



Presidência da República
Secretaria de Assuntos Estratégicos
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento - DPD

RELATÓRIO ANUAL DA DIRETORIA DE P&D
1995

MARÇO/96



COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR

Presidente: José Mauro Esteves dos Santos

Diretor de Apoio Logístico: Regina Célia Andrade Sabóia

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento: Antonio Carlos de Oliveira Barroso

Diretor de Radioproteção e Segurança Nuclear: Ayrton José Caubit da Silva

DIRETORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO - DPD

Diretor : Antonio Carlos de Oliveira Barroso

- **Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN**
Superintendente: Claudio Rodrigues
- **Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear - CDTN**
Superintendente: Fernando Soares Lameiras
- **Instituto de Engenharia Nuclear - IEN**
Superintendente: Luiz Alberto Ilha Arrieta

Assessoria da DPD

DPD/SP: José Antonio Diaz Dieguez

DPD/RJ: Elizabeth Braz Pereira Gomes

DPD/MG: Carlos Malamut

Endereços:

**COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - CNEN
DIRETORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO - DPD**

(em São Paulo)

Rua do Matão, Travessa R, 400 - Cidade Universitária
CEP 05422-970 - Cx. Postal 11049 - São Paulo - SP
Tels.: (011) 814-9927 / 816-9146
Fax : (011) 814-6909
e-mail: DPD@NET.IPEN.BR

(no Rio de Janeiro)

Rua General Severiano, 90 - s/300 - Botafogo
CEP 22294-900 - Rio de Janeiro - RJ
Tels.: (021) 275-6597
Fax/Fone: (021) 546-2316
e-mail: DPD@UB.CNEN.BR

ÍNDICE

	página
1. PREÂMBULO	2
2. PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS	4
2.1. Dados da Produção	5
2.2. Desenvolvimento de Novos Produtos.....	9
3. APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	12
3.1. Radioproteção Ocupacional e Ambiental	13
3.2. Instrumentação e Controle	16
3.3. Bioengenharia e Agricultura	21
3.4. Saúde e Meio Ambiente	26
3.5. Física, Química e Processos Industriais	31
4. TECNOLOGIA DE REATORES E DO CICLO DO COMBUSTÍVEL	36
4.1. Combustível Nuclear	36
4.2. Reprocessamento e Rejeitos Radioativos	39
4.3. Reatores e Segurança Nuclear	44
4.4. Operação e Manutenção dos Reatores de Pesquisa	51
4.5. Materiais e Tecnologias Avançadas	59
5. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS	68
5.1. Concurso Público	68
5.2. Treinamento	70
5.3. Publicações	72
5.4. Participações em Eventos	74
6. OUTROS ASSUNTOS	76
6.1. Projetos Especiais	76
6.2. Cooperação com outras Instituições	82
7. RECURSOS FINANCEIROS	89

ANEXO: Institutos da Diretoria de P & D

1. PREÂMBULO

No plano científico e tecnológico, a CNEN executa atividades de pesquisa e desenvolvimento nas mais diversas áreas de aplicação de energia nuclear para fins pacíficos.

As atividades de P&D, na CNEN, estão sob a responsabilidade da Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento (DPD), à qual compete (Art. 12, Decreto nº 150, de 15 de junho de 1991): orientar, coordenar e supervisionar a execução de todas as atividades de pesquisa e desenvolvimento nas áreas de reatores nucleares, ciclo do combustível, instrumentação e controle, aplicação de técnicas nucleares, produção de radioisótopos, materiais de interesse nuclear, rejeitos radioativos e materiais irradiados.

Para cumprir suas atribuições, a DPD conta com três institutos, a saber: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/BH), Instituto de Engenharia Nuclear (IEN/RJ) e Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP). É importante destacar, ainda, que essas unidades desenvolvem inúmeras atividades em cooperação com outras instituições, tais como, universidades, indústrias, empresas estatais, empresas privadas, instrumentadas através de convênios ou ajustes.

Os institutos - CDTN, IEN e IPEN contam hoje com grande e diversificado potencial em prédios, instalações, células de processamento de material radioativo, laboratórios de medidas e análises nucleares, instalações para fabricação de combustíveis e materiais especiais, e equipamentos de grande porte como: quatro reatores de pesquisa, dois aceleradores tipo ciclotron, dois aceleradores de elétrons e irradiadores de cobalto.

Esta capacidade instalada de equipamentos e laboratórios associada a um volume considerável de especialistas, engenheiros e pesquisadores nucleares altamente capacitados tecnicamente, asseguram a possibilidade concreta da DPD alcançar os objetivos programados.

A gama de atuações desses institutos é das mais abrangentes, englobando desde o chamado ciclo do combustível nuclear, projetos de reator de pesquisa e de potência, produção de radioisótopos, instrumentação e controle, desenvolvimento de novos materiais, até o desenvolvimento de pesquisas em apoio à medicina, à indústria e à agricultura.

No início dos anos 90, especialmente em 92 e 93, o orçamento da CNEN foi drasticamente reduzido em relação aos valores de 89 ou 90, que eram compatíveis com o porte e a missão da instituição. Este fato causou o atraso e, até mesmo, a interrupção de importantes pesquisas e desenvolvimentos, além de acarretar na falta de manutenção ou até no sucateamento de alguns equipamentos e instalações.

Desde o segundo semestre de 94, a alta direção da CNEN, com o apoio e a orientação da SAE, tem tido um crescente êxito na recuperação do orçamento desta Comissão aos níveis de 89 e 90. Esta ação, conjugada com a estabilidade da moeda, teve reflexos altamente positivos nas realizações da DPD.

No segmento diretamente ligado à medicina nuclear, há anos carente de investimento, foram iniciadas e quase concluídas a reforma e modernização das instalações de processamento de radioisótopos e radiofármacos do IPEN, o que permitiu significativo aumento na produção e a viabilização de novos produtos como o Samário - 153 EDTMP. Em termos de atividade, o volume de isótopos e fármacos distribuídos aos hospitais e clínicas aumentou em quase 25%, tendo-se chegado ao último trimestre de 95 com uma produção que, se estendida para o ano inteiro, permitiria o atendimento de cerca 800.000 pacientes.

Nas aplicações industriais merecem destaque a transferência, do IEN para a INB, da tecnologia de obtenção de algumas terras raras com altíssima pureza, e a associação do IPEN com uma empresa privada que permitiu a instalação naquele instituto de um novo acelerador de elétrons, sem custos para a CNEN. Igualmente notável foi a transferência de tecnologia, realizada pelo CDTN, que resultou na implantação de unidades de flotação em coluna em três mineradoras do Estado de Minas Gerais.

Nas aplicações na agricultura e meio-ambiente realizaram-se inúmeros trabalhos para detecção, mapeamento e determinação da dinâmica de reposição das águas subterrâneas do semi-árido mineiro, colaborando para o desenvolvimento daquela região. Também utilizando técnicas nucleares, foram realizados estudos hidrográficos e sedimentológicos no reservatório Paiva Castro, responsável por 67% do abastecimento da região metropolitana de São Paulo.

Finalmente, na área de materiais e reatores nucleares foram reativadas pesquisas de tipo alternativos de combustíveis que deverão ser utilizados em nossos reatores de pesquisa, em futuro breve. O reator IPR-R1, do CDTN, voltou a operar, sem nenhum contratempo, após concluída sua reforma e modernização parcial. Foram também iniciadas as reformas do reator IEA-R1, no IPEN, visando aumentar sua potência e capacidade para pesquisas e produção de radioisótopos.

De uma maneira geral, os institutos da DPD tiveram um número expressivo de resultados positivos, quer seja na prestação de serviços rotineiros à comunidade, como no desenvolvimento de pesquisas prioritárias. O presente relatório resume as atividades executadas pelos institutos da DPD durante o ano de 1995.

2. PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS

Das três unidades da DPD, o IPEN e, em muito menor escala, o IEN, mantêm atividades nesta área, sendo o primeiro responsável por mais de 99% dos isótopos e fármacos distribuídos pela CNEN.

Dentro da política traçada pela DPD, esta foi a área mais incentivada em termos de investimentos, diretos e indiretos, pelas seguintes razões:

- O elevado impacto social dos benefícios propiciados por estas atividades;
- O acelerado crescimento da medicina nuclear em nosso país, que deve manter-se pelos próximos três a cinco anos;
- O fato de que a comercialização dos radioisótopos e radiofármacos tem o potencial de amortizar, em prazos razoáveis, os recursos investidos, bem como custear as pesquisas e projetos relacionados.

A estratégia de investimentos privilegiou o IPEN em 1995 porque, em função do tamanho, diversidade das instalações e equipes de trabalho lá existentes, foi certamente neste instituto que a relação entre os resultados esperados e o investimento necessário, mostrou-se mais favorável.

Uma análise da situação, feita ao final de 1994, revelava que para acompanhar e estimular o crescimento do mercado, as instalações do IPEN estavam aproximando-se do limite de sua capacidade, e esforços adicionais para aumentar a produção poderiam, em futuro próximo, redundar em operação fora das condições desejadas. Tal situação ocorria por motivos diversos, mas principalmente pela carência de recursos orçamentários; havia mais de 15 anos que não se fazia um investimento de porte razoável no setor.

No setor de processamento de radioisótopos e radiofármacos, o aporte de recursos em 1995 foi direcionado para os seguintes objetivos:

- Recuperação das células de processamento que necessitavam manutenção;
- Fabricação e montagem de novas células para os novos produtos ou duplicação daquelas cujo volume de produção justificava a redundância;
- Modificações no layout da instalação, reestruturando-se os fluxos de insumos, pessoal e produtos, bem como a disposição das áreas controladas e supervisionadas, de forma a minimizar a dose ocupacional dos funcionários envolvidos;
- Um substancial acréscimo na segurança física e na proteção radiológica, através da instalação de novos equipamentos, automação de controles e registros, reformulação de procedimentos, etc.

No tocante à produção de radioisótopos primários, investiu-se nas modificações do reator IEA-R1, visando a ampliação da sua potência e obtenção de melhores condições de irradiação. Quando concluída, esta reforma permitirá que mais da metade dos radioisótopos primários usados como matéria-prima no setor de processamento, passe a ser produzido no Brasil - hoje este percentual é inferior a 3%.

Vale lembrar que esta modernização e ampliação de potência do reator é uma iniciativa devida já de longa data. Basta lembrar que o reator IEA-R1, do IPEN, opera desde sua criticalidade, em 1957, à potência de no máximo 2 MW, enquanto seus contemporâneos, ainda em operação, já passaram por substanciais reformas, visando ampliar seu potencial de uso.

A Argentina, por exemplo, dispõe de um reator semelhante, porém, de maior potência e mais novo (início de operação em 1968, com 2,8 MW). Mesmo assim, visando aumentar a capacidade de produção de radioisótopos e de irradiação de materiais, esse reator foi modernizado e teve sua potência máxima aumentada para 5 MW. Segundo as informações de que dispomos, desde 1992 vem sendo operado a 4,5 MW de potência.

Além da diretriz geral de aumento da produção de radioisótopos e radiofármacos e da variedade dos produtos oferecidos, há uma diretriz (complementar) de promover uma descentralização parcial da produção de radioisótopos. Mais explicitamente, esta orientação incide, principalmente, sobre os isótopos e fármacos de uso mais comum, ou sobre aqueles que, por suas características, tenham que ser consumidos num prazo muito curto após sua produção.

Tendo em vista que o segundo maior centro de consumo de radioisótopos é o Rio de Janeiro e que já existem no IEN, embora de menor porte que no IPEN, uma instalação de processamento de radioisótopos e uma pequena radiofarmácia, tais instalações serão ampliadas e modernizadas. O objetivo é que, para os produtos mais básicos e disseminados da medicina nuclear, haja já em 96 uma complementação e capacidade de redundância no fornecimento para a região do Rio. Esta ação acarretará também para os consumidores desta região uma redução no custo do transporte.

Assim sendo, uma pequena parcela dos investimentos deste setor foi destinada ao IEN, para iniciar as atividades de projeto e fabricação da célula de processamento de I-131.

Fruto da linha-ação adotada pela DPD neste setor e do empenho de seus institutos encarregados da execução, alguns expressivos resultados foram alcançados em 1995 e são relatados a seguir.

2.1. Dados da Produção

2.1.1. IPEN

Mantendo uma longa tradição de produção rotineira de radioisótopos, a CNEN, através do IPEN, é um dos grandes partícipes na viabilização e consolidação da moderna medicina nuclear em nosso país. Foi, no ano de 95, responsável pelo fornecimento de radioisótopos para 207 clínicas e centros nacionais de medicina nuclear, possibilitando o atendimento a cerca de 650.000 pacientes no diagnóstico e terapia de diversas enfermidades.

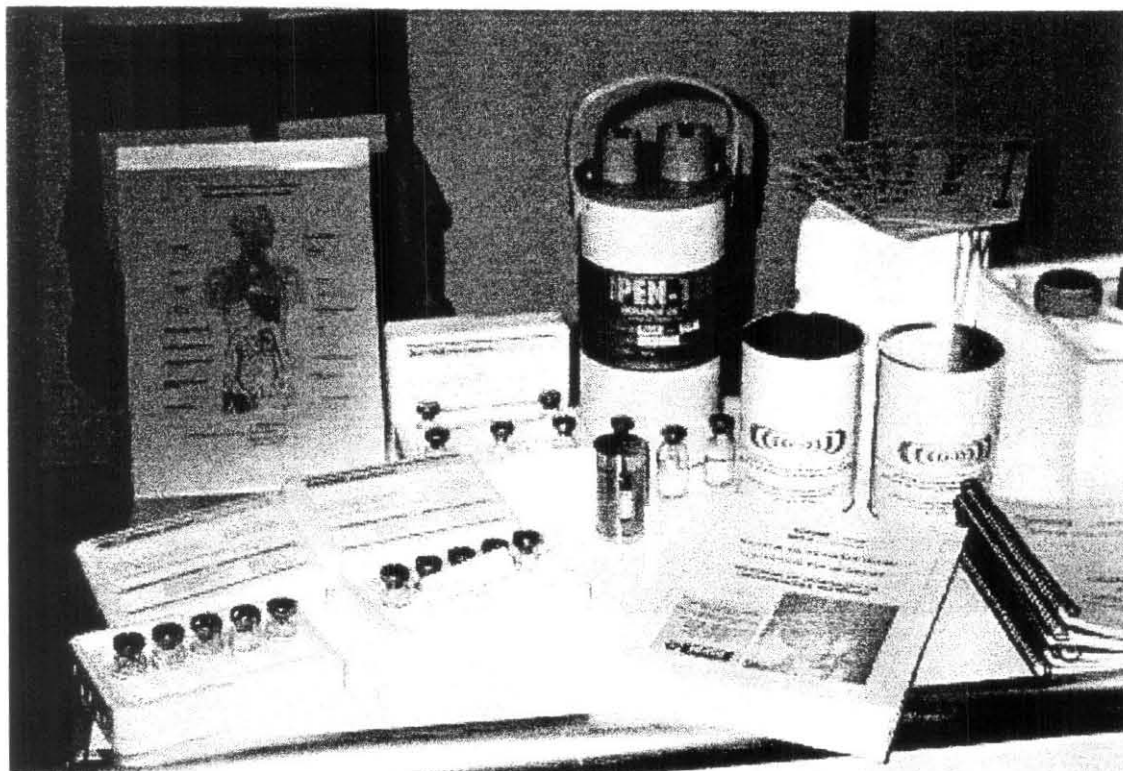
Os números da produção de radioisótopos e radiofármacos neste instituto, em 1995, são mostrados na tabela a seguir:

RADIOISÓTOPOS PRIMÁRIOS	
Produtos	Atividade em mCi
Gerador de ^{99m}Tc	5.234.750.
^{131}I	289.806
^{67}Ga	20.018
^{32}P	2.717
^{51}Cr	2.998
^{35}S	941
^{82}Br	80
^{45}Ca	1
^{24}Na	24
CONJUNTOS DE REATIVOS PARA MARCAÇÃO COM ^{99m}Tc	Número de Conjuntos (com 5 frascos cada)
Produtos	
Ác. Metilenodifosfônico	2.518
Ác. Dietilenotriaminpentacético	1.010
Pirofosfato de sódio	973
Macroagregado de Soro de Albumina Humana	446
Ác. Dimercaptosuccínico	282
Fitato de Sódio	230
Estanho Coloidal	141
Ác. Diisopropiliminodiacético	129
Glucoheptonato de Cálcio	97
Enxofre Coloidal	74
Dextran-500	40
Soro Albumina Humano	1
Etilenocisteína	10
Etilenocisteína dietilester	31
SUBSTÂNCIAS MARCADAS	
Produtos	Atividade em mCi
Meta-iodo-benzil guanidina- ^{131}I	4.008
Hippuran- ^{131}I	2.500
Meta-iodo-benzil guanidina- ^{123}I	1.623
^{153}Sm -EDTMP	1.510
^{51}Cr -EDTA	1.021
Soro Albumina Humano- ^{131}I	152
Bromossulfaleína- ^{131}I	80

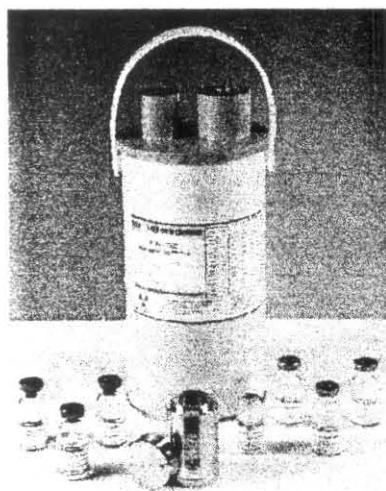
Cabe ressaltar que em relação à produção de 1994 houve um aumento de 24% nos Geradores de ^{99m}Tc ; 124% no ^{51}Cr (cromato e cloreto); 33% nos Conjuntos de Reativos Pirofosfato de Sódio - ^{99m}Tc e 178% no Meta-iodo-benzilguanidina - ^{123}I . O aumento global da atividade produzida foi de 22,2%.

No tocante à utilização do ciclotron, a produção foi concentrada unicamente no ^{123}I para suprimento à região de São Paulo, pois o ciclotron do IPEN não podia suprir com regularidade a produção de Gálio-67, que conta com oferta vantajosa no mercado internacional.

A meia-vida curta do Iodo-123 dificulta sua importação, e sua produção no País é relevante para o diagnóstico da função tireóidea.



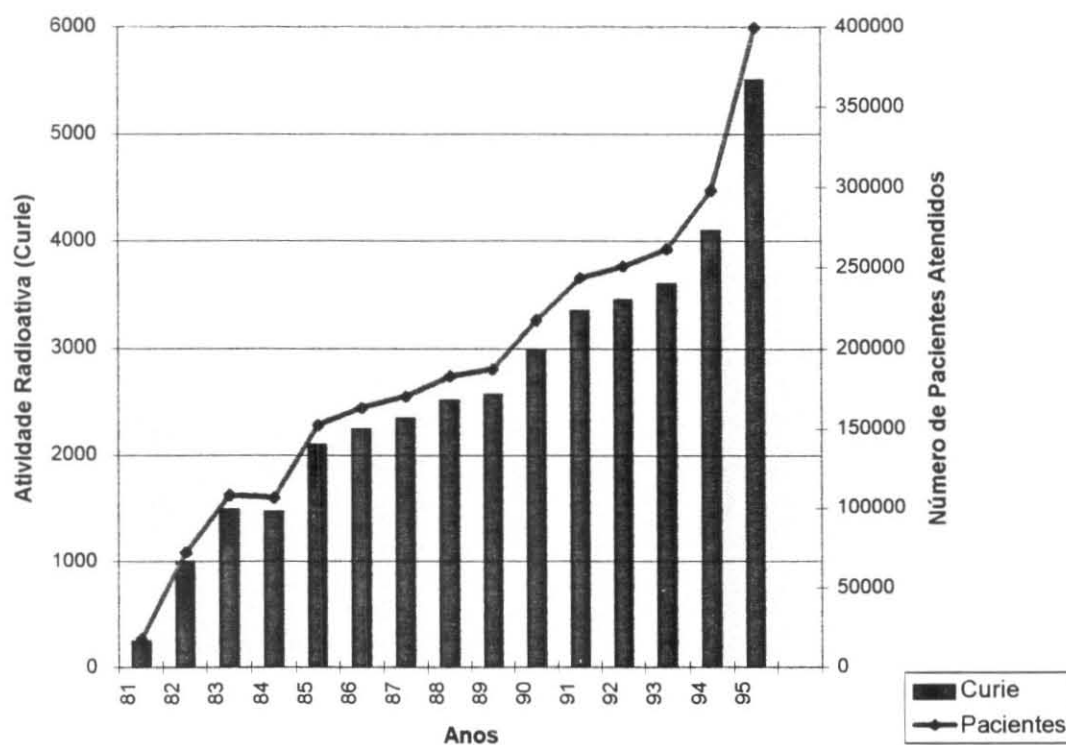
Radioisótopos e Radiofármacos Produzidos



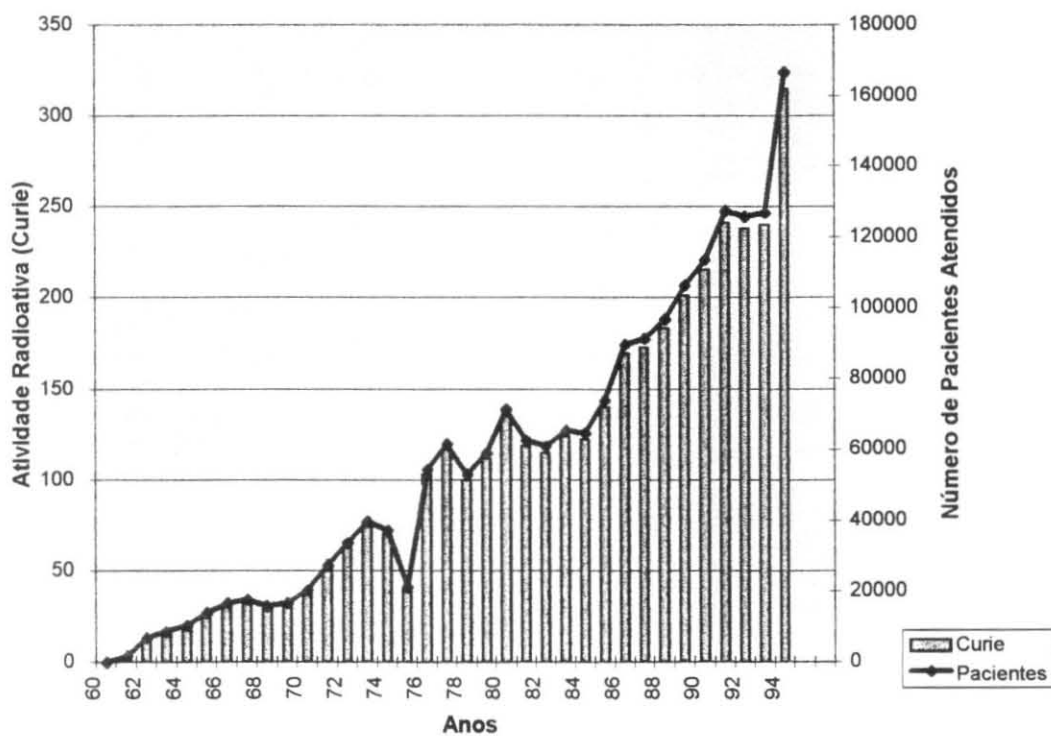
Gerador de Tecnécio

Os gráficos, a seguir, apresentam a evolução da distribuição dos principais radioisótopos fornecidos pelo IPEN: Geradores de Tecnécio (que correspondem a mais de 60% do faturamento) e o grupo dos Radioisótopos Primários.

Distribuição de Geradores de Tecnécio



Distribuição de Radioisótopos Primários I-131, Cr-51, P-32, S-35, Na-24, I-123 e Ga-67



2.1.2. IEN

No ano de 1995 foram produzidos e distribuídos cerca de 282 mCi de ^{123}I (1128 doses). A produção de ^{123}I via telúrio, encontra-se abaixo (50 a 60%) do rendimento esperado. Ao longo de 95 foram revisados os sistemas envolvidos na produção de radioisótopos do instituto: ciclotron, estação de irradiação, material alvo e célula de processamento. As análises preliminares mostraram que uma combinação de fatores (medida da corrente e energia do feixe, degradação do alvo, temperatura do forno) está contribuindo para a baixa produção. O ciclotron encontra-se parado desde setembro para solução de problemas no próprio acelerador, estes parcialmente resolvidos, e periféricos.

2.2. Desenvolvimento de Novos Produtos

A orientação da DPD, de incentivar o contato entre os responsáveis pela produção e desenvolvimento de radioisótopos com os clientes, foi extensivamente praticada pelos institutos. Inúmeras foram as reuniões e contatos mantidos com os médicos e pesquisadores dos Serviços e Centros de Medicina Nuclear, no sentido de melhor orientar e selecionar as pesquisas e desenvolvimentos cujos resultados terão maior impacto para a medicina nuclear no Brasil.

2.2.1. IPEN

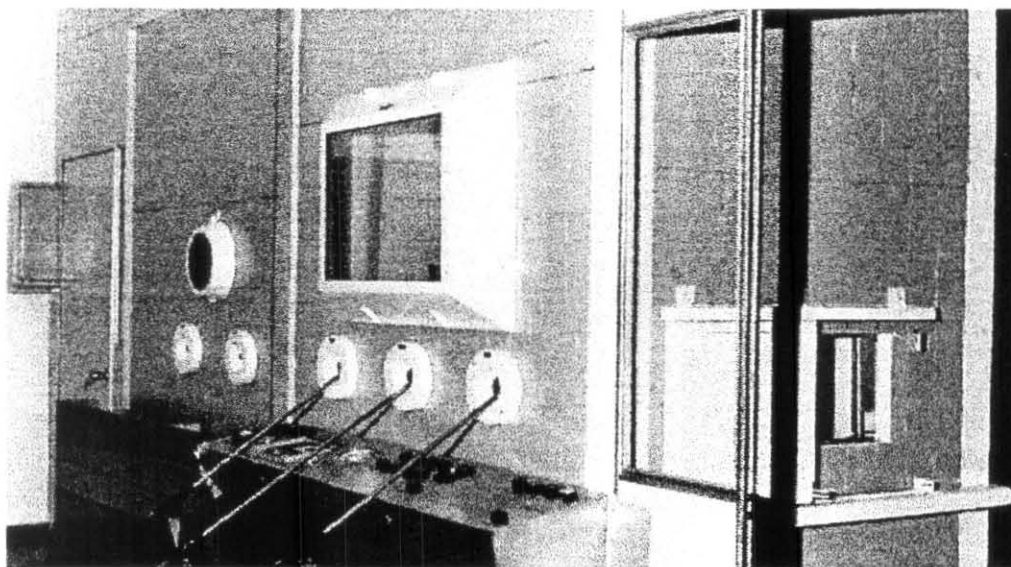
Na busca constante de acompanhar o desenvolvimento internacional, os seguintes novos produtos foram colocados à disposição da classe médica em 1995:

- ^{153}Sm -EDTMP, para alívio da dor de metástases ósseas;
- EC- $^{99\text{m}}\text{Tc}$, para estudos da função renal; e
- ECD- $^{99\text{m}}\text{Tc}$, para avaliação do fluxo sanguíneo cerebral.

Além disso, foram realizadas pesquisas visando o futuro desenvolvimento dos seguintes produtos e processos:

- ^{186}Re -HEDP (terapia paliativa de metástases ósseas): iniciada a marcação e obtido rendimento de aproximadamente 95%;
- HMPAO marcado com $^{99\text{m}}\text{Tc}$, para estudos cerebrais e MIBI- $^{99\text{m}}\text{Tc}$, para estudos do miocárdio: em andamento;
- Ácido ^{131}I -pentadecanóico (mapeamento do miocárdio) e anfetamina- ^{131}I (mapeamento do cérebro): em andamento e pronto para adaptações para a produção, respectivamente;
- ^{111}In (marcação de elementos do sangue): em andamento, com rendimento de 60%;
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DMSA pentavalente (estudo da função renal): em processo de avaliação clínica;
- Desenvolvimento do método de separação do ^{99}Mo de produtos de fissão; e

- Produção de ^{18}F e ^{18}F -FDG: em processo de compra da Ion Beam-Association, Bélgica, do sistema automatizado para a produção desses dois produtos, usados para obter informações sobre metabolismo de órgãos e tecidos, apresentando-se útil no estudo da viabilidade miocárdica e metabolismo tumoral em lesões malignas.



Célula de Processamento de Radioisótopos

2.2.2. IEN

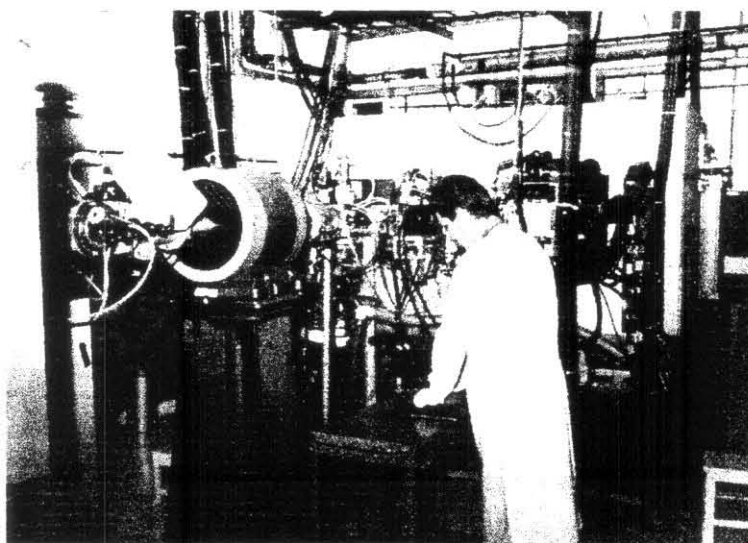
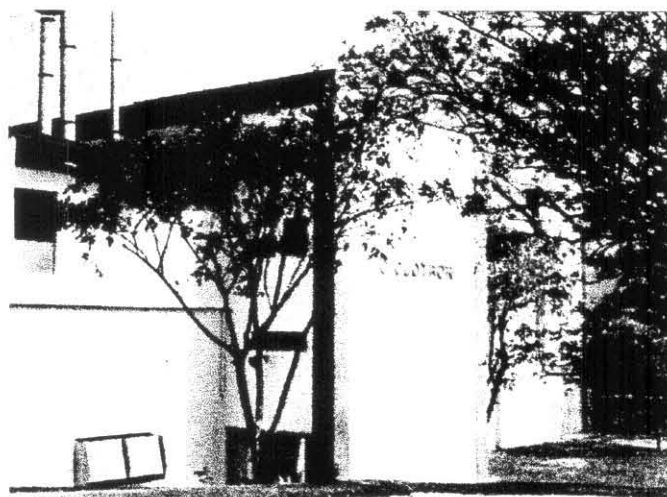
Foi iniciado um projeto visando o processamento e a distribuição de ^{131}I para os hospitais e clínicas no âmbito do Rio de Janeiro. Foram feitas pesquisas junto à comunidade médica para se obter um levantamento preciso das necessidades de ^{131}I e de outros radioisótopos, tais como: o ^{123}I (Ultra-Puro), ^{67}Ga e ^{18}F (FDG). Foram visitados cerca de 13 Serviços de Medicina Nuclear. O resultado é mostrado na tabela abaixo:

Radioisótopo	Atividade
^{131}I	588 mCi/semana
^{67}Ga	140 mCi/semana
^{123}I (Ultra-Puro)	55 mCi/semana
^{18}F (FDG)	Há um grande interesse por parte das clínicas consultadas. (*)

(*) Os Serviços de Medicina Nuclear teriam que investir em novos equipamentos ou na adaptação dos atuais, o que só será feito quando houver uma segurança em relação a quando o produto estará disponível.

O projeto ^{131}I está em fase de detalhamento, compra e confecção dos componentes para a montagem do interior da célula de processamento. O desenvolvimento da nova célula conta com o apoio técnico do IPEN, para a concepção e desenvolvimento do projeto. Foi iniciada a reforma do laboratório e do sistema de exaustão para a adaptação da nova célula. Itens para expedição do produto (caixas de papelão, caixas de isopor, etiquetas, formulários e latas litografadas), contrato de importação, logística de recebimento e entrega do ^{131}I estão sendo providenciados. A previsão para início da distribuição do ^{131}I pelo IEN é para junho de 1996.

A produção rotineira de ^{67}Ga aguarda o reinício da operação do ciclotron. Esta paralisação está sendo aproveitada para melhorar o aterramento elétrico dos laboratórios de produção e posterior instalação do espectrofotômetro de absorção atômica recém adquirido. Alguns ajustes no processo de separação química e recuperação do material enriquecido (Zn-68) estão sendo feitos.



Ciclotron do IEN

3. APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR

Esta é, talvez, a maior e mais ramificada área de atuação da DPD. Para facilitar a abordagem, as atividades dessa área foram assim agrupadas: Radioproteção Ocupacional e Ambiental; Instrumentação e Controle; Bioengenharia; Saúde e Meio Ambiente; e Física, Química e Processos Industriais.

Como o próprio título sugere, as realizações dessa área tornam-se mais efetivas quando vêm de encontro às necessidades locais e regionais. Desta forma, a diretriz maior traçada para os institutos foi a procura de uma estreita sintonia com os órgãos afins de sua região.

Assim sendo, é nessa área que os institutos praticam de forma mais efetiva a sua inserção regional, cooperando intensamente com os órgãos municipais e estaduais de sua região, bem como interagindo com a indústria, universidades e centros de pesquisa com interesses comuns.

Setorialmente, a orientação da diretoria pode ser assim resumida:

- Radioproteção Ocupacional e Ambiental

Em primeiro lugar, assegurar o cumprimento, de forma exemplar, em todas as instalações internas, das diretrizes e normas de proteção radiológica da CNEN.

Na medida das disponibilidades, estender os serviços de radioproteção e afins para a comunidade externa, mantendo uma atuação apenas complementar à da iniciativa privada para as atividades fora do monopólio.

Cooperar com a Diretoria de Radioproteção e Segurança (DRS), agindo como um braço executivo desta no planejamento, preparação e apoio ao atendimento de emergências radiológicas, principalmente nas regiões próximas à localização de cada instituto.

- Instrumentação e Controle (incluindo eletrônica, hardware e software)

São poucas as atividades deste setor cuja execução esteja diretamente associada com o cumprimento das finalidades essenciais de nossos institutos. Por outro lado, dificilmente alguma de nossas atividades fins conseguiria ser bem executada, dentro dos padrões modernos, sem o suporte da instrumentação e controle.

Durante os anos 80, a pesquisa e o desenvolvimento neste segmento foram fortemente orientados para a nacionalização de equipamentos que o Brasil não conseguia importar, devido a restrições internacionais. Com a adesão a um sistema de salvaguardas “full scope”, com a presença da AIEA, as antigas restrições foram gradativamente retiradas e antigas metas passaram a ser questionadas. Houve então um gradual redirecionamento do setor, que as diretrizes abaixo resumem bem:

- ⇒ A busca de um perfeito entrosamento e engajamento com todos os outros setores de P & D da instituição, que devem ser vistos como clientes essenciais deste segmento e que, por sua vez, devem reconhecê-lo como o parceiro indispensável para o sucesso de seus projetos.
 - ⇒ Dos produtos desenvolvidos no passado, continuar a produzir e, se for o caso, aperfeiçoar apenas aqueles que se justifiquem economicamente ou quando houver fortes razões estratégicas.
 - ⇒ Priorizar os projetos de maior e mais diversificado conteúdo tecnológico agregado, que visam a modernização das principais instalações dos institutos.
- **Bioengenharia, Saúde e Meio Ambiente e Física, Química e Processos Industriais**
 As atividades destas áreas são especialmente dirigidas para a pesquisa básica e aplicada, objetivando o desenvolvimento de produtos e serviços que contribuam para o bem estar da sociedade. As diretrizes da DPD para o desenvolvimento destas áreas foram, entre outras, as seguintes:
 - ⇒ Procura de novos parceiros ou clientes e maior interação com os atuais, no sentido de ampliar o escopo das aplicações de técnicas nucleares na saúde, engenharia e meio ambiente;
 - ⇒ Cooperação e intercâmbio com a indústria ou instituições governamentais, objetivando o desenvolvimento de novos produtos e serviços;
 - ⇒ Buscar mecanismos de transferência de tecnologia para a indústria que permitam aliviar nossos custos de desenvolvimento e ampliar nossa área de atuação; e
 - ⇒ Incentivo aos pesquisadores para incrementar o número de publicações e participação em eventos técnico-científicos no País e no Exterior.

3.1. Radioproteção Ocupacional e Ambiental

3.1.1. CDTN

No âmbito interno ao instituto, o **Serviço de Proteção Radiológica** manteve sob controle 36 áreas restritas, que totalizam 117 recintos (laboratórios, salas, almoxarifados, etc) e contêm 225 pontos de medidas sistemáticas. A partir destes pontos de medidas, foram realizadas, em 95, cerca de 2.500 determinações analíticas, com a frequência adequada a cada tipo de ambiente e de atividade. Os níveis de radiação nas áreas livres e restritas, dentro e fora das edificações existentes no CDTN, foram monitorados por meio da rede de dosímetros termoluminescentes existentes. O controle da produção de fontes de radiação foi exercido através da análise das fichas de pedido de irradiação no Reator IPR-R1 e do acompanhamento radiológico desta produção.

No âmbito externo, o Serviço de Monitoração Individual terminou o ano de 1995 com cerca de 207 instituições controladas, num total superior a 4.000 usuários. Durante o ano foram processados 39.366 dosímetros individuais, o que representa um acréscimo de 5,8% em relação ao ano anterior. Este acréscimo foi obtido sem aporte adicional de recursos humanos, sendo portanto, decorrente do aumento de produtividade da equipe.

No contexto do Apoio à Comunidade, foram realizados, sob contrato, 10 levantamentos radiométricos em instituições operadoras de fontes de radiação (hospitais, consultórios, indústrias, etc) e foram recolhidas 510 fontes de radiação, oriundas de 147 pára-raios, 306 detectores de fumaça e 57 medidores nucleares. Encaminhadas pela DRS, foram ainda recebidas 111 fontes de radiação de uso médico, provenientes de 83 agulhas de Ra-226, 25 tubos de Ra-226 e 3 cabeçotes de teleterapia.

Com relação a Treinamento em Radioproteção, a equipe do Serviço de Proteção Radiológica preparou e ministrou o já tradicional estágio para os oficiais do Curso de Especialização em Defesa Química, Biológica e Nuclear da Escola de Instrução Especializada do Exército. Adicionalmente, esta mesma equipe ficou ainda encarregada de coordenar o estágio de mestrado do Instituto Militar de Engenharia, IME. Com a incorporação deste estágio à formação dos alunos deste Instituto, este estágio poderá, novamente, ser retomado de forma rotineira dentro das atividades do CDTN.

Durante 1995, o **Serviço de Salvaguardas** atendeu a duas inspeções conjuntas da AIEA, ABACC e CNEN, referentes aos requisitos do Acordo Quadripartito (INFCIRC/435) e relacionadas, respectivamente, à Verificação de Inventário Físico (PIV) e à verificação do Design Information Questionnaire (DIQ). Quanto a este último, foram atendidas todas as alterações solicitadas, bem como as questões suscitadas nas reuniões de trabalho. Duas inspeções preparatórias para as inspeções da ABACC/AIEA foram também realizadas em conjunto com inspetores da SESAL.

Em colaboração com a ABACC, um Inspetor do CDTN participou de três auditorias em instalações nucleares argentinas, que foram conduzidas nas Centrais Nucleares de Embalse e de Atucha I.

No contexto das atividades de salvaguardas foram emitidos, durante o ano, 23 Listas de Itens (LI), 9 Relatórios de Variação de Inventário (ICR), 28 Relatórios de Balanço de Material (MBR), 6 Listas de Inventário Físico (PIL) e 2 Relatórios de Operação (RO).

Objetivando a melhoria do atendimento às inspeções, a capacidade física do serviço de salvaguardas foi ampliada com a aquisição de balança com capacidade de até 75 kgf, bem como o projeto e a fabricação de uma célula de carga para 500 kgf.

A rotina de controle dos materiais nucleares foi executada em todas as áreas de controle do CDTN, com a conseqüente atualização dos livros de Registro Geral (LG). A aplicação de Medidas de Contenção (selagem dos invólucros) foi implementada de modo a simplificar o processo de controle e de inspeção.

No âmbito do serviço de salvaguardas, encontram-se ainda em andamento:

- os estudos/acompanhamentos relativos à queima de elementos combustíveis e à formação de plutônio no Reator IPR-R1;
- a prestação de informações à SESAL/CNEN nas negociações com AIEA e ABACC, referentes à preparação dos documentos "Facility Attachment" das instalações do CDTN, como requerido na implementação do Acordo INFCIRC/435.

Finalmente, com o objetivo de minimizar a quantidade de itens sob salvaguardas, foram emitidos dois pedidos de Término de Isenção/Controle, respectivamente, para as Câmaras de Fissão do Reator IPR-R1 e para os Equipamentos Especificados da Usina Piloto de Enriquecimento.

3.1.2. IEN

Com relação à **Radioproteção Ocupacional e Ambiental**, o IEN alcançou, em 1995, os seguintes resultados:

- 280 e 1.200 monitorações de pessoal e de área, respectivamente, para controle radiológico dos servidores e das áreas restritas;
- 65 operações de transporte de material radioativo;
- 350 descontaminações de área e de superfícies;
- 40 monitorações de efluentes líquidos;
- 20 levantamentos radiométricos nas áreas livres;
- 300 determinações de radônio em minas, residências e instalações radiativas e nucleares;
- 60 levantamentos radiométricos realizados no IBF/UFRJ, CEPEL e CENPES;
- prestada consultoria em radioproteção ocupacional e ambiental ao IBF/UFRJ e ao CENPES;
- 30 operações de descontaminação de vestimentas;
- 15 inspeções em laboratórios da CMEQ para avaliar as condições radiológicas operacionais;
- participação no Programa de Intercomparação de Amostras Ambientais - IAEA/IRD.

No tocante a **Metrologia das Radiações**, durante o ano de 95, foram realizadas as seguintes atividades:

- análise nos sistemas beta total e espectrometria gama de 1.060 amostras para controle ocupacional e ambiental;
- ensaios radiológicos em 25 equipamentos de radioproteção;
- teste de vazamento de fonte radioativa em 502 amostras de esfregaço da Schlumberger e MS Instrumentos;
- concluída a pesquisa para desenvolvimento e aplicação da neutrongrafia como técnica de ensaio não destrutivo na forma de tese de mestrado;
- implementação do laboratório de Calibração de Equipamentos de Radioproteção, visando credenciar o referido laboratório como padrão secundário em Metrologia das Radiações, integrando-o à Rede Nacional de Metrologia das Radiações do INMETRO;
- dentro do programa de pesquisa em metrologia das radiações da AIEA e IRD, foi realizada em out/95, uma visita técnica de um inspetor da AIEA às instalações daquele laboratório. Em função da referida visita, foi fornecido pela AIEA o equipamento gama-câmara ao SPR e iniciadas algumas ações de ordem técnica visando a implementação deste laboratório. Nesta fase, o SPR contou com o apoio do IRD.

Quanto a **Dosimetria**, dando andamento à implantação do laboratório de Dosimetria Termoluminescente, as realizações em 1995 abrangeram:

- realização de testes operacionais na leitora de TLD;
- finalizado o processo de importação de duas leitoras de TLD do projeto aprovado pela Fundação Banco do Brasil para implantação de um laboratório de Dosimetria TL no IEN;
- apoio técnico à Fundação Oswaldo Cruz nos aspectos de radioproteção e gerência de rejeitos radioativos.

3.1.3. IPEN

As atividades permanentes de **Monitoração Pessoal, Calibração e Dosimetria**, atenderam às diversas unidades do IPEN, bem como a 611 clientes externos, conforme descritas a seguir.

Em relação à **Monitoração Pessoal**, as ações abrangeram:

- Descontaminação de 13.852 peças de roupas e 2.473 unidades de peças e equipamentos;
- Efetuadas 23.736 monitorações rotineiras e operacionais;
- Realizadas 16 operações de engenharia de radioproteção - cálculos de blindagem, levantamentos radiométricos e transportes;
- Houve 18 atendimentos a emergências radiológicas.

As atividades de **Calibração e Dosimetria** compreenderam:

- Avaliações de 325 pontos de dosimetria termoluminescente ambiental, 232 pontos de dosimetria termoluminescente de área e 189 dosímetros termoluminescentes pessoais;
- Produção de 30.000 pastilhas dosimétricas e 60 fontes e soluções radioativas;
- Irradiação de 25.000 dosímetros e 22 amostras com doses altas;
- Calibração de 1.000 monitores portáteis de radiação, 23 dosímetros clínicos e 35 fontes e soluções radioativas;
- Análises radiotóxicológicas de 1.030 amostras de urina e 60 amostras de fezes;
- Monitorações: 158 de corpo inteiro, 218 de órgãos e 30 de animais;
- Processamento de 32.520 filmes dosimétricos;
- Efetuadas 105 medidas de taxa de fluência de nêutrons térmicos e epitérmicos;
- Executadas 134 micropesagens.

3.2. Instrumentação e Controle

3.2.1. CDTN

O **Projeto de Implantação do Laboratório de Calibração Eletrônica** tem por objetivo dotar o CDTN de um laboratório de aferição e de calibração eletrônica para atendimento das demandas internas e externas. Dentro deste projeto foi iniciada, a partir de 10.10.95, a liberação dos recursos pelo órgão de financiamento FINEP. Este

financiamento deverá alcançar a cifra de US\$ 112,957.00. A Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa, FUNDEP, que é a administradora destes recursos, já encaminhou para análise técnica do CDTN, as “pro-forma-invoices” de equipamentos e de “softwares” a serem adquiridos com os recursos já liberados. As atividades deste projeto estão sendo executadas pelo CDTN, em conformidade com o cronograma enviado e aprovado pela FINEP.

No contexto do **Desenvolvimento de Sistemas e Componentes** objetivando a modernização ou mesmo o desenvolvimento de equipamentos ou de sistema, os resultados obtidos no ano de 1995 podem ser sumariados como se segue:

O desenvolvimento da Câmara de Ultravácuo para Análise de Superfícies encontra-se ainda na fase conceitual, em virtude de dificuldades na obtenção das dimensões exatas para o posicionador de amostras.

Um módulo de coincidência e anticoincidência foi desenvolvido, construído e testado para um Sistema de Detecção de Carbono 14 em gás carbônico. O módulo possibilita agilizar a atividade de contagem deste isótopo para os diagnósticos de presença da bactéria causadora de úlceras duodenais e para a datação arqueológica. Este desenvolvimento encontra-se, atualmente, na fase de elaboração do programa computacional de tratamento dos dados.

Enormes quantidades de alimentos, ainda em condições de uso alimentar humano, são desperdiçadas nas Centrais de Abastecimento, CEASA's. A CEASA-MG tem como proposta a fabricação de sopa a partir destes alimentos e sua distribuição às pessoas carentes. A fábrica de sopa da CEASA-MG, VITASOPA, encontrava-se inoperante, devido a problemas com o processo termo-hidráulico, que foi adotado para a Esterilização de Sopa em Latas. Atendendo esta demanda, surgida em 1995, um processo alternativo foi analisado e proposto pelo CDTN. O processo já se encontra em fase de implantação.

Na área de Ensaio de Corrosão e Eletroquímica foi desenvolvido um protótipo de potenciostato microprocessado destinado aos estudos a serem realizados nesta área. O protótipo encontra-se atualmente em fase de teste.

Objetivando a constituição de laboratórios de referência em Metrologia foram concluídos um estudo e um documento propondo um projeto de metrologia para o CDTN. Neste contexto, foram estabelecidas a metodologia e editadas as rotinas técnicas para aferição de micrômetros e paquímetros.

O desenvolvimento conceitual para um detector de nêutrons de baixo “background” foi concluído e testado em 1995.

No âmbito da **Manutenção de Equipamentos** foram realizadas, em 1995, 74 requisições de serviços de manutenção eletrônica. Dentre elas cabe destacar os serviços realizados na Torre Meteorológica do CDTN, a requisição de serviço relativa a 26 módulos de sistemas de contagem de radiação e a requisição de serviço do sistema de contagem alfa-beta.

Além destas manutenções foram realizadas as calibrações de todos os aparelhos de corrente parasita, de modo a possibilitar a implantação do Centro Exame de Qualificação com esta especialidade de ensaio não-destrutivo.

Finalmente, foi concluída no ano a montagem e testado a nível de vácuo primário o acelerador KAMAN doado pelo Instituto Militar de Engenharia, IME.

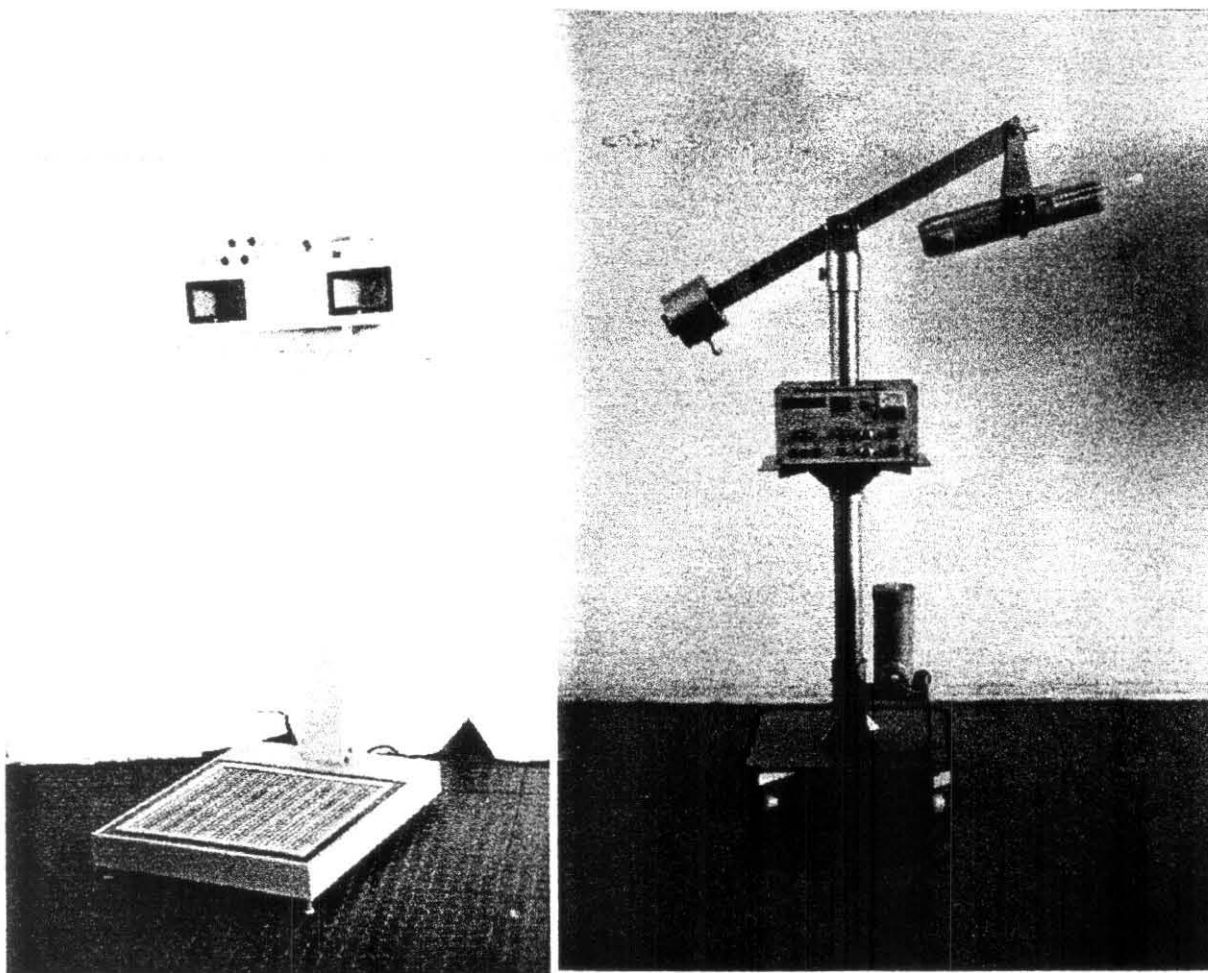
3.2.2. IEN

A evolução das metas e sub-metas programadas para o ano de 1995 foi a seguinte:

- Desenvolver a Sonda Cintilométrica e a Sonda Telescópica para o MIR 7026.
Sonda Cintilométrica : Projeto concluído, em fase de fabricação do protótipo para ensaios.
Sonda Telescópica : O Extensor para Sonda está concluído. Projeto da Sonda concluído, em fase de fabricação do protótipo para ensaios.
- Desenvolver e Fabricar 7 Módulos da “Linha H”- Angra 1/Furnas: Após análise detalhada, foram definidos os seguintes módulos (9): Alimentação, Controle, Ganho Estático, Estação-Fonte, Computação, Atuação, Conversão, Função e Conversor Resistência/Corrente x Tensão. A fase de DEFINIÇÃO dos módulos foi concluída, estando em fase final a Qualificação da CINT para desenvolvimento de Instrumentação classe nuclear 1E.
- Desenvolver e Fabricar o Sistema de Monitoração do Inventário do Reator (SMIR) de Angra 1/Furnas: Projetos do “software” de cálculo e do “hardware” do sistema de aquisição de dados concluídos, com aprovação do órgão independente (COPPE) de Verificação e Validação. “Hardware” em fase de fabricação para ensaios. Instalação em Angra 1 prevista para março de 1996.
- Desenvolver “Software” para o Sistema de Monitoração da Turbina (SMT) e para o Sistema de Monitoração de Processos (SMP) da usina de Santa Cruz/Furnas: O “software” encontra-se em fase final de desenvolvimento e integração no computador industrial adquirido por Furnas para este fim .
- Desenvolver e Fabricar um Sistema de Monitoração de Combustível “IN-MAST” (SMCI) Angra 1/Furnas: Atividade iniciada em dezembro/95 em virtude de exigência do jurídico de Furnas para aprovação do contrato sem licitação.
- Modernizar Gama Câmaras Analógicas (Projeto ARCAL XXIII): Foi formada uma equipe na CINT para atuar nesta atividade, cujos trabalhos se encontram basicamente em fase de treinamento. Foram definidos os hospitais a receberem o sistema da AIEA, sendo inicialmente previstos para 1995 o INCOR em São Paulo e o Hospital dos Servidores do Estado no Rio de Janeiro. A AIEA entregou apenas um sistema, estando este sendo avaliado no INCOR por pessoal apropriado.

- Modernizar a Instrumentação Nuclear e Radiológica do Reator ARGONAUTA: Foram realizados estudos prolongados, contatos com o CENTRO TECNOLÓGICO DA MARINHA EM SÃO PAULO e curso de treinamento, que possibilitaram definir a filosofia do sistema que utilizará uma rede local de computadores usando redundância dupla para , comunicação entre vários equipamentos.
- Homologar junto ao INMETRO o Laboratório de Calibração Elétrica e de Termometria como Laboratório Padrão Secundário: Encontra-se em fase final de elaboração o Manual da Qualidade do LACET, assim como a calibração dos padrões de referência do laboratório no INMETRO, possibilitando o início efetivo do processo de credenciamento do LACET junto à Rede Brasileira de Calibração.

Instrumentação Nuclear



Durante 1995, devem ser destacadas, ainda, as seguintes atividades:

- foram executados um total de 165 serviços de reparo, manutenção e ensaios de aceitação até a data de 30/11/95, distribuídos da seguinte forma:
IEN : 144
Outros órgãos da CNEN : 9
Externos à CNEN : 12 (ABACC, CEADEN/CUBA, INB, HU-UFRJ).
- foram produzidos e entregues um total de 88 equipamentos de modelos distintos, conforme demanda, para vários órgãos do setor nuclear do País e serviços de medicina nuclear.
- manutenção e montagem do detetor de contaminação de pés e mãos da EBERLINE, modelo HFH-3, para a SUFIN/CFIS/IEN.
manutenção e qualificação do detetor de contaminação de pés e mãos, tipo proporcional multifilar da HERFURT, da SPR/IEN.
- montagem e testes com as fotomultiplicadoras do detetor de corpo inteiro do IPEN/CNEN, num total de 3 fotos de 3" de diâmetro da PHILIPS.
- desenvolvimento de um detetor composto de ZnS(Ag) + 0,5 cm de espessura de cintilador plástico com 7,5 cm de diâmetro para detecção de alfa e beta, para a SPR/IEN.
- estudos e desenvolvimento de um detetor de barreira de superfície para medidas de filtros para SPR/IEN.
- montagem e qualificação de um detetor de poço, tipo NaI(Tl) , incluindo a instrumentação associada, para a SPR/IEN.
- manutenção de 12 câmaras de ionização tipo dedal, de 0,6 cc da N.E., incluindo testes de qualificação para os institutos de radioterapia e IRD/LNMRI/CNEN.
- manutenção preventiva da instrumentação nuclear, sistemas NIM/BIN, utilizados pela SUFIN/LADET.
- desenvolvimento de um circuito eletrônico, pré-amplificador, para caracterização de fotodiodos especiais.
- manutenção de um cintilômetro, tipo SPP2 da SRAT, para a SPR/IEN.
- revisão na baby-line 31 da Pró-Rad - Rio Grande do Sul.
- confecção e teste do detetor de iodeto de sódio, divisor de tensão (utilizado na UFF).
- reparo de 2 contadores proporcionais pertencentes ao CTEx (convênio).
- reparo em 1 detetor proporcional gasoso para o DEPRA/IRD.
- supervisão na montagem dos NaI e ZnS, além dos testes nas fotomultiplicadoras.
- confecção de um detetor proporcional a ar e testes (em andamento).
- confecção de 4 detetores proporcionais a ar para a CINT, aguardando aquisição do fio de tungstênio banhado a ouro para a montagem e testes.
- testes na sonda geiger da Nardeux Laches SIB 3, pertencente a SAER/IRD.
- teste incompleto na sonda da Berthold LB- 1210B, pertencente a SAER/IRD.
- confecção e teste no detetor proporcional gasoso de pés da SPR/IEN.
- confecção de 1 cintilador plástico para SPR/IEN.
- confecção e teste de divisor de tensão e fotomultiplicadora para o sistema de espectrometria da química.

- teste nos divisores de tensão de diversas fotomultiplicadoras existentes (alguns estão ainda em montagem).
- nacionalização de conectores e cabos triaxiais, desenvolvimento de detetores proporcionais de fluxo gasoso, desenvolvimento de câmaras de ionização tipo baby-line e dedal, confecção de detetor iodeto de sódio com divisor de tensão e projeto de um cintilador alfa - ZnS(Ag).

Com a nacionalização de componentes inexistentes no País, houve o desenvolvimento de detetores (pré-séries): proporcional a ar e de fluxo gasoso (radioproteção), câmaras de ionização tipo baby-line (radioproteção, dedal (radioterapia); além de participação em convênios com Universidades para desenvolvimento de detetores de radiação, criaram-se condições para interagir e prestar serviços a diversos hospitais que trabalham com radioterapia em todo o Brasil.

3.3. Bioengenharia e Agricultura

3.3.1. CDTN

Dentro do projeto de **Irradiação de Alimentos**, cujo objetivo é o de promover a utilização do processo de irradiação de alimentos no Estado de Minas Gerais, o CDTN conduziu as suas atividades no sentido de divulgar a tecnologia e encontrar empresas ou grupos empresariais interessados em investir neste segmento tecnológico. Para isto, o CDTN contou com o forte apoio da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, SEAPA, com a qual foram desenvolvidos as estatísticas e os estudos relativos à produção agrícola do Estado, bem como a divulgação das informações relacionadas com o processo de irradiação de alimentos.

A AIEA prestou também um decisivo apoio ao projeto, enviando um especialista a Belo Horizonte e financiando a visita técnica de um integrante da equipe do CDTN ao Canadá e Estados Unidos.

A meta principal do ano foi a de se encontrar um ou mais clientes em potencial, para que se pudesse dirigir os trabalhos de forma mais objetiva. Pode-se dizer, “latu sensu”, que esta meta foi cumprida, uma vez que diversos empresários já manifestaram o interesse em realizar estudos específicos com o CDTN.

As principais realizações do ano podem ser resumidas da seguinte forma:

- Participação no Seminário Minas Gerais - Bélgica, com a distribuição de um “Folder”, cuja impressão foi inteiramente financiada pela SEAPA.
- Elaboração, juntamente com a SEAPA, de trabalhos sobre a estatística de produção de bananas, batatas, morango e mangas.
- Elaboração de um artigo para a revista SPIN da Universidade Católica de MG.
- Participação no encontro “Food Ingredients- South America-95”.
- Participação com trabalho técnico e de divulgação no III ENAN.

- Tradução e lançamento do documento AIEA/PI/A 33S 91-05699 “A Irradiação de Alimentos: Ficção e Realidade”. A edição deste documento foi financiada em partes iguais pela SEAPA e pelo CDTN.
- Organização, em conjunto com a SEAPA, do “Primeiro Encontro Estadual sobre Irradiação de Alimentos”, quando foi lançada a revista acima mencionada. O evento contou com o apoio da ABEN.
- Realização de uma Visita Técnica a 8 instituições relacionadas à irradiação de alimentos, no Canadá e Estados Unidos.
- Participação na organização e apresentação de palestras em seminário no Instituto Mineiro de Agropecuária, IMA.
- Participação no Seminário Mineiro de Ciência e Tecnologia.
- Assessoria a um empresário da área de alimentos, com promoção e acompanhamento na visita à Embrarad/SP.
- Abertura de espaço na mídia através de diversas entrevistas, reportagens e citações.



“A Irradiação de Alimentos: Ficção e Realidade”, lançada pelo CDTN/SEAPA



Primeiro Encontro Estadual sobre Irradiação de Alimentos, promovido pelo CDTN/SEAPA em 17.10.95

3.3.2. IPEN

Irradiação de Alimentos

As diversas aplicações industriais do processamento por radiação começaram a ser desenvolvidas no IPEN há quase 30 anos. Entretanto, desenvolvimentos de interesse da indústria agro-alimentícia são bem mais recentes. Eles só começaram no fim da década dos 80 com um projeto de aproveitamento de biomassa lignocelulósica patrocinado pela IAEA, que envolveu na época pesquisadores do Departamento de Aplicações na Engenharia e Indústria e da Divisão de Radiobiologia do IPEN. Esse projeto pioneiro só viria a ser retomado mais tarde (em 1993-1994), com patrocínio da FAPESP.

Só a partir de 1991, porém, foi criado um grupo específico para atender às necessidades de desenvolvimentos tecnológicos e pesquisas dirigidas para o setor de agricultura, focalizando em particular alimentos, visto a enorme importância que o tema tem para o País.

Além da preocupação em atender às necessidades de produtores e da indústria alimentícia, o IPEN entende a necessidade de contar com pessoal especializado nessa área, para permitir uma aplicação em grande escala do processamento de alimentos por radiação. Nesse sentido, o grupo tem também a incumbência da formação de recursos humanos, tendo já formado dois mestres nesse curto período, e atualmente conta com quatro doutorandos, dois mestrandos e um aluno de iniciação científica.

Os trabalhos em desenvolvimento no IPEN, na área de irradiação de alimentos, podem ser separados em dois grupos:

- A) Os que visam atender, interessar ou mostrar os benefícios aos “end users”, isto é, produtores, industriais e consumidores:
- B) Os que visam pesquisas e o desenvolvimento de métodos analíticos para identificar alimentos irradiados.

Em cooperação com a AIEA, foi iniciado em 1995 um estudo de viabilidade técnico-econômica sobre a aplicabilidade da irradiação industrial de alimentos no Estado. Por esse motivo, foram feitos contatos com a Delegação Federal do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, com o IBGE, CEAGESP, Faculdade de Engenharia de Alimentos (UNICAMP), CENA, Faculdade de Ciências Farmacêuticas e Instituto de Biociências (USP), ITAL, Secretaria de Agricultura, Secretaria de Ciência e Tecnologia, Instituto de Economia Agrícola (SP), FAO (Brasília), Div. de Agricultura e Produtos de Base do Ministério de Relações Exteriores, dentre outras instituições.

Citogenética

A aquisição, em 1995, de um microscópio de fluorescência (CARL ZEISS) foi de grande valia para ensaios preliminares do teste do Cometa (single-cell gel electrophoresis assay), um novo método de detecção de danos induzidos no DNA por agentes mutagênicos, entre os quais, a radiação ionizante.

O conserto do fotomicroscópio foi também imprescindível para dar continuidade aos ensaios citogenéticos, na análise de micronúcleos e de aberrações cromossômicas em linfócitos irradiados IN VITRO de indivíduos fumantes e não fumantes, na elaboração de curva de dose-efeito.

Venenos

Neste ano, devido à obtenção de produto atóxico e imunogênico, oriundo da irradiação de veneno de cascavel, foi firmado um convênio com a Faculdade de Veterinária e o CEVAP, ambos da UNESP. A meta é produzir soro antiofídico para uso veterinário, uma vez que os institutos soroprodutores do Brasil, distribuem soro para uso exclusivo em humanos. O destilador de água, o freezer -80°C e o leitor de ELISA, recebidos este ano, foram imprescindíveis para a execução da pesquisa.

As metas alcançadas durante o ano foram as seguintes:

- Isolamento da gíroxina a partir do veneno de surucucu.
- Padronização da indução de agregados imunogênicos após irradiação da crotoxina (principal toxina do veneno de cascavel), que culminam com o convênio IPEN/CEVAP/VETERINÁRIA-UNESP.
- Irradiação e análise de frações purificadas de membranas de hemácias.
- Irradiação de camundongos e avaliação da melatonina quanto ao modo de ação.
- Caracterização cromatográfica da miotoxina do veneno de jararacuçu.



Polímeros

Foi realizada a preparação de polímeros funcionais que podem ser utilizados em bioquímica clínica ou em terapia. Estes preparados consistiram de copolímeros de enxerto polietileno-grafted-ácido acrílico (PE-g-AA), poli-propileno-grafted-ácido acrílico (PP-g-AA) e do copolímero de bloco poli-N,N,dimetilacrilamida-co-acriloiloxiacetanilida (DMAA-co-AOA). Os copolímeros de enxerto foram preparados para a imobilização das enzimas urease e glicose oxidase.

Com o copolímero de bloco DMAA-co-AOA, um derivado acrílico com ação antitérmica e analgésica, foram realizados testes de liberação da droga, para que possa ser utilizado em medicação de dose controlada.

Em outra atividade de pesquisa, está sendo avaliado o efeito da radiação no polipropileno nacional quando é radioesterilizado. Este polímero é utilizado na fabricação de suprimentos médicos.

Foram fabricadas luvas cirúrgicas vulcanizadas com radiação ionizante, na ausência de calor e de enxofre (citotóxico) e de aditivos (poluidores ativos tóxicos).

Reagentes para Radioensaios e Desenvolvimento de Hormônios

Deu-se continuidade a todas as atividades de preparação de “reagentes para radioensaios” e de “hormônios obtidos mediante técnicas de DNA recombinante”.

Com relação à preparação de reagentes para radioensaios, foi concluído o estudo do Padrão de Tireotrofina (hTSH) recombinante, dando continuidade à distribuição deste produto para vinte países em vários continentes e realizando um Estudo de Colaboração Internacional. Foram também realizados estudos relativos à utilização de diferentes partículas magnéticas da Hungria, China e Inglaterra (distribuídas dentro de um Programa da IAEA), para preparação da fase sólida de separação para ensaio imunorradiométrico (IRMA) de hTSH. Este reagente, que é fundamental para a realização da triagem do hipotireoidismo neonatal, um os problemas mais graves da América Latina, foi distribuído para testes a laboratórios da Costa Rica, Guatemala e Colômbia, que trabalham em colaboração com o IPEN. Em 1995 o laboratório também participou de dois estudos internacionais patrocinados pela Organização Mundial de Saúde, para a definição dos padrões internacionais de hTSH e hFSH (foliculotrofina) recombinante.

Com relação à preparação de hormônios recombinantes trabalhou-se especialmente com hormônio de crescimento (hGH) e prolactina (hPRL) em bactérias e hTSH em células CHO (hamster). Foi dada continuidade ao difícil trabalho de purificação de hGH recombinante, dirigido à obtenção de um produto com níveis de proteínas bacterianas inferiores a 10 ppm. Isto foi obtido somente em pequena escala e ainda há dificuldade para ter os mesmos resultados em larga escala.

Foi obtida hPRL recombinante autêntica em bactérias, em quantidades baixas; vale a pena ressaltar que ainda não existe na literatura nenhum dado a este respeito.

Com relação ao hTSH recombinante cuja preparação e purificação deverá ser desenvolvida totalmente em laboratório do IPEN a partir de células CHO, iniciou-se o trabalho na nova câmara de cultura, obtendo-se bons resultados da subunidade alfa, um dos polipeptídeos que constituem o hTSH.

3.4. Saúde e Meio Ambiente

3.4.1. CDTN

Em 1995, na área de **Saúde**, foi ministrado para 17 médicos residentes em radiologia de quatro grandes hospitais de Belo Horizonte, o III Curso de Formação da Imagem e Proteção Radiológica, organizado pelo Serviço de Proteção Radiológica e a Sociedade de Radiologia de Minas Gerais. Organizado em conjunto com o IRD/DRS, foi também ministrado para 49 fiscais da Vigilância Sanitária da Secretaria Municipal de Saúde de Contagem e da Vigilância Sanitária Estadual, o II Curso Básico de Licenciamento e Fiscalização em Radiologia Médica e Odontológica.

Durante o ano de 1995, foi incorporado ao acervo do Serviço de Proteção Radiológica, o conhecimento de técnicas e equipamentos para medição de diversos parâmetros dos aparelhos de raios-X para diagnósticos médicos e odontológicos, tais

como quilovoltagem, dose de radiação, tempo de exposição, filtração, etc. A medida desses parâmetros proporciona um melhor controle da manutenção e da operação desses aparelhos, permitindo a obtenção de imagens de melhor qualidade e, conseqüentemente, redução das doses de radiação nos pacientes, associada à possibilidade de melhores diagnósticos. A parte experimental dos trabalhos foi realizada no Hospital das Clínicas da UFMG, com excelentes resultados.

Dentro da área de Saúde foram realizados, ainda, cerca de 4.000 testes respiratórios com C-14 para diagnósticos médicos e determinada a composição química do cabelo humano para uma população saudável de referência. Utilizando-se das técnicas de absorção atômica, fluorescência de raios-X, fotometria de chama, ultravioleta visível e gravimetria, foi realizada também a determinação de conteúdo dos elementos minerais Ca, P, Na, K, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Si, Al e Rb no suplemento alimentar "pão forte". O produto em questão consiste de um suplemento alimentar novo, destinado ao combate da subnutrição infantil.

Em relação ao **Meio Ambiente**, diversas áreas técnicas foram abordadas pelo corpo técnico especializado do CDTN, no ano de 1995.

Em julho foi iniciada a coleta sistemática de dados da direção e velocidade do vento, da temperatura e do índice de evaporação. Esta coleta é realizada na Estação Meteorológica do CDTN. A partir dos dados coletados, encontram-se em andamento o desenvolvimento do código FADA de dispersão atmosférica e a intercomparação com os códigos desenvolvidos em Oak Ridge/USA.

Na área de Hidráulica Marítima e Engenharia Costeira, foram iniciados em novembro o treinamento de pessoal e o lançamento de equipamentos para os estudos ambientais em áreas costeiras no sul do País, especificamente na Bacia de Santos. Estes estudos estão sendo conduzidos dentro do Convênio entre o CDTN e a PETROBRÁS.

Na área de Produção, Transporte e Deposição de Sedimentos foi concluído o levantamento ecobatimétrico da Lagoa da Pampulha e emitido o respectivo relatório técnico, para subsidiar as ações de recuperação desta lagoa. Da mesma forma, foram concluídas a coleta e a análise de água e de sedimentos da Lagoa do Nado. Estas atividades foram realizadas dentro do Convênio entre o CDTN e a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte.

Na área de Medições Ambientais, foi concluída a operação prevista no Programa de Monitoração da qualidade do ar nas cidades de Divinópolis, Itaúna e Sete Lagoas/MG. A divulgação pública das medidas obtidas foi realizada através de relatórios mensais. Por solicitação das Secretarias de Meio Ambiente destes municípios, encontra-se em negociação uma nova fase deste Programa. Ainda no contexto de Medições Ambientais, foram programados e executados os trabalhos de monitoração da qualidade do ar para as imediações da Companhia Belgo Mineira, localizada em Sabará/MG.



Estação de amostragem de ar na cidade de Itaúna (Projeto CDTN/FEAM)

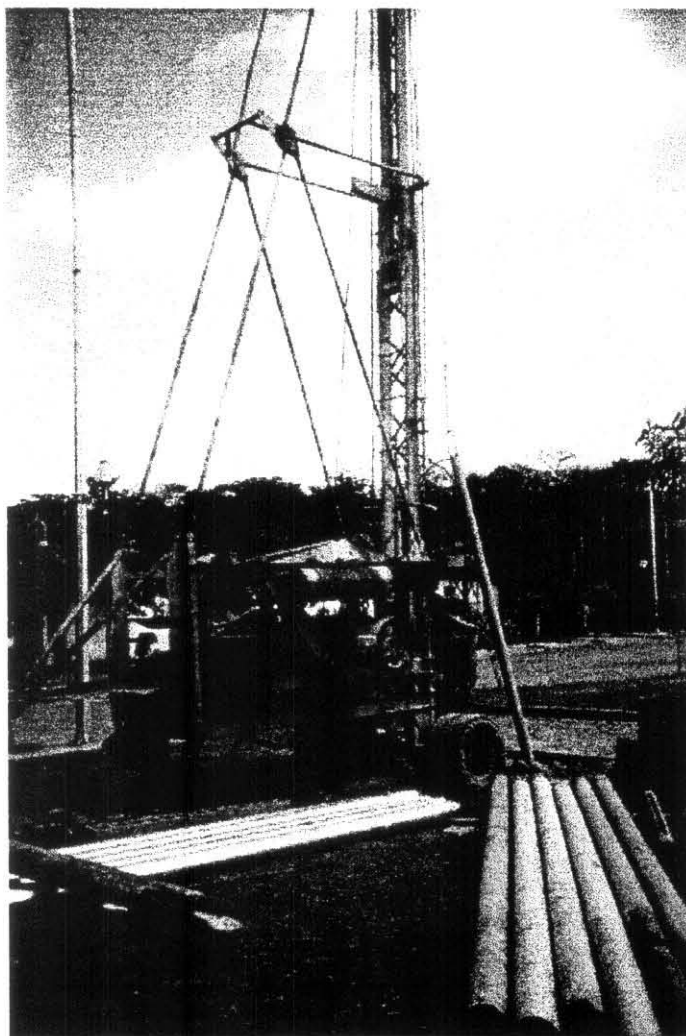
Em 1995, a área de Transporte e Dispersão de Poluentes foi abordada através de dois conjuntos de atividades. Dentro do cronograma do Projeto CDTN/FEAM/FAPEMIG, foram realizadas duas campanhas de medições e uma missão de perito para a determinação da contaminação ambiental provocada pelo mercúrio proveniente de garimpos de ouro na região do Ribeirão do Carmo/MG. Visando o estudo e a validação de modelos de simulação do transporte de poluentes em águas subterrâneas, foi ainda implantada a Bacia Hidrogeológica Experimental no Campus da UFMG.

Na área de Recursos Hídricos, duas missões de perito da AIEA e três campanhas de medições foram realizadas em abril, outubro e dezembro. Estas atividades objetivam a caracterização de bacias cársticas da região semi-árida do norte de Minas Gerais (Projeto AIEA-BRA/8/024).

Em 1995, foi concluído ainda o trabalho de pós-graduação sobre a metodologia para a previsão de enchentes.

No contexto do **Desenvolvimento de Técnicas**, foi implantada a técnica de cromatografia líquida de alto desempenho e foram otimizadas as análises de F^- , CL^- ,

NO_3^- , Br^- e SO_4^{2-} em amostra de águas subterrâneas e superficiais. Iniciou-se a otimização da técnica para a análise de elementos terras-raras. Foi realizada, ainda, a instalação e foram conduzidos os primeiros ensaios experimentais da técnica de cromatografia gasosa com detector de emissão atômica.



Perfuração de poço tubular profundo na área da Bacia Hidrogeológica Experimental

3.4.2. IPEN

Na atividade permanente de monitoração ambiental foram realizadas 1.732 análises, detalhadas a seguir.

alfa e beta total de águas de abastecimento.....	180
radiométricas.....	48
amostras de efluentes líquidos radioativos por espectrometria gama.....	76

filtros de carvão ativo.....	336
filtros de papel por espectrometria gama	364
amostras de água da piscina do reator por espectrometria gama.....	45
amostras ambientais de água de chuva e lençol freático por espectrometria gama.....	79
pontos ambientais por dosimetria termoluminescente.....	96
²¹⁰ Pb em matrizes ambientais.....	102
²²⁶ Ra e ²²⁸ Ra em amostras ambientais	46
²³⁸ U e ²³² Th em amostras ambientais e de efluentes.....	60

3.4.3. IEN

Emprego de Espumas de Poliuretano na Despoluição Ambiental

Foram realizadas ações visando a aplicação efetiva de Espumas de Poliuretano (EPU) como material adequado para a fixação de metais (Co, Pb, In, Hg, Mo, etc.) em EPU, associado ao desenvolvimento de metodologias analíticas e tecnologias com aplicação na determinação de metais, tratamento de efluentes e recuperação de metais de interesse nuclear e/ou tecnológico. Foram desenvolvidos ainda modelos e simuladores visando desenvolver competência em procedimentos de separação química, envolvendo diversas técnicas. Esta submeta deu origem a um projeto de pesquisa com contribuição para o grande projeto do governo estadual sobre a despoluição da Baía de Guanabara, que foi submetido e aprovado pela FAPERJ, com solicitação de repartir os custos com outra instituição de fomento à pesquisa.

Dentre os principais resultados alcançados e que inclusive geraram publicações em congressos e revistas, destacam-se os seguintes desenvolvimentos:

- Metodologia para pré-concentração e separação de cobalto, bem como sua determinação analítica (espectrofotometria) em efluentes, ligas e solos.
- Metodologia para a fixação de In (índio), em meio sulfúrico, usando EPU. Precursora para desenvolver tecnologia para recuperação de In de rejeitos industriais.

- Metodologia para determinação de traços de Pb (chumbo) por fluorescência de raios-X diretamente em EPU. Estudos de pré concentração de metais, adequado para monitoração de efluentes, além de precursor para desenvolvimento de tecnologia para tratamento de efluentes industriais.
- Modelagem e desenvolvimento de um simulador simplificado, aplicado a procedimentos de separação e purificação de metais em meio eletrólito por eletromigração em contracorrente. Precursor para desenvolvimento de tecnologia de purificação de metais e obtenção de padrões analíticos, com pureza elevada (em micro-escala).
- Modelagem e desenvolvimento de um simulador aplicado a procedimentos de separação química envolvendo equilíbrios líquido-líquido, líquido-sólido e líquido-vapor. Este modelo é adequado para separação e purificação de metais por extração com solventes, troca iônica, absorção em EPU e outras resinas especiais. Toda modelagem e simulação foi desenvolvida para aplicação em soluções de eletrólitos e extratantes como DEHPA, TBP e outros organofosforados. Foi testado com os sistemas DEHPA-HCl, DEHPA-NaCl e DEHPA-Par de terras-raras em meio cloreto.

Monitoração Ambiental

Os efluentes líquidos e gasosos originados da produção de radiofármacos na operação e manutenção do ciclotron, do reator Argonauta, dos laboratórios de radioquímica, de atividades de pesquisa e gerenciamento de rejeitos no IEN, que são liberados na rede de esgoto sanitário da Cidade Universitária, são monitorados pelo SPR/IEN. No ano de 1995 foram realizados estudos, obedecendo os critérios de sazonalidade, tendo como base as análises de amostras ambientais de água de chuva, solo e sedimentos nas áreas circunvizinhas às instalações do IEN e também na estação de tratamento de esgoto localizada na Penha-RJ.

3.5. Física, Química e Processos Industriais

3.5.1. IPEN

Química Nuclear

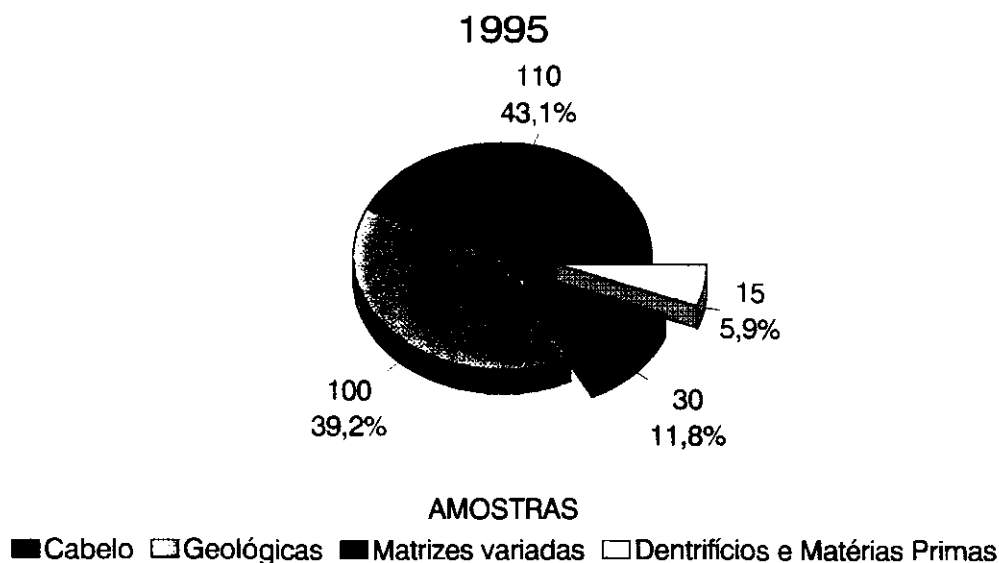
A supervisão de radioquímica desenvolve métodos radioquímicos visando aplicar a análise por ativação com nêutrons à determinação de elementos de interesse nutricional e toxicológico em alimentos, dietas alimentares, plantas, cabelo, entre outras amostras.

A determinação de elementos a nível de traços em amostras geológicas por este método é importante, graças a alta sensibilidade da técnica.

Atua, ainda, na área ambiental, fazendo determinações em amostras de água de chuva na região de São Paulo e em amostras de emissões de incineradores de lixo.

O gráfico, a seguir, apresenta a distribuição das análises radioquímicas realizadas em 1995.

ANÁLISES RADIOQUÍMICAS



Física Nuclear

As principais atividades desenvolvidas pelo grupo de Física Nuclear estão sumarizadas a seguir.

- Foram realizadas mais de 150 neutronografias em amostras de concreto, e inspecionados em torno de 50 m do componente pirotécnico “carga oca” para o CTA. Encerrou-se o desenvolvimento de membranas porosas na região de ultrafiltração com diâmetro de poros entre 0,03 e 0,1 μm .
- Foram encerradas as aquisições de dados experimentais para a obtenção da intensidade dos fluxos gama, para os 30 alvos de captura. Foram finalizadas, também, as medidas das secções de choque de fotofissão para o núcleo de ^{233}U , em 30 valores de energia entre 5 e 11 MeV e os resultados estão sendo analisados. Concluídas as medidas de espectroscopia gama nos núcleos de ^{131}Ba e ^{101}Mo .
- Estudadas as amostras de ligas de Heusler $\text{Pd}_2\text{Ti Al}$ e Pd_2TiSn , em diversas temperaturas, no intervalo entre 77 °K e 1100 °K. Realizados também os testes finais com o espectrômetro de correlação angular perturbada (PAC) contendo 4 detectores de BaF_2 .
- Foi feita a automatização do espectrômetro em 1 ângulo, de 3 eixos, e realizadas medidas de difratometria de pó nas amostras de Al, Alumina, Ni, Grafita e Fe_2O_3 . Foi obtido um diagrama de difração múltipla completo de um cristal de $\text{Cu}(111)$ e calculado o diagrama simulado correspondente. Foram obtidas ainda várias curvas de rocking para 2 cristais de Si, um cristal de Ge e um cristal de BaLiF_3 .

Processos Industriais

O Departamento de Aplicações de Técnicas Nucleares tem as suas atividades voltadas para as aplicações da tecnologia da radiação no controle de processos

industriais ou da sua utilização como parte integrante do processo de fabricação, atuando na modificação das propriedades de diversos materiais.

Várias reestruturações do programa de pesquisa, desenvolvimento e modo operacional desse departamento tem sido feitas, com objetivo de aumentar a sua interação com a comunidade industrial e cumprir a sua missão de auxiliar, melhorar a qualidade e a competitividade dos produtos manufaturados, mediante a utilização da tecnologia da radiação.

Todos os trabalhos desenvolvidos são realizados em parceria com a indústria ou entidades governamentais potencialmente classificadas como usuários finais, permitindo, deste modo, uma definição mais precisa das características finais requeridas para o produto e torná-lo técnica e comercialmente viável.

Como resultado, existe hoje um saldo altamente positivo no número de novos produtos e clientes.

Em 1995, foram realizadas as atividades permanentes descritas a seguir.

- Serviços com radioisótopos na indústria e serviços de hidrologia no meio ambiente:
Foram executadas três campanhas de controle de mercúrio em fábricas de soda cáustica e cloro.
Foram implantadas fontes de cobalto-60 para controle de processos em duas empresas do setor siderúrgico e duas do setor de papel e celulose.
Foram concluídos todos os ensaios hidrológicos no reservatório “Paiva Castro” (sistema Cantareira), que corresponde a 67% do abastecimento de água da cidade de São Paulo, o que deu origem a um amplo convênio de cooperação técnico-científica com a SABESP. Esta cooperação permitirá estender este trabalho a outros reservatórios da SABESP.
- Produção de fontes seladas para gamagrafia industrial:
Atendimento normal do mercado com produção de 203 fontes, totalizando aproximadamente 10.000Ci efetivamente faturados.
- Esterilização de material médico-cirúrgico:
Foram processadas 14.000 peças em 1995, dentre agulhas, frascos, tampas, etc.
- Irradiação de polímeros:
No desenvolvimento de irradiação de polímeros, iniciaram-se os ensaios de irradiação por ultravioleta em papel, madeira e filmes poliméricos, em grande parte destinados ao setor de embalagens. Tais ensaios visam adequar a formulação de tintas, vernizes e revestimentos ao tipo de substrato.
Foram experimentadas novas formulações por modificação no feixe de elétrons para o setor de fios e cabos. As irradiações rotineiras de fios e cabos totalizaram 3.500 km.

3.5.2. IEN

Na área de química e processos industriais, o IEN tem incentivado a implantação e desenvolvimento de técnicas-análises por ativação com partículas carregadas com a utilização do ciclotron CV-28, criando possibilidades de prestação de serviços em áreas como proteção ambiental, mineração, radiografias especiais de amostras biológicas e

também na área médica (diagnóstico). Estas atividades têm proporcionado condições ao desenvolvimento de teses de mestrado, colaborando para formação de recursos humanos especializados.

O IEN vem atuando também no levantamento de dados de interesse em física nuclear e tecnologia de reatores, desenvolvimento de pacotes de “software” para aquisição e análise de espectros gama (quasar, pulsar, etc.), colaboração com a UFF e UFRJ no oferecimento de cursos a nível de pós-graduação (mestrado e doutorado), disponibilidade para prestação de serviços de irradiação e análise para a comunidade.

Destacam-se as seguintes realizações durante 1995:

Medidas de seções de choque de reações induzidas por píons em diferentes elementos a energias de 150 MeV, 350 MeV e 500 MeV.

- ⇒ irradiação de amostras (realizadas no Colorado - EUA).
 - ⇒ microscopia dos detetores de macrofol.
 - ⇒ determinação da eficiência de contagem de traços em alvos irradiados com ^{242}Pu .
 - ⇒ levantamento de histogramas de “range” e distribuição angular para aferição da qualidade da microscopia.
 - ⇒ planilhas de cálculo de seções de choque e probabilidade para conjuntos de dados (energia e carga de píons).
 - ⇒ levantamento das áreas efetivamente irradiadas do macrofol, visando correções dos valores discrepantes obtidos para as seções de choque a 350 e 500 MeV π^- .
- Medida de seção de choque e razão isomérica com partículas carregadas com o ciclotron CV-28.
 - ⇒ Medida da função excitação da reação $^{181}\text{Ta}(\alpha, n) ^{184}\text{Re}$.
Obtenção das curvas teóricas da função excitação a partir do programa ESTAPRE a diferentes configurações (com e sem pré-equilíbrio e variando-se os parâmetros do potencial).
 - ⇒ Medida da função excitação da reação $^{180m}\text{Ta}(p, p') ^{180g}\text{Ta}$.
 - Medidas de seção de choque com nêutrons rápidos produzidos via reação dêuterons (ciclotron) em gás deutério.
 - ⇒ Programação de reparos na linha de irradiação n° 5.
 - Determinação de seções de choque das reações $^{90}\text{Zr}(p, 2n) ^{89A,B}\text{Nb}$ e razões de formação dos pares $^{89A,B}\text{Nb}$, através da irradiação de alvos empilhados (Al, Zr, e Cu).
 - Determinação da concentração de boro e lítio na grafite do reator Argonauta/IEN, através de irradiações da grafite, com dêuterons de 14 a 7 MeV (degradados).

3.5.3. CDTN

Diversas foram as realizações no contexto da aplicação industrial de processos, visando a concentração de minérios por **Flotação em Coluna**. Foram concluídos os projetos conceitual e básico, bem como a pré-operação da Unidade de Flotação em Coluna da Companhia Paraibuna de Metais de Juiz de Fora/MG. Esta Unidade tem por objetivo a recuperação da prata contida nos rejeitos industriais desta Companhia. Da mesma forma, foram concluídos os projetos conceitual e básico para a concentração de zinco, da Unidade Industrial de Flotação em Coluna da Companhia Mineira de Metais de Vazante/MG. Esta Unidade encontra-se em fase de pré-operação. Finalmente, foram programados e executados os testes de flotação em coluna para a concentração de zinco e de chumbo na Mineração Morro Agudo. Nestes testes foi utilizada a unidade piloto móvel do CDTN. O projeto básico da unidade de flotação encontra-se em fase de elaboração.

No enfoque de desenvolver a tecnologia da **Separação e Purificação de Gases** por processos de adsorção, foi realizada a instrumentação da unidade de separação de gases com zeólitas e foram concluídos os testes operacionais. Concluiu-se ainda a montagem da unidade de ativação de zeólitas e a execução dos testes preliminares.

Visando a qualificação e a otimização de produtos do **Processo de Betuminização**, realizou-se a pesquisa e a caracterização de fases cripto e microcristalinas (diâmetros abaixo de 0,00710 mm) em diversos sais, que são utilizados na estabilização destes produtos. Nesta caracterização foi utilizada a metodologia de processamento de imagens desenvolvida pelo CDTN. Para a viabilização da continuidade das atividades, foi elaborado um projeto com o título de “aplicação da análise digital de imagens na caracterização tecnológica de minérios e rochas”, cujo pedido de financiamento foi submetido à apreciação do órgão de fomento FAPEMIG.

Na área de **Análises Químicas**, foram realizadas 18.200 determinações químicas, radioquímicas e mineralógicas, de um total de 10.200 amostras diversas, que atenderam demandas do CDTN e de clientes externos. Em 1995, foram também concluídos o projeto, a instalação e a otimização do sistema piloto de purificação de ácidos inorgânicos, que utiliza-se do processo de subebulição e cujo produto destina-se às análises de ultra-traços e às sínteses.

No enfoque de **Intercomparações Laboratoriais**, as equipes de análises químicas e radioquímicas do CDTN participaram de estudos de intercomparação, envolvendo elementos-traços em amostras de origem ambiental. Esta intercomparação foi conduzida dentro do projeto ARCAL-4, patrocinado pela AIEA. Adicionalmente, três campanhas de intercomparação analítica para a determinação de radionuclídeos foram completadas em 1995.

4. TECNOLOGIA DE REATORES E DO CICLO DO COMBUSTÍVEL

No final da década de 50 e início da de 60, foram instalados os três primeiros reatores de pesquisa existentes no Brasil: IEA-R1 (IPEN-CNEN/SP); ARGONAUTA (IEN) e TRIGA-IPR-R1 (CDTN-CNEN/BH), os quais contribuíram decisivamente para o desenvolvimento desses três grandes centros de pesquisa nuclear do País.

Em face da idade avançada desses reatores, foi iniciado um programa visando a reforma e modernização e, quando cabível, ampliação de potência dessas unidades. Entre as diretrizes desse programa, destaca-se a orientação de se agregar aos reatores novos implementos, como circuitos de irradiação e dispositivos de teste, objetivando ampliar o potencial para realização de pesquisas, produção de radioisótopos e prestação de serviços.

Dentro das metas do programa de trabalho da CNEN para o período 95/98, foi iniciada em 95 a reforma e modernização do reator IEA-R1, que a partir de meados de 1997 estará operando a 5MW.

Na esteira das modificações dos reatores, surge a necessidade de combustível mais avançado do que aquele que atualmente fabricamos e nesse sentido, foram priorizados os investimentos e atividades necessários

É diretriz da DPD que os reatores de pesquisa e seus laboratórios de apoio, além de cumprir e expandir suas atividades normais no âmbito da cada instalação, sirvam também como instrumento de cooperação com universidades, centros de pesquisa e outras instituições interessadas.

Ao longo de anos de trabalho, nossos institutos desenvolveram grande potencialidade e capacitação nas áreas de tecnologia de reatores, análise de segurança, materiais especiais, separação de terras-raras, cerâmicas avançadas, metalurgia do pó, etc. A orientação da DPD tem sido a de fortalecer e apoiar os grupos de pesquisa já estabelecidos e considerados de excelência, bem como aqueles emergentes e de alta qualificação, visando desenvolver novos produtos e serviços, atendendo à demanda da indústria e de outros centros de pesquisa. A busca de parcerias tem sido amplamente encorajada.

4.1. Combustível Nuclear

4.1.1. IPEN

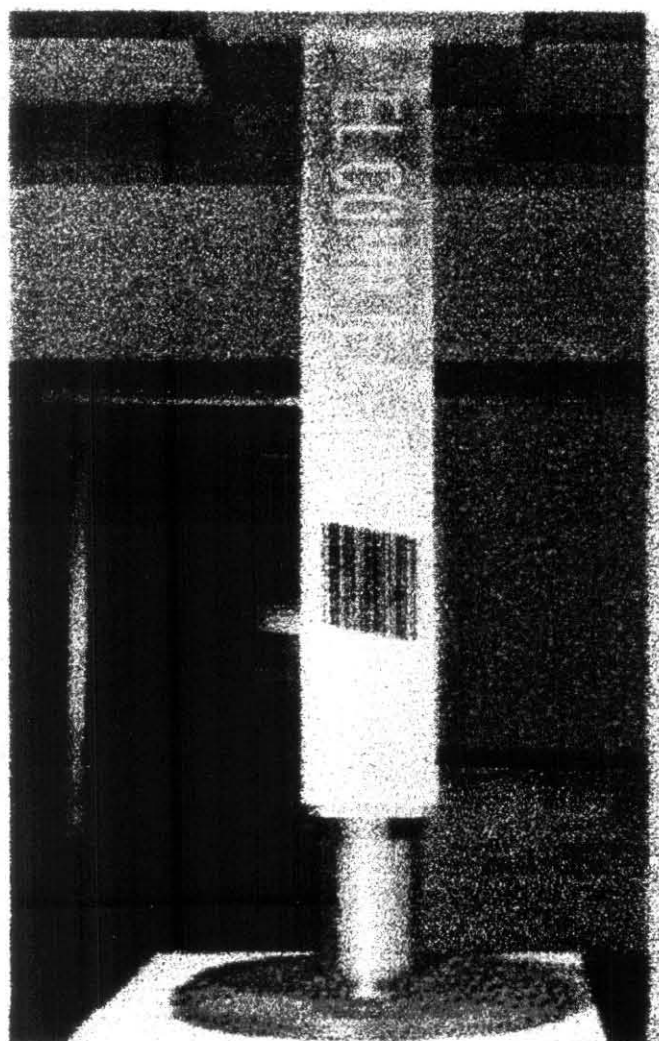
Reconversão de UF₆ Enriquecido

O UF₆ enriquecido é utilizado como matéria-prima para a obtenção do U₃O₈, empregado na fabricação dos elementos combustíveis para os reatores de pesquisa.

Para cumprir os objetivos estabelecidos para este ano, foram realizadas duas campanhas para hidrólise de UF_6 enriquecido a 20%. Uma terceira campanha em fins de 1995, totalizou cerca de 10 kg de hexafluoreto de urânio. Também foram realizadas duas campanhas de recuperação de refugos do processo de fabricação, por meio da dissolução e reconversão das soluções nítricas purificadas a DUA, reintegrando mais de um quilograma de U_3O_8 enriquecido ao processo de produção de placas.

Fabricação de Elementos Combustíveis para o Reator IEA-R1

O objetivo deste programa foi atingido com a fabricação de quatro elementos combustíveis, dos quais três já se encontram no reator. Cabe destacar que dos três elementos entregues, um é do tipo controle, concluindo-se desta forma, em 1995, a substituição dos elementos importados (anteriormente fabricados na França) deste tipo, já altamente queimados. Dos 30 elementos que compõem o núcleo do reator IEA-R1 atualmente, 18 são de fabricação nacional. Estes elementos são constituídos de dispersões $\text{U}_3\text{O}_8\text{-Al}$ com uma densidade de urânio de $1,9 \text{ g/cm}^3$, estando próximas de serem atingidas taxas de queima de 30% (átomos de ^{235}U queimados), o que atesta um bom desempenho em operação.



Elemento Combustível do IEA-R1

Produção de UF₆

As atividades que se desenvolveram na área do Projeto Conversão foram principalmente de manutenção, já que desde fins de 1994 a Instituição havia sido alertada para os aspectos de deterioração de alguns equipamentos e as manutenções que se faziam necessárias, principalmente na área de geração de flúor. As células de geração de flúor não estavam em condições de operarem devido ao empenamento que as tampas sofreram, sendo uma delas reformada e a outra sucateada.

O programa de manutenção envolveu essencialmente essa unidade, bem como a usina de produção de UF₆ e o sistema de freon.

4.1.2. IEN

Produção de UF₄ e UO₃ por via úmida

Desenvolvido o protótipo de um leito fluidizado e realizados os estudos de otimização dos parâmetros de operação, visando a desidratação do UF₄ obtido por via úmida. Os estudos preliminares realizados determinaram os parâmetros fluido-dinâmicos para a secagem da mistura alumina-tetra fluoreto de urânio.

A remontagem das instalações da usina piloto do UF₄, com o objetivo de uma unidade de processos multipropósitos, estava aguardando as obras de recuperação do galpão, cujo início estava previsto para dez/95.

4.1.3. CDTN

O projeto de **Combustíveis Cerâmicos** tem por objetivo desenvolver a tecnologia para o processamento de combustíveis cerâmicos com propriedades específicas. Neste ano, foram desenvolvidas e fabricadas pastilhas de UO₂ de alta densidade, destinadas aos estudos de difusão atômica. O processo de difusão tem efeito significativo na alteração microestrutural e dimensional da pastilha combustível, quando da geração de energia nos reatores nucleares.

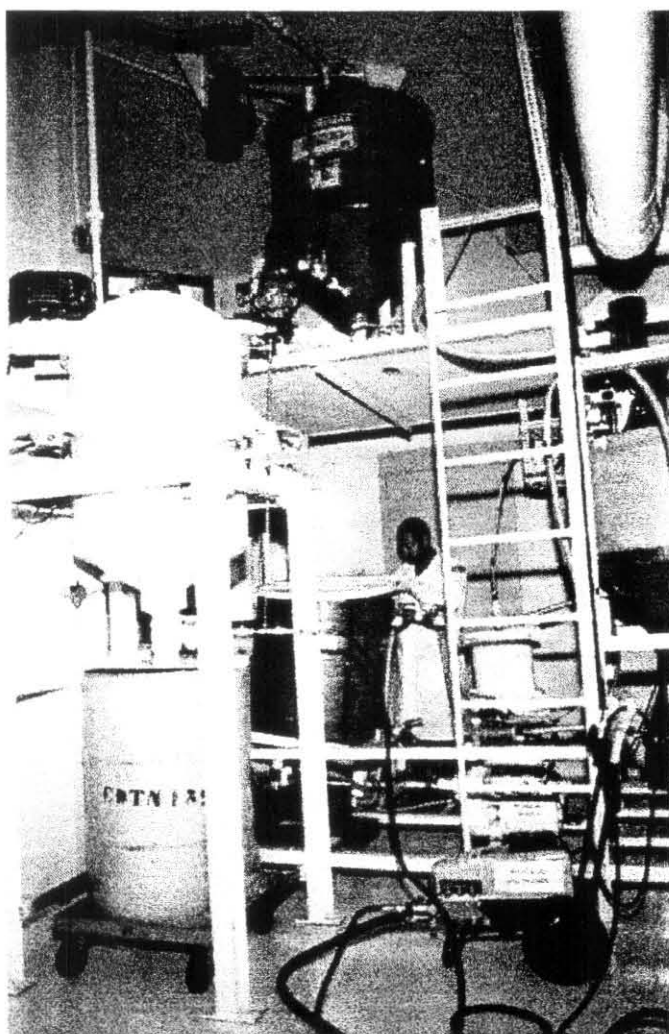
Em 1995, foram iniciados os trabalhos relacionados à “Campanha de Crescimento de Grão em Pastilhas de UO₂ para Comprovação de Modelo”. O financiamento para este projeto foi aprovado dentro do orçamento/95 da FAPEMIG, sendo que o processo de licitação, para a aquisição dos equipamentos necessários, estava sendo executado e conduzido pela FUNDEP.

Da mesma forma como o projeto anterior, o projeto de **Combustíveis Metálicos** tem por objetivo desenvolver a tecnologia para o processamento de combustíveis metálicos dentro de requisitos técnicos específicos. Os combustíveis metálicos são, normalmente, destinados aos reatores de pesquisa e de testes de materiais. Em 95 foram produzidos, em escala piloto, novos lingotes e barras da liga Urânio-Zircônio, U-Zr. O desenvolvimento, a fabricação, em escala de laboratório, e a caracterização de lingotes da liga U₆Fe foram concluídos neste ano. A fase U₆Fe propicia a obtenção de um combustível com alta concentração de urânio. Este é um combustível avançado, cujo desenvolvimento ainda era inédito no País.

4.2. Reprocessamento e Rejeitos Radioativos

4.2.1. CDTN

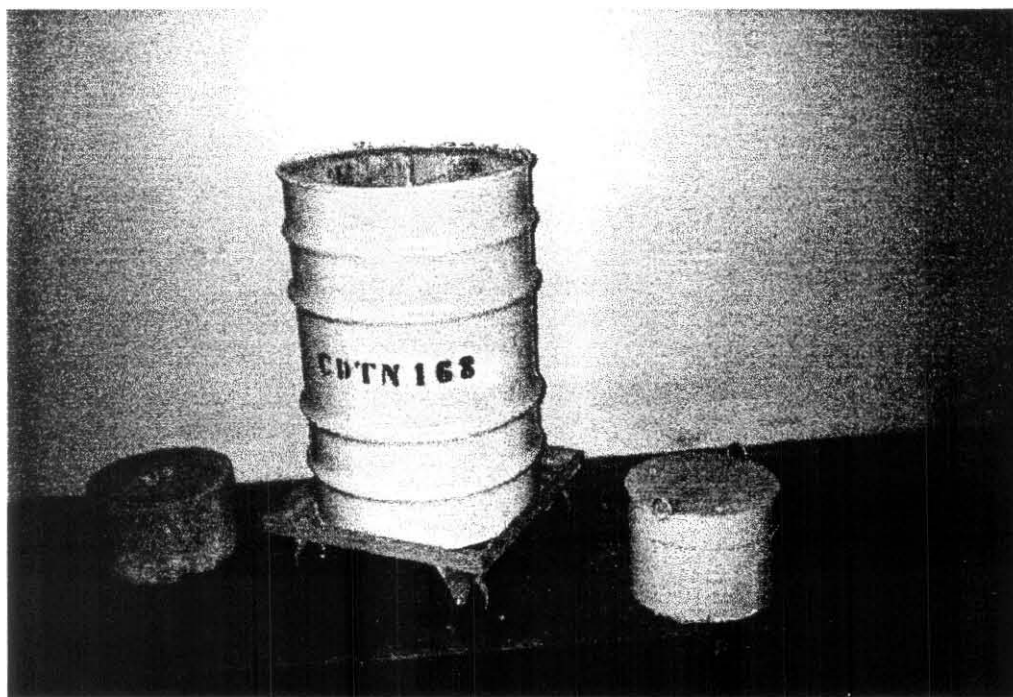
No contexto da **Gerência de Rejeitos Radioativos**, as instalações de tratamento químico e cimentação foram otimizadas em 1995, com a instalação de vários equipamentos, que permitem a automatização de algumas etapas do processo, e com as melhorias introduzidas nos aspectos operacionais, de limpeza e de descontaminação da instalação. Nesta instalação foram tratados cerca de 4.000 litros de rejeitos líquidos, provenientes dos laboratórios do Centro. O fator de redução de volume obtido foi de 20 vezes. As lamas, provenientes deste tratamento, foram solidificadas e acondicionadas em tambores de 200 litros. Utilizando-se dos processos de compactação, corte e imobilização, também foram tratados cerca de 2,0 m³ de rejeitos sólidos, gerando 15 tambores de rejeitos tratados.



Sistema de Cimentação e Precipitação

Todas as informações relativas aos rejeitos gerados, recebidos e tratados no CDTN estão disponíveis em um banco de dados, que foi otimizado para trabalhar em ambiente Windows. Através deste banco é possível recuperar com rapidez e segurança todos os dados relacionados aos rejeitos, desde a sua origem até o seu destino final no CDTN.

Dentro da área técnica de **Qualificação do Produto-Rejeito**, diversas foram as realizações em 1995. Foram desenvolvidas as metodologias para o tratamento químico de dois tipos de rejeitos líquidos. Visando a obtenção de produtos adequados para o transporte e a estocagem, foram desenvolvidos os procedimentos para a cimentação de rejeitos de evaporador e de resinas de troca iônica, provenientes de reatores do tipo PWR. Na área de incorporação de rejeitos de betume e com o objetivo de melhorar as características do produto final, foram realizados os estudos e os testes experimentais para o pré-tratamento de rejeitos e de concentrados de evaporador. Objetivando o acondicionamento e o transporte de fontes seladas exauridas, foi projetada, construída e testada uma embalagem apropriada. Para a imobilização de agulhas de rádio, estão em andamento as pesquisas de retenção deste radionuclídeo em matriz de cimento.



Embalagens para Fontes Seladas Exauridas

No escopo da **Gerência de Rejeitos Radioativos de Outras Instalações**, encontra-se em fase final de negociação a proposta de serviço para a avaliação do programa de controle de processos da Unidade de Cimentação de FURNAS. Em suporte a este acordo foram elaborados os procedimentos para a cimentação dos rejeitos de concentrado do evaporador e de resinas de troca iônica, citados anteriormente.

A aplicação de metodologias e de códigos foi considerada na **Avaliação Integrada de Segurança de Repositórios**. Dentro desta atividade foi executada a resolução de casos-testes para apresentação em dois workshops, promovidos pela AIEA.

Foram conduzidos ainda os ensaios de compressão e de ultra-som em amostras das operações em Abadia de Goiás. Estas amostras foram catalogadas e organizadas para futuros e novos ensaios. Os seguintes programas de computador foram implantados e estão sendo utilizados no âmbito desta atividade:

- RESRAD - cálculo de dose ambiental para a análise de segurança de repositórios, visando o cenário de intrusão;
- FEMWATER - cálculo de fluxo, bidimensional com elementos finitos, para as regiões saturada e não-saturada;
- BLT (Breach, Leach and Transport) - cálculo bidimensional e associado ao FEMWATER da degradação de embalagens, do transporte de radionuclídeos do rejeito, até a barreira de engenharia, e da liberação de radionuclídeos a partir dos contêineres;
- DUST - semelhante ao BLT, mas unidimensional.

4.2.2. IEN

A **Gerência de Rejeitos Radioativos** está envolvida na coleta, manuseio, tratamento, acondicionamento, armazenagem, controle e deposição de rejeitos radioativos, na prestação de serviços à comunidade e realizando pesquisa e desenvolvimento na área afim.

As atividades realizadas em 1995 compreenderam:

- Coleta, tratamento e acondicionamento de 4m³ de rejeitos sólidos e 1m³ de rejeito líquido do IEN, consistindo na segregação de material contaminado e não contaminado, material compactável e não compactável;
- Desmonte de 850 equipamentos portadores de fontes radioativas, tais como: detetores de fumaça e pára-raios, consistindo na retirada da fonte e segregação de partes contaminadas e não contaminadas;
- Implantação de técnicas de descontaminação química das carcaças contaminadas;
- Acondicionamento de 100 fontes seladas;
- Compactação e registro de rejeitos;
- Recebimento de 386 pára-raios e detetores de fumaça e 400 fontes diversas de usuários de material radioativo;
- Recebimento de 22 fontes radioativas diversas de usuários de material radioativo e de cerca de 4,2 m³ de rejeitos sólidos do IRD;

- Remanejamento de todo o rejeito do depósito para o Galpão de Berílio, para viabilização de obras de ampliação do depósito de rejeito;
- Retorno de todo o rejeito do Galpão de Berílio para o depósito de rejeito, após o término da obra de ampliação, tendo sido realizada, nesta ocasião, atualização do inventário;
- Uma operação de transporte de rejeitos para o CDTN;
- Concluída a ampliação do pé-direito do depósito de rejeitos.

4.2.3. IPEN

Adequação da Celeste-I

A Celeste é uma instalação do tipo laboratório destinada ao estudo do tratamento de combustíveis queimados. Por ter operado normalmente até 1983, atualmente passa por uma readequação para torná-la operativa novamente.

Com esse intuito, implementaram-se várias atividades operacionais e de engenharia, adotando-se a filosofia de minimizar a intervenção direta. Assim, todas as modificações visaram adaptar os equipamentos para permitir que as principais operações de manutenção sejam realizadas por manipuladores. Em virtude dos manipuladores existentes apresentarem baixo fator de carga, procurou-se desenvolver os novos projetos considerando-se tal limitação. Para atingir tal objetivo desenvolveu-se com a oficina mecânica do IPEN, o projeto de uma ponte rolante no teto das células quentes, o que permitirá operações de manutenção interna à distância.

Outro projeto alterou a base dos misturadores-decantadores existentes, para permitir também a operação à distância.

O posicionador de amostras foi retirado da célula de análises, descontaminado e desmontado para verificação das causas do mau funcionamento.

A montagem da caixa de luvas de lavagem do solvente e produtos, encontra-se em sua fase final, aguardando a substituição das tubulações plásticas e testes operacionais.

Desenvolvimento de Processos de Reciclagem do Combustível Nuclear Irradiado

Com o objetivo de melhorar o fluxograma do processo Purex e de recuperar metais de interesse, tanto de rejeitos quanto de resíduos, desenvolvem-se estudos utilizando-se as técnicas de extração com solventes, cromatografia de troca iônica, cromatografia de extração, eletroquímica e adsorção de gases, a saber:

- Estudos de separação conjunta de urânio e plutônio de soluções simuladas do processo Purex.
- Estudos de minimização da contaminação heterogênea (entrainment).

- Cromatografia de troca iônica: utilizada nos estudos de separação do zircônio de soluções provenientes da dissolução do combustível nuclear irradiado.
- Cromatografia de extração: aplicada na separação de urânio, tório, amerício, európio e plutônio, utilizando-se diversos materiais cromatográficos e solventes.
- Técnicas eletroquímicas: separação do urânio e plutônio no segundo ciclo do processo Purex, na obtenção de produtos para a fabricação de óxidos mistos ((U-Pu)O₂) e na decomposição da hidrazina utilizada neste processo.
- Adsorção de iodo radioativo: microesferas de alumina impregnadas com prata.

Recolhimento de Rejeitos Radioativos

Esta atividade permanente atende a todas as unidades do IPEN e também a solicitações externas. Durante o ano de 1995, os principais rejeitos recolhidos foram os seguintes:

- Recolhimento de 26 m³ de rejeitos sólidos compactáveis (26 tambores);
- Recolhimento de 5,4 m³ de rejeitos sólidos não compactáveis (27 tambores);
- Recolhimento e armazenamento de 914 pára-raios de ²⁴¹Am e 19 de ²²⁶Ra;
- Recolhimento e armazenamento de 155 detetores de fumaça; e
- Recolhimento e armazenamento de 35 fontes seladas industriais, com atividade total de 5,5 TBq (150Ci).

Reciclagem de Materiais: Recuperação de Valores Provenientes de Resíduos Sólidos Industriais

O objetivo deste desenvolvimento é verificar se as quantidades de urânio e tório presentes na escória industrial da mineração de estanho e que vão para o meio ambiente estão dentro dos limites permissíveis da regulamentação ambiental (normas da ABNT: NBR 1004, 1005 e 1006 e da CNEN: “Níveis de U, Th permitidos para disposição no solo” e “Gerência de rejeitos radioativos em instalações radioativas”).

Realizaram-se diversos ensaios de lixiviação e solubilização, com controles químicos e radioquímicos. Atualmente estão sendo realizados estudos quanto à viabilidade técnico/econômica para a recuperação de metais presentes na escória.

Tratamento de Efluentes Químicos e Radioativos

Em função da necessidade de se desenvolver processos tecnológicos integrados à conservação do meio ambiente, estão sendo desenvolvidos e estudados, sistemas de tratamento de efluentes químicos e radiativos, visando minimização do impacto no sistema hídrico, reutilizando a água contida nos efluentes para as necessidades do processo.

Devido às características dos efluentes gerados no IPEN e dentro das tecnologias disponíveis para o tratamento de efluentes, optou-se inicialmente pela adsorção/ troca iônica e o tratamento biológico.

Realizaram-se ensaios preliminares para a remoção de fluoreto de efluentes fluorados. Obteve-se uma redução entre 80-90% de fluoreto por precipitação com cálcio. Encontra-se em estudo a fabricação de microesferas de hidróxido de cálcio para a remoção de fluoretos por adsorção em colunas.

Processos biológicos são em geral os mais eficientes para o tratamento de efluentes contendo material orgânico. Foram realizados ensaios, utilizando-se o Processo de Lodos Ativados a fim de eliminar material orgânico dissolvido em efluentes. Nos experimentos com lodos ativados o controle do processo foi realizado com adaptações dos métodos de análises de demanda química de oxigênio (DBO), sólidos totais e voláteis. Foram realizados ensaios iniciais com efluentes contendo metil-isobutilcetona (MIBK) obtendo-se uma redução da carga orgânica do efluente da ordem de 80%. Pretende-se também estudar a eficiência dos lodos ativados a nível de algumas substâncias inorgânicas, através da adsorção destas por microorganismos.

Desenvolvimento de Processos para Recuperação de Urânio Contido em Escórias e Resíduos

O objetivo deste desenvolvimento visa minimizar a quantidade de urânio em estocagem e aumentar seu reaproveitamento.

Nos estudos de processo referentes à recuperação de urânio contido nas misturas provenientes do reator de UF_4 , foram feitos experimentos a nível de bancada e piloto com resultados satisfatórios, obtendo-se conversão da ordem de 99% do urânio total para a forma de UF_4 .

Nos estudos referentes à recuperação de urânio provenientes de escória de urânio metálico, houve a continuidade dos estudos laboratoriais, com a realização de experimentos visando-se a definição e otimização do processo, através da variação dos parâmetros de reação e da geometria do sistema do reator.

4.3. Reatores e Segurança Nuclear

4.3.1. CDTN

Na área de **Alternativas Energéticas**, foi estabelecido um acordo entre o CDTN e a Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG, para o estudo de metodologias de planejamento energético, baseado no código ENPEP e voltado para o Estado de Minas Gerais, como caso exemplo. As atividades desenvolvidas em 1995 estão relacionadas, diretamente, ao projeto de “Planejamento Energético para o Estado de Minas Gerais”, que está sendo conduzido pela CEMIG em parceria com o CDTN e o Departamento de Energia Nuclear da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, DEN/EEUFMG. Dentro do Programa de Cooperação Técnica BRA/0/013, para o biênio 1995/96, o projeto conta com a assistência técnica da Agência Internacional de Energia Atômica, AIEA, e do Argonne National Laboratory, ANL-USA.

As realizações do presente período compreenderam:

- Treinamento inicial no modelo ENPEP, que foi conduzido por especialistas do ANL, durante a primeira das cinco missões de assistência técnica realizadas no ano;
- Implantação dos programas do ENPEP (módulos MACRO, DEMAND, BALANCE - non-eletric and eletric, WASP e IMPACTS) e programas GUIDE;
- Definição dos cenários macroeconômicos e demográficos, com o módulo MACRO;
- Estabelecimento do fluxo de energia útil para o ano-base do estudo e de critérios para a projeção de demanda de energia útil, com o módulo DEMAND;
- Descrição do sistema energético estadual, estruturado em rede, através do BALANCE e do submódulo ELETRIC do BALANCE;
- Avaliação dos impactos ambientais (poluição atmosférica, ocupação de terras e resíduos sólidos), através do módulo IMPACTS.

Estas atividades incluíram cinco missões de especialistas da AIEA e do ANL, de um total de dez, previstas para todo o projeto, cujo encerramento está previsto para novembro de 1996. A participação da CNEN, através do CDTN, nestas atividades foi variável e limitada por disponibilidade de recursos humanos. A representação do CDTN participou também de duas reuniões conjuntas dos Comitês Diretor e Técnico e do Grupo de Trabalho.

As perspectivas neste projeto compreendem a conjugação de esforços com o Conselho Estadual de Energia do Estado de Minas Gerais, CEEN, para estudos globais e setoriais, tais como transporte, residencial, agrícola, ferro-gusa, indústria integrada do aço, celulose, etc.

Na área técnica de **Análise de Centrais**, foi estabelecido um programa conjunto com o DEN/EEUFMG para o desenvolvimento de um banco de dados amplo sobre Fluxo de Calor Crítico.

Em colaboração com a NUCLEN, foi implantado em microcomputador o software DIWAN, que se destina à determinação das perdas de carga em componentes de centrais nucleares do tipo PWR. Esse programa foi originalmente desenvolvido para computadores da linha CYBER/CDC.

A implantação em microcomputador também foi concluída para um conjunto de códigos, que se destinam à análise e ao projeto “neutrônicos de núcleos dos reatores de potência”. Esta implantação constou de um extenso programa de validação, que teve a duração de cerca de dois anos e objetivo de reproduzir, com a versão implantada em microcomputador, os resultados previstos pela versão original.

Finalmente, durante o mês de maio, foi realizada a primeira Jornada Nacional de Termo-Hidráulica, I JONATER. Este evento, realizado no CDTN, congregou técnicos do CDTN, CNEN/CODRE, CTMSP (COPESP), FURNAS, IPEN, NUCLEN e UFPe, em torno de um objetivo comum, qual seja, a simulação da Central Angra I com o

código RELAP/MOD2. Com vistas à otimização da simulação inicial e à validação do código usado pelas instituições participantes, a I JONATER teve continuidade ao longo de 1995, tendo sido realizado também um estudo para otimização da transferência de calor nos geradores de vapor.

No enfoque de **Termo-fluido-dinâmica Experimental**, foram construídas as linhas de suprimento de água, óleo e vapor do DTL-ES e realizados os testes necessários à colocação da caldeira em operação. O isolamento térmico do circuito foi praticamente completado, restando poucos pontos localizados ainda sem o isolamento. Concluiu-se também o estudo do escoamento bifásico água-ar em contracorrente através de placas perfuradas.

Em relação à **Engenharia Nuclear**, foram realizadas análises de criticalidade para instalações da Fábrica de Elementos Combustíveis e concluída a elaboração da dissertação de mestrado enfocando a análise exergetica para obtenção de UF_6 , com base em dados de unidades piloto do IPEN.

4.3.2. IEN

Desenvolvimento de metodologias aplicadas ao cálculo neutrônico

Com o objetivo de desenvolver a metodologia de Monte Carlo aplicada a cálculos de sensibilidade, foram realizados diversos cálculos por amostragem correlacionada.

Realizados testes de “burn-up” utilizando a versão HPS (Hector Perturbation System) do código WIMS-TRACA, com resultados insatisfatórios.

Concluída primeira versão do programa DINUCLE para análise de transientes dinâmicos em núcleos de reatores, utilizando a teoria da difusão multigrupo a duas dimensões.

Neutrônica e blindagem da radiação ionizante

Concluído estudo de dimensionamento da blindagem para o projeto conceitual de um reator produtor de radioisótopos. Concluído estudo de sensibilidade para o núcleo de um reator rápido de potência, no contexto de um programa de intercomparação de códigos de cálculo para o núcleo de reatores a nêutrons rápidos, desenvolvido em cooperação com o Instituto de Estudos Avançados - IEAv/CTA.

Técnicas experimentais no reator Argonauta

Irradiação de Amostras: realizados estudos e elaborada uma proposta de arranjo experimental para irradiação de amostras visando aplicações em geologia.

Medidas de Seções de Choque para Nêutrons: realizadas medidas de seções de choque para nêutrons dos compostos de hidróxido e óxido de alumínio.

Arranjo Exponencial e Subcrítico: determinados os parâmetros e constantes de reatores através de medidas em arranjo exponencial e subcrítico. Realizados testes e medidas de doses de nêutrons e raios gama no arranjo exponencial.

Atividades de Rotina: apoio técnico na orientação de montagens experimentais para alunos inscritos no programa de pós-graduação. Aulas de Técnicas Experimentais. Estudo e orientação de dispositivos e montagens a serem utilizados no reator.

Métodos computacionais em engenharia de reatores

- Software para Simulação Computacional em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor
 - ⇒ Em desenvolvimento software para simulação de escoamentos viscosos e transporte de energia, estudos de estratificação térmica e convecção natural em geometrias complexas. A simulação numérica destes problemas em escala real requerem a solução desses temas de equações algébricas com elevado número de incógnitas a cada passo do intervalo de tempo considerado. Neste sentido são utilizados algoritmos otimizados, malhas de elementos finitos adaptativas e controle automático do passo do tempo. Em 1995, foram implementadas técnicas de paralelização e vetorização para processamento nos computadores CRAY YMP e CRAY EL94, com grande acréscimo na velocidade de execução.
- Software para Estudos Bidimensionais de Escoamentos Bifásicos a Partir da Mecânica do Contínuo
 - ⇒ Foi desenvolvido um modelo bidimensional para descrição de escoamentos bifásicos a partir da mecânica do contínuo, que permite representar detalhes mais próximos da realidade física, além de não necessitar de correlações experimentais de atrito e de transferência de calor.
- Circulação Natural de Modelos em Escala Reduzida de Sistemas de Resfriamento de Reatores.
 - ⇒ Desenvolvido um software para cálculo de circulação natural (bifásica, transiente) em sistemas passivos de remoção de calor de reatores, onde o transporte de energia é representado em malha unidimensional variável com controle automático do passo de tempo. O software vem sendo testado com dados experimentais de um circuito da Escola Politécnica da USP, apresentando bons resultados.
- Software para a Análise de Ruptura Frágil por Fluência de Componentes Metálicos
 - ⇒ Implementado o método conjugado-gradiente com pré-condicionador de Jacobi na versão bidimensional e axissimétrica no programa EVPD, destinado à análise de ruptura frágil por fluência de componentes metálicos. Para uma integração mais eficiente das equações acopladas de taxa de deformação e de dano, está sendo desenvolvido novo algoritmo implícito, com controle automático do passo de tempo.

- Software para a Análise Limite em Componentes Nucleares
 - ⇒ O programa de análise limite LimState permite obter o limite superior da carga limite, os mecanismos de colapso plástico, os pontos plastificados e uma estimativa dos deslocamentos e tensões atuantes na estrutura antes do colapso plástico, para tubulações sujeitas a cargas constantes e variáveis. Em 1995 foi implementada uma base de dados e uma interface gráfica e dado início à implantação de um elemento finito unidimensional de casca axissimétrica, já testado numericamente na análise linear sísmica do vaso de contenção de Angra 2.
- Simulação Termo-Hidráulica de uma Piscina de Armazenamento de Elementos Combustíveis Irrradiados
 - ⇒ Foi desenvolvido um modelo para estudar a circulação natural transiente e a remoção do calor de decaimento de “racks” de elementos combustíveis irradiados numa piscina. Os resultados obtidos foram comparados com aqueles calculados na NUCLEN através de equações simplificadas e considerados satisfatórios. O sistema de cálculo permite simular, passo a passo, a transferência de elementos combustíveis do reator para a piscina, a fim de avaliar os seus efeitos na temperatura da água da piscina.
- Implantação do Programa Computacional CATHARE
 - ⇒ Iniciou-se a implantação do código CATHARE, de origem francesa, para a análise termo-hidráulica de acidentes em reatores, tendo sido testados alguns casos-exemplos de regime permanente.
- Redes Neurais

Tendo em vista o grande potencial para futuras aplicações desta sub-área da inteligência artificial ao controle de sistemas e aos sistemas de suporte e a operação de instalações nucleares, há um pequeno grupo desenvolvendo estudos e pesquisas neste tema.

 - ⇒ Foi iniciado o estudo de uma nova arquitetura, baseada no conceito de *competitive learning* e na utilização de *radial basis functions*, aplicada a problemas-modelos, obtendo-se (com alguma perda de generalidade) resultados cerca de cinco vezes mais precisos do que os do método *back propagation*. Com uma velocidade dezenas ou centenas de vezes superior à da *back propagation*, esta arquitetura foi implementada em PC-486 utilizando MATLAB.

Circuito experimental para estudos de circulação natural

O objetivo desse circuito é o de estudar a circulação natural, em escala reduzida, em sistemas similares de remoção de calor, a verificação de modelos teóricos e o teste de critérios de similaridade.

- Sistemas Elétrico e Eletrônico e Software para Aquisição de Dados
 - ⇒ Para a alimentação e o controle da potência elétrica das resistências, a Coordenação de Instrumentação e Controle do IEN projetou e construiu um sistema elétrico e eletrônico, e desenvolveu módulos FORTRAN que serão montados de acordo com as características que se quer controlar ou medir.

⇒ Em 1995 , o sistema elétrico e eletrônico de controle foi montado, em laboratório, mas ainda não foi testado por atrasos do fabricante na realização de modificações necessárias nas resistências elétricas do aquecedor. Também foi projetado um tanque de expansão que não havia sido previsto.

Operação, manutenção e estudos em circuitos térmicos à água

- Operação e Manutenção de Modernização do Circuito à Água
 - ⇒ Realizadas operações rotineiras de manutenção preventiva da instrumentação e dos equipamentos, concluída verificação da calibração de um sensor de vazão, concluída a montagem das telas de proteção da torre de resfriamento do circuito e interrompida a regeneração das resinas do deionizador do circuito à água. Encontram-se em testes as resinas novas, adquiridas da Bayer do Brasil S.A.
 - ⇒ Concluída a instalação de uma malha de aterramento para a instrumentação do circuito à água.
- Projeto e Construção de uma Seção de Testes de Canais Combustíveis de Reatores de Pesquisa
 - ⇒ Projetados os “*plena*” e bocais da seção de testes e, em andamento, a usinagem e soldagem de peças.
- Estudo de Viabilidade da Utilização de Técnicas Ultra-Sônicas para Medições de Escoamentos
 - ⇒ Concluídos testes preliminares de medidas ultra-sônicas de vazão.

Operação, manutenção e estudos em circuitos térmicos a sódio

- Pesquisas, Estudos e Experiências
 - ⇒ Desenvolvido um programa para cálculos de pré-aquecimento de circuitos a sódio e preparada uma montagem experimental constituída por um tubo de aço inox, isolado termicamente e instrumentado com termopares. Em andamento a comparação dos resultados teóricos com os experimentais.
 - ⇒ Realizados estudos relativos à construção mecânica e comportamento fluido- dinâmico do sódio em um tipo alternativo de armadilha fria de purificação. Planejada a montagem do sistema móvel de purificação adquirido da Itália para desenvolvimento e teste desta armadilha fria.
- Manutenção
 - ⇒ Intervenção de desmontagem e limpeza de trechos da linha de argônio do circuito CTS-1, atingidos por sódio durante uma operação de enchimento do circuito. Em andamento o desenvolvimento de sistema de indicação do nível de sódio no tanque de expansão, visando reduzir o risco de acidentes, como o acima citado. Substituída a válvula de alívio do circuito e procedida a manutenção da válvula VM2 do tanque de expansão. Reparada a resistência elétrica no sistema de pré-aquecimento da tubulação, desmontagem e a remontagem do isolamento térmico daquele trecho.

Realizada manutenção corretiva no Galpão Tecnológico (grande trecho dos trilhos da ponte rolante encontrava-se bastante corroído).

4.3.3. IPEN

Para atender à demanda das pesquisas e projetos em andamento no Departamento de Reatores e operar a contento e com segurança os laboratórios e reatores nucleares sob sua responsabilidade, foram desenvolvidas as seguintes atividades em 1995:

Recuperação e Modernização dos Laboratórios do Departamento de Reatores

Dentro do projeto de recuperação dos laboratórios do Departamento de Reatores, foram recuperados a Torre de Resfriamento, os transformadores e a infraestrutura civil da subestação elétrica do Circuito Térmico Experimental - CTE-70. Foi adquirido material de consumo para melhoria da infra-estrutura do Laboratório do Acelerador Van de Graaff e do Laboratório de Instrumentação e Controle. Foi adquirido um conjunto de termômetros para o Laboratório de Termometria, visando prepará-lo para uma possível certificação junto ao INMETRO. Dentro do projeto de modernização foi adquirido um Sistema de Aquisição de Dados mais rápido e versátil para o CTE-70, visando torná-lo apto a realizar experimentos envolvendo transientes rápidos.

Plano Experimental do Reator IPEN/MB-01 e Validação de Metodologia de Cálculo Neutrônico

O plano experimental do Reator IPEN/MB-01 consistiu na obtenção de parâmetros de interesse na área de física de reatores. Esses parâmetros são utilizados como padrão de comparação para avaliar a metodologia de cálculo neutrônico atualmente utilizada no Departamento de Reatores.

Desenvolvimento de Programa Computacional para a ABACC

Elaboração de um programa computacional para cálculo do fator de calibração (conversão de taxa de contagem de um detector em massa de U-235), utilizando fonte pontual.

Modernização e Aumento de Potência do Reator IEA-R1

- Análise do Núcleo e da Instalação envolvendo a análise de acidentes postulados e análise estrutural;
- Desenvolvimento de um Sistema de Resfriamento de Emergência e Sistema de Camada Quente;
- Modernização da Sala de Controle, Sistema de Monitoração da Radiação e Sistema de Combate a Incêndio;
- Elaboração do Relatório de Análise de Segurança e Planos de Garantia da Qualidade;
- Definição e execução de experimentos para a comprovação de operação segura do reator a 5 MW;
- Projeto do Sistema de Aquisição de Dados;

Avaliação do projeto estrutural e mecânico do reator.

Medida do Tempo de Resposta de Instrumentos ligados ao Sistema de Proteção da Usina Nuclear de Angra I

Foi assinado contrato para realização de medidas de tempo de resposta para avaliar a degradação dos instrumentos.

4.4. Operação e Manutenção dos Reatores de Pesquisa

4.4.1. CDTN

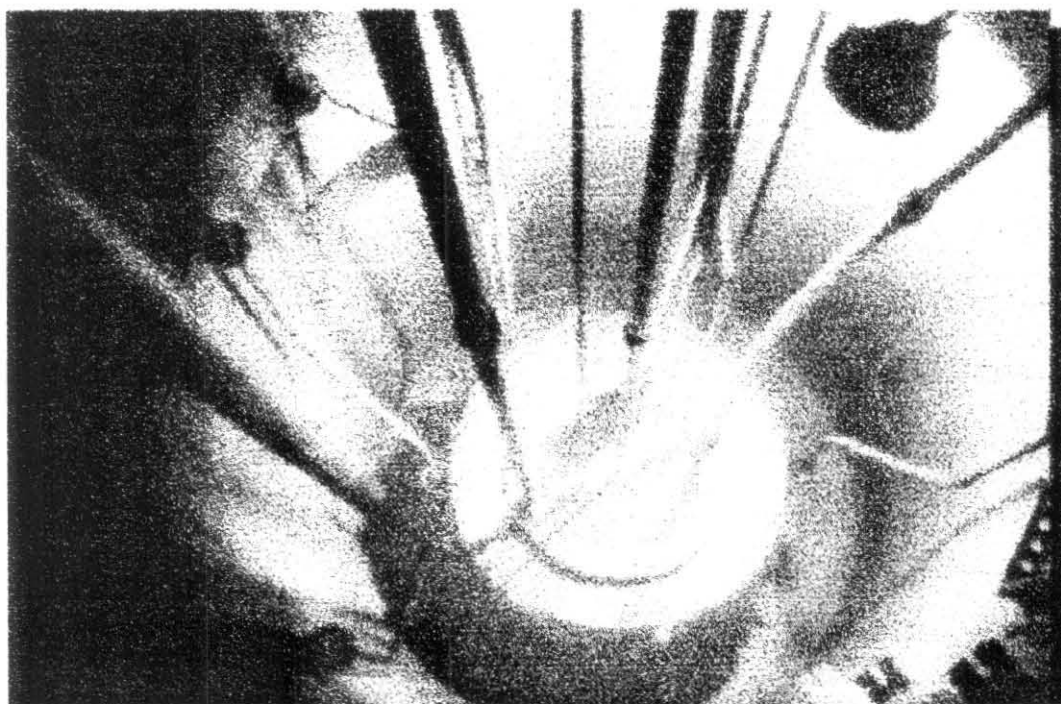
Após os trabalhos de reforma geral da sala do reator, para que o **reator TRIGA IPR-R1** retornasse a operar em condições seguras e à plena potência, várias atividades e testes foram conduzidos, em conformidade com as orientações e recomendações da SLC/CNEN e da Comissão Especial de Segurança - CES do CDTN. Estas atividades e testes foram consolidados na seguinte documentação:

- Roteiro para partida do reator TRIGA IPR-R1 após a reforma geral da sala do reator;
- Tarefas e atividades previstas para retorno às operações do reator TRIGA IPR-R1 após o carregamento do núcleo;
- Resultados obtidos no carregamento do núcleo do reator TRIGA IPR-R1;
- Fluxo de nêutrons térmicos no IPR-R1: informação preliminar;
- Fluxo de nêutrons térmicos na mesa giratória e no tubo central do reator TRIGA IPR-R1;
- Resultados dos testes realizados no reator TRIGA após o carregamento do núcleo;
- Estudos sobre a água do poço do reator TRIGA IPR-R1; e
- Fluxo de nêutrons térmicos no tubo central, com água, do reator TRIGA IPR-R1.

De acordo com a cronologia, os seguintes eventos devem ser destacados:

- | | | |
|----------------|---|---|
| JANEIRO | ⇒ | Início da montagem da mesa de controle original e dos sistemas auxiliares. |
| MARÇO | ⇒ | Término da montagem da mesa de controle do reator. |
| ABRIL | ⇒ | Medidas da radiação gama nos elementos combustíveis do reator e análise da água do poço do reator pelo Instituto de Ciências Biológicas/UFGM. |
| MAIO | ⇒ | Limpeza geral do poço e recarregamento dos combustíveis do reator. |

- JUNHO** → Autorização da CES para a segunda fase de teste da instrumentação:
- calibração das barras de controle do reator;
 - medidas do fluxo térmico do reator com folhas de ouro e de cobalto;
 - calibração da potência térmica do reator; e
 - testes de resposta da instrumentação da mesa de controle.
- JULHO** → Montagem e testes do terminal pneumático TP-2.
- OUTUBRO** → Manutenção geral na instrumentação da mesa de controle e leituras de corrente dos canais log N, linear e percentual de potência.



Reator TRIGA IPR-R1

Durante os testes e as montagens dos diversos sistemas do reator, teve continuidade o **Programa de Retreinamento dos Operadores do Reator**, perfazendo cerca de 100 horas de aulas em experimentos, testes e calibrações do sistema. A parte teórica do treinamento constou de estudos dirigidos, provas escritas e aplicação de questionários.

Após o início de operação do reator IPR-R1, foram realizadas diversas irradiações para atendimento à demanda do CDTN, da UFMG e de outros clientes externos. No período de junho a novembro, o reator despendeu 8.803 kWh de energia, em 44 operações e irradiando um total de 783 amostras.

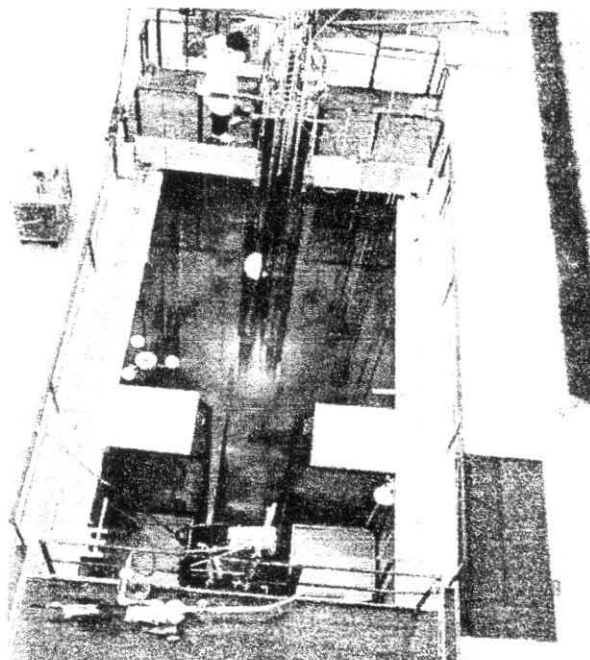
No escopo do **Aumento da Potência do Reator TRIGA IPR-R1** de 100 para 250 kW, foram feitas a seleção, a manutenção e a calibração de instrumentos e de indicadores a serem utilizados. Foram iniciados os estudos dos projetos neutrônico e termo-hidráulico do reator visando o seu licenciamento para a potência de 250 kW. A nova mesa de controle do reator encontra-se em fase de montagem e testes.

4.4.2. IPEN

Operação rotineira do Reator IEA-R1

Durante 1995 foram desenvolvidas as seguintes atividades:

- 160 operações a 2 MW, totalizando 1.555 horas de operação;
- 19 operações à baixa potência, totalizando 56 horas de operação;
- irradiação de 9.980 amostras, atendendo usuários de diversos locais como IPEN, CENA-USP, IRD/CNEN, CBPF e IPEX, para aplicações em medicina, agricultura e indústria;
- realização de experimentos visando obter parâmetros do reator;
- irradiação de fios de irídio para utilização médica (braquiterapia);
- análise de reatividade do xenônio no núcleo do reator, visando a operação contínua do reator;
- realização de experimentos para desenvolvimento de detectores (tipo SPND) de fabricação nacional;
- calibração das barras de segurança e controle pela técnica de período estável;
- inspeção de elementos combustíveis de fabricação IPEN, utilizados na operação do reator para avaliação de desempenho sob irradiação.



Reator IEA-R1

- **Revisão do Relatório de Análise de Segurança do Reator IEA-R1**

Este projeto tem por objetivo a reedição do Relatório de Análise de Segurança da Instalação (RASIN), tendo em vista o projeto para elevação de sua potência de operação de 2MW para 5MW a partir de 1997. Para tanto, foi formado um grupo de trabalho que deverá apresentar um documento inicial até meados de 1996.

- **Revisão do Circuito Secundário do Reator IEA-R1**

Em ensaios realizados nas tubulações de aço carbono do sistema secundário de resfriamento do reator IEA-R1, utilizando-se ultra-som e inspeção com endoscópio, constatou-se uma redução significativa da espessura das tubulações, devido ao processo de corrosão, face ao longo tempo de uso das tubulações. Os resultados nos ensaios mostraram a necessidade de próxima substituição das tubulações, para atender às especificações técnicas da instalação. Foi elaborado o projeto detalhado do sistema (desenhos e listas de materiais), otimizado para linhas de superfície, prevendo circuitos independentes e interligados para permitir o rodízio das torres de resfriamento.

Foi adquirida a maior parte dos materiais necessários à execução do projeto. A empresa que executará o projeto foi contratada no fim de 1995.

- **Mudança no Ritmo de Operação do Reator IEA-R1**

A partir do dia 16 de novembro/95, o reator teve seu ritmo de operação alterado para 64 horas contínuas, tendo em vista o aumento na produção de radioisótopos como o ^{131}I e produção de radioterápicos como ^{153}Sm , ^{186}Re , ^{166}Ho e ^{165}Dy . Até o final de 1996 esse ritmo deverá ser novamente alterado para cinco dias contínuos.

Para tanto estão sendo tomadas as seguintes providências:

- ⇒ modernização da instrumentação;
- ⇒ fabricação e carregamento de novos elementos combustíveis;
- ⇒ revisão do Relatório de Análise de Segurança;
- ⇒ treinamento de novos operadores para o reator.

- **Cálculo para Mudança de Configuração do Núcleo do Reator IEA-R1**

Este projeto tem por objetivo realizar uma análise prévia das possíveis configurações do núcleo do reator IEA-R1, visando manter o acompanhamento da queima do mesmo.

Os progressos realizados foram os seguintes:

- ⇒ a sistemática para o acompanhamento do reator IEA-R1 já foi implantada e visa otimizar o uso do combustível nuclear, e ao mesmo tempo atender às necessidades dos usuários;
- ⇒ foram realizados estudos demonstrando a viabilidade de operação do reator em 2 MW por um período de 64 horas contínuas (por semana).

- **Sistema de Aquisição de Dados**

O objetivo deste projeto é o de permitir que todos os dados relacionados com a operação do reator IEA-R1 sejam lidos a partir da instrumentação existente na sala de controle do reator e impressos em formulário próprio que permita o acompanhamento da operação.

O programa de computador para fazer a leitura e impressão de dados já foi desenvolvido, estando em fase final de testes de implantação.

- **Troca da Estrutura Interna da Torre de Resfriamento**

Esta troca se faz necessária devido ao estado da estrutura interna (madeiramento) que se encontra em mau estado de conservação. A licitação já foi realizada e aguarda-se o início das obras para janeiro de 1996.

- **Troca do Sistema de Ar Condicionado do Prédio do Reator**

Este serviço já está praticamente concluído; foram trocados os dois compressores existentes, a serpentina e o circuito de água.

- **Reforma do Sistema de Ventilação e Exaustão do Prédio do Reator**

A separação física das áreas internas do prédio do reator em áreas quentes (sujeitas à radiação do reator) e áreas frias já foi concluída. Está em fase de licitação a execução do projeto de separação dos sistemas de ventilação e exaustão.

- **Reforma do Sistema de Combate a Incêndio**

Esta reforma tem por meta melhorar o atual sistema de detecção de fumaça e calor dentro do prédio do reator e na sala dos geradores. Além disto, prevê o aumento no número de extintores e hidrantes. O projeto está em fase de licitação.

- **Implantação do Sistema de Monitoração de Vibração**

Este sistema também está em fase de licitação e prevê a instalação de sensores de vibração nos mancais das bombas dos circuitos primário e secundário do sistema de refrigeração do reator e nos mancais do volante inercial do gerador No-Break.

- **Aquisição de Monitores de Radiação Gama**

Os monitores de áreas e dutos estão sendo substituídos por novos equipamentos, adequando este sistema para operação contínua e para elevação futura da potência para 5MW. Também estão sendo adquiridos detetores portáteis de nêutrons e radiação gama para monitoração das áreas.

- **Adequação da Mesa de Controle**

Estão sendo importados componentes e peças para a mesa de controle visando a sua manutenção.

- **Reforma dos Geradores**

Está em fase de conclusão a reforma do painel elétrico de controle dos dois grupos geradores convencionais e a reforma mecânica dos motores dos quatro grupos geradores (dois convencionais e dois No-Break).

Reator IPEN/MB-01

Foram realizadas 88 operações do reator para atender testes e experimentos, tais como: testes da instrumentação nuclear; testes dos canais; calibração das barras de controle para várias configurações do núcleo (configurações quadrada, retangular e cilindrizada); medidas da reatividade devido à queda de barra “rod drop” das barras de controle; medida de fluxo rápido com índio; experimento de sombreamento entre varetas absorvedoras de cádmio; determinação do coeficiente de temperatura para várias configurações do núcleo; irradiação com fios de ouro para mapeamento de fluxo; irradiação de alvos dentro de varetas combustíveis especiais; medida da fração de nêutrons atrasados; medida do “buckling” do reator a 20°C e 40°C; medida de parâmetros cinéticos do reator.

Foram realizadas 20 manutenções quinzenais, abrangendo os equipamentos ou sistemas, tais como; realinhamento de sistemas de ventilação, água e ar; tratamento da água do moderador, de abastecimento e de refrigeração; gerador diesel; CCM's; cabine primária; aterramentos; mecanismos de acionamento de barras; controle automático; instrumentação nuclear; monitoração da radiação; filtros da ventilação; ar comprimido; ponte rolante; porta deslizante; sistema de incêndio; sistema de comunicação; válvula de abertura rápida; torres de refrigeração; bombas centrífugas; esgoto quente; substituição dos pára-raios.

4.4.3. IEN

Operação do Reator Argonauta

Em 1995 foram realizadas 79 operações do Reator Argonauta, totalizando 259,40 horas, das quais 163,26 horas em condições de criticalidade.

O maior número de operações foi realizado para atender a trabalhos de tomografia computadorizada com nêutrons térmicos (neutronografia) para detecção de defeitos em materiais. As demais operações em criticalidade visaram atender aos trabalhos de interesse do IEN e abrangeram:

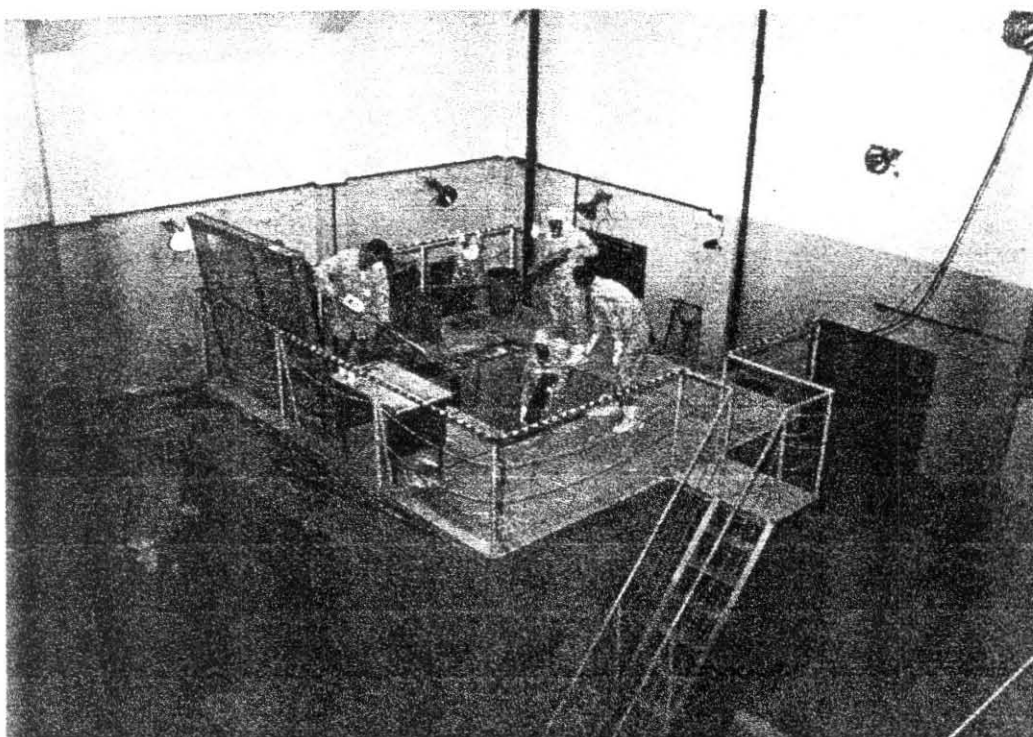
- testes de equipamentos;
- testes de criticalidade;
- experimentos de subcriticalidade para aferição de resultados obtidos por meio de cálculos teóricos;
- determinação da perda de reatividade total do reator devido ao estufamento de placas combustíveis;

- experiência de aproximação gradativa à criticalidade referente à intervenção preliminar para substituição das placas combustíveis defeituosas do núcleo do reator.

Manutenção do Reator Argonauta

As operações de manutenção preventiva do Reator Argonauta foram realizadas conforme estabelecido no respectivo Plano, a saber:

- Manutenção Eletrônica:
 - ⇒ teste semestral da instrumentação de controle e segurança;
 - ⇒ teste semestral do sistema de monitoração de nêutrons e raios gama;
 - ⇒ teste semestral das cadeias de medidas com detetores BF_3 ;
 - ⇒ teste semestral do registrador gráfico;
 - ⇒ teste semestral do sistema de iluminação de emergência.
- Manutenção Elétrica:
 - ⇒ teste trimestral de sistemas e equipamentos elétricos;
 - ⇒ teste anual da ponte rolante.
- Substituição de Placas Combustíveis Defeituosas do Núcleo do Reator:



Reator ARGONAUTA

A partir de 11.05.95 foram suspensas as operações normais do reator e dado início aos serviços de intervenção em seu núcleo. Na primeira intervenção realizada, foi feita uma avaliação do estado físico de todas as placas combustíveis, substituídas oito placas defeituosas e montado o núcleo conforme a configuração preliminar autorizada, utilizando-se todas as 26 placas novas com metade da massa de ^{235}U , fabricadas pelo IPEN, tendo-se atingido o estado crítico do reator através de uma aproximação gradativa à criticalidade.

Esse experimento forneceu os subsídios necessários à execução do projeto neutrônico da nova configuração do núcleo.

O Grupo de Operações do Reator coletou e analisou os dados obtidos com o experimento de intervenção preliminar no núcleo do reator e preparou o relatório descritivo da experiência. Foi ainda preparada e enviada ao órgão licenciador toda a documentação necessária para o licenciamento da nova (segunda) intervenção no núcleo do reator.

Modernização das Instalações e dos Laboratórios Vinculados ao Reator Argonauta

Durante o ano de 1995 foram providenciados vários cadernos de encargos, visando à licitação e contratação de diversos serviços com o objetivo de adequar e modernizar as instalações em geral. Também em andamento a compra de alguns equipamentos científicos para recuperação e modernização dos laboratórios vinculados às atividades desenvolvidas com o reator Argonauta.

Os serviços já licitados e contratados foram:

- colocação de forro e instalação de luminárias na sala de controle do reator;
- impermeabilização da laje da casa de máquinas da cobertura do prédio do reator;
- reforma do letreiro do prédio do reator;
- reforma das salas de pesquisa do segundo pavimento;
- serviços complementares de reforma da ponte rolante instalada no salão do reator;
- fornecimento e instalação de uma escada metálica de acesso ao terceiro andar do prédio do reator.

Foram também realizados diversos serviços de reparos nas instalações prediais, modernizados os computadores disponíveis, reformados diversos utensílios e equipamentos, e adquiridos materiais diversos para a manutenção, modernização e adequação dos laboratórios vinculados.

Desenvolvimento de Técnicas Experimentais

Durante o ano foi desenvolvido o programa computacional PARÂMETRO, para cálculo do tempo de ativação, fluxo de nêutrons e atividade, tendo sido

apresentado trabalho a respeito no III ENAN, ocorrido no período de 3 a 11 de agosto de 1995, em Águas de Lindóia, SP.

Foi melhorado o programa computacional CALFEI que calcula a eficiência do detector de Ge-Li, em função da energia dos raios gama.

Concluída a organização e o planejamento das experiências, aferição de detectores, montagem e ajuste das cadeias de medidas para os experimentos de intervenção no núcleo do reator.

4.5. Materiais e Tecnologias Avançadas

4.5.1. CDTN

No escopo de **Avaliação de Integridade Estrutural**, teve prosseguimento o projeto de cooperação técnica com a Agência Internacional de Energia Atômica: "Stress-Strain Analysis of Nuclear Reactor Components". Neste projeto, foram repassados ao CDTN, através da vinda de diversos especialistas estrangeiros, os conhecimentos e as tecnologias para a realização de análise experimental de tensões em altas temperaturas e em campos de radiação. Atualmente, estão sendo desenvolvidos os trabalhos experimentais para avaliar o comportamento de "strain gauges", quando submetidos a altas temperaturas e a campos de radiação. O projeto deve encerrar-se com as missões de dois técnicos do CDTN junto ao Instituto Kurchatov, na Rússia. Estas missões estão previstas para o início de 1996. No aspecto de capacitação instrumental, foram desenvolvidos os equipamentos portáteis para análise experimental de tensões nos trabalhos de campo.

Com o apoio do CDTN, a Direção do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais deu novas ênfases no seu Curso de Mestrado; dentre elas a de Avaliação de Integridade Estrutural. Neste curso, a equipe do CDTN ficou responsável pelas disciplinas de "Análise Experimental de Tensões" e "Tecnologia da Soldagem".

O Laboratório de Metalografia está desenvolvendo a técnica de réplica metalográfica, que é fundamental para a Avaliação de Integridade Estrutural, pois ao contrário da metalografia convencional, não é destrutiva e permite a sua realização no próprio local de análise.

Em parceria com a CEMIG, está em andamento a Avaliação de Integridade Estrutural da Usina Térmica de Igarapé. Na abordagem inicial, está sendo analisado o desaerador da usina, que é um componente crítico em relação ao aspecto de integridade estrutural. Na sequência deverá ser desenvolvida a avaliação de toda a usina.

Em conjunto com a Universidade Federal do Rio de Janeiro, foram desenvolvidos piezocones e torquímetros, instrumentados com "strain gauges", voltados para a área de geotecnia.

Em continuidade ao trabalho de divulgação de sua capacitação técnica, a equipe de Ensaios e Metrologia procurou ampliar sua participação em congressos e eventos similares. No ano, diversos trabalhos foram apresentados no III Encontro Nacional de Aplicações Nucleares/X Encontro de Física de Reatores, no 13th Structural Mechanics in Reactor Technology e no XXI Encontro Nacional de Tecnologia de Soldagem. Neste último, a equipe recebeu o prêmio relativo a trabalho técnico apresentado no ano de 1994. Esta equipe participou ainda da reunião do International Working Group of Life Management of Nuclear Power Plant, patrocinado pela Agência Internacional de Energia Atômica.

A equipe tem buscado ainda financiamentos que viabilizem a execução de determinados projetos. Até o momento, quatro projetos foram formulados e encaminhados com propostas de financiamento:

- Desenvolvimento de Instrumentação para Análise de Tensões através da Técnica de Moiré (PADCT);
- Técnica de Medida de Tensões Residuais através do Efeito Barkausen (FAPEMIG);
- “Life Management of Nuclear Reactor Pressure Components” (AIEA);
- Mecânica da Fratura, que foi elaborado em conjunto com a Universidade Federal de Minas Gerais e Universidade Federal de Ouro Preto.

O **Centro de Exames de Qualificação** encontra-se em fase final de implantação, dependendo somente de uma auditoria por parte da ABENDE - Assoc. Brasileira de Ensaios Não-Destrutivos.

Na área de **Cerâmicas Avançadas**, diversos foram os enfoques abordados nas atividades/95. Visando a incorporação de rejeitos, foi desenvolvida a obtenção de vidro poroso pelo processo sol-gel. Em continuidade e no escopo do Convênio CDTN/UFGM, projeto PADCT, os estudos serão desenvolvidos através da imersão do corpo de porosidade nanoestruturada em solução líquida com rejeito, de modo a determinar sua capacidade de incorporação.

De modo a viabilizar a reprodutibilidade na síntese de alcóxidos de Ti, Ba, Si e Al, que são aplicáveis no desenvolvimento de novos materiais, foi construída uma Câmara de Síntese de Alcóxidos Metálicos.

Durante o período foi dominado o procedimento para a síntese do pó de zeólita 4A, a partir de fontes solúveis de alumínio e silício. Investiga-se no momento a obtenção desta zeólita a partir do caulim da Companhia Vale do Rio Doce (fonte não solúvel de silício e de alumínio), de modo a viabilizar o estudo de sua aplicação na área de tratamento de rejeito.

Objetivando a utilização na fabricação de cabeçotes ultra-sônicos, desenvolveu-se um procedimento reprodutível para a produção de pastilhas de titanato de bário com 95% da densidade teórica.

Finalmente, foi iniciado o estudo de obtenção de esferas de biomassa, para aplicação na retenção de metais pesados que estejam presentes em rejeitos industriais.

No enfoque do **Beneficiamento Mineral**, foi realizado um treinamento na Universidade de Cape Town, África do Sul, com trabalho experimental de comparação entre colunas de flotação agitadas. A introdução desta nova tecnologia encontra-se em fase de planejamento.

No contexto da **Extração por Solvente**, foram concluídos os ensaios piloto e o projeto conceitual para a separação de samário, európio e gadolínio com teor de pureza superior a 96%. Da mesma forma, foram concluídos os estudos de simulação de processo para fracionamento dos elementos terras-raras e os estudos de separação de composto orgânico (cicloteno) a partir do licor pirolenhoso. O interesse comercial pelo cicloteno reside no elevado valor agregado. Ainda relacionado à extração por solvente, foi estabelecido um fluxograma de processo para a purificação de ácido fosfórico, cujo resultado foi apresentado no Congresso de Tratamento de Minérios e Hidrometalurgia, que se realizou-se no Chile. Finalmente, a visita do consultor australiano, Dr. Stevens, dentro do programa RHAE, permitiu ampliar a capacitação técnica na área de extração por solvente.

Na área de **Novos Materiais Nanoestruturados**, a determinação de propriedades magnéticas de filmes epitaxiais de Fe sobre Cu_3Au (100) foi executada em colaboração com pesquisadores do Laboratoire pour l'Utilization du Rayonnement Électromagnétique, LURE, e da Universidade de Duisburg (RFA).

Na área de **Quantificação Digital e Análise Microestrutural**, foram desenvolvidos o programa FOTOEL, para simulação e análise de experimentos fotoelásticos em materiais, e o programa QUANTIKOV, para a quantificação microestrutural em ambiente Windows. Encontra-se em desenvolvimento um software para a modelagem da evolução microestrutural de materiais.

Dentro dos **Estudos de Inclusões Fluidas**, foram determinadas as características de composição, densidade, temperatura, pressão e salinidade dos fluidos formadores da Mina de Ouro de São Bento (MG), da Jazida de Wolfranita de Pedra Preta, da Granito Musa/PA, da Mina de Ouro de Manantial Espejo (Santa Cruz, Argentina) e de Huemules (Esquel, Argentina).

Nos **Estudos de Propriedades de Materiais**, foi concluído o estudo das propriedades hiperfinas de ferritas de Ni e de Zn, obtidas por método alternativo de co-precipitação. Encontra-se em andamento o estudo de ferritas de Ni e de Zn, obtidas via sol-gel.

Foram realizadas as primeiras determinações do coeficiente de difusão do gadolínio em amostras monocristalinas de UO_2 . O gadolínio é utilizado como veneno queimável no combustível de reatores nucleares. Os estudos foram realizados obtendo-se o perfil de difusão do Gd através da técnica espectrográfica de massa e de íons secundários (SIMS). Os resultados, apesar de preliminares, são inéditos, pois estes dados experimentais não estão registrados na literatura mundial. Esta atividade está

sendo desenvolvida dentro do Projeto de Estudos de Difusão Catiônica em Combustíveis Nucleares, dentro do programa de cooperação entre o CDTN e Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP.

4.5.2. IEN

Análises Químicas - Atividades Permanentes

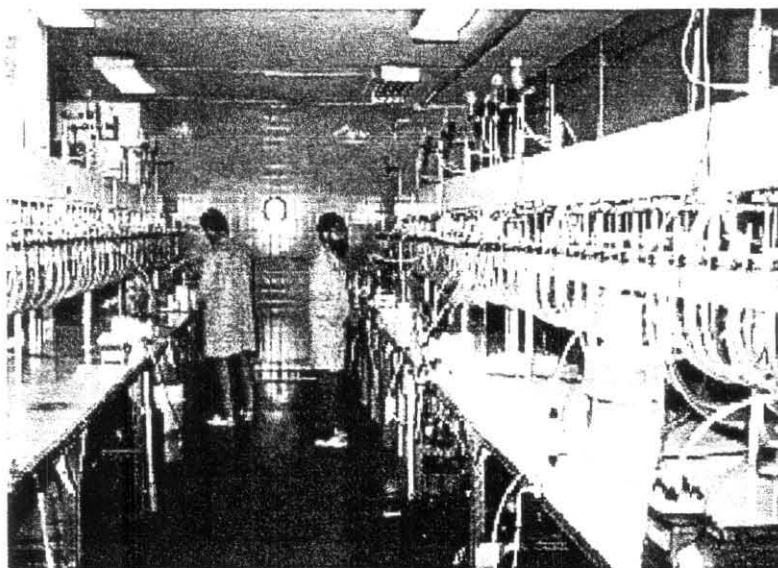
Em 1995 foram totalizadas 14.000 determinações analíticas, envolvendo as técnicas de Fluorescência e Difração de Raios-X, Cromatografia Gasosa, Espectrofotometria UV-VIS, Espectrografia de Emissão Ótica, Potenciometria, Fotometria de Chama, Polarografia, Volumetria, Fluorimetria, entre outras, atendendo requisições do próprio IEN (52%) e outras instituições como UFRJ/EQ (39%), CNEN/IRD (6%) e EMBRAPA (3%).

Modernização dos Laboratórios de Química

Neste ano foram adquiridos alguns equipamentos de pequeno porte e desenvolvida uma série de metodologias analíticas, visando garantir um controle de qualidade de produtos desenvolvidos no IEN, destacando-se determinação de impurezas de terras-raras em óxidos de terras-raras com elevada pureza, ligas especiais (Al-Li), dentre outros. Foram desenvolvidas ainda novas metodologias analíticas aplicadas a controle ambiental, análise de ligas, solos e determinações geocronológicas por traços de fissão.

Modelagem e Simulação para Separação de Terras-Raras

- Foram elaborados e otimizados pelo código LANTEX dois fluxogramas distintos para a separação do concentrado de didímio (mistura contendo praseodímio e neodímio). Um dos fluxogramas foi transferido para Indústrias Nucleares do Brasil - INB, para a obtenção de praseodímio e neodímio com pureza acima de 96%. O início da operação na usina comercial da INB, no distrito de Buena, com este fluxograma, ocorreu em agosto de 1995, e já foi obtida cerca de 0,5 t de Nd com pureza acima de 99%. O outro fluxograma desenvolvido está em operação na usina piloto do IEN, com o objetivo de obtenção de Nd com pureza acima de 99,999% para aplicações em raio laser e outros.
- Foram otimizadas as condições operacionais da célula eletrolítica para a separação do európio e gadolínio. Foram obtidos cerca de 300 gramas de európio com pureza de 99,9% e 10 kg de gadolínio.



Separação de Terras Raras

Síntese de Solventes e Resinas Especiais

- Foram realizados estudos de otimização de parâmetros em escala de laboratório da síntese do DEHPA, através de duas rotas alternativas, a fim de adequar a melhor rota na usina piloto de produção de solventes organofosforados existente.
- Montagem do laboratório para obtenção de resinas peliculares à base de vinil piridina e divinil benzeno, para estudos de separação isotópica. Realizados ensaios para otimização dos parâmetros de operação do sistema de polimerização e iniciadas as sínteses de obtenção das resinas e sua caracterização.
- Consolidada a síntese de resinas especiais com DEHPA à base de estireno e divinil benzeno. Foram produzidos cerca de 2 kg desta resina e realizados estudos cinéticos com os pares Eu/Gd e Pr/Nd em colunas de troca iônica.

Tecnologia de Obtenção de Materiais Especiais

- Projetadas e construídas células eletrolíticas para obtenção contínua do lítio, obtenção da liga Al-Li e do lantânio metálico, por eletrólise de sais fundidos.
- Realizada uma campanha de eletrólise para obtenção do La metálico (reduzidor do óxido de samário).
- Produzidos 6kg da liga-mãe Al-Li 7%, que foram repassados à UFSCar para pesquisas.

Caracterização de Materiais

- Desenvolvimento e implantação de software de correlação cruzada para medida de defasagem da onda ultra-sônica;

- Desenvolvimento e implantação de software de filtro digital que faz diminuir ruídos existentes e indesejáveis no sinal ultra-sônico;
- Execução do projeto e confecção da câmara para proteção dos tubos com pressão interna submetidos à fluência;
- Ensaios preliminares de medidas de tensão em um material por ultra-som;
- Medida de vazão de água por ultra-som.
- Realização de 51 ensaios mecânicos, 188 ensaios metalográficos, 13 radiografias, 1.315 fotografias, 66 slides e 20 cópias em filme radiométrico.

Processos de Separação Química e Isotópica

- Foram confeccionados cinco estágios de uma cascata de enriquecimento para a separação isotópica do lítio-6 por eletrólise, envolvendo amalgamação e desamalgamação. Está sendo realizada a montagem da cascata e dos sistemas associados para iniciar a operação e otimização dos parâmetros no primeiro trimestre de 1996.
- Foram dimensionados e montados os módulos e sistemas associados para avaliação de parâmetros físico-químicos de resinas e de testes pré-operacionais do comportamento e operação da banda de adsorção de um módulo para estudos de enriquecimento isotópico.
- Seleção de resinas de troca iônica por caracterização da morfologia (porosidade, superfície específica e granulometria) e estudo da sua influência na cinética de troca isotópica do par urânio IV e VI.
- Estudos da influência da concentração do Fe III na estabilidade da banda de adsorção no processo de separação isotópica de urânio, por resinas de troca iônica.

Processos de Transformação de Materiais

- Estudo e desenvolvimento de um processo para obtenção de pastilhas de freio sem amianto, por metalurgia do pó (colaboração com a UFSCar).
- Produzida uma série de pastilhas de várias composições, sem amianto, por metalurgia do pó, com levantamento de suas características, principalmente resistência ao desgaste e coeficiente de atrito.

4.5.3. IPEN

Caracterização de Materiais

Foram realizadas 2.632 análises químicas e isotópicas (83% para clientes internos e 17% para clientes externos), 1.819 ensaios mecânicos e aproximadamente 1.000 revelações fotográficas. Além disto, foram utilizadas 2.200 horas no uso de microscopia ótica.

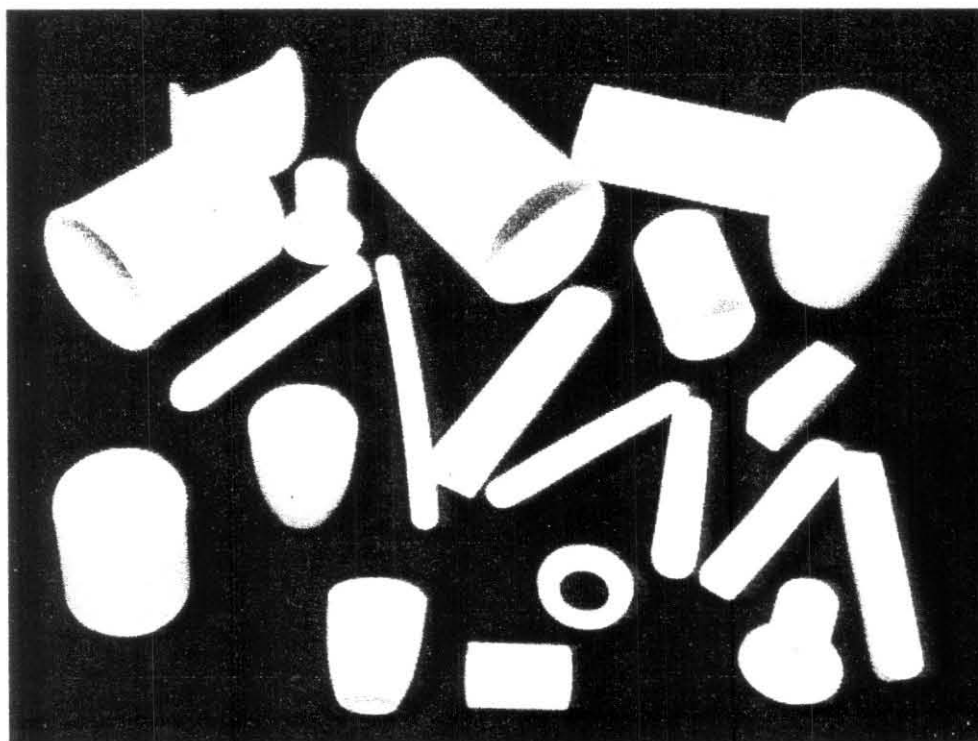
Os recursos liberados serviram para manter operacional a capacidade analítica das áreas, não tendo sido feito nenhum investimento durante o ano.

Caracterização de Materiais Metálicos quanto à Corrosão

- Ensaio Acelerado para Simulação da Corrosão Atmosférica em Amostras com Revestimentos Protetores e Relação com Ensaio de Longa Duração: montagem de um laboratório para ensaios acelerados para simulação da corrosão atmosférica em amostras com e sem revestimento protetor. Os ensaios acelerados são do tipo cíclico, compreendendo períodos de umidificação (névoa salina) e de secagem (ar seco). As atmosferas a serem simuladas consistem de amostras industriais e de chuva ácida da cidade de São Paulo.
- Controle de Corrosão em Ligas contendo Terras-Raras: estão sendo realizados estudos comparativos das diferentes técnicas promissoras para recobrir com Elementos de Terras-Raras as superfícies metálicas a serem expostas a temperaturas elevadas, e estudos sistemáticos para caracterizar os íons de terras-raras como inibidores de corrosão de aços comuns, aços galvanizados e ligas de alumínio.

Processamento de Materiais Cerâmicos Avançados

Processamento de Materiais Cerâmicos de Alta Resistência Mecânica e à Abrasão, objetivando atingir o domínio da tecnologia de processamento de materiais cerâmicos para aplicações estruturais avançadas e de componentes de alta resistência à abrasão: alumina, nitretos, carbetos e seus compostos. Dois produtos típicos estão sendo desenvolvidos: anéis para selos mecânicos e enxertos cerâmicos.



Cerâmicas Especiais

Produção Experimental de ZrO_2 de Pureza Nuclear

Durante o período, deu-se prosseguimento aos trabalhos em andamento com a produção experimental de:

- 2.400L de oxicloreto de zircônio (equivalente a 260 Kg de ZrO_2) e que se encontram estocados para processamento durante o ano de 1996.
- 2.600L de nitrato de zirconilo nuclearmente puro (equivalente a 100 Kg de ZrO_2 nuclear); encontra-se ao aguardo dos resultados analíticos para posterior processamento em 1996.

Processamento de Materiais e Ligas Metálicas

- Fabricação de Ferramentas de Aços Rápidos Sinterizados: este projeto pretende desenvolver e fabricar materiais resistentes ao desgaste e ferramentas de corte utilizando técnicas de Metalurgia do Pó.
- Tecnologia de Solidificação Rápida: está sendo desenvolvido equipamento protótipo para produção de pós metálicos por meio de atomização em substrato móvel, no qual taxas de resfriamento de 10^4 a 10^6 K s^{-1} são possíveis. Aquisição de um equipamento para a produção de pós metálicos por atomização em meios gasosos que permite taxas de resfriamento do metal líquido na faixa 10^5 a 10^3 K/s .
- Eletrodeposição de Urânio em Sais Fundidos : desenvolvimento do processo eletroquímico de recuperação de urânio metálico ou óxido na forma metálica a partir de cloretos fundidos. Extensão para eletrorrefino e reprocessamento de ligas de U-2.5%Zr.
- Elaboração, Homogeneização, Conformação Mecânica, Tratamentos Térmicos e Soldagem em Ligas de Ultra-Alta Resistência (aços maraging de última geração): melhoria das propriedades mecânicas pela adição de elementos e tratamentos térmicos para obtenção de aços maraging de última geração (produto forjado ou laminado).
- Estudo das Propriedades e Microestrutura de Ímãs Permanentes de Nd-Dy-Fe-B-Nb preparadas pelo Processo de Decrepitação por Hidrogênio: em andamento estudo de ímãs permanentes de neodímio-ferro-boro com Nd sendo substituído parcialmente por disprósio e boro por nióbio. Utilização da liga Nd_{14.5}Dy_{1.5}Fe₇₆B₇Nb na forma de “flakes” ou preparada convencionalmente por fusão, na forma de lingote. Ímãs permanentes desta liga serão preparados via metalurgia do pó.

Processamento de Materiais Compósitos

- **Caracterização de Interfaces de Materiais Compósitos por Microscopia Eletrônica de Transmissão:** realizados estudos do comportamento interfacial de materiais compósitos de matriz metálica. Caracterização de interfaces em materiais produzidos pela técnica de fundição assistida por pressão. Estes materiais, em muitos casos, necessitam afinamento por feixe de íons na fase final de obtenção de folhas finas para exame por microscopia eletrônica de transmissão.

Implantação e Infra-Estrutura do Centro de Processamento de Pós

- **Centro de Processamento de Pós Metálicos e Cerâmicos:** implantação de um centro de desenvolvimento e aperfeiçoamento de técnicas de processamento de pós metálicos e cerâmicos para obtenção de componentes com aplicações tecnológicas. A capacitação do centro se dará nas áreas de: preparação de pós metálicos por atomização; caracterização, manuseio e mistura de pós, conformação e densificação por diversas técnicas e caracterização do produto final.

Avaliação das Propriedades Elétricas e Mecânicas de Cerâmicas

- **Espectroscopia de Impedância de Materiais Cerâmicos Avançados:** montagem de um laboratório de espectroscopia de impedância, composto de analisador de impedância, controlador, plotador e câmara porta-amostra para altas temperaturas, para estudo de materiais cerâmicos condutores iônicos (eletrólitos sólidos).

5. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

A CNEN como um todo e principalmente os seus institutos têm experimentado nos últimos anos uma perda considerável de pessoal altamente qualificado, colocando em risco a continuidade de serviços e produtos importantes para a população e desagregando grupos de pesquisa altamente qualificados.

Por esta razão, a atual direção da CNEN, ao ser empossada em julho de 1994, estabeleceu como uma de suas prioridades a realização de **concurso público** ainda naquele ano. Sob a coordenação conjunta da DPD e da DAL, o concurso foi realizado no prazo previsto sendo o resultado publicado em novembro de 94.

No ano de 95, na medida em que era autorizada pelo MARE a contratar os aprovados, a CNEN pode repor uma parcela razoável de seu quadro de vagas. Se consideramos que desde dezembro de 1990 até dezembro de 95 ocorreram 448 vagas no conjunto da DPD e que só possível contratar 143 funcionários, ou seja uma reposição de 32%, espera-se que em 96 tal processo seja continuado e, se necessário, com a realização de novos concursos.

Na área de **treinamento**, a diretiva das instituições da CNEN tem sido a capacitação e reciclagem de seus servidores, visando atender às necessidades do seu programa de trabalho. Neste contexto, os institutos foram incentivados para promover a realização de cursos de especialização e de extensão. Outra meta importante nos institutos é o aumento do número de mestres e doutores.

Convém ressaltar que, além do treinamento aos seus servidores, os institutos da DPD oferecem as instalações para outras instituições envolvidas com o ensino, especialmente universidades. Dezenas de bolsistas e estagiários complementam a formação básica no IPEN, IEN e CDTN.

Outra diretiva importante é o incentivo às **publicações técnico-científicas**, especialmente em revistas internacionais, e à participação em **eventos**, como congressos, seminários, etc., objetivando a divulgação dos trabalhos realizados nos nossos institutos de pesquisa e o intercâmbio científico com os seus pares nacionais e internacionais.

5.1. Concurso Público

5.1.1. CDTN

No concurso público realizado para a CNEN, cabiam ao CDTN inicialmente 51 vagas. Com a proibição do governo federal para a contratação de novos servidores e a excepcionalidade concedida à CNEN, as vagas para o CDTN ficaram reduzidas para 40, distribuídas em 33 para as carreiras de pesquisa e desenvolvimento tecnológico e 7 para a carreira de apoio/infra-estrutura/gestão.

Os candidatos habilitados, de acordo com orientação da direção da CNEN, foram convocados em três etapas: 20 candidatos na primeira etapa; 14 candidatos na segunda etapa e, finalmente, 6 candidatos na terceira etapa.

O processo de admissão constou da avaliação de documentação/pré-requisitos e de exames médicos admissionais. Durante esse processo houve a desistência de quatro candidatos e uma eliminação por não ter o candidato preenchido os pré-requisitos (titulação) exigidos pelo edital.

Após o término do processo de admissão, os cargos ocupados ficaram assim distribuídos por carreira:

Pesquisa: 9
Desenvolvimento Tecnológico: 24
Gestão: 7

Até o final de novembro, 18 desses candidatos já haviam entrado em exercício, prevendo-se que alguns somente entrarão em exercício no início de 1996, de acordo com os prazos previstos em lei.

A evolução do quadro de recursos humanos, no período de dezembro de 90 a dezembro de 95 indica a ocorrência de 122 vacâncias, assim distribuídas por carreira: 22 na carreira de pesquisa, 63 na carreira de desenvolvimento e 37 na de gestão. Portanto, houve uma reposição de 41% na carreira de pesquisa, 38% na de desenvolvimento tecnológico e 19% na de gestão.

5.1.2. IEN

Com o concurso público realizado em 1995, o IEN preencheu 27 vagas (12 na primeira etapa, 7 na segunda e 8 na terceira) assim distribuídas por carreira:

Pesquisa: 1
Desenvolvimento Tecnológico: 18
Gestão: 8

É importante destacar que, devido principalmente a aposentadorias, durante o período de dezembro de 1990 a dezembro de 1995, deixaram o IEN 100 servidores: 15 na carreira de pesquisa, 38 na de desenvolvimento tecnológico e 47 na de gestão. Portanto, o índice global de reposição de vagas no IEN foi de 27% (7% na carreira de pesquisa, 47% na de desenvolvimento tecnológico e 17% na de gestão).

5.1.3. IPEN

Em prosseguimento ao concurso público, foram preenchidas 76 vagas no IPEN, 49 das quais na primeira e segunda etapas e 27 na terceira. Por carreira, estas vagas foram preenchidas do seguinte modo:

Pesquisa: 19

Desenvolvimento Tecnológico: 44

Apoio/Infra-Estrutura/Gestão: 13

Cabe lembrar que no período de 12/12/90 a 10/11/95 ocorreram 226 vagas no quadro de servidores da CNEN/SP, 39 na carreira de pesquisa, 66 na de desenvolvimento tecnológico e 121 na de gestão. A relação entre vagas existentes e contratação de servidores no concurso público resultou nos seguintes índices de reposição: 48% na carreira de pesquisa, 66% na de desenvolvimento tecnológico e apenas 10% na de gestão.

Programa de Integração

Foi realizada no último bimestre a integração de 49 novos servidores que já tomaram posse e em dezembro complementou-se esse programa (terceira etapa de convocação).

A integração tem o cunho informativo e de interação grupal, com o principal objetivo de passar o máximo de informações da Instituição, esclarecendo e orientando os novos servidores quanto aos seus direitos e deveres legais e os benefícios concedidos, integrando-os ao quadro permanente da CNEN/SP.

As informações abrangeram o histórico da CNEN e do IPEN, bem como assuntos ligados às atividades administrativas, recursos humanos, biblioteca, proteção radiológica, segurança no trabalho, proteção física e ainda sobre a Aposen, o Grêmio e a Uranus. Ao final do programa, os participantes realizaram visitas aos Departamentos de Reatores e de Produção de Radioisótopos.

5.2. Treinamento

5.2.1. CDTN

A seguir apresenta-se uma consolidação das atividades desenvolvidas no CDTN no ano de 1995:

a) Cursos Realizados em Instituições Externas pelos Servidores do CDTN

<u>CURSOS</u>	<u>Nº DE SERVIDORES</u>
Informática	53
Apoio/Gestão/Infra-Estrutura.....	49
Técnicos.....	14
TOTAL.....	106

b) Cursos Oferecidos pelo CDTN

<u>ÁREA</u>	<u>Nº DE CURSOS</u>
Informática.....	2
Técnica.....	9
Apoio/Gestão/Infra-Estrutura.....	2
TOTAL.....	13

c) Mestrado e Doutorado: Servidores do CDTN

<u>CURSO</u>	<u>Nº DE SERVIDORES</u>
Mestrado.....	33
Doutorado.....	25
TOTAL.....	58

**d) Atividades em Cooperação com Instituições de Ensino
(Alunos de Entidades de Ensino com trabalhos no CDTN)**

<u>ATIVIDADE</u>	<u>Nº DE PESSOAS</u>	<u>OBSERVAÇÃO</u>
Tese/Dissertação	8	-
Bolsistas	27	14 - Graduação * 8 - Mestrado ** 5 - Doutorado *
Estagiários	21	-
Utilização de Instalações do CDTN	10	-
TOTAL	56	-

* Bolsas de Órgãos de Fomento ** 4 Bolsas de Órgãos de Fomento e 4 Bolsas da CNEN

5.2.2. IEN

Em 1995, 55 servidores do IEN participaram de 7 cursos internos de treinamento nas áreas de: instrumentação, análises químicas, operação de reatores e qualidade.

Por outro lado, visando um treinamento específico, aproximadamente 30 servidores participaram de 16 cursos oferecidos por instituições externas.

5.2.3. IPEN

Nos treinamentos internos, com o aproveitamento dos recursos materiais e institucionais da casa, foram realizados 27 cursos assim distribuídos:

Recursos Humanos: 8
Técnicos/Operacionais: 9
Informática: 8
Segurança do Trabalho e Saúde: 2

Participaram destes cursos um total de 541 servidores da instituição.

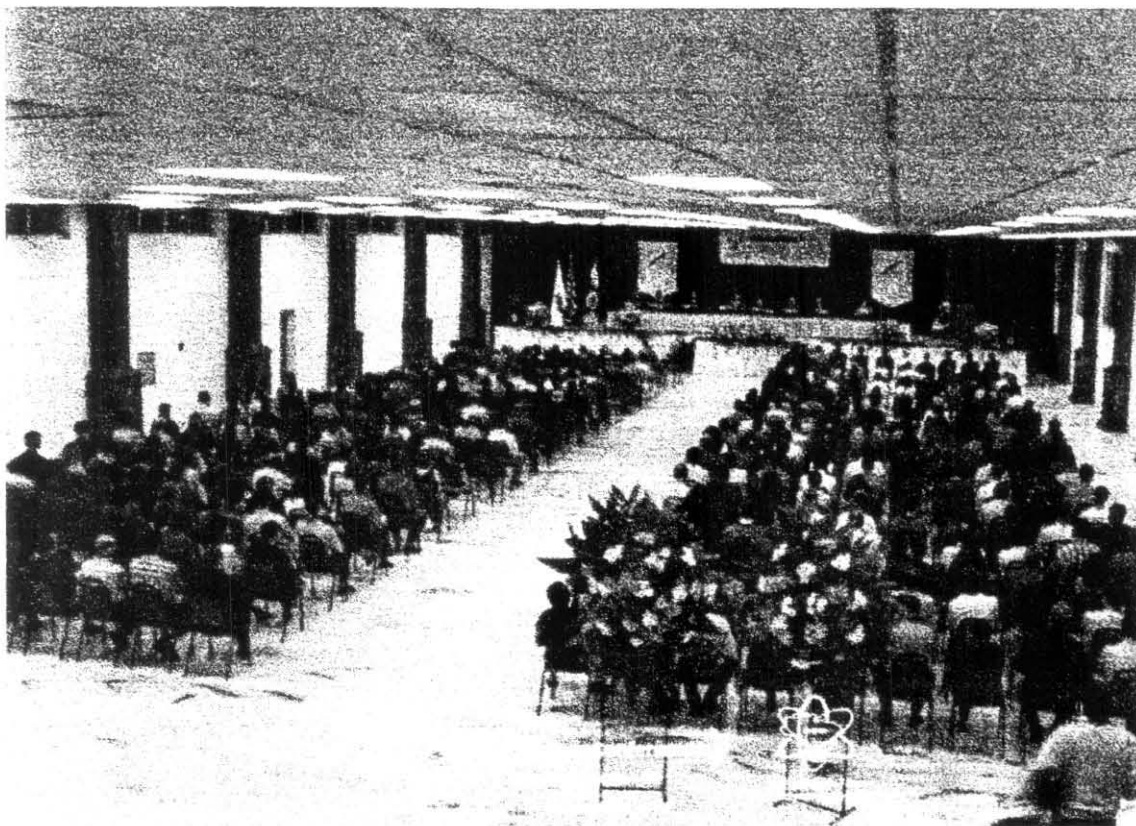
Nos treinamentos externos, os servidores puderam participar de cursos específicos, para obterem novos conhecimentos e desenvolverem melhor as suas atribuições, com a incumbência de se tornarem agentes multiplicadores, transmitindo os conhecimentos adquiridos aos demais colegas de trabalho. Durante o ano de 1995, 51 servidores participaram de 35 cursos de treinamento em instituições externas.

Também foi registrada a efetiva participação dos pesquisadores e técnicos em congressos, seminários, simpósios, conferências, encontros, etc., além de ter havido a oportunidade de sediar e coordenar o Congresso Internacional "ARCAL" da AIEA, logrando pleno êxito.

5.3. Publicações

O ano de 1995 caracterizou-se como um período bastante produtivo, não somente em quantidade, mas principalmente pela qualidade das publicações técnicas e científicas geradas pelo corpo técnico dos institutos da DPD. Em especial destacam-se os trabalhos apresentados em congressos (nacionais e internacionais), assim como a edição de uma revista técnica.

De 7 a 11 de agosto realizou-se em Águas de Lindóia/SP, o III Encontro de Aplicações Nucleares (III ENAN), em conjunto com o X Encontro de Física de Reatores e Termo-Hidráulica (X ENFIR). Organizado pelo CDTN, o III ENAN, evento que é promovido bianualmente pela Associação Brasileira de Energia Nuclear (ABEN), contou com a apresentação de 233 trabalhos. Nessa oportunidade, foram discutidas as tendências atuais ligadas às aplicações nucleares, por cientistas de renome nacional e internacional, representando um total de 130 instituições.



Solenidade de Abertura do III Encontro de Aplicações Nucleares (III ENAN) e do X Encontro de Física de Reatores e Termo-Hidráulica (X ENFIR)

Em 17 de outubro, em solenidade realizada no auditório da EMATER-MG, com a presença de diversas autoridades, ocorreu o lançamento da revista “A Irradiação de Alimentos: Ficção e Realidade”, resultado de um trabalho conjunto realizado pelo CDTN em parceria com a Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA), e com assistência da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). A primeira edição, que teve uma tiragem de mil exemplares, foi dirigida à mídia e ao público multiplicador, estando prevista uma nova edição para ampla divulgação.

Por outro lado, a DPD estabeleceu as bases para a edição da Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento, veículo para divulgação dos trabalhos técnico-científicos da área nuclear, há anos reclamado e reivindicado pelos profissionais da área.

A Revista de P & D tem como objetivo publicar trabalhos originais e inéditos que contribuam para um maior conhecimento e subsequente desenvolvimento da energia nuclear. Está sendo prevista a publicação de cinco trabalhos por número, sendo publicados três números por ano.

A publicação do número 1 da revista está prevista para abril de 1996.

Na tabela abaixo, é apresentada a relação das publicações do IPEN, IEN e CDTN durante o ano de 1995.

<u>PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA</u>	N^o DE TRABALHOS		
	CDTN	IEN	IPEN
ARTIGOS INTERNACIONAIS	1	7	20
ARTIGOS NACIONAIS	-	2	10
EVENTOS INTERNACIONAIS	15	11	52
EVENTOS NACIONAIS	74	32	79
TESES E DISSERTAÇÕES	6	2	15
OUTROS (PUBLICAÇÕES, LIVROS, RELATÓRIOS, INSTRUMENTOS NORMATIVOS)	269	14	2
TOTAL	365	68	178

5.4. Participação em Eventos

A participação do CDTN, IEN e IPEN nos diversos eventos nacionais e internacionais durante 1995, está resumida nas seguintes tabelas:

PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS**1. NO PAÍS**

		CDTN	IEN	IPEN
CONGRESSOS E SEMINÁRIOS	Nº DE EVENTOS	31	24	30
	Nº DE SERVIDORES PARTICIPANTES	164	57	171
	EVENTOS ORGANIZADOS	2	-	1

2. NO EXTERIOR

		CDTN	IEN	IPEN
CONGRESSOS E SEMINÁRIOS	Nº DE EVENTOS	6	2	49
	Nº DE PARTICIPANTES	6	2	49
PÓS-GRADUAÇÃO	MESTRADO	-	-	1
	DOUTORADO	3	-	5
INSPEÇÃO DE SALVAGUARDA		3	-	14
TREINAMENTO (CURSOS, ESTÁGIOS, ETC.)		2	-	12
“EXPERTS” (ASSESSORIA TÉCNICA, MINISTRAR CURSOS, GRUPO DE TRABALHO, ETC.)		2	1	9

6. OUTROS ASSUNTOS

Este capítulo engloba os itens projetos especiais e cooperação técnico-científica.

Os **projetos especiais** foram criados visando atender uma necessidade específica de um instituto ou uma diretriz institucional. As características principais destes projetos são:

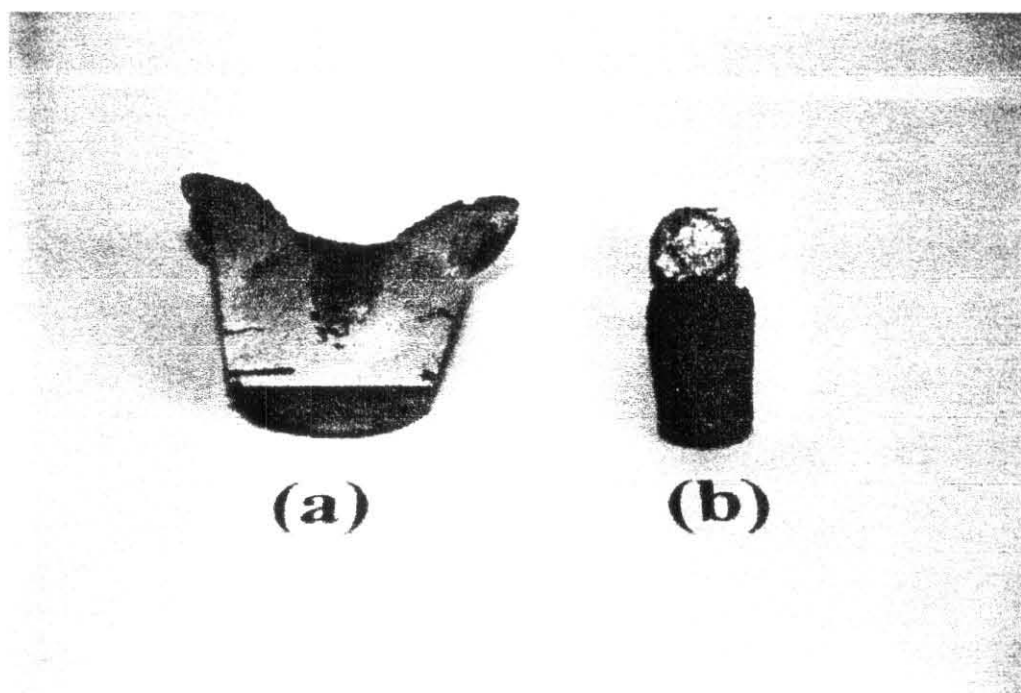
- envolvimento de vários grupos de pesquisa;
- alocação de recursos exclusivos;
- cronograma pré-estabelecido.

No que se refere à cooperação com outras instituições, o CDTN, o IPEN e o IEN, têm buscado ampliar a **cooperação técnico-científica** com outras instituições, principalmente com aquelas localizadas em seus próprios Estados, como parte das estratégias de divulgação da tecnologia nuclear e de seus benefícios para a sociedade, e de consolidação de imagem institucional.

6.1. Projetos Especiais

6.1.1. CDTN

Em 1995 prosseguiram as atividades voltadas para o **Domínio Tecnológico em Fabricação de Combustíveis Nucleares e em Teste de Irradiação**, que são dirigidas para futuras necessidades do País. No contexto da Tecnologia de Fabricação do Combustível Nuclear, foram enfocados a capacitação ou o aprimoramento tecnológico para combustíveis na forma metálica e na forma de óxidos cerâmicos. Os desenvolvimentos realizados nesta área de fabricação permitiram o domínio técnico/tecnológico para a produção de ligas metálicas, como U_3Si_2 , UAl_x e U_6Fe , que antecipam as necessidades de recargas ou mesmo de modernização dos reatores de pesquisa instalados ou a serem projetados pelo País. Um desenvolvimento, ainda inédito no País, foi conseguido com a obtenção de cargas de U_6Fe , em meados de 1995. No âmbito dos combustíveis de óxidos cerâmicos, foram realizados os aprimoramentos das técnicas de fabricação e, principalmente, de caracterização física do combustível no contexto do Controle da Qualidade.



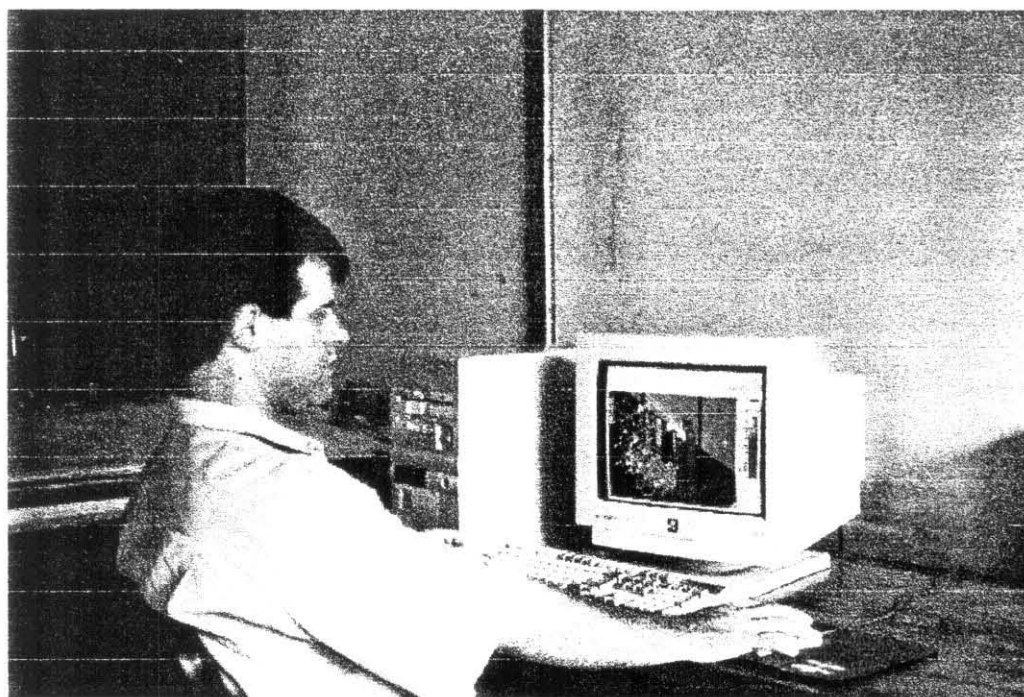
Combustíveis nucleares metálicos

(a) UAl_x

(b) U_3Si_2

O projeto de um **Circuito de Testes de Irradiação** para instalação e operação no reator IEA-R1, o desenvolvimento de técnicas e o projeto dos sistemas necessários aos **Exames de Pós-Irradiação (EPI)**, tiveram o andamento orientado para permitir a consolidação do conjunto mínimo de sistemas para a fase de qualificação dos elementos combustíveis. Através deste conjunto mínimo de sistemas, os elementos combustíveis projetados e fabricados no País poderão ser submetidos, de forma segura, aos testes de irradiação e aos exames de pós-irradiação, que constituem os elementos básicos para sua qualificação operacional, antes de sua inserção nos reatores.

No ano de 1995 foi concluído o projeto básico do Circuito, envolvendo os aspectos de mecânica, termo-hidráulica, neutrônica, instrumentação e controle, gerência de rejeitos, etc. Certo grau de progresso foi obtido também no projeto de detalhamento do Circuito de Testes. Basicamente, foram alcançadas as especificações técnicas para compra dos mais diversos componentes, equipamentos e instrumentos deste circuito. O início de uma campanha abrangente de montagem e de testes das unidades/sistemas básicos deste circuito depende, no momento, do processo de aquisição dos componentes especificados.



Desenvolvimento do layout tridimensional do Circuito de Irradiação

6.1.2. IEN

Processos de Separação de Urânio, Tório e Terras-Raras da Torta I e Torta II

Estão sendo desenvolvidos em escala de laboratório, processos de separação de urânio, tório e terras-raras a partir da abertura sulfúrica da monazita. Duas rotas estão sendo consideradas. A primeira é baseada em um extratante preferencial aos lantanídeos, em vez do urânio e tório, o que traria grandes vantagens econômicas devido ao menor número de operações unitárias, equipamentos menores e principalmente redução significativa no volume de rejeitos gerados em relação ao processo AMEX convencional. Estudos preliminares estão sendo realizados com extratantes de troca catiônica. A segunda rota de separação é baseada em precipitação e lixiviação seletiva, e os resultados preliminares mostraram ser bastante promissores.

Sistema da Qualidade para Projeto/Desenvolvimento e Produção de Instrumentação Nuclear baseado nas normas CNEN NE 1.16 e NBR ISO 9001

Encontram-se aprovados e implementados o Manual da Qualidade e 18 procedimentos, objetivando qualificar o IEN como laboratório de referência para desenvolvimento e produção de instrumentação nuclear no País.

6.1.3. IPEN

Em atendimento à diretriz de aumento da produção de radioisótopos e radiofármacos, o IPEN tem como meta atingir, até 1997, o atendimento de 1.200.000 pacientes por ano; em 1995, mais de 650.000 pacientes foram atendidos.

Para a consecução dessa meta, tem sido desenvolvidos os seguintes projetos:

- Melhoria das Instalações para Produção de Radioisótopos e Radiofármacos: Segurança Física e Segurança dos Operadores de Produção
- Aumento da Potência do Reator IEA-R1
- Desenvolvimento de Combustíveis Avançados para os Reatores de Pesquisa do IPEN
- Desenvolvimento da Tecnologia de Preparação do Gel Mo-Zr para Uso nos Geradores de ^{99m}Tc

Melhoria das Instalações para Produção de Radioisótopos e Radiofármacos: Segurança Física e Segurança dos Operadores de Produção

Em 1995, diversas atividades de melhoria foram implementadas nas instalações para produção de radioisótopos e radiofármacos visando a proteção física e radiológica, bem como a adequação da área e construção de novas células, como descritas de forma resumida a seguir.

- Concluída a cerca de proteção física dos prédios do TP, portaria com catraca para controle de acesso do pessoal, saleta de recepção e banheiro.
- Colocação de portas que dão acesso às alas quentes dos dois prédios.
- Em fase final de licitação os serviços de obra civil: adaptação dos laboratórios de preparação dos acessórios para geradores de ^{99m}Tc ; construção do setor de expedição, com instalações de esteiras transportadoras e separação das entradas/saídas de materiais radioativos das entradas/saídas de materiais não radioativos.
- Modernização da planta de Geradores de ^{99m}Tc : os materiais necessários à construção da nova célula já foram adquiridos e a construção a cargo da oficina mecânica se encontra em andamento conforme cronograma (o prazo de entrega é 30/04/96).
- Célula de produção de Tálcio: em andamento a construção da célula, sendo que os materiais necessários já foram adquiridos; o prazo para entrega conforme o cronograma atualizado é 20/01/95.
- Célula de produção de Gálio: está sendo mantido o prazo do cronograma da oficina mecânica para 19/02/96; todo o material se encontra comprado.
- Célula de MIBG: a fabricação está sendo realizada pela oficina mecânica e segue normal o prazo de execução para o dia 05/03/96; todo o material necessário se encontra à disposição da área responsável.
- A célula de produção de Samário já se encontra construída e em funcionamento, tendo sido entregue pela oficina mecânica em 30/11/95.

- Informatização do controle de expedição de Radiofármacos: software em desenvolvimento; para o hardware, os recursos foram insuficientes para a compra completa dos equipamentos.
- Controle da qualidade: em processo de compra, o espectrômetro gama.
- Adiantado o processo de aquisição dos equipamentos de proteção radiológica para serem instalados na Área de Produção: detectores de corpo inteiro, cintiladores, etc.

Aumento da Potência do Reator IEA-R1

No ano de 1995 foram iniciadas as atividades de projeto e análise da instalação, objetivando a revisão ou concepção dos sistemas necessários para adequar a segurança do reator à potência de 5 MW e possibilitar sua certificação. Como resultado desses trabalhos e recomendações da última missão INSARR (*Integrated Safety Assessment of Research Reactor*) da AIEA-1991, foram elaboradas as especificações técnicas e estão em andamento as seguintes melhorias nos sistemas:

- Exaustão: implementação de um novo circuito incorporando filtros de maior eficiência e redundância de ventiladores, registros (*dampers*), instrumentos e quadros elétricos, para aumentar a confiabilidade do sistema e evitar que haja liberação de radionuclídeos com doses acima do limite especificado por norma. Como referência foi adotada a análise de acidentes e suas consequências.
- Monitoração da radiação: incorporação de novos monitores de área e dutos, bem como substituição da instrumentação do painel de monitoração, para adequação do sistema ao plano de proteção radiológica.

Em função da auditoria realizada pela CNEN no sistema de controle a incêndio, faz-se necessária a melhoria do mesmo, incorporando-se novos sensores, painel na sala de emergência, instalação de aspersores nos tanques de óleo diesel do grupo gerador e revisão nos hidrantes externos. A licitação encontra-se em andamento.

Para manutenção dos sistemas estão em andamento as seguintes aquisições e serviços:

- Sala de controle e campo: aquisição de sobressalentes para os canais nucleares, cabo de isolamento mineral e novos tubulões para alojar os detectores.
- Sistema secundário: troca de toda a tubulação, pois a existente apresenta desgaste por corrosão, com redução na espessura das paredes dos tubos, podendo levar a vazamentos.
- Manutenção preditiva: a monitoração dos equipamentos rotativos no porão faz-se necessária para indicar o funcionamento dos volantes de inércia das bombas, que caso se desloquem podem danificar a tubulação do primário, levando ao esvaziamento da piscina.
- Revisão do grupo gerador: colocar em operação o grupo diesel-gerador de emergência.

Desenvolvimento de Combustíveis Avançados para os Reatores de Pesquisa do IPEN

A obtenção de intermetálico U_3Si_2 é imprescindível para a continuidade do programa de fabricação de combustíveis avançados e viabilizar o aumento da potência do reator.

O programa de desenvolvimento de combustíveis com maiores densidades de urânio ($3,1 \text{ gU/cm}^3$), compreende numa primeira fase a importação de U_3Si_2 e urânio metálico enriquecidos, o que permitirá tanto a conclusão dos desenvolvimentos já executados com U_3Si_2 de enriquecimento natural, como iniciar a produção regular destes elementos combustíveis, fornecendo-os ao reator ainda em 1996. Numa segunda fase, o U_3Si_2 enriquecido será produzido no IPEN, baseando-se no desenvolvimento dos processos ora executados com urânio natural. As etapas envolvidas neste desenvolvimento são a obtenção de UF_4 a partir de UF_6 enriquecido a 20 %, redução do UF_4 a urânio metálico, elaboração do intermetálico U_3Si_2 em forno de indução sob vácuo e fabricação das placas. Descreve-se a seguir o estágio em que se encontram estes desenvolvimentos.

- Testes de Reversão de UF_6 a UF_4 : para a execução desta atividade encontra-se em fase final de montagem um reator de dimensões reduzidas, construído em acrílico. Este reator permitirá a execução, inicialmente, de operações de hidrólise de UF_6 com enriquecimento natural, uma vez que o outro reator existente está dedicado à hidrólise de UF_6 enriquecido. Em 1995 foram obtidos cerca de 3 kg de UF_4 natural, a partir dessas soluções hidrolizadas, para desenvolvimento do processo e testes de otimização do reator de redução.
- Redução de UF_4 a Urânio Metálico: foi realizada a caracterização química do urânio metálico obtido em 1994. Foram executados testes para aumentar a massa de UF_4 reduzida por batelada, com compactação de misturas UF_4 -magnésio e alteração de componentes internos do reator de redução, bem como testes de secagem do UF_4 para aumentar o rendimento do processo. O urânio metálico obtido nestes testes está sendo caracterizado físico-quimicamente .
- Fusão de U_3Si_2 no Forno Sindus: durante 1995 foram concluídos os serviços de recuperação do painel elétrico/sistema de potência do forno Sindus de indução sob vácuo. Foram realizadas três campanhas de obtenção de U_3Si_2 . Este material encontra-se em fase de caracterização físico-química. Atualmente, desenvolvem-se métodos de recobrimento de cadinhos. Também foi realizada uma revisão no sistema de vácuo do forno, estando em fase de aquisição uma bomba de vácuo mecânica, já que foi utilizada nos testes uma bomba do sistema de desgaseificação de briquetes.
- Fabricação de Placas com U_3Si_2 -Al com Urânio de Enriquecimento Natural: foram fabricadas três placas combustíveis com densidade de urânio de 2,5, 3,0 e 3,5 g/cm^3 , que se encontram em fase de caracterização físico-química e metalográfica.

Desenvolvimento da Tecnologia de Preparação do Gel Mo-Zr para Uso nos Geradores de ^{99m}Tc

Esta meta está vinculada a do Aumento da Potência do Reator, visando diminuir a dependência da importação do molibdênio, com a reutilização do gel na produção dos Geradores de ^{99m}Tc .

Foram preparados alguns lotes do gel, a frio, e as análises de raios-X mostraram que se trata de material amorfo, em conformidade com o esperado. Outras análises para caracterização do gel estão sendo realizadas.

6.2. Cooperação com outras Instituições

6.2.1. CDTN

1) Cooperação com o Estado de Minas Gerais e com municípios mineiros:

a) Secretaria de Estado de Meio Ambiente

- Programa de monitoração da qualidade do ar em regiões produtoras de ferro-gusa. Conta com a participação das prefeituras de Divinópolis, Itaúna e Sete Lagoas.
- Monitoração da contaminação ambiental por mercúrio proveniente de garimpos de ouro na região do Ribeirão do Carmo.

b) Secretaria de Estado de Recursos Hídricos e Minerais

- Caracterização da região cárstica do semi-árido do norte de Minas Gerais, visando o aproveitamento de águas subterrâneas. Participam do projeto ainda a Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco, CODEVASF, e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais, COPASA. O projeto conta com a assistência técnica da Agência Internacional de Energia Atômica, AIEA.

c) Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

- Divulgação da tecnologia de irradiação de alimentos e estudos de viabilidade econômica de implantação de uma irradiador de alimentos em Minas Gerais. Este projeto conta ainda com a participação da Universidade Federal de Lavras, UFLA. A assistência da AIEA neste projeto é realizada através do IPEN/SP.

d) Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

Levantamento ecobatimétrico da Lagoa da Pampulha, como parte do projeto de sua recuperação.

2) Cooperação com Universidades

a) Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG

- Apoio do CDTN à introdução da área de concentração de Análise Experimental de Tensões e de Tecnologia de Soldagem para o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.
- Desenvolvimento de banco de dados sobre fluxo de calor crítico, em conjunto com o Departamento de Engenharia Nuclear.

b) Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP

- Estudos de difusão catiônica em combustíveis nucleares.

c) Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ

- Desenvolvimento de piezocones e torquímetro instrumentado com strain gages.

d) Fundação Universidade do Rio Grande, FURG

- Projeto de pesquisa oceanográfica, com monitoração de ondas ao largo da Praia do Cassino, em Rio Grande.

3) Cooperação com outras instituições públicas

a) PETROBRÁS S/A

- Otimização da recuperação secundária de petróleo em reservatórios.
- Estudos ambientais em áreas costeiras no sul do País.
- Estudo da medida de densidade em Riser, utilizando a técnica de absorção de emissão radioativa, em unidade de craqueamento catalítico.

b) Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG

- Planejamento energético para o Estado de Minas Gerais. O projeto conta ainda com a participação do Departamento de Engenharia Nuclear da UFMG e com o apoio da AIEA e do Argonne National Laboratory, ANL.
- Avaliação de integridade estrutural da Usina Termoeletrica de Igarapé, MG.

c) Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo, CTMSP

- Projetos diversos nas áreas de fabricação de combustíveis nucleares, de controle da qualidade de materiais estratégicos, de testes de irradiação, de exames de pós-irradiação e de gerência de rejeitos radioativos.

4) Cooperação com instituições internacionais

a) Laboratoire pour l'Utilization du Rayonnement Électromagnétique, LURE

- Determinação de propriedades magnéticas de filmes epitaxiais de Fe sobre $\text{Cu}_3\text{Au}(100)$. O projeto conta também com a cooperação da Universidade de Duisburg (RFA).
- b) Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Material Nuclear, ABACC.
- Inspeções conjuntas de salvaguardas envolvendo a AIEA, ABACC e CNEN.
- c) Agência Internacional de Energia Atômica, AIEA. Além das assistências técnicas citadas anteriormente, a AIEA colabora ainda com o CDTN nas seguintes atividades:
 - Projeto de análise da integridade estrutural em componentes de reatores nucleares.
 - Estudos de intercomparação laboratorial na determinação de elementos traços em amostras de origem ambiental.

5) Outras cooperações

- a) Sociedade de Radiologia de Minas Gerais
- Curso de formação de imagem e de proteção radiológica, para médicos e técnicos em radiologia.
- b) Empresas industriais diversas
- Prestação de serviços e de pesquisa sob contrato, em especial nas áreas ambiental, mineral e de processos físico-químicos, de análise de integridade estrutural, de gerência de rejeitos radioativos e convencionais, de ensaios não-destrutivos, de ensaios de corrosão e de proteção radiológica.

6.2.2. IPEN

1) Cooperação com Universidades

- USP-INSTITUTO ASTRONÔMICO E GEOFÍSICO: Estudo do comportamento geofísico de elementos terras-raras e outros elementos traços, utilizando como método analítico a técnica de ativação neutrônica seguida pela espectrometria gama de alta resolução.
- UNIVERSIDADE MACKENZIE: Cooperação para concessão de estágio para os quais o currículo escolar demande estágio prático.
- USP - INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS: Intercâmbio didático-científico.

- USP - INSTITUTO DE FÍSICA: Cooperação técnico-científica na realização de pesquisas na área de física de plasmas e fusão termonuclear controlada.
- USP - INSTITUTO DE QUÍMICA: Cooperação técnico-científica para intercâmbio de tecnologia de síntese orgânica a ser utilizada em medicina nuclear para diagnóstico e terapia.
- RENOVAÇÃO DO PROTOCOLO DE INTENÇÕES - USP: Convênio para cooperação técnico-científica.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO: Cooperação técnico-científica no campo da pesquisa fundamental e aplicada em engenharia e ciência dos materiais e metalurgia.
- PROTOCOLO DE INTENÇÕES GUARDA-CHUVA COM A UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP: Convênio para cooperação técnico-científica.
- CENTRO DE ESTUDOS DE VENENOS E ANIMAIS PEÇONHENTOS - UNESP/CEVAP: Cooperação técnico-científica para pesquisas na área de venenos de origem de animais domésticos, visando a produção de antivenenos para uso humano e animal.
- USP - FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA: Cooperação técnica na área de aplicações de técnicas nucleares em veterinária, em especial na reprodução animal e outras áreas correlatas de interesse mútuo.
- FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE RIBEIRÃO PRETO - USP E FCFRP/USP: Cooperação técnico-científica no campo odontológico com medida de abrasividade dos dentífricos pelo método radiométrico.
- FACULDADE DE F.C.L. DE RIBEIRÃO PRETO/USP: Realização sob regime de mútua cooperação no âmbito das ciências e tecnologias nucleares.
- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS: Convênio de ampla cooperação entre os partícipes nas áreas de mútuo interesse.
- FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA UNICAMP - CAMPINAS: Realização de estágios de estudantes da instituição de ensino junto a projetos desenvolvidos e administrados pela FUNCAMP.

2) Cooperação com outras instituições públicas:

- NUCLEMON: Pesquisas relacionadas à Proteção Radiológica e Meio Ambiente. Treinamento de técnicos da prefeitura de Itu. Exame semestral da qualidade do ar. Relatório de medida e análise.

- CENA - CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA: Pesquisas relacionadas à proteção radiológica, meio ambiente, hidrologia, radioecologia e radiobiologia.
- PROTOCOLO DE COOPERAÇÃO TÉCNICA COM A FUNDAÇÃO DE ENSINO DA ENGENHARIA EM SANTA CATARINA/IPEN: Execução do projeto Fabricação de Ferramentas de Aços Rápidos Sinterizados IPEN/CNPq.
- FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar: Cooperação técnica no campo da pesquisa e informação tecnológica em materiais.
- FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DA ENGENHARIA FDTE/USP: Realização de cursos visando o desenvolvimento e a atualização tecnológica em vários ramos de atividades.
- FUNDAÇÃO PÁTRIA: Cooperação técnico-científica, visando a aplicação de técnicas nucleares em novos desenvolvimentos, através do emprego de radioisótopos na saúde e para otimização e controle de processos industriais.
- SABESP: Cooperação em estudos hidrológicos e determinação de contaminantes no meio ambiente.

3) Cooperação com empresas privadas

- HORMOGEN LTDA: Cooperação técnico-científica visando a pesquisa e o desenvolvimento de substâncias biologicamente ativas por meio de ADN recombinante e suas variações.
- ARGENTUM INDÚSTRIA DE CONDUTORES ELÉTRICOS LTDA:
Cooperação técnico-científica para o desenvolvimento de revestimento isolante em fios e cabos elétricos via irradiação por elétrons.
- COFIBAM S/A CONDUTORES ELÉTRICOS: Cooperação técnico-científica para o desenvolvimento do revestimento isolante em fios e cabos elétricos via irradiação por elétrons.
- AÇOS VILLARES S/A: O estabelecimento de condições para formalizar fases e estabelecer meios para a cooperação técnico-científica, visando o desenvolvimento de projetos de interesse comum às partes.
- BRASTEMP S/A: Cooperação técnico-científica visando o desenvolvimento de metodologias para análise de clorofluorcarbonos em espumas de poliuretanos.

6.2.3. IEN

1) Cooperação com Universidades

- IF-UFRJ E UNIV. COLORADO: Medidas de seções de choque de reações induzidas por píons em diferentes elementos a energias de 150 (π^- e π^+) e 500 MeV (π^-).
- IF-UFRJ: Tese de doutorado em física de partículas.
- UFF e COPPE-UFRJ: Cursos de Física Experimental a nível de pós-graduação (mestrado e doutorado).
- UFF: Análise de nódulos polimetálicos e de sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá.
- UFPR: Desenvolvimento de nova versão do simulador neutrônico termodinâmico com a inclusão da depleção isotópica das barras de controle.
- UFPR: Concluído curso de extensão universitária com apoio do IEN.
- UFScar/SP (Fundação): Área de materiais.

2) Cooperação com outras instituições públicas:

- IME: Tese de mestrado sobre o ciclotron.
- IRD: Desenvolvimento e manutenção de detectores de radiação.
- IRD: Projeto para instalar na SUFIN/IEN a técnica de “PIXE”, também em colaboração com PUC-RJ.
- COPPE-UFRJ: Projeto com o grupo de robótica da COPPE, para desenvolver e implantar um trocador automático de amostras.
- COPPE-UFRJ: Desenvolvimento de um compactador de pastilhas, projeto desenvolvido na oficina mecânica do IEN.
- IPD/CTEx: Adequação de fotodiodos, padrão primário para fotometria no Laboratório de Ótica.
- IPEN: Projeto de um detector Geiger-Müller halogenado.
- AIEA - PESQUISA Nº 6280/BR: Compilação e experimentação da biblioteca de seções de choque microscópicas a ser utilizada no simulador neutrônico-termodinâmico de projeto em desenvolvimento no IEN com apoio da UFPR.
- COPPE/UFRJ : Desenvolvimento de projeto ‘Simulação Computacional em Mecânica dos Fluidos e Transferência de Calor’, com apoio do CNPq.
- IEAv/CTA: Intercomparação de metodologias de cálculos para núcleos de reatores rápidos de potência, proposta de trabalho integrado.
- INB/NUCLEMON: Área de processos químicos (separação de terras-raras).
- CDTN: Nova mesa do Reator IPR - RI tipo Triga.
- INMETRO: Equipamentos em empréstimo/calibração de padrões.
- AIEA: Coordenação dos Projetos ARCAL XIX e XXIII.
- FURNAS: Projeto e fabricação de linha H-9 módulos; Projeto e fabricação do SMIR; Projeto e fabricação do SMCI; e Projeto de software para SMT e SMP.
- UFRJ (Fundação José Bonifácio) - Inst. Macromoléculas: Área de macromoléculas (resinas especiais).

- UFRJ (Fundação José Bonifácio) - IQ: Área de química analítica inorgânica/físico-química.

3) Cooperação com empresas privadas

- INCA: Desenvolvimento de um phantom, para medidas de dose.

7. RECURSOS FINANCEIROS

Os recursos alocados aos institutos da DPD atingiram a cifra de R\$ 18.082.914,40 (sem incluir pessoal), assim distribuídos:

Infra-estrutura: R\$ 6.370.751,66 (35%)

P&D: R\$ 11.712.162,74 (65%)

TOTAL: R\$ 18.082.914,40

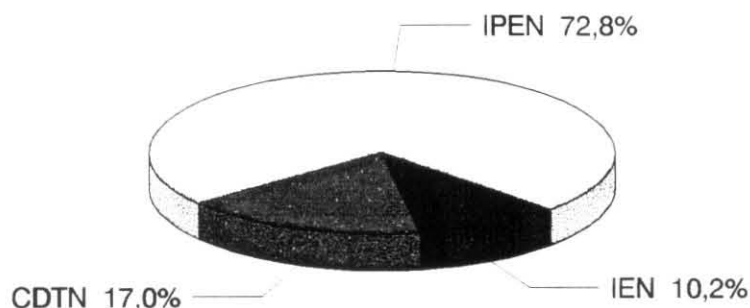
Convém ressaltar que no item de P&D estão incluídos os recursos utilizados nos projetos especiais (R\$ 4.950.000,00) e na importação de matéria-prima para a produção de radioisótopos (aproximadamente R\$ 1.800.000,00), todos alocados ao IPEN.

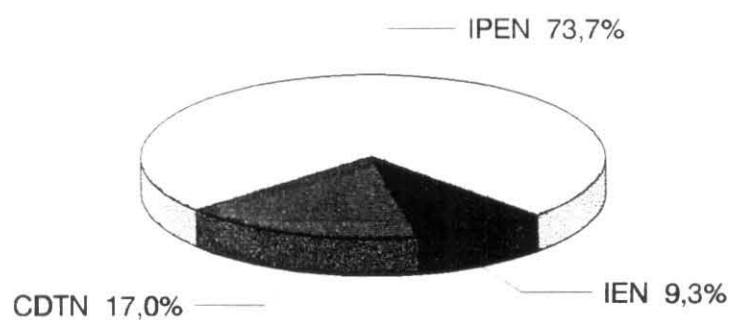
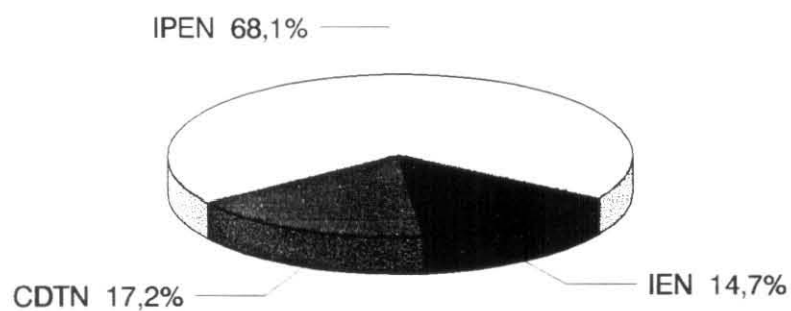
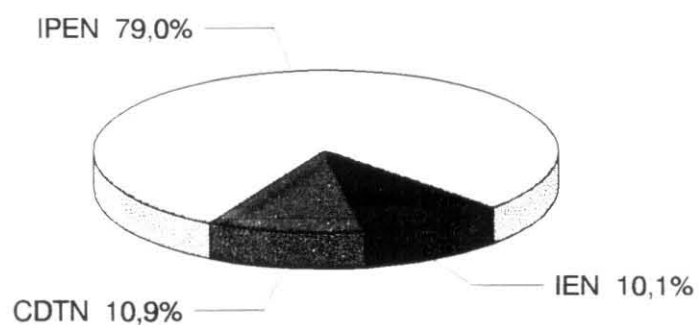
Nos gráficos a seguir é apresentada a distribuição dos recursos financeiros alocados a cada um dos três institutos da DPD durante o ano de 1995.

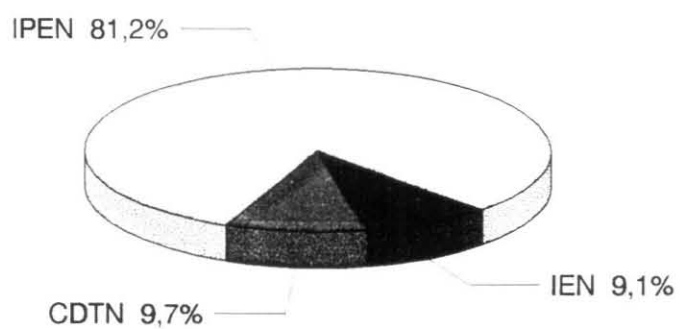
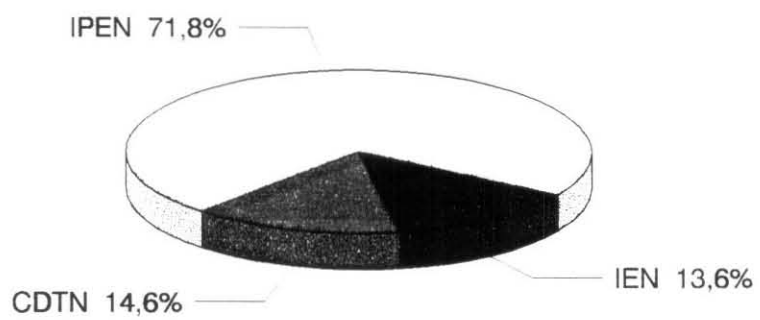
DISTRIBUIÇÃO DO ORÇAMENTO TOTAL INFRAESTRUTURA E P&D, SEM PESSOAL EM 1995

TOTAL GERAL (CUSTEIO + CAPITAL)

R\$ 18.082.914,40



TOTAL DE CUSTEIO**R\$ 15.144.767,86****TOTAL DE CAPITAL****R\$ 2.938.146,54****DISTRIBUIÇÃO DO ORÇAMENTO EXCLUSIVAMENTE DE P&D EM 1995****TOTAL GERAL (CUSTEIO + CAPITAL)****R\$ 11.712.162,74**

TOTAL DE CUSTEIO**R\$ 9.071.747,20****TOTAL DE CAPITAL****R\$ 2.640.415,54**

CDTN

QUADRO RESUMO DO ORÇAMENTO TOTAL (SEM PESSOAL) ATÉ 31/12/95 (*)

R\$ 1,00

GPA	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
ARMAZENAMENTO E GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS	3.500,00	0,00	3.500,00
INFRA-ESTRUTURA OPERACIONAL NOS INSTITUTOS DE PESQUISA. E LABORATÓRIOS	1.474.084,00	15.987,00	1.490.071,00
INFRA-ESTRUTURA TÉCNICA E ENGENHARIA DE APOIO	176.004,00	68.800,00	244.804,00
SISTEMA DE INFORMAÇÕES. NUCLEARES E DESENV. DE TECNOLOGIA. COMPUTACIONAL	31.272,00	35.827,00	67.099,00
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	248.071,00	137.773,00	385.844,00
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	105.108,00	24.490,00	129.598,00
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA. DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	529.014,00	223.475,00	752.489,00
TOTAL	2.567.053,00	506.352,00	3.073.405,00

(*) Fonte: SPC

CDTN**QUADRO RESUMO DO ORÇAMENTO EM P&D EXCLUSIVAMENTE - ATÉ
31/12/95 (*)**

R\$ 1,00

GPA	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	248.071,00	137.773,00	385.844,00
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	105.108,00	24.490,00	129.598,00
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	529.014,00	223.475,00	752.489,00
TOTAL	882.193,00	385.738,00	1.267.931,00

(*) Fonte: SPC

IEN**QUADRO RESUMO DO ORÇAMENTO TOTAL (SEM PESSOAL) ATÉ
31/12/95 (*)**

R\$ 1,00

GPA	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
RADIOPROTEÇÃO, SEGURANÇA NUCLEAR E CONTROLE DE RADIAÇÕES IONIZANTES	2.337,50	0,00	2.337,50
INFRA-ESTRUTURA OPERACIONAL NOS INSTITUTOS DE PESQUISA E LABORATÓRIOS	487.833,86	32.875,00	520.708,86
INFRA-ESTRUTURA TÉCNICA E ENGENHARIA DE APOIO	92.892,00	40.042,00	132.934,00
SISTEMA DE INFORM. AÇÕES NUCLEARES E DESENV. DE TECNOLOGIA COMPUTACIONAL	2.936,00	0,00	2.936,00
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	314.377,00	162.639,54	477.016,54
PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS	193.489,00	47.000,00	240.489,00
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	46.975,00	18.557,00	65.532,00
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	270.250,70	130.427,00	400.677,70
TOTAL	1.411.091,06	431.540,54	1.842.631,60

(*) Fonte: SPC

IEN**QUADRO RESUMO DO ORÇAMENTO EM P&D EXCLUSIVAMENTE - ATÉ 31/12/95 (*)**

R\$ 1,00

GPA	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
RADIOPROTEÇÃO, SEGURANÇA NUCLEAR E CONTROLE DE RADIAÇÕES IONIZANTES	2.337,50	0,00	2.337,50
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	314.377,00	162.639,54	477.016,54
PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS	193.489,00	47.000,00	240.489,00
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	46.975,00	18.557,00	65.532,00
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	270.250,70	130.427,00	400.677,70
TOTAL	827.429,20	358.623,54	1.186.052,74

(*) Fonte: SPC

IPEN

QUADRO RESUMO DO ORÇAMENTO TOTAL (SEM PESSOAL) ATÉ 31/12/95 (*)

R\$ 1,00

GPA	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
RADIOPROTEÇÃO, SEGURANÇA NUCLEAR E CONTROLE DE RADIAÇÕES IONIZANTES	325.100,00	284.900,00	610.000,00
INFRA-ESTRUTURA OPERACIONAL NOS INSTITUTOS DE PESQUISA E LABORATÓRIOS	3.232.436,80	34.700,00	3.267.136,80
INFRA-ESTRUTURA TÉCNICA E ENGENHARIA DE APOIO	225.474,00	69.500,00	294.974,00
SISTEMA DE INFORMAÇÕES NUCLEARES E DESENV. DE TECNOLOGIA COMPUTACIONAL	346.588,00	0,00	346.588,00
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	1.512.649,00	65.000,00	1.577.649,00
PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS	2.667.799,00	648.080,00	3.315.879,00
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	681.568,00	526.882,00	1.208.450,00
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	2.175.009,00	371.192,00	2.546.201,00
TOTAL	11.166.623,80	2.000.254,00	13.166.877,80

(*) Fonte: SPC

IPEN

QUADRO RESUMO DO ORÇAMENTO EM P&D EXCLUSIVAMENTE - ATÉ 31/12/95 (*)

R\$ 1,00

GPA	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
RADIOPROTEÇÃO, SEGURANÇA NUCLEAR E CONTROLE DE RADIAÇÕES IONIZANTES	325.100,00	284.900,00	610.000,00
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	1.512.649,00	65.000,00	1.577.649,00
PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS	2.667.799,00	648.080,00	3.315.879,00
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	681.568,00	526.882,00	1.208.450,00
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	2.175.009,00	371.192,00	2.546.201,00
TOTAL	7.362.125,00	1.896.054,00	9.258.179,00

(*) Fonte: SPC

ANEXO

Institutos da Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento

CDTN - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

O Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, fundado em 1952, foi o primeiro instituto de pesquisa brasileiro destinado à utilização da energia nuclear, e desde então, vem executando atividades de desenvolvimento tecnológico nesta área.

Entre as principais instalações disponíveis, o Centro opera desde 1960 um reator TRIGA Mark I, com potência nominal autorizada de 100 KW, ferramenta ideal para a execução de análises pelo método de ativação neutrônica.

O CDTN está situado no campus da Universidade Federal de Minas Gerais, em uma área de 240.000 m² de terreno, possuindo instalações que ocupam 25.717 m².

Conta com um quadro médio de 440 servidores, sendo 47% de nível superior, e destes, quase a metade, constituída por mestres e doutores. Outrossim, cerca de mais 120 pessoas estão envolvidas com as atividades do instituto, entre alunos, estagiários e prestadores de serviços.

SERVIÇOS

- Curso de treinamento básico de operadores de centrais nucleares (CTORP);
- Análise por ativação neutrônica em reator;
- Cálculo de núcleos de reatores e experimentos termo-hidráulicos (código SACI);
- Estudos de gerência de combustível no núcleo de reatores e de criticalidade;
- Qualificação de componentes para fornecedores nacionais no ITCA;
- Ensaios destrutivos e não-destrutivos em materiais;
- Estudos de corrosão em materiais;
- Análises químicas, mineralógicas e petrográficas;
- Desenvolvimento de processos para beneficiamento de minérios;
- Desenvolvimento de técnicas para diagnóstico e terapia de úlcera gástrica, com atendimento de cerca de 1.500 pacientes;
- Qualificação de embalagens para transporte e armazenamento de rejeitos e fontes radioativas;
- Serviços de monitoração pessoal e vistorias em instalações hospitalares e industriais;
- Estudos de dispersão de efluentes no meio ambiente.

INSTALAÇÕES PRINCIPAIS

1. Instalações Experimentais

- Reator IPR-R1 (tipo TRIGA MARK-1, 100 kw);
- Circuito Térmico 1 (20 atm).

2. Laboratórios

Área de Proteção Radiológica

- Laboratório de Proteção Radiológica (detectores, monitores e equipamentos diversos);
- Laboratório de Monitoração Individual (sistemas para revelação e leitura de filmes dosimétricos);
- Laboratório do Contador de Corpo Inteiro (detectores de iodeto de sódio e eletrônica associada).

Área de Ensaios e Metrologia

- Laboratórios de Soldagem e Corrosão (fontes de soldagem, fontes de corrente, autoclaves, estufas, balanças);
- Laboratório de Metrologia Dimensional (microscópio universal, projetor de perfis, rugosímetro, conjuntos de medição em geral);
- Laboratório de Análises de Tensões (sistema experimental de análise de tensões, sistema dinâmico, conjunto de células de carga, equipamentos diversos);
- Laboratório de Análises de Vibrações (osciloscópios, amplificador, analisador de vibrações);
- Laboratório de Ensaios Mecânicos (máquina universal de tração mecânica, máquinas de teste de impacto e de fluência, durômetro);
- Laboratório de Metalografia (microscópio eletrônico de varreduras, microscópios ópticos, politrizes, microdurômetro);
- Laboratório de Ensaios Não-Destrutivos (raios-X industriais, equipamentos de ultrassom, equipamentos de ensaios de partículas magnéticas e por correntes parasitas, medidores diversos).

Área de Química e Mineralogia

- Laboratório de Análises Instrumentais (espectrômetros de raio-X, emissão óptica, energia de raio-X, cromatógrafos líquido e a gás, microscópios, difratômetros de raios-X, microsonda eletrônica, espectrofotômetros, analisadores de carbono e enxofre, sistemas eletrométricos);
- Laboratório de Eletrônica (analisador de espectro, gravador, multímetro, osciloscópios).

Área de Radioanálise e Medidas Nucleares

- Laboratório de Análises Ambientais (multicanal e detector GeLi);
- Laboratório de Trítio e Carbono-14 (sistemas de detecção de trítio e carbono-14);
- Laboratório de Ativação Neutrônica (detectores GeLi e Na I, multicanais, fluorímetros e outros);

- Laboratório de Medidas Nucleares (detectores de GeLi, irradiador gama (Co-60), gerador de nêutrons).

Área de Combustível Nuclear

- Laboratório de Metalurgia (fornos e equipamentos diversos);
- Laboratório de Microesferas (colunas de lavagem, estufas, fornos, prensa hidráulica, bomba de vácuo, dilatômetro a vácuo);
- Laboratório de Ceramografia e de Caracterização de Pós e Pastilhas (microscópio, medidor de superfície, densímetro, porosímetro, estufa de secagem);
- Laboratório de Fabricação de Varetas de Elemento Combustível (máquinas de solda e selagem, retífica de pastilhas).

Área de Física Aplicada e Técnicas Especiais

- Laboratório de Inclusões Fluidas (microscópios petrográficos, sistema de fotomicrografia);
- Laboratório de Espectrometria Mossbauer (espectrômetro Mossbauer, multicanais, detectores proporcionais e de fluxo);
- Laboratório de Processamento Digital de Imagens (equipamentos de informática);
- Laboratório de Análises Estruturais (softwares diversos);
- Laboratório de Análise de Superfícies (sistema de espectroscopia de elétrons de alta resolução).

Área de Reatores e Segurança Nuclear

- Laboratórios de Termo-Hidráulica (instalação de testes de remolhamento, circuito ar-água, dispositivo de teste de LOCA - efeito separado (DTL-ES) e instrumentos de medida de pressão, temperatura, vazão, densidade).

Área de Processamento de Minérios

- Laboratório de Tratamento e Concentração Física de Minérios (moinhos de disco e bolas, mesas vibratórias, sistemas de separação magnética e eletrostática, balanças, medidor de pH);
- Laboratório de Preparação de Amostras Minerais (britadores, peneiras vibratórias, moinhos, pulverizadores, balanças, estufas);
- Laboratório de Flotação em Colunas (colunas de flotação, bombas dosadoras, rotâmetros);
- Laboratório de Análise de Finos (separador de finos, balança eletrônica, agitador, estufa);
- Laboratório de Lixiviação de Minérios e de Extração por Solventes (sistema de lixiviação e extração por solvente, estufas, controladores de temperatura, agitadores);

- Laboratório de Análises Químicas e Físicas (espectrofotômetro UV-VIS, fotômetro de chama, conjuntos titulométricos, balanças analíticas).

Área de Saúde e Meio Ambiente

- Laboratório de Calibração de Amostradores de Ar (medidores de alto, médio e baixo fluxo de ar);
- Estação Meteorológica (equipamentos diversos).

Área de Aplicações de Técnicas Nucleares na Indústria e Meio Ambiente

- Laboratório de Sedimentologia (balanças analíticas, estufas, bombas de vácuo, equipamentos diversos);
- Unidade para Trabalhos de Campo: Hidrologia, Hidrogeologia e Transporte/Dispersão de Poluentes (detectores, cintilômetros, ondógrafo, correntógrafos, sistemas de posicionamento eletrônico, motores de popa);
- Oficina de Manutenção Mecânica (torno, furadeira, compressor, solda elétrica, equipamentos diversos).

Área de Tratamento de Rejeitos

- Unidade de tratamento químico de rejeitos;
- Unidade de cimentação de rejeitos;
- Unidade de betuminização de rejeitos;
- Unidade de teste de embalagens tipo A;
- Galpão de armazenamento de rejeitos.

CDTN - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR

Superintendente: dr. FERNANDO SOARES LAMEIRAS

Cidade Universitária - Pampulha

Rua Prof. Mário Werneck, s/nº

Belo Horizonte - Minas Gerais - Brasil

CEP: 30161-970 - Tel.: (031) 441.5422 (PABX) - 443.4135

Fax: 443.4744 - 441.0129

E-mail: fsl@urano.cdtb.br

IEN - INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

O Instituto de Engenharia Nuclear (IEN), criado em 1962, tem como missão desenvolver programas de pesquisa científica e de desenvolvimento tecnológico, prestar serviços à sociedade utilizando materiais e técnicas nucleares, além de desenvolver tecnologia aplicável ao setor nuclear, promovendo sua transferência para o setor privado nacional.

O IEN desenvolve atividades nas áreas de Engenharia e Física de Reatores Nucleares, Circuitos Termo-Hidráulicos, Desenvolvimento e Produção de Radioisótopos para utilização em diagnóstico em medicina nuclear e Instrumentação Nuclear para laboratórios.

Como infra-estrutura de instalações, o IEN dispõe de diversos prédios e galpões, onde estão instalados o Reator ARGONAUTA, o Ciclotron CV-28, os circuitos termo-hidráulicos, espectrômetro de massa, diversos laboratórios e equipamentos.

O IEN está localizado no campus da Universidade Federal do Rio de Janeiro, em uma área de 46.481 m² de terreno, com instalações ocupando 17.160 m².

O quadro de pessoal é formado por 220 servidores em média, dos quais 46% de nível superior, e destes, quase a metade, constituída por mestres e doutores.

PRODUTOS

- Radioisótopos: ¹²³I, ⁶⁷Ga, ⁵⁷Co, ^{95m}Tc, ²²Na, ¹⁹¹Pt;
- Instrumentação para radioproteção;
- Instrumentação para medicina nuclear;
- Instrumentação para reatores nucleares;
- Detectores proporcionais e câmaras de ionização;
- Separação de terras-raras: lantânio, cério, neodímio, európio, gadolínio, samário;
- Filtros metálicos de monel;
- Ácido bórico com enriquecimento em ¹⁰B superior a 90%;
- Tri-butil-fosfato (TBP).

SERVIÇOS

- Análises químicas convencionais, instrumentais e isotópicas;
- Manutenção de equipamentos de radioproteção, medicina nuclear e radioterapia;
- Monitoração radiológica de áreas e do meio ambiente;
- Recolhimento, tratamento e guarda de fontes radioativas desativadas e materiais contaminados;
- Testes para detecção de vazamento em fontes radioativas, inclusive em agulhas de rádio;
- Ensaios destrutivos e não-destrutivos;

- Análise por ativação com partículas carregadas.

INSTALAÇÕES PRINCIPAIS

1. Instalações Experimentais

- Reator ARGONAUTA - RIEN-01 (10 kw);
- Ciclotron (CV-28).

2. Instalações de Produção

- Unidade de Produção de Radioisótopos (células de processamento de I-123, Ga-67; laboratório de radioquímica para controle de qualidade e laboratório químico para ensaios e desenvolvimento de novos produtos).

3. Unidades Piloto

- Unidade Piloto de Produção de UF₄ via Úmida;
- Unidade Piloto de Produção de Produtos Organo-Fluorados;
- Unidade de Produção de Boro-10.

4. Laboratórios

Área de Física Nuclear e Química

- Laboratório de Medidas Nucleares (detectores Hpge, estações de irradiação, módulos eletrônicos para espectrometria gama);
- Laboratório de Sistemas de Medidas Nucleares (sistema de coincidência $4\pi\beta\text{-}\gamma$, sistema de espectrometria gama, sistema trocador automático de amostras, sistemas de detecção alfa e de nêutros).

Área de Proteção Radiológica

- Laboratório e Medida das Radiações (sistemas de espectrometria gama com detectores GeLi e Hpge);
- Laboratório de Dosimetria TL (leitora de TLD com forno);
- Laboratório de Tratamento de Rejeitos (prensa hidráulica e balança).

Área de Instrumentação e Controle

- Laboratório de Manutenção Eletrônica (emuladores, contadores eletrônicos, osciloscópios, instrumentos diversos);
- Laboratório de Calibração Elétrica (calibradores, multímetros, contadores, amplificadores, eletrômetros);
- Laboratório de Circuito Impresso (rebarbadeira, furadeiras, máquina para corrosão, estufas, microscópio, laminadora, expositora/reveladora);
- Laboratório de Termometria (sistema de medida potenciométrico, ponte de Müller, detectores de nulo DC, instrumentos diversos);
- Laboratório de Ensaaios Ambientais (câmaras de testes ambientais);
- Oficina Mecânica (tornos, frezadora, plaina, serra hidráulica e instrumentos diversos);
- Laboratório de Projetos (osciloscópios, analisador lógico, ploter, traçador de curvas, sistema de desenvolvimento para microprocessadores).

Área de Termo-Hidráulica e Segurança

- Laboratório de Termo-Hidráulica à Água (circuito experimental de água de 5 bars, circuito experimental de circulação natural);
- Laboratório de Tecnologia de Sódio (circuito térmico a sódio-CTS1, câmara de manipulação de sódio, materiais para montagem de circuito de sódio SS-060).

Área de Materiais

- Laboratório de Troca Isotópica (microscópios, bombas dosadoras, forno, compressor);
- Laboratório de Análises (balanças analíticas, medidor de pH, titulador, espectrofotômetros);
- Laboratório de Leito Fluidizado (compressor, bomba de vácuo, balança digital, reator de leito fluidizado, medidores diversos);
- Laboratório de Separação de Terras-Raras (bombas dosadoras, motor de agitação, bombas de vácuo, sistema de baterias de misturadores/decantadores);
- Laboratório de Controle de Processos (fotômetro de chama, forno, estufas, balanças analíticas, agitador magnético, instrumentos diversos);
- Laboratório de Raios-X (difratômetro e espectrômetros de raios-X, unidade geradora de raios-X, analisador termodiferencial);
- Laboratório de Instrumentação (cromatógrafos a gás, espectrofotômetro UV-VIS, coulômetro);
- Laboratório de Corrosão (autoclaves, estufas, balanças analíticas, destilador, registrador gráfico);
- Laboratório de Metalografia (microscópios, máquinas para corte, prensa hidráulica);
- Laboratório de Tratamentos Superficiais (balança analítica, medidores de pH, estufas, fornos);
- Laboratório de Ensaaios Mecânicos (máquinas universal de ensaios, máquina de confecção de corpos de prova, máquinas de ensaios de fluência);
- Laboratório de Tratamento Térmico e Fundição (fornos elétricos, bombas difusoras, prensa, estufas);

- Laboratório Fotográfico (esmaltadeiras, ampliadoras, máquinas fotográficas);
- Laboratório de Ensaios Não-Destrutivos (aparelhos de ultra-som, projetor de perfil, rugosímetro, aparelho de raios-X, instrumentos diversos).

IEN - INSTITUTO DE ENGENHARIA NUCLEAR

Superintendente: dr. LUIZ ALBERTO ILHA ARRIETA

Cidade Universitária - Ilha do Fundão

Rio de Janeiro - Brasil

CEP: 21945-970 - Caixa Postal: 68.550

Tel.: (021) 280.3113 - Fax: 590.2692

E-mail: ienpina @vm.lncc.br

iensae @ vm.lncc.br

IPEN - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

O IPEN é uma autarquia estadual vinculada à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo, gerido administrativamente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e associado, para fins de ensino e pós-graduação, à Universidade de São Paulo.

Fundado em 1956, contando com uma ampla infra-estrutura de laboratórios e instalações, um reator de pesquisas, o IEA-R1, um acelerador industrial de elétrons e um ciclotron compacto de energia variável, o IPEN vem desenvolvendo atividades de pesquisa científica e tecnológica nas áreas de materiais e processos nucleares, reatores nucleares, aplicações de técnicas nucleares e segurança nuclear.

É reconhecida a tradição e a competência do Instituto na produção de radioisótopos para aplicação em medicina nuclear, em programas de alta tecnologia (cerâmicas avançadas e lasers do estado sólido), bem como nas pesquisas no campo da engenharia genética, na produção de reagentes para radioimunoensaios para diagnóstico de disfunções hormonais e na aplicação de técnicas nucleares para estudos do meio ambiente.

O IPEN está localizado no campus da Universidade de São Paulo, em uma área de 411.750 m² de terreno, com instalações ocupando área de 101.844 m².

O quadro de pessoal é normalmente composto por cerca de 1.300 servidores, dos quais 42% de nível superior; destes, a metade é constituída por mestres e doutores. Através de convênio com a Universidade de São Paulo, o IPEN proporciona cursos de pós-graduação no campo nuclear, sendo cobertas duas áreas principais: Reatores e Tecnologia Nuclear e Ciclo do Combustível Nuclear. Atualmente, 300 alunos frequentam os cursos de pós-graduação.

PRODUTOS

- Fontes seladas de irídio para gamagrafia industrial;
- Fontes de cobalto-60 para uso industrial;
- Geradores de tecnécio-99m, radioisótopos primários, substâncias marcadas e conjuntos reativos liofilizados para uso em medicina nuclear;
- Compostos de urânio e tório;
- Dosímetros termoluminescentes de CaSO₄.

SERVIÇOS

- Análises químicas e isotópicas;
- Análises por ativação neutrônica;
- Ensaios mecânicos, metalográficos e não-destrutivos;
- Processos industriais por irradiação: esterilização de produtos médicos e descartáveis, polimerização, vulcanização, esterilização bacteriológica de rações animais, cura rápida de lacas, vernizes, tintas e adesivos;
- Análise de poluição do ar e de águas;
- Dosimetria pessoal;
- Controle ambiental em instalações de mineração;
- Calibração de fontes, de instrumentos e dosímetros;
- Condicionamento de rejeitos radioativos para imobilização.

INSTALAÇÕES PRINCIPAIS

1. Instalações Experimentais

- Reator IEA-R1 (tipo piscina, 2 Mw);
- Reator IPEN/MB-01;
- Acelerador de Elétron (2);
- Fonte de Co-60 (2);
- Ciclotron (CV-28);
- Circuito Experimental de 70 atm.

2. Instalações para Produção de Radioisótopos

- Laboratório de Controle de Qualidade de Radioisótopos e Radiofármacos (contadores líquido e gama, HPLC, cintiladores);
- Laboratório de Produção de Radioisótopos Primários (celas de I-131, I-123, Ga-67, S-35, Na-24, Tc-99m);
- Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Novos Produtos (espectrofotômetros);
- Laboratório de Produção de Substâncias Marcadas (celas de produção);
- Laboratório de Preparo de Conjuntos de Reativos Liofilizados (liofilizador, sistema de lavagem de frascos).

3. Usinas Piloto

- Unidade de Purificação de Urânio;
- Unidade de UF₄;
- Unidade de Geração de Flúor e Produção de UF₆;

- Unidade de Transferência de UF_6 ;
- Unidade de Produção de UO_3 via Leito Fluidizado;
- Unidade de Produção de Nitrato de Tório;
- Unidade de Obtenção de TCAU e de Hidrólise de UF_6 enriquecido a 20%.

4. Laboratórios

Área de Radiobiologia

- Laboratórios de Radioensaios (contador gama);
- Laboratório de Fermentação (fermentador);
- Laboratório de Marcação e Purificação (contador de tireóide, sistema coletor de frações, espectrômetro);
- Laboratório de Irradiação de Toxinas Animais (cromatógrafos de baixa e alta pressão, contador gama);
- Laboratório de Biomateriais (espectrômetro infra-vermelho).

Área de Aplicações Industriais

- Laboratório de Detectores (multicanal, geradores de pulso, instrumentação em geral);
- Laboratório de Polímeros (equipamentos diversos);
- Laboratório de Braquiterapia (célula para produção de fios de Ir-192);
- Laboratório de Medidas Espectrométricas (espectrômetro, detector de iodeto de sódio).

Área de Radioquímica

- Laboratório de Medidas (espectrômetros, contadores, capelas, estações pneumáticas).

Área de Física Nuclear

- Salão de Experimentos de Física Nuclear (espectrômetro de tempo de voo, arranjos experimentais, difratômetro de nêutrons, espectrômetro de três eixos, dispositivo de irradiação de silício);
- Laboratório de Detecção de Traços (microscópio ótico, balança digital, instrumentação variada);
- Laboratório de Correlação Angular (detectores de germânio hiperpuro);
- Laboratório de Microfiltros Nucleares (analisador multicanal, instrumentação de medidas nucleares).

Área de Proteção Radiológica/Ambiental/Rejeitos

- Sala de Emergência Radiológica (veículos, instrumentos diversos);
- Laboratório de Efluentes Radioativos (espectrômetros alfa e gama);

- Laboratório de Amostras Ambientais (espectrômetro gama, detectores proporcionais);
- Laboratório de Compactação e Cimentação de Rejeitos (prensa hidráulica, misturador);
- Laboratório de Desmonte de Fontes (bancada);
- Laboratórios de Dosimetria (instrumentos diversos);
- Laboratório de Análises in Vivo (sistema para monitoração, cristal de alta pureza);
- Laboratório de Calibração de Instrumentos (fontes diversas de Co-60, Sr-90, Y-90, Tl-204).

Área de Materiais

- Laboratório de Fabricação de Pós e Briquetes de Óxido de U e Al (prensa, fornos, células de carga, sistema para desgaseificação);
- Laboratório de Laminação de Placas e Montagem de Elemento Combustível (laminador, forno, fresadora);
- Laboratório de Metrologia (mesa tridimensional, perfilômetro);
- Laboratório de Fabricação de Urânio Metálico (fornos, tornos, prensa, forja rotativa);
- Laboratório de Produção de Pós e Pastilhas de UO_2 (fornos, retífica, prensas);
- Laboratório de Materiais Cerâmicos (dilatômetro, sedígrafos, analisador de impedância, prensa, fornos);
- Laboratório de Metalurgia do Pó (forno de indução);
- Laboratório de Fusão e Tratamento Térmico (fornos, sistemas de vácuo);
- Laboratório de Materiais Magnéticos (permeâmetro, prensa);
- Laboratório de Cloração/Redução (fornos, bomba de vácuo, capela de exaustão);
- Laboratório de Zircônio (unidade de produção e separação de zircônio);
- Laboratório Instrumental para Controle de Processo (espectrofotômetros, unidade eletroquímica);
- CELESTE I e II (celas, capelas, caixas de luvas, fresadora, cromatógrafo, espectrômetro gama);
- Laboratório de Caracterização Física de Materiais (máquinas para ensaios mecânicos, microscópios eletrônicos, difratômetros de raios-X);
- Laboratório de Espectroscopia e Lasers (lasers de argônio e criptônio, criostato, medidor de difusividade térmica, lasers de nitrogênio pulsado, neodímio e LiF:F_2);
- Laboratório de Crescimento de Cristais (sistemas de síntese e refino de fluoretos, capelas diversas, sistemas de crescimento);
- Laboratório de Caracterização Química de Materiais (espectrógrafo de emissão óptica, espectrofluorímetro, espectrômetros de fluorescência de raios-X, espectrômetro de massa, prensa hidráulica, espectrômetro de emissão atômica, cromatógrafo, espectrômetro de massa de alta resolução).

Oficina Mecânica

- Unidades de projeto, vidraria, caldeiraria, montagem, mecânica de precisão, usinagem e fundição.

IPEN - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Superintendente: dr. CLAUDIO RODRIGUES

Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"

Travessa "R", 400, São Paulo - Brasil

CEP: 05508-900 - Tel.: (011) 816.9000 (PABX) - Fax: 212.3546

Telex: (011) 83592 - IPEN - Br

E-mail: gabinete @net.ipen.br

Caixa Postal: 11.049 - CEP: 05422-970

Pinheiros - São Paulo-SP - Brasil