom misturamento foi testada empregando-se detetores no centro e na margem do rio. Os tempos de passagem variavam entre 20 e 70 minutos, respectivamente no centro e nas margens. O terceiro rio a ser testado foi o Rio Grande, com vazão, na época, de cerca de 150m³/s, em

Macaia. Este trabalho ainda está em fase preliminar, procurando-se determinar o comprimento de misturamento, já que as fórmulas empíricas existentes, de Hull e de Rimmar, não dão resultados coerentes para vazões desta ordem. Os testes do Rio Paraopeba concordaram, a 5%, com medidas convencionais realizadas no mesmo local. O projeto prevê aumentos de vazão até cerca de $1000\text{m}^3/\text{s}$; para isso, serão iniciados, em princípios de 1968, após o término dos trabalhos no Rio Grande, testes no Rio São Francisco, próximo à represa de Três Marias.

3.2 Medida de vazão em turbinas

Trata-se de um trabalho feito em cooperação com a CEMIG. Procura-se medir a vazão da unidade nº 4 da Usina de Três Marias, em diversos regimes de funcionamento. As vazões variam entre 90 e $150\text{m}^3/\text{s}$.

Foram testados dois métodos de medida, como fase preparatória, em tubulação de 4", com 80m de comprimento, construída no IPR. Empregaram-se os métodos dos picos e o de contagem total. Em seguida foi executado um teste preliminar na Usina de Três Marias, para verificar se o misturamento do radioisótopo era perfeito. Os resultados foram satisfatórios.

O teste final foi realizado em setembro de 1967, fazendo-se cerca de 20 injeções do radioisótopo (Au-198) na tomada d'água, por meio de explosivos. Foram utilizados cinco detetores de cintilação na contagem. Um deles foi usado no teste pelo método dos picos e os outros quatro, imersos no tubo de sucção em tubulações adrede preparadas, no método de contagem total. Três registradores gráficos foram empregados na experiência, que durou cerca de 20 horas. A turbina foi bloqueada, esperando-se que atingisse a estabilidade de potência antes da cada série de injeções. Os detetores foram calibrados em uma caixa especial de concreto, com 10m^3 , construída pela CEMIG.

Os resultados do trabalho foram satisfatórios; Pretende-se realizar um novo teste a fim de verificar as causas de algumas discrepâncias surgidas na utilização do método de contagem total.

Uma possível dificuldade do método, a adsorção do radioisótopo pelas paredes da tubulação (6m de diâmetro), foi verificada em testes de laboratório, utilizando soluções na mesma concentração atingida, em média, na experiência. Verificou-se que a adsorção é desprezível.

3.3 Construção de aparelhos utilizando Radioisótopos

a) Detetor de fumaça utilizando duas fontes de partículas alfa: Este detetor se baseia na ionização do ar e utiliza duas câmaras de ionização ligadas em oposição, uma das quais trabalha na região saturada e outra na região linear. A presença de fumaça perturba o equilíbrio das correntes elétricas nas duas câmaras e dispara o alarma. Foi construído um protótipo deste aparelho e projetada e iniciada a construção de um modelo comercial.

b) Medidor de espessura e nível por retrodifusão gama: Os estudos prosseguem com resultados razoavelmente bons.

c) Foi iniciado o projeto de uma gama-solé.

d) Medidor de densidade eletrônica por retrodifusão beta: Os resultados iniciais não foram de todo satisfatórios mas os estudos prosseguem.

3.4 Desgaste de refratários

Um estudo desta natureza, em cooperação com a Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira; será retomado logo que se refaça o revestimento do misturador de gusa de 700t. Foram preparadas 18 cápsulas de aço inoxidável para conter pastilhas de cobalto. A irradiação das cápsulas, já executada, forneceu 9 pastilhas com 15 mCi e 9 pastilhas com 5 mCi.

Outro estudo do mesmo tipo, para a Cia. Ferro Brasileiro, será realizado logo que se tornar a revestir o misturador de gusa.

3.5 Outros Estudos

Contatos estabelecidos com a Cia. Cimento Portland Cauê levaram ao planejamento de um ensaio de tempo de residência de clínquer em moinho de bolas, que será realizado em breve.

Foi cedido pela Agência Internacional de Energia Atômica um conjunto de contagem para trítio que permitirá vários estudos sobre hidrologia, inclusive a verificação da contaminação de águas superficiais por trítio oriundo de explosões nucleares. Está em fase de montagem o equipamento de eletrólise, para concentração de trítio, e o equipamento de concentração gasosa.

4. INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

4.1 Aplicação de radioisótopos na indústria

Foi iniciada a organização dos estudos, contando com equipamento para medida de umidade e densidade do solo, dispositivo para radiografia industrial e um irradiador de cobalto 60.

4.2 Aplicação de radioisótopos na agricultura

Foram feitos contatos com a Universidade Federal do Rio de Janeiro, que se dispõe a manter convênio com a CNEN. Foram feitos também estudos de absorção de nutrientes, determinação de micronutrientes, movimentação de nutrientes, melhoramento de plantas, conservação de alimentos, biologia animal, controle de pragas, etc.

VII - ATIVIDADES INDUSTRIAIS

1. Beneficiamento de Areias Monazíticas
2. A Administração de Produção da Monazita

1. BENEFICIAMENTO DAS AREIAS MONAZÍTICAS

Com a incorporação ao patrimônio da CNEN, em fins de março de 1966, do acervo da Orquima S.A., foi criada a Administração da Produção da Monazita (APM) para administrar e explorar industrialmente essas instalações. O mínimo de monazita que deve ser processado mensalmente pela APM, a fim de que suas atividades sejam lucrativas, é de 130 t. Como as Usinas de beneficiamento das areias monazíticas do Departamento Industrial e Comercial da CNEN (Barra de Itabapoana, Estado do Rio de Janeiro, e Cumuruxatiba, na Bahia) não atingem ainda esta produção, a CNEN, além de investir quantia substancial no reaparelhamento das usinas, resolveu assinar, em 16 de janeiro de 1967, um contrato com a Mibra S.A. para lavar jazidas de areias monazíticas em Guarapari, de forma a completar a quantidade mínima de monazita necessária às atividades industriais da APM. A produção da Mibra foi iniciada em 1º de março.

A produção pode ser avaliada no quadro que se segue (em kg):

Usina	Monazita	Zirconita	Ilmenita	Rutilo	Granada
Barra de Itabapoana	748.560	(*) 1.819.680	1.291.900	3.000	-
Cumuruxatiba	330.320	342.600	13.675	3.780	-
Mibra	722.240	235.200	4.139.000	-	7.732
Total	1.801.120	2.397.480	19.105.900	6.780	7.732

(*) Inclusive fração zirconítica e rutilo, que não foi separada.

A evolução de produção da monazita nos últimos anos po
de ser vista no quadro seguinte:

1963	520 t
1964	660 t
1965	600 t
1966	750 t
1967	1.800 t

As reservas existentes nas áreas das usinas da CNEN foram cubadas pelo Departamento de Exploração Mineral (DEM). Na região de Barra de Itabapoana foi cubado um total de 11.778 t de monazita, suficiente para o funcionamento da usina por 5 anos. Nesta zona foi cubada principalmente a jazida de Tipiti (já arrendada pela CNEN). Na região de Cumuruxatiba foi cubado um total de 1.770 t de monazita.

A ilmenita, no momento, não é de fácil comercialização. Sòmente a partir de 1969, com o início do funcionamento de Tibrás-Titânio do Brasil S. A., na Bahia, é que tòda a produção e estoque dêsse mineral poderã ser escoados, principalmente o estoque de 45.000 t da usina de Cumuruxatiba, através de um terminal marítimo em construção adiantada pela CNEN naquela localidade.

Quanto à zirconita e rutilo, apesar de a APM, atualmente a única compardora, ter suspenso as compras durante alguns meses, em virtude de grandes importações levadas a efeito pelos usuários, houve uma recuperação no segundo semestre, com o comprometimento de todos os estoques.

A situação financeira do Departamento Industrial e Comercial pode ser vista no quadro abaixo: Co

Receita (vendas e estoques)	NCr\$ 1.201.423,86
Despesas	NCr\$ 1.062.739,19
Superavit	NCr\$ 138.684,67

2. A ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO DA MONAZITA

A APM continuou seus trabalhos normais de industrialização da monazita, zirconita, ilmenita e rutilo obtidos do beneficiamento das areias monazíticas; em julho foi colocada em funcionamento a linha de industrialização da ambligonita.

O movimento da produção, com indicação da matéria bruta e principais produtos, é a seguinte (t.):

<u>Monazita bruta</u>	1.596,550
Monazita pura	1.343,893
Cloreto de terras raras	1.610,299
Carbonato de terras raras	101,323
Fosfato trissódico	2.036,860
<u>Fosfato monossódico</u>	160,607
Fosfato trissódico	160,607
<u>Zirconita bruta</u>	2.417,539
Zirconita pura (vários tipos)	1.958,021
Rutilo puro	95,500
Ilmenita pura	2,600
<u>Ilmenita bruta</u>	197,637
Ilmenita pura	170,318
Fração monazítica	3,033
Fração ilmenítica	2,136
Fração zirconítica	6,693
Fração granada	0,522

<u>Hidróxido de alumínio</u>	108, 050
Aluminato de sódio	160, 400
<u>Ambligonita</u>	255, 740
Carbonato de lítio	18, 973
Hidróxido de lítio	17, 860
Cloreto de lítio	0, 438
Fosfato trissódico	486, 105
Sulfato de sódio	207, 550
Aluminato de sódio	125, 900
<u>Fração Xenotímica</u>	74, 900
Xenotima pura	33, 150
Monazita	14, 300
Ilmenita	24, 350
Zirconita	2, 600
<u>Sulfato duplos de terras raras e sódio</u>	18, 967
Oxidrato de terras raras	10, 413
Sulfato de sódio	22, 520
<u>Areia Rutílica</u>	24, 305
Rutilo	20, 350
Fração rutilica	2, 898

As vendas da APM são realizadas nos mercados internos e externos. Especialmente neste último, registrou-se um expressivo aumento em relação a 1966 (abril a dezembro), como se pode verificar pelo quadro a seguir (média mensal, em NCr\$):

Ano	Mercado Interno	Mercado Externo
1966	196.790,76	77.857,49
1967	233.788,38	149.507,80
Aumento percentual	18,80	92,02

O total das exportações atingiu NCr\$ 1.794.093,66, principalmente para a Áustria (39%), Estados Unidos (29,8%) e Japão (28,7%), e pequenos percentuais para a Argentina e Alemanha. O cloreto de terras raras apresenta-se como o principal item, com 70% das vendas, seguido por xenotima (20,8%) e carbonato de terras raras (7,1%); realizaram-se também, pequenos embarques de alumina to de sódio, óxido de terras raras e algumas variedades de zirconita.

A situação econômico-financeira da APM pode ser de preendida dos quadros a seguir:

Situação Econômica Geral

Saldo em dinheiro em 31 de dezembro de 1967	NCr\$ 210.724,23
Disponibilidade a curto prazo	NCr\$ 504.520,01
Estoques e patrimônio	<u>NCr\$ 1.390.426,77</u>
Total em 31/12/1967	NCr\$ 2.105.671,01

Situação Financeira

Saldo em 1º de janeiro de 1967	NCr\$ 129.459,60
Receitas em 1967	<u>NCr\$ 4.721.076,97</u>
Total	NCr\$ 4.850.536,57
Despesas em 1967	<u>NCr\$ 4.639.812,34</u>
Saldo em 31 de dezembro de 1967	NCr\$ 210.724,23

O lucro operacional médio mensal em 21 meses de operação sob controle da CNEN foi de NCr\$ 92.176,56.

VIII. APROVISIONAMENTO DE URÂNIO E TÓRIO E FISCALIZAÇÃO

MINERAL

1. Atividades de Prospecção
2. Reservas Medidas e Inferidas
3. Necessidades de Urânio e Tório para um Programa de Centrais Nucleares para a Região Centro-Sul e Perspectivas de Urânio e Plutônio no Mundo Ocidental
4. Fiscalização mineral

1. ATIVIDADES DE PROSPECÇÃO

Apoiando-se nos programas e resultados conseguidos nos anos anteriores, prosseguiu o Departamento de Exploração Mineral, no exercício de 1967, suas investigações. Também tiveram prosseguimento os trabalhos da Divisão de Materiais do IPR em Araxá.

As principais realizações podem ser sumarizadas como segue:

1.1 Araxá-Tapira

Na série de complexos alcalinos, o de Araxá, a oeste de Minas Gerais (Barreiro) é conhecido há muito tempo, seja pela famosa ocorrência de minério de nióbio, seja pela presença de apatita e pelas anomalias radiométricas detetadas pela aerocintilometria em anos anteriores.

A atual fase de pesquisas foi iniciada pelo IPR em 1965, quando se fizeram vários furos, galerias, poços e trincheiras.

Em 1967, o DEM iniciou suas atividades em Araxá, em colaboração com a equipe do IPR, ampliando a área de pesquisa para abranger todo o complexo (cêrca de 30 km²). A equipe do DEM efetuou um mapa fotogeológico de toda a intrusão alcalina, procurando obter um inventário completo de Araxá. Como consequência, surgiram dois indícios favoráveis (Eucaliptos e Cascatinha) com teores de U₃O₈ da ordem de 0,07%, onde vêm sendo feitos trabalhos avançados de exploração pela abertura de poços e galerias.

Na área de Tapira, outra intrusão alcalina, está se processando a prospecção radiométrica e geoquímica, coletando-se somente aluviões numa malha bastante cerrada.

Pela equipe do IPR foram feitos 1050 m de galerias, 900m de poços de pesquisa, 123 m de sondagens, além de levantamentos geológicos, radiométricos e topográficos.

1.2 Equipe Salitre - Serra Negra

Com os resultados relativamente animadores do complexo alcalino de Poços de Caldas, assim como o de Araxá, iniciou-se em março de 1967 o estudo das intrusões de Serra Negra e Salitre, situadas a oeste do Estado de Minas Gerais. O complexo alcalino de Serra Negra é um chapadão de forma mais ou menos circular com área aproximada de 150 km², enquanto o de Salitre se apresenta com forma elíptica com área de 100 km².

A equipe do DEM ocupou-se, dentro das áreas destas intrusões, com a coleta sistemática de solos e aluviões numa malha de 500 m, acompanhada de medidas de radioatividade com aparelhos portáteis e execução de mapas fotogeológicos. Visou-se com estes trabalhos a formulação de dados que permitissem alguma interpretação sobre as possibilidades de existência de alguma área favorável à existência de interessantes mineralizações de urânio, o que até o momento não foi constatado.

1.3 Equipe Poços de Caldas

A chaminé alcalina de Poços de Caldas é uma das áreas que recebem maior atenção por parte do DEM. No caldasito, alvo de estudos anteriores, o urânio está contido na rede cristalina do zircônio, o que leva a que o mineral seja refratário; no entanto, a descoberta de um outro tipo de mineralização em veios, abriu perspectivas novas e interessantes. O urânio, neste mineral, está associado à pirita e fluorita, com alto grau de recuperação do U₃O₈ (cerca de 90%), conforme ensaios de tratamento realizados em laboratórios especializados. Somente num setor de trabalho (Campo do Agostinho) foram medidas 380 t de urânio metálico.

As perspectivas de uma jazida, mesmo de pequeno porte, são grandes, e já se justificaria a instalação de uma usina piloto que não só produziria o urânio necessário para os trabalhos internos como forneceria o "know-how" para empreendimentos futuros.

Além do Campo do Agostinho, foram realizados trabalhos nos campos Taquari, Indício 70, Moirões e Vilela, todos situados na zona central do planalto. Foram executados:

Levantamentos topográficos:

115 ha

Radiometria (malha 6 x 6m):	156 ha
Geologia (esc. 1/1000):	42 ha
Trincheiras:	1110 m ³
Sondagens a diamante:	3000 m

Os teores químicos em U₃O₈ atingem valores superiores a 1% e mostram, nas sondagens realizadas até o nível 80, uma continuidade da mineralização em profundidade.

O problema deubar uma reserva mínima que justifique a instalação de uma usina de tratamento está na dependência de ser realizado um trabalho mais intenso de sondagens e trabalhos mineiros de prospecção já planejados.

1.4 Equipe Itinerante Nordeste (Base Açú)

A Bacia Sedimentar Potiguar, situada nos Estados do Rio Grande do Norte e Ceará, abrange uma área aproximada de 24.000 km², e seu estudo representou a última fase do programa de prospecção de urânio nas pequenas bacias nordestinas.

No exercício de 1967, entre os meses de abril e agosto, o DEM lançou uma equipe de reconhecimento com o objetivo de estudar as possibilidades de existência de mineralização de urânio na formação geológica conhecida como Arenito Açú, situada na referida bacia. Os trabalhos consistiram em levantamentos radiogeológicos, totalizando 930 km de perfis executados segundo as estradas existentes na região.

Foi constatado pela equipe que o arenito possui condições litológicas favoráveis para a deposição de urânio, embora não tenha sido encontrado no terreno nenhum indício que pudesse levar a considerar a área como promissora; um único ponto anômalo foi observado ao norte da cidade de Afonso Bezerra, devido, no entanto, à presença de minerais pesados (monazita e zircão).

1.5 Equipe Itinerante Nordeste (Base Olinda)

A presença de urânio nos depósitos de fosfatos marinhos de Olinda foi anunciada pela primeira vez em janeiro de 1957, após os estudos do geólogo Max. G. White.

A CNEN, visto o sucesso na pesquisa em jazidas deste ti

po nos Estados Unidos e Marrocos, onde o urânio é obtido como subproduto da produção de fosfatos, lançou no início de 1967 uma equipe de prospecção na referida área, a fim de investigar a associação de urânio com o fosfato, assim como outras possíveis associações. Para atingir suas finalidades de maneira clara e objetiva, a Equipe Olinda executou uma campanha de amostragem sistemática envolvendo testemunhos de sondagem, minérios das frentes de lavra, produtos e rejeitos da usina de beneficiamento da Fosforita Olinda S.A. (FASA). Foram coletadas cerca de 500 amostras, cujas análises acusavam teores que oscilam entre 0,01% e 0,0025% de U_3O_8 .

A interpretação estatística dos dados analíticos demonstrou que as quantidades de urânio e P_2O_5 contidos no minério estão intimamente relacionados, constatando-se que para cada tonelada de P_2O_5 há uma correspondência de 620 g de U_3O_8 .

Os atuais métodos de lavra e beneficiamento usados pela FASA indicam uma recuperação do P_2O_5 (e conseqüentemente do U_3O_8), em torno de 50%. Novos métodos, quer na lavra quer na concentração do minério, vêm sendo estudados pela firma, esperando-se que a recuperação total do P_2O_5 e U_3O_8 atinja cerca de 80%. Tal fato, associado ao volume das reservas medidas e inferidas do fosforito entre Olinda e João Pessoa (400.000.000t), permite antever como boas as perspectivas para um eventual aproveitamento do urânio como subproduto da produção industrial de fertilizantes, embora tais estudos ainda careçam de investigações mais profundas.

1.6 Equipe Serra da Moeda

Desde longa data é conhecida a ocorrência de minério de urânio impregnando rochas granito-gnaisses da Serra da Moeda, situada a 60 km ao sul de Belo Horizonte.

Tais ocorrências foram exaustivamente investigadas pelo IPR de 1959 a 1961, tendo sido concluído que os minerais secundários de urânio (principalmente autunita) se localizam superficialmente, em rochas granitóides de granulação grosseira, formadas pelo urânio lixiviado de uma fonte primária desconhecida que se combina com fosfato provavelmente de origem orgânica, sem apresentar, portanto, interesse econômico.

No exercício de 1967, o DEM lançou uma pequena equipe na região, com o fito de verificar no campo cinco ocorrências que

tinham escapado às investigações do IPR e efetuar um levantamento radiométrico de um novo tunel da EFCEB, aberto em 1965, onde foi confirmada a presença de minerais do tipo autunita. As conclusões do DEM coincidiram com aquelas apresentadas pelo IPR.

1.7 Equipes da Bacia Piauí-Maranhão

A Bacia Sedimentar do Piauí-Maranhão, com uma superfície de 660.000 km², foi levantada em 1964 por uma prospecção aérea sistemática, que cobriu cerca de 7% de sua extensão total, sendo compiladas 425 anomalias radioativas distribuídas sobre as seguintes áreas:

A) Área de Serra Grande, com 36.650 km², situada no sentido norte-sul, na borda leste da bacia; foram detetadas 283 anomalias.

B) Área de Terezina, com 13.650 km², situada entre as cidades de Terezina e Camp Maior, no centro da bacia.

No exercício de 1967, foi trabalhada somente a parte norte da faixa de Serra Grande, em continuação aos estudos iniciados no ano anterior, por meio de três equipes. Cerca de 64 pontos anômalos foram investigados no terreno, dos quais seis apresentavam rochas impregnadas por minerais de urânio do tipo autunita, distribuídas nas proximidades das cidades de Viçosa (Ceará), São Miguel do Tapuio e Olho d'Água Grande (Piauí). Análises radiométricas e químicas de U₃O₈ foram efetuadas em 38 amostras coletadas em diversas anomalias mineralizadas. Foi feita igualmente a análise da percentagem de P₂O₅, visto que o urânio ocorre associado a fosfatos. Os melhores resultados obtidos, em amostras seletivas, acusaram valores compreendidos entre 0,475% de U₃O₈ e 0,25% de U₃O₈. O teor de P₂O₅ variou de 2,5% a 10% de um modo geral.

Foram executados 34 km de perfis topográficos - radiométricos-geológicos, a teodolito, como parte do mapeamento geológico regional. Na área de Padre Vieira (oeste de Viçosa) este mapeamento cobriu uma superfície de 84 km².

1.8 Equipe Bacia São Francisco

Uma equipe do DEM realizou o reconhecimento da região,

de abril a junho. A área objeto das investigações era de ordem de 215.000 km².

Foi observado que apenas uma região pertencente à Série Bambuí e próxima a cidade de mesmo nome, apresentava aspectos positivos. Uma zona anômala foi observada nesta região, com 28 anos de existência, devida a um material preenchendo falhas e fraturas com espessuras até de 70 cm. As rochas encaixantes são sempre ardósias, com mergulho de 20° até 45°, dependendo das dobras e proximidades das zonas atingidas pelo diastrofismo.

A região vem sendo objeto de estudos pormenorizados pelo DEM, e as análises efetuadas até o presente mostraram que a presença predominante é do elemento tório (até 7,2% de ThO₂), sendo que o urânio se apresenta em teores de até 0,054% de U₃O₈; maiores estudos geológicos serão necessários na região a fim de se firmar algum juízo sobre suas reais possibilidades.

1.9 Equipe Monazita

A equipe tem por objetivo a avaliação de todas as ocorrências de areais monazíticas que se supõe existirem no trecho litorrâneo entre Alcobaçar (sul da Bahia) e Cabo Frio (Rio de Janeiro), a fim de suprir as usinas de beneficiamento da CNEN em Buena (Rio de Janeiro) e Cumuruxatiba (Bahia).

Constatou-se a existência de 14 anomalias entre Niterói e Vitória, e cinco entre Vitória e Salvador. A verificação inicial de uma anomalia existente nas proximidades de Barra de Itabapoana, próximo à usina de mesmo nome da CNEN, demonstrou a existência de minérios que, embora de baixo teor, poderá vir a constituir uma reserva, se a quantidade justificar o seu futuro aproveitamento.

2. RESERVAS MEDIDAS E INFERIDAS

Ao nível atual dos conhecimentos, são as seguintes as reservas brasileiras de urânio e tório (em toneladas de U₃O₈ e ThO₂):

LOCAL	URÂNIO		TÓRIO	
	Medida	Inferida	Medida	Inferida
Poços de Caldas	475 (*)	300	35.000	-
Araxá	1685 (**)	295	-	130.000
Itabapoana	-	-	500	-
Cumuruxatiba	-	-	50	-
Outros locais	-	-	-	15.000

(*) Minérios com 0,1% ou mais de U_3O_8

(**) 182 t com 0,1% e 1.500 t com 0,03% de U_3O_8

3. NECESSIDADES DE URÂNIO E TÓRIO PARA UM PROGRAMA DE CENTRAIS NUCLEARES PARA A REGIÃO CENTRO-SUL E PERSPECTIVAS DE APROVISIONAMENTO DE URÂNIO E PLUTÔNIO NO MUNDO OCIDENTAL

As necessidades de urânio e tório para um programa nacional de reatores de potência podem ser estimadas conhecendo-se o programa de centrais nucleares que o País terá necessidade de instalar e estimando-se parâmetros médios para os diversos tipos de reatores considerados. Isto foi feito para a região Centro-Sul; os resultados podem ser vistos no quadro seguinte (necessidades acumuladas, em t):

ESTRATÉGIA		1975	1980	1985	1990	1995	2000
HWR + FB	U	170	880	2500	6200	13600	26600
GCR + FB	U	660	3000	6900	14900	31800	64100
Instinto (U nat + Pu/Th)	U	210	850	2400	7100	15800	34800
	Th	-	40	120	360	840	1620

HWR - reatores de água pesada e urânio natural

GCR - reatores de gás, grafite e urânio natural

FB - reatores rápidos a plutônio

Instinto - reator a água pesada, com versão urânio natural e plutônio-tório, em estudo no IPR.

Estudos efetuados na CNEN indicam que há uma possibilidade de evolução dos preços de urânio no mundo ocidental a longo prazo, podendo chegar a níveis como 10-12\$/lb U_3O_8 durante a década de 1990. Quando ao provisionamento de plutônio, poder-se-ia esperar uma época crítica por volta do fim da década de 1980.

Por outro lado, em fins da próxima década, poderá se dar o esgotamento da capacidade de serviços de enriquecimento de urânio atualmente disponível.

4. FISCALIZAÇÃO MINERAL

As exportações de minérios de interesse para a energia nuclear apresentaram em 1967 os seguintes valores:

Berilo	1.070 ton
Concentrado de pirocloro	2.785 ton
Tantalita/columbita/djalmaíta	325 ton
Lítio	6.576 ton

As cotas de exportações distribuídas durante o ano foram as seguintes:

Berilo	1.500 ton (com 500 t com prazo de exportação até 29 de fevereiro)
Concentrado de pirocloro	5.000 ton
Lítio	30.500 ton
Baddeleyta e caldasito	600 ton

A tantalita/columbita/djalmaíta não estão sujeitas à fixação de cotas limites de exportação.

Vê-se por estes dados, que a concessão das cotas não constituíram estorvo ao comércio exterior de berilo, nióbio e zircônio.

IX. ASSISTÊNCIA TÉCNICA E ENSINO

1. **Assistência Mediante Convênio**
2. **Campos de Interêsse Prioritário de Ensino**
3. **Bôlsas e Cursos**
4. **Intercâmbio Científico, Simpósios e Conferências**

1. ASSISTÊNCIA MEDIANTE CONVÊNIO

A CNEN presta assistência técnica a entidades brasileiras obedecendo ao seguinte esquema:

A) Fornecimento de auxílio financeiro para a compra de equipamento e pagamento de pessoal a entidades que se comprometam a realizar pesquisas ou cursos de interêsse da Comissão.

B) Financiamento para aquisição de radioisótopos fornecidos tanto pelo IEA como por países estrangeiros a fim de permitir o desenvolvimento das técnicas do emprêgo dêstes elementos e de incentivar e difundir seu uso em diversos campos.

C) Estabelecimento de contato entre a AIEA e outras organizações internacionais com entidades brasileiras que se interessem em obter auxílio, sob a forma de equipamento e de visita de técnicos, para a realização de pesquisas de interêsse mútuo.

O quadro seguinte mostra a destinação e o vulto dos auxílios, em resumo.

TIPO	TOTAL
Auxílios para cursos e pes- quisas	NCr\$ 1.014.365,62
	US \$ 252.395,00
Auxílios para aquisição de radioisótopos	NCr\$ 28.504,21
	-
Auxílios aprovados pela AIEA	US \$ 24.000,00 (equipam.)
	US \$ 77.000,00 45 meses + técnicos

Especificamente, a destinação pode ser vista nas relações seguintes:

1.1 Auxílios para Cursos e Pesquisas

<u>INSTITUIÇÃO</u>	<u>PROJETO</u>	<u>VALOR(NCr\$)</u>
Instituto Militar de Engenharia	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Nuclear	30.000,00
	Programa Geral de Estudo (Água Pesada)	22.000,00
	Pesquisas sobre o LASER	1.200,00
	Estudo Acelerador Cock - roft and Walton	10.380,00 (US\$8.500)
	Redistribuição do Saldo do ano de 1966 (Água Pesada)	9.455,35
Escola de Engenharia da UFRJ	Cursos de Engenharia Nuclear	54.650,00
Faculdade de Filosofia, Ciência e Letras da UEG	Curso de Introdução às Ciências Nucleares	5.000,00
Instituto de Biosílica da Escola de Medicina e Cirurgia do Rio de Janeiro	Curso de Introdução à Radiologia	3.000,00
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	Projeto Lineac de 50Mev	32.000,00
	Pesquisas	68.000,00 (US\$112.990)
Instituto de Hematologia A. S. Cavalcanti	Pesquisas Clínicas em Hematologia	4.106,40
Serviço de Meteorologia do Ministério de Agricultura	Coleta de amostras de águas pluviais em várias partes do território nacional e remessa das mesmas para a AIEA	1.020,00

Instituto de Biofísica da UFRJ	Pesquisas	28.706,00	
Escola Médica de Pós-Graduação(GB)	Atividades Científicas	11.300,00	
Instituto de Física da PUC (GB)	Pesquisas	15.000,00	
Instituto de Química da PUC (GB)	Pesquisas	3.000,00	
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto	Funcionamento do Laboratório de Radioisótopos	5.000,00	
Centro de Medicina Nuclear de S. Paulo	Equipamento	80.000,00	
Instituto de Pesquisas Tecnológicas (São Paulo)	Estudo para separação de isótopos por centrifugação (3 anos)	263.000,00	
Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz	Curso de Radiogenética	5.000,00	
	Programa de Pesquisas	1.000,00	
	Instalação da câmara de crescimento e da fonte de Co-60 doada pela AIEA	8.000,00	
	Projeto de Estudos de Radiogenética em Arabidopsis Italiana (L) Heynh	6.696,59	
	Pesquisas sobre determinação de fósforo disponível nos solos de São Paulo	60,00	
Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP	Convênio trienal para a manutenção e operação de um acelerador linear de 75 MeV	42.000,00/67 49.000,00/68 65.000,00/69	
	Instituto de Energia Atômica	Despesas de equipamento, material e viagens com elementos do IEA para o curso	57

	Aplicações Médicas de Radioisótopos na Faculdade de Medicina da Universidade de São André - La Paz	25.000,00
Escola de Engenharia da UFRGS	Aquisição de aparelhos	32.900,00 17.800,00
Universidade Federal Santa Maria	Curso de Introdução à Engenharia Nuclear	20.890,00
Instituto de Física da UFRGS	Curso de Introdução à Engenharia Nuclear	12.796,00
	Pesquisas nos campos de Espectrometria Nuclear e Física do Estado Sólido	37.500,00
Instituto de Pesquisas Biofísicas da UFRGS	Estudos sobre funções do sistema retículo endotelial utilizando radioisótopos	10.000,00
Instituto de Química da UFMG	Pesquisas	10.000,00 (US\$130.905)
Escola de Geologia da UF da Bahia	Mapeamento geológico e levantamento radiométrico	12.000,00
Sociedade Pernambucana de Combate ao Câncer	Fornecimento de radioisótopos	800,00
Centro de Energia Nuclear da UF de Pernambuco	Curso de Engenharia Nuclear	8.300,00
Faculdade de Medicina da UF Goiás	Pagamento de dois espectrômetros	2.805,28

No Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas a CNEN já havia subvencionado a construção de um acelerador linear de 3 MeV, projetado e construído integralmente por técnicos brasileiros. Este acelerador vem sendo usado principalmente para irradiação de amostras

tras necessárias às pesquisas em Física do Estado Sólido. Como pode ser visto na relação anterior, está sendo subvencionado, agora, a construção de um outro acelerador de 50 MeV, o LINEAC II, neste mesmo Centro, também por engenheiros e técnicos nacionais.

1.2 Auxílios para Aquisição de Radioisótopos

<u>INSTITUIÇÃO</u>	<u>APLICAÇÃO</u>	<u>VALOR (R\$)</u>
Instituto de Biofísica-UFRJ	Biofísica	17.461,00
Instituto de Biofísica da Escola de Medicina e Cirurgia do Rio de Janeiro	Medicina	998,00
Instituto de Hematologia "Arthur de Siqueira Cavalcanti"	Medicina	4.346,16
Sociedade Pernambucana de Combate ao Câncer	Medicina	800,00
Unidade Clínica de Radioisótopos da Faculdade de Medicina da Universidade de Recife	Medicina	656,93
Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto	Medicina	3.465,12
Instituto de Pesquisas Biofísicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Biofísica	777,00

1.3 Auxílios aprovados pela AIEA

PROGR.	INSTITUI.	PROJETO	AUXÍLIOS	
			EQUIPMTO.	TÉCNICOS
Regular p/1967	IPR	Deteção de trítio em amostras de água coletadas em solo brasileiro	US\$ 13.000,00	3 meses
Ampliado 1967/ 1968	IF UFRGS	Espectroscopia Nuclear	US\$ 11.000,00	24 meses US\$ 22.000,00
	IEA	Reatores de Potência		12 meses US\$ 44.000,00
	ESA- LQ	Irradiação de Sementes		6 meses US\$ 11.000,00

Da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos, a CNEN recebeu, em doação, seis irradiadores de Co-60, cinco dos quais já foram concedidos, conforme a seguintes relação:

<u>INSTITUIÇÃO</u>	<u>PROJETO</u>	<u>ATIVIDADE</u>
IEN - GB	Irradiação de alimentos; Pesquisas em agricultura; Química das radiações; Física do Estado Sólido; Danos causados pelas radiações	1500 Curies
IPR - MG	Aplicação de radioisótopos à agricultura	300 Curies
IQTUF-CE	Radioquímica-Bioquímica-Radiobiologia-Genética de plantas- Irradiação de alimentos-Física do Estado Sólido	300 Curies
IFUFP-PE	Irradiação de alimentos; Danos das radiações; Mutações Genéticas; Agricultura	1500 Curies

LEJFRGS-RS

Genética; Radioquímica

300 Curies

Em termos relativos, a evolução real dos auxílios concedidos pela CNEN está mostrada no quadro seguintes:

A N O	1964	1965	1966	1967
Auxílios concedidos	155	100	106	390

CAMPOS DE INTERESSE PRIORITÁRIO DE ENSINO

Em 1967 foram fixados os seguintes campos de interesse prioritário para a formação de especialistas:

- A) Medicina e Biologia
- B) Física Nuclear
- C) Agricultura
- D) Radioquímica
- E) Física de Reatores
- F) Proteção contra Radiação
- G) Geologia e Mineração
- H) Projeto de Reatores
- I) Matemática de Reatores

BÔLSAS E CURSOS

As bôlsas são fornecidas para incentivar estudos, pesquisas ou estágios dos campos prioritários escolhidos. No ano, foram distribuídas 119 bôlsas entre os estados de Pernambuco, Ceará, Minas Gerais, Guanabara, São Paulo, Rio Grande do Sul, tendo sido beneficiadas as seguintes Instituições:

- Instituto de Química - UFC-CE
- Laboratório de Dosimetria - CNEN
- Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras - UEG
- Instituto Militar de Engenharia - GB
- Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - GB

Instituto de Física da PUC - GB
 Escola Médica de Pós-Graduação da PUC - GB
 Instituto de Hematologia Arthur de S. Cavalcanti - GB
 Instituto de Biofísica - EMC do Rio de Janeiro
 Escola de Engenharia - UFRJ
 Instituto de Pesquisas Radioativas - UFMG
 Escola de Engenharia da UFMG
 Instituto de Energia Atômica - SP
 Instituto Tecnológico da Aeronáutica - SP
 Centro de Medicina Nuclear - SP
 Instituto de Física da UFP
 Instituto de Física da UFRGS
 Instituto de Física da UF Santa Maria

Entraram em vigor este ano novas "Normas para Concessão de Bolsas no Estrangeiro".

A fim de aumentar o número de bolsistas contemplados, a CNEN mantém estreita ligação com algumas instituições, que financiam parte das Bolsas. Em 1967, principalmente o CEA francês e a AIEA colaboraram desta maneira. Entrou-se em contato com outras entidades, visando aumentar este tipo de colaboração.

O quadro abaixo contém informações adicionais sobre a distribuição das Bolsas.

Tipo	No Estrangeiro.	No País	
		p/brasileiros	p/estrangeiros
Estudos	-	84	-
Estágio	40	13	12
Pesquisa	-	10	-
Despesas	NCr\$ 241.504,93	NCr\$ 185.081,71	

Engenheiros e pesquisadores brasileiros participaram de um total de seis (6) cursos de curta duração no exterior, sob patrocínio da CNEN:

- a) Segurança de Reatores (Inglaterra) - 1 técnico
- b) Imunologia das Radiações (Argentina) - 1 técnico
- c) Controle de Resíduos Radioativos (Inglaterra)-1 técnico
- d) Aplicações Médicas de Radioisótopos (Argentina)-5 tec.
- e) Levantamento Regional sobre Aspectos e Problemas da Aplicação de Energia Nuclear em Países em Desenvolvimento (Chile) - 6 técnicos

- f) Curso Internacional sobre Técnica e Tecnologia de Irradiação de Alimentos (USA) - 1 técnico

No País, patrocinou-se a realização de treze cursos. Neste total, figuram seis cursos de Introdução à Engenharia Nuclear em cooperação com Universidades e três cursos de Pós - Graduação em Engenharia Nuclear, em colaboração com o Instituto Militar de Engenharia e Universidade Federal do Rio de Janeiro, na Guanabara, e Universidade Federal de Minas Gerais.

<u>CURSO</u>	<u>ENTIDADE</u>
IX Curso sobre Metodologia e Aplicações de Radioisótopos	IEA - SP
Análise por Ativação	IEA - SP
Medicina Nuclear	CMN-SP
Radioquímica	IEA - SP
IX Curso de Metodologia de Radioisótopos	CMN-SP
IV Curso de Aplicações de Radioisótopos em Pesquisas Biológicas	CMN-SP
Medicina Nuclear	E. Médica de Pós - Graduação da PUC (GB)
Física de Reatores	IPR-UFMG
Radiogenética	CENA-SP (a ser realizado em 68)
Introdução à Engenharia Nuclear	EE - UFMG EE - UFRJ, IF - UFSM IF - UFRGS IF - UFG
Pós-Graduação em Engenharia Nuclear	IME - GB EE - UFRJ EE - UFMG
Introdução às Ciências Nucleares	FFCL - GB

Foi objeto de entendimento a criação de Cursos de Pós-Graduação para a formação de "Master in Science" na COPPE (Coordenação dos Programas Pós-Graduados em Engenharia), Guanabara. Em primeira instância, ficou estabelecido, de conformidade com entendimentos com a COPPE, a criação de Opções em Física de Reatores e de Blindagens.

Com a AIEA foi firmado acôrdo para a realização de curso básico sôbre "Tratamento de Resíduos Radioativos", em 1968.

4. INTERCÂMBIO CIENTÍFICO; SIMPÓSIOS E CONFERÊNCIAS

A CNEN patrocinou visitas de onze técnicos, cientistas ou professores estrangeiros que colaboraram em atividades científicas desenvolvidas no Brasil; nove cientistas brasileiros se desincumbiram de diversas missões nos Estados Unidos, França, Inglaterra, Itália e outros países europeus.

Um total de cinquenta e dois cientistas brasileiros assistiram a quarenta conferências ou simpósios no exterior.

5. BIBLIOTECA GERAL

Atualmente, contando com a doação de material feito por outras entidades, o acêrvo da Biblioteca é de 3.473 livros, trezentos títulos, sete mil folhetos e treze mil relatórios. No ano foi despendida a quantia de NCr\$ 4.751,57 na compra de novos livros.

X. RELAÇÕES PÚBLICAS E INTERNACIONAIS

1. A Agência Internacional de Energia Atômica
2. Outras Reuniões Internacionais
3. Aplicação de Salvaguardas
4. Acôrdos de Cooperação
5. Cooperação da França com o IEA
6. O "Bureau International des Poids et Mesures"
7. Cooperação da França com o IPR
8. Cooperação da Universidade da Califórnia - Los Angeles (UCLA) com o IPR (através da UFMG)
9. Visitas Recebidas

1. A AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA ATÔMICA (AIEA)

À 10 de fevereiro, o Professor Uriel da Costa Ribeiro, Presidente da CNEN, foi credenciado junto à AIEA como Representante do Brasil na Junta de Governadores. Às reuniões da Junta de fevereiro, de 13 de junho e de 22 de setembro compareceu o Representante Residente do Brasil em Viena.

À XI Sessão Regular da Conferência Geral da Agência Internacional de Energia Atômica compareceram a delegação brasileira chefiada pelo Presidente da CNEN e observadores parlamentares. O Brasil apoiou o projeto (que foi aprovado) no sentido de permitir, no Programa de Assistência Técnica da AIEA, o fornecimento de equipamento sem a obrigatoriedade da designação de técnico para acompanhá-lo, renovou moção no sentido de que todos os países membros contribuam para o Fundo Geral na mesma proporção das contribuições obrigatórias para o Orçamento Regular, e participou de todos os trabalhos das conferências. Em seu pronunciamento, o Presidente da CNEN abordou os seguintes tópicos: política nuclear no Brasil, decisão tomada quanto à implementação do primeiro reator de potência, apreciação sobre a cooperação internacional no desenvolvimento da tecnologia nuclear, e apreciação sobre as atividades da AIEA no ano de 1967.

2. OUTRAS REUNIÕES INTERNACIONAIS

A CNEN prestou assessoria técnica ao Ministério das Relações Exteriores quanto à participação brasileira no Comitê de Desarmamento das Dezoito Nações, em Genebra, e às negociações para implementação de acordos com Israel e França.

O Brasil atendeu a três reuniões nos Estados Unidos da América, a saber:

a) reunião do Conselho Consultivo da Comissão Interamericana de Energia Nuclear (CIEN), para tratar da criação de Centros Regionais para o Desenvolvimento Científico e Tecnológico dos Paí

ses da América;

b) reunião na Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos da América (USAEC) sobre a participação do Brasil no Programa Plowshare;

c) simpósio técnico sobre o Projeto Gasbuggy. Participou também da segunda reunião do Comitê Permanente sobre Responsabilidade Civil por Danos Nucleares, em Viena.

3. APLICAÇÃO DE SALVAGUARDAS

Em 9 de maio, realizou-se na sede da CNEN a assinatura da Declaração Conjunta Brasil/Estados Unidos da América relativa ao material, equipamento e dispositivos sujeitos à aplicação de salvaguardas, cujo controle passará da USAEC para a AIEA, em decorrência do Acôrdio Trilateral Brasil/Estados Unidos/AIEA para aplicação deste sistema.

4. ACÔRDOS DE COOPERAÇÃO

Para dar prosseguimento às conversações com vistas ao estabelecimento de acôrdio de cooperação para utilização pacífica da energia nuclear, o Presidente da CNEN, acompanhado de sete especialistas, visitou a Argentina em dezembro.

Em fase final de negociações estão os acôrdos com Equador e Espanha; mereceu aprovação do Senado, em setembro, o acôrdio com Portugal.

Negociações com a Inglaterra tiveram prosseguimento e estuda-se a possibilidade de iniciar negociações com a República Federal Alemã e com a Índia.

Tendo em vista a implementação do acôrdio existente com a França, o Presidente da CNEN visitou o Comissariado de Energia Atômica daquele país. Um convênio de cooperação com este País se encontra em fase final de estudos e prevê a colaboração de grande experiência francesa em prospecção de urânio nos trabalhos a se

rem desenvolvidos na Bacia Piauí-Maranhão.

5. COOPERAÇÃO DA FRANÇA COM O IEA

A cooperação francesa com o IEA desenvolveu-se principalmente em dois setores:

1) curso para a formação de técnicos em eletrônica e eletrônica nuclear, sendo fornecido material e professores, e, paralelamente, treinamento de engenheiros eletrônicos do IEA em Grenoble e Saclay;

2) Grupo Gresil de Física do Estado Sólido, traduzindo-se pela permanência de quatro elementos.

6. "BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES"

Um técnico do Bureau permaneceu um mês junto ao Laboratório de Medidas Absolutas do IEA, cooperando na participação deste Laboratório na comparação internacional de atividades de soluções de Co-60.

7. COOPERAÇÃO DA FRANÇA COM O IPR

A cooperação se realiza tendo em vista o desenvolvimento de um conceito de reator a água pesada adequada para o uso do tório e o subsequente estudo do ciclo do tório nas condições brasileiras.

No decorrer de 1967, foi enviada à França uma missão brasileira de coordenação; o CEA enviou, por um mês, um especialista em Física de Reatores para servir de consultor e ministrar um curso avançado neste setor; o IPR enviou um engenheiro especializado em Economia de Reatores para acompanhar os trabalhos neste setor; continuaram ainda os trabalhos dos três engenheiros do IPR e da CNEN que já se encontravam na França. Por outro lado, o CEA exe

cutou uma série de cálculos de computador, bem como publicou sete relatórios técnicos relativos aos estudos em questão.

8. COOPERAÇÃO DA UNIVERSIDADE DA CALIFORNIA-LOS ANGELES (UCLA) COM O IPR (ATRAVÉS DA UFMG)

Foi celebrado convênio entre a UFMG e a UCLA para a realização de Mestrado em Ciências e Tecnologias Nucleares, com participação do IPR. O mestrado será realizado em dois anos, inclusive o período de preparação de tese, nas opções Térmica e Física de Reatores.

Em dezembro, especialista da UCLA visitou o IPR acertando detalhes da colaboração.

9. VISITAS RECEBIDAS

Por ordem cronológica, a CNEN recebeu as seguintes visitas:

- Professor FRANCISCO DE PAULA LEITE PINTO, então Presidente da Junta de Energia Nuclear de Portugal, de 9 a 17 de março.

- Srs. BERNHARD SHARPE e JACQUES JULES CHAMPIN, do Departamento de Salvaguardas e Inspeção da AIEA, de 25 a 27 de abril.

- Dr. GIANFRANCO FRANCO, Diretor do Centro di Studi Nucleari Della Casaccia, Itália, de 30 de junho a 8 de julho.

- Dr. GLEM T. SEABORG, Presidente da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos da América (USAEC), acompanhado de seis auxiliares, de 1 a 5 de julho.

- Dr. JOHN HARLEY, Diretor do Laboratório de Saúde e Segurança da USAEC, de 13 a 18 de agosto.

- Sr. D. O. EASTWOOD, da "The British Nuclear Export Executive", inícios de novembro.

- Sr. CHARLES W. PELZER, Assistente do Diretor de Exibição da Divisão de Informações Técnicas da USAEC, em 13 de novembro.

- Dr. WILFRED JOHNSON, Membro da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos da América, em 14 de novembro.

- Dr. P. M. PFALZNER, Chefe da Seção de Dosimetria da AIEA, de 24 de novembro a 1º de dezembro.

- Dr. ABRAHAM JOHANNES A. ROUX, Presidente da Junta de Energia Atômica da África do Sul, acompanhado pelo Dr. NOEL PIENNAAR, de 25 de novembro a 1º de dezembro.

- Professor IVAN STEPANOVICH ZHELUDEV, Diretor Geral Substituto do Departamento de Operações Técnicas da AIEA, de 29 de novembro a 1º de dezembro.

- Professor ISRAEL DOSTROVSKY, Presidente da Comissão de Energia Atômica de Israel, acompanhado do Dr. ABRAHAM SEROSSI, Chefe dos Laboratórios da Comissão, de 10 a 17 de dezembro.

XI - FINANÇAS

1. Previsão da Receita
2. Realização
3. Evolução das Consignações à CNEN no Orçamento da União

1. PREVISÃO DA RECEITA

O orçamento da União para o exercício de 1967 consignou à Comissão Nacional de Energia Nuclear a quantia de NCr\$ 13.215.700,00.

Além desta receita orçamentária, houve uma previsão de recursos das seguintes fontes:

Receita Patrimonial	NCr\$	950.000,00
Receita Industrial	NCr\$	250.000,00
Fundo Nacional de Energia Nuclear (F.N.E.N.)	NCr\$	5.500.000,00
Alienação de Bens Imóveis	NCr\$	17.000,00
<hr/>		
TOTAL	NCr\$	6.717.000,00

A soma destes recursos com a receita orçamentária estimada veio a constituir o orçamento da CNEN para o exercício de 1967, no montante de NCr\$ 19.932.700,00.

2. REALIZAÇÃO

Entre a previsão das receitas e sua efetiva realização houve a seguinte diferença:

Recebimento da União	NCr\$	9.412.850,00
Receita Patrimonial	NCr\$	670.653,00
Receita Industrial	NCr\$	239.820,55
F.N.E.N.	NCr\$	3.578.266,45
Alienação de Bens Imóveis	NCr\$	71.402,50
Outras	NCr\$	15.902,83
<hr/>		
Total da Receita Efetiva	NCr\$	13.988.975,55

Houve, assim, um saldo negativo de NCr\$ 5.943.724,40, do qual a quantia de NCr\$ 3.008.850,00 encontra-se retida no Tesouro Nacional para ser liberada no exercício de 1968.

As despesas realizadas dividiram-se em:

Correntes	NCr\$ 8.133.388,99
Investimentos	NCr\$ 2.981.142,84
F.N.E.N.	NCr\$ 2.243.317,99

TOTAL NCr\$13.357.849,82

Despesas de 1967 relacionadas com resto a pagar

..... NCr\$ 1.050.000,00

TOTAL NCr\$14.414.900,00

3. EVOLUÇÃO DAS CONSIGNAÇÕES À CNEN NO ORÇAMENTO DA UNIÃO

As consignações à CNEN tem tido pequena taxa de crescimento. Em termos relativos e reais, os valores tem sido os seguintes:

ANO	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Consignações relativas	105	119	100	160	146	105	130	

XII - ORGANIZAÇÃO E PESSOAL

1. Organização da CNEN

2. Pessoal

1. ORGANIZAÇÃO DA CNEN

A Comissão é dirigida por uma Comissão Deliberativa (CD), constituída de cinco Membros, nomeados pelo Presidente da República, um dos quais é seu Presidente. Como órgão auxiliar da Comissão Deliberativa situa-se o Conselho Técnico-Científico.

Como órgãos de assessoramento do Presidente, foram criadas as diversas Assessorias e a Procuradoria Jurídica:

Assessoria de Planejamento e Desenvolvimento - (ASPED) tem como finalidade fornecer os subsídios necessários ao planejamento de tôdas as atividades relacionadas com as aplicações pacíficas da Energia Nuclear no Brasil.

Assessoria de Relações Internacionais - (ARI) com atribuições de estreitar as relações internacionais tendo em vista a intensificação do intercâmbio científico de materiais e equipamentos nucleares.

Assessoria de Relações Públicas - (ARP) com finalidade de manter a ligação entre a Comissão e o público em geral.

Procuradoria Jurídica - (PJ) com o fim de assessorar juridicamente a CNEN.

Para atender as suas atribuições, a CNEN é constituída de diversos Departamentos e Institutos de Pesquisas que, em última análise, são os instrumentos de coordenação e execução da Política Nuclear Nacional:

Departamento de Exploração Mineral - (DEM) ao qual cabe a responsabilidade de efetuar um inventário, tão completo quanto possível, dos recursos brasileiros em matérias primas necessárias à produção e utilização da energia nuclear.

Departamento de Pesquisa Científica e Tecnológica - (DPCT) tem a seu cargo a coordenação de todas as atividades relacionadas com o campo das pesquisas científicas e tecnológicas. É um departamento ainda em estruturação na Comissão.

Departamento de Ensino e Intercâmbio Científico - (DEIC)- ca be-lhe organizar e incentivar cursos de formação profissional para cientistas e técnicos nucleares. Atenção especial está sendo dada à formação de pessoal em cursos de pós-graduação e ao aperfeiçoamento em organizações estrangeiras mais avançadas.

Departamento Industrial e Comercial - (DEPINC) - ao qual es tá afeto o planejamento e execução da política industrial e comercial dos minerais e materiais nucleares.

Departamento de Fiscalização do Material Radioativo - (DFMR) tem como finalidade controlar o material nuclear produzido ou em estoque no País, além de fiscalizar o cumprimento das medidas de segurança nas instalações, e a observância do monopólio estatal sô bre os minérios nucleares.

Departamento de Administração - (DA)- Encarregado da execu ção do orçamento anual, estão-lhe afetas as providências referentes a despesas com obras, aquisição e manutenção de equipamentos e ser viços, pessoal e transporte.

Instituto de Energia Atômica - (IEA)- em São Paulo.

Instituto de Pesquisas Radioativas - (IPR) - em Belo- Ho rizonte.

Instituto de Engenharia Nuclear - (IEN) -na Guanabara.

2. PESSOAL

O quadro que vem a seguir mostra as disponibilidades em pessoal.

As colunas denominadas SEDE, IEN, USINAS e APM, re presentam o contingente efetivo da CNEN, enquanto que as colunas do IEA e IPR, por serem órgãos mantidos por convênios com as Univer sidades de São Paulo e Federal de Minas Gerais, respectivamente correspondem na sua maioria a pessoal pertencente a essas Univer sidades e por elas remunerado.

Os números figurantes na coluna AUXÍLIOS referem-se a técnicos das diversas instituições às quais a CNEN fornece auxílios para aplicação em trabalhos de pesquisas ligadas a energia nuclear.

São, na sua maioria, técnicos de nível superior, notadamente professores universitários, médicos, físicos e biólogos, pagos com recursos das respectivas instituições e recebendo, quando for o caso, complementação da CNEN.

CATEGORIAS	U N I D A D E S							TOTAL
	SEDE	IEA	IEN	IPR	APM	USINAS	Auxílios	
I - NÍVEL SUPERIOR								
1. Técnico ou Científico	98	101	62	62	17	-	254	594
2. Administrativo	6	-	11	1	6	-	-	24
II - NÍVEL MÉDIO								
1. Técnico ou Científico	37	37	55	22	97	3	53	304
2. Administrativo	8	-	7	2	8	1	-	26
III - ADMINISTRATIVO	169	30	38	21	13	5	9	285
IV - AUXILIAR, BRAÇAL e ARTÍFICE	147	50	48	19	197	109	-	570
T O T A I S	465	218	221	127	338	118	316	1.803

/atb

CONSÉLHO TÉCNICO
CIENTÍFICO

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA
URIEL DA COSTA RIBEIRO
PRESIDENTE
J. A. RAMOS
MEMBRO
VAGO
P. R.
M.
H. G.
M.

PROCURADORIA JURÍDICA
AYRTON SÁ PINTO
DE PAIVA
PROCURADOR GERAL

ASSESSORIA DE RELAÇÕES
INTERNACIONAIS
RAFAEL LEOCÁDIO
DOS SANTOS
ASSESSOR CHEFE

DEPARTAMENTO DE
ADMINISTRAÇÃO
EPFANIO F. S. BITTENCOURT
DIRETOR

DEPARTAMENTO ENSINO
INTERCÂMBIO CIENTÍFICO
WILSON MOREIRA
BANDEIRA DE MELO
DIRETOR

DEPARTAMENTO DE
EXPLORAÇÃO
MINERAL
J. R. ANDRADE RAMOS
DIRETOR

IND
EW

INSTITUTO DE ENERGIA
ATÔMICA
R. R. PIERONE
DIRETOR

INSTITUTO DE
ENGENHARIA NUCLEAR
MÁRIO D. A. ANASTÁCIO
DIRETOR

PESQ
M

ONAL DE ENERGIA NUCLEAR

DA COSTA RIFFIRO
PRESIDENTE

S
P. R. ARRUDA
MEMBRO
H. G. CARVALHO
MEMBRO

CONSÉLHO FISCAL

PRESIDENTE

VAGO

GABINETE

HELÍCIO MODESTO DA COSTA
CHEFE

ASSESSORIA DE RELAÇÕES
PÚBLICAS

ALVARO VIDAL LEITE
RIBEIRO

ASSESSOR CHEFE

ASSESSORIA DE
PLANEJAMENTO
E DESENVOLVIMENTO

HORACIO ANTUNES
FERREIRA JUNIOR

ASSESSOR CHEFE

DEPARTAMENTO
INDUSTRIAL E COMERCIAL

EWALDO B. SANTOS

DIRETOR

DEPARTAMENTO
PESQUISAS
CIENTÍFICAS
TECNOLÓGICAS

BERNHARD GROSS

DIRETOR

DEPARTAMENTO
FISCALIZAÇÃO
DO
MATERIAL RADIOATIVO

J. J. SERRA COSTA

DIRETOR

LEAR
ACIO
INSTITUTO DE
PESQUISAS RADIOATIVAS

MILTON CAMPOS

DIRETOR

ADMINISTRAÇÃO DA
PRODUÇÃO DE MONAZITA

GERALDO ROCHA LIMA

ADMINISTRADOR