

29:017246

BR 98 JD 47



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

RELATÓRIO ANUAL

DIRETORIA DE P&D

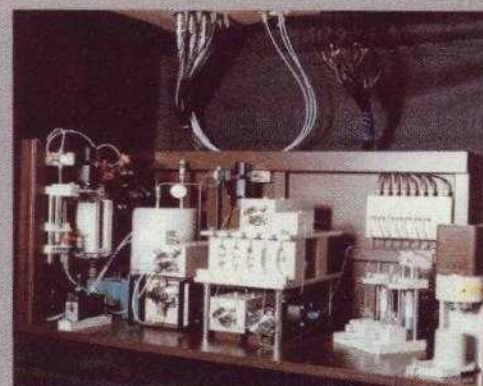
1996



RECURSOS HÍDRICOS



RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS PRODUZIDOS



CÉLULA DE PROCESSAMENTO 123-I ULTRA PURO



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: Silvestre Paiano Sobrinho
- **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) 816-9146 / 816-9041
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.....	5
2.1. Dados da Produção	5
2.2. Desenvolvimento de Novos Produtos	9
3. APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	14
3.1. Radioproteção Ocupacional e Ambiental	14
3.2. Instrumentação e Controle	24
3.3. Bioengenharia e Agricultura	29
3.4. Saúde e Meio Ambiente	35
3.5. Física, Química e Processos Industriais	48
4. TECNOLOGIA DE REATORES E DO CICLO DO COMBUSTÍVEL	60
4.1. Combustível Nuclear	60
4.2. Reprocessamento e Rejeitos Radioativos	63
4.3. Reatores e Segurança Nuclear	69
4.4. Operação e Manutenção dos Reatores de Pesquisa	85
4.5. Materiais e Tecnologias Avançadas	91
5. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS	107
5.1. Treinamento	107
5.2. Publicações	110
5.3. Participações em Eventos	111
6. OUTROS ASSUNTOS	113
6.1. Projetos Especiais	113
6.2. Cooperação com outras Instituições	116
7. RECURSOS FINANCEIROS	125
7.1. Distribuição de Recursos Financeiros	125
7.2. Receita Faturada	126

1. PREÂMBULO

A Diretoria de Pesquisa e Desenvolvimento da CNEN, DPD, coordena as atividades de pesquisa de três institutos da CNEN: CDTN de Belo Horizonte, IEN do Rio de Janeiro e IPEN de São Paulo. Juntos, estes três institutos reúnem 2.049 servidores (70% de toda a CNEN), dos quais 898 são de nível superior (33% Mestres e 14% Doutores).

Esses Institutos, pioneiros no desenvolvimento da tecnologia nuclear no País, têm, em seus vários segmentos, capacitação técnica compatível, inclusive, com as instituições de países avançados. Isto ocorre, por exemplo, nas áreas de produção de radioisótopos para uso médico e industrial, materiais nucleares e instrumentação nuclear, bem como na prestação de serviços de proteção radiológica, armazenamento de rejeitos, segurança de reatores, monitoração do meio ambiente, etc. e pesquisas correlatas.

O conjunto de pesquisadores e tecnólogos destes centros é responsável, também, por uma apreciável produção técnico-científica ao longo dos últimos anos. Para exemplificar, em 1996, mais de 700 trabalhos foram gerados, dos quais 338 foram apresentados em congressos nacionais ou internacionais.

Como fruto das alterações econômico-sociais do País, em 1996 ocorreu um crescimento significativo da demanda por produtos e de prestação de serviços a diversos segmentos da sociedade. Esse crescimento foi observado em todas as áreas técnicas. As limitações do nosso orçamento obrigaram-nos a ser extremamente seletivos quanto a investimentos em equipamentos e obras. Praticamente estivemos limitados à reposição de equipamentos obsoletos e apenas àquelas atividades prioritárias em que tal decisão contribuía decisivamente para o aumento de produtividade.

Com o apoio da SAE e o esforço de toda a Direção da CNEN, foi possível em 1996 cumprir a maioria das metas mais importantes estabelecidas para os institutos da DPD, embora a falta de recursos tenha deixado sua marca de frustração pelas metas canceladas ou postergadas. Ao fim do ano, tem-se o nítido e, talvez, amargo sentimento de que muito mais poderia ter sido realizado se tivéssemos um orçamento um pouco mais compatível com o nosso potencial e necessidades.

Na área da saúde e medicina nuclear, o IPEN manteve em 1996 o atendimento à crescente evolução da demanda por radioisótopos e radiofármacos para a medicina nuclear do País, em especial geradores de tecnécio. Em relação a 1995, houve um aumento real de quase 29 % na produção de geradores de tecnécio, 15% no Iodo-131, 21% no Ga-67 e 41% no número de conjuntos reativos, ampliando-se o atendimento de 800.000 em 1995 para cerca de 1.000.000 de pacientes em 1996, grande parte deles oriunda da rede hospitalar pública.

Pode-se destacar, ainda, a consolidação, durante 1996, da distribuição do Tálcio-201, utilizado no diagnóstico de doenças cardíacas, e da manutenção da produção do Samário-153, utilizado para alívio da dor em metástases ósseas, esta última, possível graças à operação contínua do reator IEA-R1 durante 64 horas/semana.

Para 1997, uma série de novos produtos/radiofármacos está sendo desenvolvida, especialmente o projeto de nacionalização da produção de Molibdênio via gel, de modo a incrementar ainda mais os benefícios da medicina nuclear para a sociedade e economizar divisas com importações.

Dentro da diretiva de descentralizar parcialmente a produção de radioisótopos, principalmente aqueles que têm que ser consumidos em um prazo muito curto, o IEN iniciou em 1996, em cooperação com a Agência Internacional de Energia Atômica, o desenvolvimento de um projeto para produção de I-123 Ultrapuro. O início do fornecimento deste produto está previsto para agosto de 1997.

Nas Aplicações Sociais e Ambientais de Energia Nuclear, o IPEN, IEN e CDTN têm mantido os serviços de elevado impacto social no que se refere à dosimetria individual externa e ambiental, apoio à comunidade em segurança nuclear, proteção radiológica, controle radiológico e emergências radiológicas.

Durante 1996, o IEN produziu um total de 51 equipamentos, atendendo à demanda de mais de uma dezena de instituições, a maioria da área de medicina nuclear.

Por outro lado, o CDTN vem desenvolvendo importantes trabalhos e atendendo dezenas de empresas no tocante à monitoração do meio ambiente, em especial nos campos de hidrologia e sedimentologia, destacando, entre outros:

- Caracterização da bacia do rio Verde Grande, no município de Montes Claros, Minas Gerais;
- Diagnóstico ambiental na costa sul-brasileira (Paranaguá e Antonina, PR, São Francisco do Sul, SC e Tramandaí, RS);
- Programa de Monitoração Hidrossedimentológica para a Lagoa de Pampulha, Belo Horizonte, MG;
- Determinação da dispersão de poluentes na Lagoa Maimbá, ES.

Outra área importante de atuação tem sido no campo de aplicações industriais, onde devem ser destacadas:

- Início da operação do novo acelerador de elétrons no IPEN para irradiação de fios, cabos e outros materiais;
- Início da operação da planta piloto para irradiação de efluentes industriais, em parceria com a Hoechst do Brasil;
- Produção de fontes de Ir-192 (169) para gamagrafia industrial;
- Esterilização de peças (24.500) de material cirúrgico;
- Desenvolvimento e implantação de processos de concentração de minérios por flotação em coluna.

É importante destacar, ainda, a assinatura do contrato de aquisição do novo Ciclotron do IPEN, para produção de radioisótopos (Tálio-201, Iodo-123, Flúor-18 e Índio-111), cuja instalação deverá ser concluída em 1998.

Dentro do programa de Tecnologia de Reatores e do Ciclo do Combustível, foram mantidas as atividades de produção de materiais das diversas fases do ciclo. Merece destaque a produção de 6 elementos combustíveis novos para o reator IEA-R1 do IPEN, três dos quais com densidade $2,3 \text{ g/cm}^3$ de urânio, o que aumenta consideravelmente a performance do reator.

Atendendo à demanda da sociedade, durante o ano de 1996 foram recolhidos, tratados e armazenados diversos rejeitos radioativos de baixa atividade: rejeitos sólidos ($50,54 \text{ m}^3$), rejeitos líquidos ($9,63 \text{ m}^3$), recolhimento e armazenamento de pára-raios (1.479), detectores de fumaça (1.350) e fontes seladas diversas (908).

Os 4 reatores de pesquisa instalados nos institutos da DPD mantiveram em 1996 o programa normal de atividades, totalizando quase 3.000 horas de operação. No ano de 1996 tivemos o reinício das atividades do reator TRIGA IPR-R1, do CDTN, após a instalação e testes da mesa de controle, fabricada pelo IEN. O programa de modernização e aumento de potência nos reatores do IPEN, IEN e CDTN foi mantido durante o ano, visando, em especial, o aumento de potência do reator IEA-R1 de 2 para 5 Mw.

Do ponto de vista de faturamento, a DPD é responsável por mais de 90% da receita obtida pela CNEN com a venda de radioisótopos, radiofármacos e “kits” para uso médico e com prestação de serviços. O faturamento dos institutos da DPD em 1996 chegou a R\$ 9.955.985,00, enquanto que a CNEN como um todo faturou R\$ 10.884.402,00.

Apesar das dificuldades financeiras, dos problemas com recursos humanos (envelhecimento do quadro de pessoal e grande número de aposentadorias) e a deterioração de edifícios, laboratórios, oficinas e instalações especiais, as instituições da DPD: CDTN, IEN e IPEN mantiveram durante 1996 o alto grau de profissionalismo e competência tecnológica que as coloca na vanguarda, comparativamente às demais instituições de sua área de ação no País e no Exterior, proporcionando à sociedade os benefícios da energia nuclear.

2. PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS

2.1. Dados da Produção

2.1.1. IPEN

Durante o ano de 1996 foram fornecidos à classe médica os seguintes produtos:

a) Radioisótopos Primários

Produtos	Atividade em mCi
- Gerador de ^{99m}Tc	6.738.750
- ^{131}I	332.990
- ^{67}Ga	24.182
- ^{201}Tl	11.977
- ^{32}P	3.435
- ^{51}Cr	1.804
- ^{35}S	986
- ^{24}Na	22

b) Conjuntos de Reativos para Marcação com ^{99m}Tc .

Produtos	nº de conjuntos
- Ac. Metilenodifosfônico	2.913
- Ác. Dietilenotriaminopentacético	1.444
- Pirofosfato de Sódio	1.168
- Macroagregado de Soro Albumina Humano	638
- Ác. Dimercaptosuccínico	612
- Etilenocisteína dietil éster	524
- Fitato de Sódio	379
- Estanho Coloidal	238
- Ác. Diisopropiliminodiacético	175
- Enxofre Coloidal	149
- Dextran-500	113
- Glucoheptonato de Cálcio	100
- Soro Albumina Humano	4

Cada conjunto contém 5 frascos do produto.

c) Substâncias Marcadas

Produto	Atividade mCi
- EDTMP- ¹⁵³ Sm	39.793
- Meta-iodo benzilguanidina- ¹³¹ I	6.448
- Hippuran- ¹³¹ I	1.616
- Meta-iodo benzilguanidina- ¹²³ I	1.331
- EDTA- ⁵¹ Cr	1.199
- Soro Albumina Humano- ¹³¹ I	171
- Lipiodol - ¹³¹ I	100
- Soro Albumina Humano- ⁵¹ Cr	80
- Macroagregado de Soro Albumina Humano- ¹³¹ I	4

Em relação a 1995, o IPEN apresentou o seguinte aumento de produção: 28,7% nos Geradores de ^{99m}Tc; 14,9% no ¹³¹I; 20,8% no ⁶⁷Ga; 26,4% no ³²P; 41,3% no número total de conjuntos de reativos. Este aumento de produção permitiu a realização de exames/diagnóstico com radioisótopos em mais de 1.000.000 de pacientes durante o ano, a maioria proveniente de hospitais públicos do País.

Nas figuras 1, 2, 3 e 4 é apresentada a evolução da produção de radioisótopos e radiofármacos no IPEN durante os últimos anos.

Figura-1: Distribuição de Geradores de Tecnécio

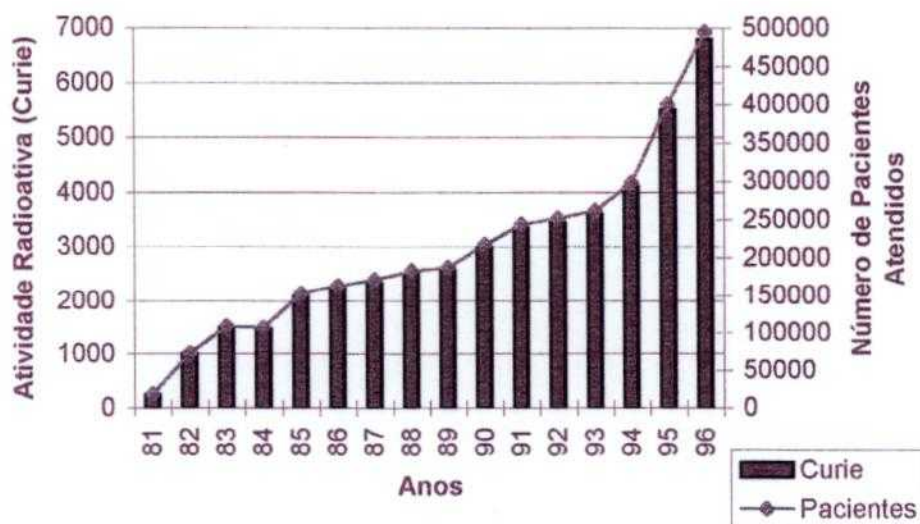


Figura-2: Distribuição de Radioisótopos Primários

I-131, Cr-51, P-32, S-35, Na-24, I-123, Ga-67 e Tl-201



Figura-3: EVOLUÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DE RADIOFÁRMACOS NO BRASIL

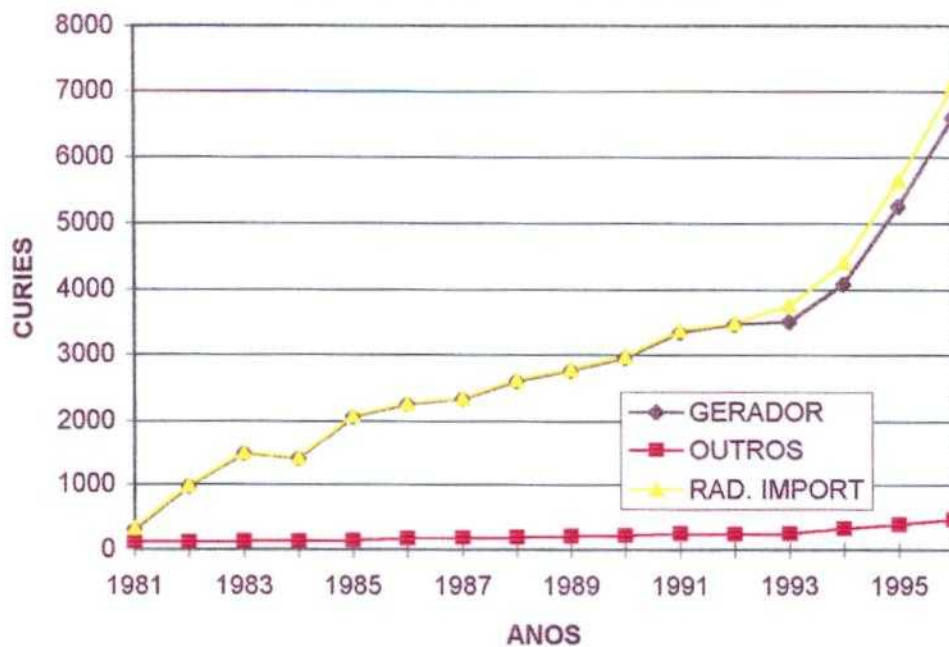
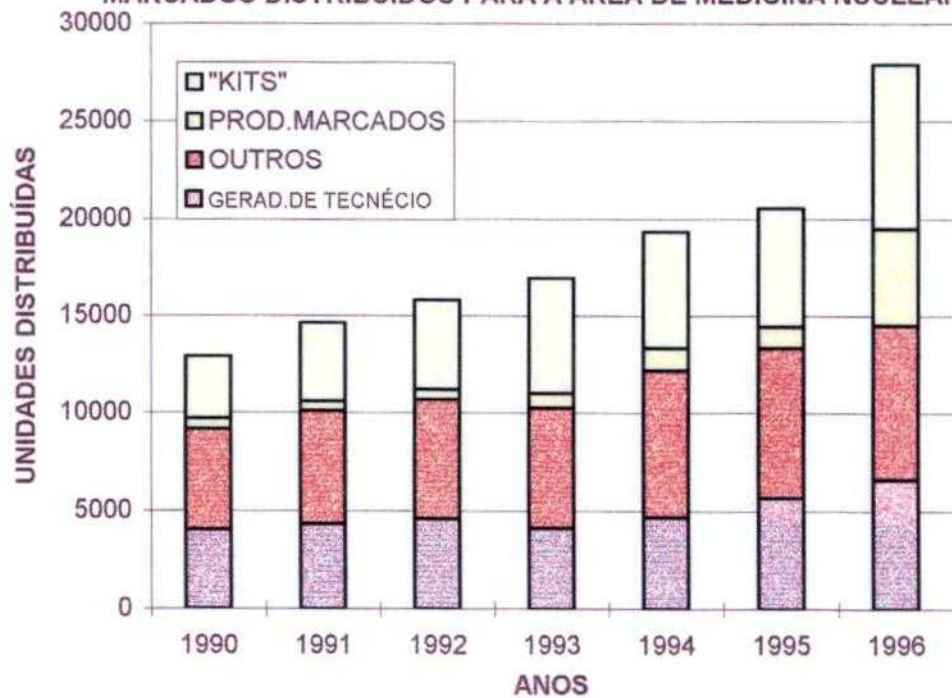


Figura-4: QUANTIDADE DE GERADORES, KITS E PRODUTOS MARCADOS DISTRIBUÍDOS PARA A ÁREA DE MEDICINA NUCLEAR



2.2. Desenvolvimento de Novos Produtos

2.2.1. IEN

A produção de radioisótopos no IEN esteve paralisada desde outubro/95 para revisão e modernização do Ciclotron, de seus componentes e para reparo e substituição de periféricos e utilidades. Estas ações, visam dotar o acelerador e seus sistemas auxiliares de condições de operação mais confiáveis para fazer face a produção de radioisótopos em larga escala e sem interrupções freqüentes.

Na preparação do Ciclotron CV-28 do IEN para Produção de Radioisótopos foram concluídas a troca de bobinas de perfil, ajuste de campo, recuperação das torres de resfriamento e tiveram início a troca dos resfriadores Hitachi, das tubulações de refrigeração, substituição da chaminé, recuperação dos exaustores e modernização do quadro elétrico e das fontes de potência.

A produção de ^{123}I a partir de alvos de telúrio enriquecido foi cancelada devido a aprovação do projeto PRAT 97/98 da IAEA para produção de ^{123}I Ultrapuro via xenônio enriquecido. Serão instalados equipamentos e dispositivos para produção de ^{123}I Ultrapuro em quantidades suficientes, 50 vezes mais do que o atual método, para atendimento à demanda nacional. Este projeto está sendo considerado "Projeto Modelo" pela IAEA, sendo realizado em cooperação com o FZK da Alemanha que desenvolveu e construiu o sistema de produção.

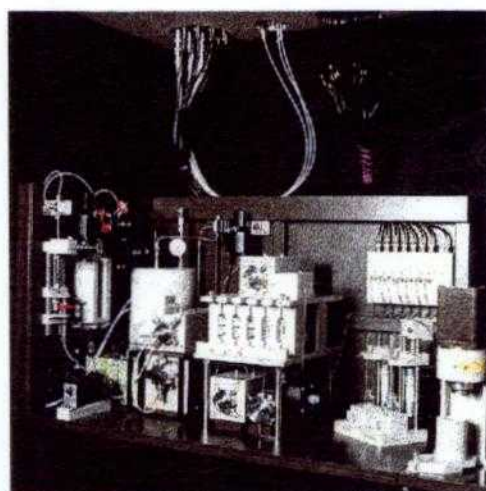
O perito IAEA/FZK, Dr. V. Bechtold, esteve em missão (21 a 25 de outubro /96) nas instalações de produção de radioisótopos e no ciclotron para determinar as modificações necessárias à instalação do sistema de produção de ^{123}I Ultrapuro. Segundo o expert da IAEA, as ações a serem tomadas são:

- **Preparação da Célula de Processamento**
 - Novo Projeto
 - Infra-Estrutura (gás hélio, ar comprimido, blindagem, etc...)
- **Preparação do Laboratório de Produção**
 - Instalação dos equipamentos de Controle de Qualidade
 - Revestimento da Célula de Processamento com aço-inox
 - Preparação de área de expedição
- **Preparação da Caverna de Irradiação (Alvo Gasoso)**
 - Fechamento da Caverna (porta, vedação, exaustão, teste de blindagem)
 - Infra-Estrutura (gás hélio, ar comprimido, nitrogênio líquido, água gelada, sistema de vácuo, cabeamento, etc...)
- **Preparação do Ciclotron**
 - Adequação da linha de irradiação
 - Simulação das condições de irradiação

Os equipamentos a serem instalados podem ser vistos nas figuras a seguir.



Sistema-Alvo para ^{124}Xe



Célula de Processamento de ^{123}I Ultrapuro

O início do fornecimento ^{123}I Ultrapuro está previsto para julho de 97 e irá substituir o ^{131}I usado em radiodiagnóstico, o qual causa uma indesejável dose radiológica, 50 vezes maior que no caso de ^{123}I .

Dentro desta mesma diretriz de aumentar a escala de produção, se deu início ao processo de importação de um sistema para produção de ^{18}F FDG, insumo básico para exames de PET (Positron Emission Tomography). Sua instalação está prevista para outubro/97. Esta produção permitirá um considerável avanço nas técnicas de diagnóstico em medicina nuclear no País.

As instalações e o laboratório de produção de radioisótopos estão sendo preparados paralelamente às obras dos periféricos do acelerador, o que ocasionou a suspensão da produção de ^{67}Ga , bem como o desenvolvimento de métodos para produção de radioisótopos em 1996.

O IEN está ampliando o Laboratório de Produção de Radioisótopos para processar e distribuir o ^{131}I para o Rio de Janeiro. Estas atividades contam com o apoio do IPEN, que projetou e está construindo a célula de processamento a ser instalada em janeiro/fevereiro de 97.

2.2.2. IPEN

Marcação de anticorpo monoclonal anti-CEA com ^{99m}Tc :

Otimizou-se o método direto de redução do anticorpo monoclonal anti-CEA para marcar com ^{99m}Tc . Realizaram-se os controles radioquímicos e de distribuição biológica em animais.

Preparação do ^{99m}Tc -DMSA pentavalente:

Preparado o kit de DMSA pentavalente para marcar com ^{99m}Tc destinado ao diagnóstico de carcinoma medular da tireóide. A aplicação clínica em pacientes apresentou resultados bons e o produto deverá entrar em produção rotineira no primeiro semestre de 1997.

Marcação de Peptídeos com ^{99m}Tc :

Iniciada a marcação com ^{99m}Tc do peptídeo Octreotide (cedido pela Sandoz), com a finalidade de iniciar estudos gerais de marcação dessa classe de produtos.

Os peptídeos marcados apresentam, atualmente, grande importância como marcadores tumorais.

Marcação de eritrócitos com ^{99m}Tc :

Iniciado o desenvolvimento de kit liofilizado de citrato de estanho para marcação de eritrócitos "in vitro" com ^{99m}Tc para estudos cardíacos e circulatórios de modo geral.

Preparação de HMPAO marcado com ^{99m}Tc :

Continuou-se a síntese do HMPAO e procedeu-se à separação dos isômeros d,l e meso, obtendo-se rendimento de 56% do primeiro isômero.

O isômero d,l é o composto que, quando marcado com ^{99m}Tc , é usado em estudos de fluxo sanguíneo cerebral.

Compostos para mapeamento de receptores cerebrais:

Realizada a síntese do composto etilenodiamina-dietil-éster para marcar com ^{99m}Tc , com a finalidade de ser utilizado para mapear receptores do sistema neurocentral.

Preparação do ácido $^{131/123}\text{I}$ pentadecanóico e anfetamina $^{131/123}\text{I}$:

Marcou-se o primeiro produto, tanto com ^{123}I como com ^{131}I , e injetou-se em cães e posteriormente em dois pacientes do INCOR, ocorrendo captação no miocárdio, porém com elevado "pool" sanguíneo.

A iodoanfetamina- ^{123}I foi injetada em coelhos, observando-se boa captação cerebral até 4 horas após a injeção.

Preparação de ^{111}In :

Continuaram-se as irradiações de Cd no ciclotron e procedeu-se à extração do ^{111}In com ácido acético. Em temperatura de 300 °C o rendimento de extração foi de 85%. O processo foi considerado pronto para a produção rotineira.

Preparação de cápsulas de ^{131}I :

Desenvolveram-se estudos para a preparação de cápsulas de ^{131}I com resultados desejados.

As cápsulas serão distribuídas no primeiro semestre de 1997.

Preparação de Fosfato de Crômio Coloidal- ^{32}P :

O produto foi preparado e analisado por técnica de cromatografia em papel; entretanto, ainda não se conseguiu definir o tamanho de partículas por dificuldade do conserto do microscópio eletrônico do departamento.

Preparação de ^{186}Re -HEDP :

Após a preparação do composto, realizaram-se controles de estabilidade e ensaios de toxicidade.

O produto mantém -se estável até 3 dias após a marcação; entretanto, a toxicidade resultou positiva.

Controles de Qualidade

Foram realizadas no ano, aproximadamente, 7.000 ensaios de controles: químico, radioquímico, físico, distribuição biológica, estabilidade, pirogênios de todos os radioisótopos primários, substâncias marcadas e conjuntos de reativos liofilizados.

Novo Produto apresentado à classe médica brasileira.

$^{201}\text{TlCl}$ para estudo da função miocárdica.

Desenvolvimento da Tecnologia de Preparação de Gel Mo-Zr para uso nos geradores de ^{99m}Tc .

Realizaram-se experimentos com traçadores de ^{99}Mo e com MoO_3 irradiado no Reator IEA-R₁.

Os resultados mostraram que a técnica de preparação do gel é reprodutível, e em cada grama de gel há 300mg de Mo. Os alvos foram irradiados em potência de 2MW e 5MW e com irradiador de berílio, e os resultados comprovaram que se deve alcançar a atividade específica de 1 Ci $^{99}\text{Mo/g Mo}$.

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

Visando melhorar as condições de operação e a segurança física da instalação de preparação de radioisótopos, foram realizadas as seguintes melhorias:

- Colocada em operação a célula para distribuição do ^{201}Tl .
- Modernização da planta de Geradores de ^{99m}Tc .
- Comprados todos os materiais e equipamentos necessários, o projeto foi realizado, devendo estar concluída a instalação em junho de 1997.
- Realizada toda a instalação dos laboratórios de preparação dos acessórios para Geradores de ^{99m}Tc .
- Instalada toda a infra-estrutura para a expedição de radiofármacos, inclusive com sistema informatizado de todas as fases do processo.
- Instalados os equipamentos importados e nacionais para segurança radiológica: portal, portas de acesso à área restrita, contador de corpo inteiro.
- Detectores portáteis foram colocados em posições adequadas, bem como instaladas as sinalizações em todas as dependências do TP.
- Instaladas as câmaras de vídeo em todas as dependências de áreas restritas.
- Em funcionamento o novo liofilizador e calibrador de dose.
- Realizada montagem de um laboratório para desenvolvimento de novos produtos destinados à classe médica.
- Instalado o equipamento para a produção de 18F-deoxiglucose (^{18}FDG), o qual funcionou a contento. A produção de ^{18}FDG deverá ser iniciada em abril de 1997, quando do recebimento de reagentes importados.

3. APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DE ENERGIA NUCLEAR

3.1. Radioproteção Ocupacional e Ambiental

3.1.1. CDTN

Serviço de Dosimetria Individual Externa e Ambiental: A prestação de serviço em dosimetria externa terminou o ano de 1996 com cerca de 280 instituições controladas e um total de 4.609 usuários. Durante o ano foram processados 43.636 dosímetros individuais, que representou um acréscimo de 5,8% em relação a 1995.

No ano foi ainda reativado o serviço de monitoração ambiental por TLD para 6 instalações da Indústrias Nucleares Brasileiras, INB: Usina da Praia, Cutinguta, Botuxim, Usina de Santo Amaro, Interlagos e Fábrica de Elemento Combustível.

Por meio de 3.410 determinações, foram realizadas também as monitorações ambientais para Hércules SA, Central de Manutenção de Camaçari e Cia. Brasileira de Metalurgia e Mineração, CBMM.

O Serviço de Dosimetria Individual do CDTN encontra-se em processo de qualificação junto ao Comitê de Avaliação de Serviços de Monitoração Individual Externa (CASMIE). Para tanto, foram realizados os testes de caracterização do sistema de dosimetria, de acordo com as normas deste comitê, e foram editados e implementados 38 procedimentos relativos ao serviço, como parte dos requisitos para obtenção do certificado de qualidade. Em 1996 foi projetada e planejada a expansão da capacidade de atendimento do serviço de dosimetria, envolvendo necessidades de equipamento, instalações, pessoal e treinamento, de modo a atender à demanda crescente deste serviço pela comunidade de Minas Gerais e de outros Estados. Como parte do projeto de expansão, está em fase de conclusão o projeto para a construção de uma máquina de revelação de filmes semi-automática.

Em 1997, visando dar continuidade à expansão do serviço de dosimetria, serão realizadas a reforma e a ampliação das instalações físicas do serviço, a construção de uma matriz para injeção de porta-filmes, a instalação de equipamento de leitura de TLD, já adquirido em 1996, a montagem de um laboratório para produção de dosímetros termoluminescentes, bem como a construção e instalação da máquina de revelação de filmes. Adicionalmente, Laboratório de Calibração de Monitores e Dosímetros, cuja viabilidade de operação foi trabalhada durante 1996, estará prestando serviços à comunidade já nos primeiros meses de 1997.



Serviço de dosimetria: meta de atender 12.000 usuários

Apoio à Comunidade em Segurança Radiológica: Em 1996 tiveram prosseguimento a cooperação com a Secretaria de Saúde de Estado de Minas Gerais, para o controle dos rejeitos radioativos gerados por instalações que manipulam substâncias radioativas na área de saúde, e a cooperação com a Vigilância Sanitária de Minas Gerais, para suporte em radioproteção na fiscalização às clínicas odontológicas que utilizam aparelhos de raios-X.



Levantamento radiométrico: proteção à saúde da comunidade e de operadores de aparelhos de raios-x diagnósticos

Nas atividades de apoio à comunidade foram realizadas 4 inspeções em aparelhos de raios-X diagnósticos, 8 visitas técnicas a clínicas radiológicas e 25 levantamentos radiométricos em instituições operadoras de fontes de radiação (hospitais, consultórios, indústrias).

Cursos: Através de cursos, o CDTN vem desenvolvendo um trabalho de conscientização e de aprimoramento técnico da comunidade na área de segurança radiológica e no uso da radiação.

Em 1996, foi preparado e ministrado o estágio para oficiais do Curso de Especialização em Defesa Química, Biológica e Nuclear da Escola de Instrução Especializada do Exército, o Curso de Formação da Imagem e Proteção Radiológica para médicos residentes de radiodiagnóstico, o Curso de Radioproteção para bombeiros e o Curso para Técnicos em Radiologia, subordinados à Regional de Sete Lagoas da Secretaria de Estado da Saúde.

Internamente, foram aplicados o Retreinamento em Radioproteção para os servidores de áreas restritas do CDTN, a Reciclagem em Segurança do Trabalho para o pessoal da Conservadora Tock, o Curso de Prevenção de Acidentes para servidores do CDTN, estagiários e membros da CPAT, e Reciclagem em Segurança do Trabalho para os servidores da Divisão de Engenharia e empreiteiros.

Como resultado deste trabalho, a prestação de serviços pelo CDTN já apresenta uma demanda cuja tendência crescente deverá ser mantida em 1997.

Emergências Radiológicas: No período de janeiro/96 a outubro/96, as equipes de plantão de emergência radiológica do CDTN foram acionadas por 4 vezes, das quais 2 chamadas foram para atendimento em Belo Horizonte, 1 para a cidade de Teófilo Otoni, MG, e 1 para a cidade de Caeté, MG.

As horas acumuladas de plantão no referido período foram de cerca de 8.400 horas. Face à extinção do pagamento de sobreaviso, esta atividade foi paralisada em outubro/96.

Radioproteção Ocupacional em Trabalhos Externos: Em trabalho conjunto CDTN/AIEA, o CDTN forneceu o suporte de segurança radiológica na execução dos trabalhos de acondicionamento de agulhas de Ra-226 exauridas do Uruguai (ver Seção: Reprocessamento e Rejeitos Radioativos).

Com elaboração e revisão dos planos de transporte e de proteção radiológica, bem como suporte de radioproteção ocupacional, o Serviço de Proteção Radiológica atuou ainda para a medida da distribuição dos tempos de residência nas unidades de craqueamento catalítico da REDUC e REGAP da Petrobrás (ver Seção: Aplicações de Fontes e Radioisótopos em Física, Química e Processos Industriais).

No contexto interno, as principais realizações de 1996 foram:

Controle Radiológico dos Locais de Trabalho no CDTN: No ano de 1996, visando a manutenção das condições radiológicas seguras nos locais de trabalho, foram realizadas as medições rotineiras de campos de radiação, de contaminação de superfícies e contaminação atmosférica nas 36 áreas restritas do CDTN, compreendendo um total de 117 recintos controlados (laboratórios, salas, almoxarifados, etc.). Essas medidas, realizadas com a frequência adequada a cada tipo de ambiente e atividade, somaram cerca de 2.300 determinações analíticas.

Adicionalmente, para a avaliação dos campos externos de radiação dentro e fora das edificações existentes no CDTN, foram realizadas cerca 1.200 medições, por intermédio de 400 dosímetros termoluminescentes, colocados, estrategicamente, numa malha cobrindo todas as áreas do CDTN.

No controle diário de doses individuais para servidores, visitantes e prestadores de serviços, que tiveram acesso à área controlada do CDTN, foram processados 5.400 resultados de dosímetros TLD-200 (bulbo).

Dosimetria Interna: Em 1996 foi implantada a rotina de exames de corpo inteiro dos servidores do CDTN. Todos os servidores foram submetidos ao exame, cujo resultado passou a constituir um padrão individual para comparações futuras. Em 1997 e nos anos seguintes, deverão ser examinados, rotineiramente, somente os servidores que manipulam ou trabalham em locais com fontes abertas de radiação.



Contador de corpo inteiro: controle e proteção para a saúde de trabalhadores com fontes radioativas

Programa de Monitoração Ambiental (PMA) do CDTN: Em 1996 foram cumpridas todas as atividades previstas para o Programa de Monitoração Ambiental (PMA) do CDTN. Foram editados os relatórios de avaliação de resultados para os períodos 91/92 e 93/94/95, e encontram-se em processamento os resultados relativos ao ano de 1996.

Gerência de Fontes Radioativas: O controle da produção de fontes de radiação foi exercido através de análises das fichas de pedido de irradiação no Reator IPR-R1 e do acompanhamento radiológico das amostras produzidas.

Documentação e Normas: No período, foi encaminhada à SLC/CNEN a documentação visando o descomissionamento da Usina Piloto de Enriquecimento de UF₆.

Adicionalmente, as solicitações da Coordenação de Instalações Radioativas para análise da norma de licenciamento de instalações, que utilizam medidores nucleares, e da norma para credenciamento de supervisores de radioproteção, foram atendidas pela equipe de radioproteção.

Salvaguardas

Controle e Contabilidade de Materiais Salvaguardados: O cumprimento de normas e de procedimentos de salvaguardas da CNEN, ABACC e AIEA constitui o objetivo desta atividade.

Em 1996, foram atendidas duas inspeções/auditorias no CDTN, sendo uma de caráter interno e preparatória para a segunda inspeção que envolveu a AIEA e ABACC, relacionada aos requisitos dos acordos Inf./CIRC/110 (Brasil-EUA), Inf./CIRC/237 (Brasil-Alemanha-IAEA) e Inf./CIRC/435 (Acordo Quatripartite - Brasil-Argentina-ABACC-IAEA).

No Controle e Contabilidade de Materiais Salvaguardados, foram gerados cerca de 80 documentos diversos e formais do Serviço de Salvaguardas, compreendendo os Relatórios de Balanço de Material (RBM e MBR), Relatório de Operação do Reator (RO), Listas de Inventário Físico (PIL), Relatórios e Variação de Inventário (ICR), Notas Concisas (NC), Listagens de Materiais Nucleares e Equipamentos Especificados, Resultados dos Inventários Físicos Realizados e Livros de Registro Geral (LRG).

Missões Externas: Em colaboração com a ABACC e no âmbito do Acordo Quatripartite, foram realizadas 4 missões, abrangendo ao todo 12 inspeções de salvaguardas em instalações e centrais nucleares argentinas.

Treinamento em Salvaguardas: O Curso de Procedimentos de Auditoria de Registros (código 10) e Relatório de Inspeção Automatizado, patrocinado pela ABACC em São Paulo, contou com a participação de toda equipe de salvaguardas (3 servidores).

3.1.2. IEN

Para assegurar os objetivos traçados para a atividade de **Radioproteção Ocupacional e Ambiental** no IEN, em 1996, o Serviço de Proteção Radiológica no atendimento às unidades do Instituto, alcançou os seguintes resultados:

- 140 e 800 monitorações de pessoal e de área, respectivamente, para controle radiológico dos servidores e das áreas restritas;
- 34 avaliações de pontos ambientais de dosimetria termoluminescente;
- 05 operações de transporte de material radioativo;
- 75 descontaminações de área e de superfícies;
- 20 monitorações de efluentes líquidos;

- 15 e 50 operações de descontaminação de vestimentas e de superfícies, respectivamente;
- 10 inspeções nos laboratórios das áreas restritas do IEN para avaliar as condições radiológicas operacionais;
- 20 relatórios de histórico radiológico elaborados;
- 600 análises nos sistemas beta total e de espectrometria gama para controle radiológico ocupacional e ambiental;
- 52 monitorações de corpo inteiro para controle radiológico ocupacional;
- 01 participação no Programa de Intercomparação de Amostras Ambientais - IAEA/IRD;
- 08 liberações de áreas restritas da CFIS e do SPR para realização de obras;
- ministrado 01 Curso Básico de Radioproteção para novos servidores do IEN;
- integração do IEN à rede de comunicações da CNEN, para atendimento a emergências radiológicas, com instalação de um rádio, no SPR.

No tocante a **Metrologia das Radiações**, foram realizadas as seguintes atividades:

Calibração Gama

- 01 participação no Programa de Intercomparação de Calibração de Câmaras de Ionização Padrão realizado pelo IRD/CNEN;
- aquisição de equipamentos: termômetro, barômetro, e de um sistema remoto para posicionamento de fontes e de detectores;
- adequação do sistema de refrigeração do Laboratório de Calibração;
- 05 ensaios radiológicos em equipamentos de radioproteção.

Metrologia de Radônio

- aquisição de porta-detectores e de material para confecção de detectores de traços nucleares;
- iniciada a adequação do Laboratório Móvel para Metrologia de Radônio.

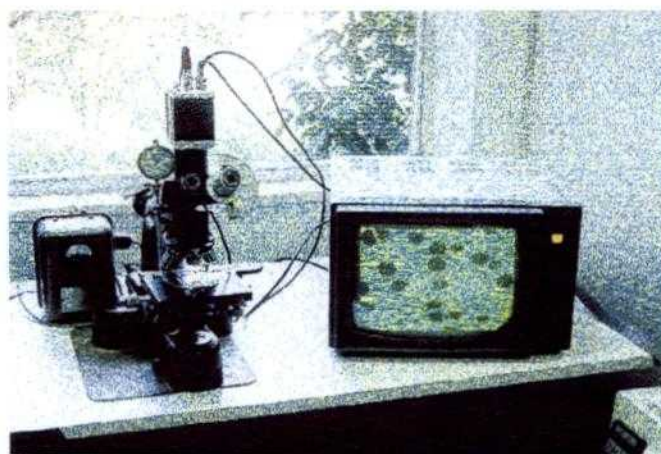
No enfoque do projeto de pesquisa "**Radônio no Ambiente Humano**", já foram obtidos os seguintes dados de níveis de radônio no Brasil, conforme tabela a seguir.

Neste ano, foram executados:

- ⇒ estudo de 07 localidades brasileiras;
- ⇒ 373 determinações de radônio no meio ambiente, residências e em minas com urânio e tório associados;
- ⇒ 238 instalações de pontos de medidas de radônio.

REGIÕES BRASILEIRAS	CONCENTRAÇÃO MÉDIA DE Rn ²²² (Bq.m ⁻³)
Sítio Queiroz - Nova Lima, MG	383 ± 25
Mineração Cambuí - Figueiras, PR	1112 ± 71
USAM - São Paulo, SP	4304 ± 43
Região de Figueiras, PR	116 ± 9
Lagoa Real - Caetité, BA	392 ± 10
Mina de urânio de Poços de Caldas - Caldas, MG	331 ± 17
Mina Grande - Nova Lima, MG	1357 ± 92
Mina Cuiabá - Nova Lima, MG	1911 ± 87
Região do ABC Paulista - São Paulo, SP	259 ± 6
Região de Joinville, SC	116 ± 9
Mina Raposos - Nova Lima, MG	108 ± 9
Região de Poços de Caldas, MG	113 ± 10
Região de Monte Alegre - PA	175 ± 3
Região de Jacobina, BA	267 ± 5
Região de Pitinga - AM	107 ± 10
Região de Belém - PA	87 ± 5
Grutas e cavernas de MG, GO, BA e PA	473 ± 10
Região de Candiota - RS	59 ± 5
Município de Andradadas, MG	81 ± 9
Município de Caldas, MG	51 ± 7
Região do Grande Rio - Rio de Janeiro, RJ	23 ± 2

**Resultados obtidos, de 1995 a 1996, de Concentrações Médias
de Radônio em algumas regiões do Brasil**



Sistema computadorizado para medida de traços nucleares

Dosimetria

Dando andamento à implantação do laboratório de Dosimetria Termoluminescente, cabe destacar:

- aquisição de duas leitoras de dosímetros termoluminescentes da Panasonic; de dosímetros TL e porta -dosímetros;
- treinamento para operação das leitoras de TLD, de um técnico de nível superior do SPR, no IEN, por um especialista da Panasonic;
- construção do Laboratório de Dosimetria;
- iniciado o processo de credenciamento do Laboratório, com a elaboração de documentos relativos à criação do Serviço de Monitoração Individual.

Salvaguardas

Em 1996, foram tomadas todas as providências técnicas e administrativas a fim de manter o controle sob os materiais nucleares existentes no Instituto e atender às inspeções conjuntas da IAEA e ABACC realizadas nas áreas de controle do IEN. Para isto, foram:

- atualizados os inventários físicos dos materiais nucleares salvaguardados;
- emitidos 25 relatórios (Lista de Itens, Relatório de Variação de Inventário, Relatório de Balanço de Material, Lista de Inventário Físico e Relatório de Operação).

Na medida das disponibilidades, foram prestados os seguintes **Atendimentos e Serviços à Comunidade:**

- testes de vazamento e de fuga de fonte radioativa em 150 amostras de esfregaços da Schlumberger, MS Instrumentos, CNEN/DRS/SLC e Hospital Naval Marcílio Dias;
- supervisão e acompanhamento das atividades de radioproteção para execução do trabalho de aplicação de radiotraçador, para avaliação da eficiência do processo de homogeneização de matérias-primas componentes do vidro blindex realizado na CEBRACE, estabelecida em Caçapava/SP;



Controle radiológico empregado para proteção do operador na CEBRACE

- proferidas 04 palestras de radioproteção para representantes da UFPA, de Associações de Moradores, de Escolas de 1º e 2º Grau, da Fundação Nacional de Saúde, bem como para a comunidade em geral de Monte Alegre/PA;
- ministrado 01 Curso Prático de Funcionamento e Operação de Equipamentos e Sistemas de Medidas Nucleares na INB/Poços de Caldas/MG, com carga horária de 40 horas;
- 04 atendimentos a emergências radiológicas, onde foram aplicados procedimentos de radioproteção específicos com posterior recolhimento de fontes radioativas: 01 detector de fumaça, 02 ampolas contendo o radiofármaco I^{131} e de 01 fonte de Am^{241} de um medidor de nível industrial.

Em 1996, a atividade de **Radioproteção Ocupacional e Ambiental** no IEN, para atingir os resultados, enfrentou algumas dificuldades, principalmente aquelas concernentes a perdas no quadro de pessoal do SPR, por aposentadoria e pelo PDV. A despeito disso, conseguiu-se alguns destaques com relação ao ano de 1995:

- Construção do Laboratório de Dosimetria TL e aquisição das leitoras de TLD e dosímetros;
- Aquisição de equipamentos essenciais ao Laboratório de Calibração Gama;

De uma maneira geral, espera-se que em 1997, esta atividade alcance, dentro de suas disponibilidades, uma parcela significativa de realizações, entre elas:

- Atender à crescente demanda das atividades de radioproteção no IEN, tendo em vista os projetos previstos para esse ano: Produção de I^{123} Ultrapuro, Distribuição de I^{131} e Produção de F^{18} ;
- Manter o atendimento à comunidade conforme a demanda ;
- Terminar a adequação do Laboratório de Metrologia de Radônio e integrá-lo à Rede de Metrologia da IAEA;

- Dar andamento à ampliação e iniciar a modernização do SPR;
- Implantar um sistema remoto de monitoração de área via rede interna de computação;
- Credenciar o Laboratório de Dosimetria TL junto ao IRD e iniciar a prestação de serviços de monitoração pessoal e ambiental;
- Homologar o Laboratório de Calibração Gama junto ao INMETRO como Padrão Secundário e iniciar a prestação de serviços de calibração de equipamentos de radioproteção.

3.1.3. IPEN

As atividades permanentes de **Monitoração Pessoal, Calibração e Dosimetria, e Radioproteção Ambiental** atenderam às diversas unidades do IPEN, bem como 371 clientes externos, conforme descrição a seguir:

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

Atividades	1995	1996
• Descontaminação de roupas	3.852	3.873
• Descontaminação de peças e equipamentos (<i>houve em 1996 a interrupção das atividades em algumas instalações da Diretoria "M" e no Departamento de Rejeitos, grandes geradores de peças contaminadas</i>)	2.473	762
• Controle de rejeitos radioativos gerados no IPEN	988	488
• Monitorações rotineiras e operacionais no IPEN (<i>além do acréscimo das atividades nas instalações, foram realizadas diversas monitorações para a elaboração de Planos de Proteção Radiológica</i>)	23.736	73.666
• Engenharia de radioproteção:		
cálculo de blindagem	2	1
levantamento radiométrico	10	23
transporte de material radioativo	1	1
assessoria externa	3	8
• Atendimento a emergências radiológicas e nucleares	18	11

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

Atividades	1995	1996
• Dosimetria Termoluminescente:		
Pessoal	189	468
Área	232	232
Ambiental	325	325
• Processamento de Filmes Dosimétricos	32.520	26.992
• Produção de Pastilhas Dosimétricas	30.000	36.000
• Monitoração de :		
Corpo Inteiro	158	200
Órgãos	218	208
Animais	30	56
• Análises Radiotoxicológicas:		
Urina	1.030	900
Fezes	60	-
• Produção de Soluções e Fontes Radioativas:	60	36
• Calibração de Soluções e Fontes Radioativas	35	64
• Calibração de :		
Monitores Portáteis	1.028	1084
Dosímetros Clínicos	23	24
• Irradiação de Dosímetros:		
Nível Radioproteção	25.000	35.000
Doses Altas	22	16
• Medida de Taxa de Fluência de Nêutrons	105	19
• Emissão de Históricos de Dose	140	73
• Micropesagens	134	107

As realizações da **Radioproteção Ambiental** foram:

Atividades	1995	1996
• Análises de radionuclídeos gama em amostras:		
de efluentes radioativos	546	513
ambientais	81	81
de água da piscina do reator IEA-R1	47	48
• Determinação do teor de urânio e tório em amostras diversas	3	3
• Determinação dos níveis de radiação externa por dosimetria termoluminescente: nº de pontos por trimestre	16	16
• Participação em intercomparações de padrões radioativos com o IRD, EPA, IAEA	14	14

Salvaguardas

Atividade Geral

- Planejamento, coordenação e administração geral das funções de contabilidade e controle do material nuclear nas diversas áreas de balanço de material dentro do IPEN.
- Elaboração e realização de Inventários Físicos de Material Nuclear nas várias instalações do IPEN sujeitas aos acordos internacionais de Salvaguardas.
- Confecção de documentação e relatórios referentes aos acordos internacionais de Salvaguardas.
- Acompanhamento de transferência, contabilidade e controle de material nuclear sujeito a Salvaguardas.
- Acompanhamento das inspeções de Salvaguardas da Agência Brasileiro Argentina de Controle e Contabilidade de Material Nuclear (ABACC) e da Agência Internacional de Energia Atomica (AIEA) às diversas instalações do IPEN.
- Revisão dos Questionários Técnicos das instalações do IPEN sujeitas a Salvaguardas.

Inspeções Externas

Durante o ano de 1996 foram realizadas 02 inspeções, para a ABACC em instalações nucleares argentinas, pelo pessoal pertencente ao quadro técnico do Serviço de Salvaguardas do IPEN. Pelo pessoal do IPEN (inspetores da ABACC), foram efetuadas mais 04 inspeções em instalações argentinas.

Organização e Realização de Cursos no IPEN

- Curso de Salvaguardas para inspetores da ABACC em “ Técnicas Não-Destrutivas ”, no período de 18 a 22 de março de 1996.
- Curso para inspetores sobre “ Procedimentos de Auditoria de Registros - Cód.10 e Relatório de Inspeção Automatizado ”, no período de 13 a 18 de maio de 1996.

3.2. Instrumentação e Controle

3.2.1. CDTN

As atividades de **Instrumentação e Controle**, conduzidas pelo CDTN em 1996 podem ser resumidas em:

- foram realizados os estudos, as alterações de projeto, as especificações técnicas e o acompanhamento de testes operacionais da instrumentação e controle do processo termohidráulico de produção da VITASOPA (ver VITASOPA na Seção 3.4: Saúde e Meio Ambiente);
- foi completada a instrumentação da Torre Meteorológica do CDTN, que atualmente permite a aquisição automática de dados (ver Meteorologia na Seção 3.4: Saúde e Meio Ambiente);
- foi projetado e instalado o sistema de instrumentação e controle inteligente para a unidade de separação de gases por adsorção (ver Separação de Gases por Adsorção na Seção 3.5: Física, Química e Processos Industriais);
- foi projetado e instalado o sistema de instrumentação e controle para a calibração de temperatura e de pressão do Laboratório de Termohidráulica (ver Termofluidodinâmica Experimental na Seção 4.3: Reatores e Segurança Nuclear); e
- foi iniciada em 1996 e encontra-se em andamento a automatização do difratômetro de raio-X, utilizado na identificação de formas cristalinas e no estudo cristalográfico de materiais.

3.2.2. IEN

A evolução das **metas e sub-metas programadas para o ano de 1996** foi a seguinte:

- Implementar e manter o Sistema da Qualidade para Desenvolvimento e Produção de Instrumentação Nuclear: Encontram-se implantados o Manual da Qualidade e 18 Procedimentos. Primeira auditoria de Furnas ocorreu em setembro, com uma ótima avaliação do Sistema.
- Desenvolver a Sonda Telescópica SGM 7026: Desenvolvimento concluído. Protótipo em ensaio final.
- Desenvolver a Sonda Cintilométrica SCT 7026: Desenvolvimento concluído. Protótipo em ensaio final.
- Desenvolver e fabricar o Sistema de Monitoração do Inventário do Reator - SMIR da Usina Angra 1: Sistema desenvolvido, fabricado e ensaiado. Entregue a Furnas em junho/96. Contrato com Furnas concluído.
- Desenvolver e fabricar nove módulos da LINHA H: Atividade atrasada em função da demora na aquisição por Furnas dos componentes eletrônicos necessários. Devido a esta demora, as atividades previstas para o ano de 1996 não foram realizadas, o que poderá acarretar atraso no término desta sub-meta que está previsto para dezembro/97.
- Desenvolver software para o Sistema de Monitoração da Turbina - SMT: Software concluído e entregue a Furnas em setembro/96. Elaborando documentação.

- Desenvolver e fabricar o Sistema de Monitoração de Combustível "IN-MAST" - SMCI: O contrato com Furnas só foi assinado em setembro/96. O Sistema de Análise (Espectrômetro 4031) foi produzido. Vários componentes do Sistema foram entregues por Furnas. Encontra-se em andamento a integração dos vários componentes do SMCI.
- Executar a Manutenção Eletrônica dos Equipamentos e Sistemas do IEN e Eventualmente, de Outras Instituições: Foram realizados um total de 217 serviços, assim discriminados: IEN : 180 serviços; EXTERNOS: 37 serviços (CNEN, ABACC, Hospitais, CPRM, INB, UFRJ).
- Homologar o LACET como Laboratório Secundário Junto ao INMETRO: Documentação para pedido de credenciamento foi entregue ao INMETRO em novembro/96. Dependendo de análise e visita técnica do INMETRO.
- Operar o LACET: O LACET já executa, internamente para o IEN, algumas das atividades previstas , tendo sido realizados 10 serviços . A efetiva entrada em operação do LACET depende de sua homologação junto ao INMETRO.
- Produzir os equipamentos desenvolvidos pelo IEN, conforme demanda: Durante o ano de 1996 foram produzidos e entregues os equipamentos nas quantidades indicadas na tabela a seguir. Foram produzidos um total de 51 equipamentos que geraram recursos da ordem de R\$ 32.142,00 (considerando os recursos provenientes de outros órgãos da CNEN).

“Equipamentos e Instrumentos produzidos no IEN em 1996”

EQUIPAMENTO	QUANT	CLIENTE
Sonda Panqueca 7A003	01	Dr. Mário Attie Jr.
Monitor Portátil 7013	01	Dr. Mário Attie Jr.
Monitor Portátil 7013	01	Hospital das Clínicas do Paraná
Sonda Geiger 7A001	01	Hospital das Clínicas do Paraná
Sonda Panqueca 7A003	01	Hospital das Clínicas do Paraná
Sonda Panqueca 7A003	01	Inst. Radiol. de Mogi das Cruzes
Sonda Panqueca 7A003	03	INB
Sonda Panqueca 7A003	01	Inst. Med. Nuclear e Endocr.
Sonda Geiger 7A001	01	Inst. Med. Nuclear e Endocr.
Monitor Portátil 7013	01	Inst. Med. Nuclear e Endocr.
Sonda Panqueca 7A003	01	Hosp. Sta Genoveva/MG
Telemedidor 7016	01	CDTN
Monitor MIR 7026	01	CTA
Sonda Panqueca 7A003	01	Assoc. Combate Cancer
Espectrometro 4031	02	INB
Monitor Portátil 7013	01	IEN/CREA
Sonda Geiger 7A001	01	IEN/CREA
Dosímetro 7022	02	Hosp. Pedro Ernesto
Sonda Panqueca 7A003	01	Centro Med.Nuclear Brasília
Sonda Cintilométrica 7A002	01	CENPES/PETROBRAS
Pré-amp. 4019 B	01	IEN/CREA
Sonda Panqueca SPQ 7026	01	CTA
Sonda Poço 13A008	01	Hosp. Pedro Ernesto
Dosímetro 7022	02	CNEN/DIFOR
Anal. multicanal 11S001	01	UFRJ
Sonda Panqueca 7A003	01	Radasa-Med. Nuclear-SP
Monitor MIR 7026	01	Inst. Min. de Med. Nuclear
Sonda Panqueca SPQ 7026	01	Inst. Min. de Med. Nuclear
Monitor MIR 7026	01	Hosp. Univ. de Brasília
Sonda Panqueca SPQ 7026	01	Hosp. Univ. de Brasília
Monitor MIR 7026	01	Serv. Med. Nucl. Sta. Maria
Sonda Panqueca SPQ 7026	01	Serv. Med. Nucl. Sta. Maria
Monitor MIR 7026	01	Hosp. Pedro Ernesto
Sonda Panqueca SPQ 7026	01	Hosp. Pedro Ernesto
Pré-amp 4019	01	IEN/CREA
Monitor MIR 7026	01	Hosp. Santa Rita
Monitor MIR 7026	01	Unidade Radiológica Paulista
Sonda Cintilométrica 7A002	01	CNEN/SLC/COLB
Sonda Panqueca 7A003	01	CNEN/SLC/COLAB
Monitor de Pés e Mãos 7015	01	CNEN/SLC/COLB
Sonda GM 7A001	01	Clínica Vitória Régia
Monitor Portátil 7013	01	Clínica Vitória Régia
Sonda Panqueca 7A003	01	Clínica Vitória Régia
Sonda GM 7A001	03	IRD
Total	51	

- Oferecer Treinamento em Manutenção de Analisadores Multicanais - ARCAL XIX: Foi realizado conforme programado o treinamento para 2 bolsistas entre 15/04 e 14/06, sendo um de Cuba e outro do Panamá, e entre 12/08 e 11/10 para 2 bolsistas, sendo também um de Cuba e outro do Panamá.
- Modernizar Gama Câmaras Analógicas - ARCAL XXIII: O engenheiro José Carlos Soares de Almeida acompanhou a instalação e os testes iniciais de uma interface de aquisição de imagens desenvolvida por Cuba na Gama Câmara CGR do Centro de Diagnóstico por Imagens do Hospital da Faculdade de Medicina da UNESP em Botucatu, SP.
- Organizar o Seminário sobre Novas Problemáticas de Manutenção de Instrumentação Nuclear, em novembro de 1996, no IEN - ARCAL XIX: O Seminário foi realizado conforme programado. Estiveram presentes 13 participantes de 8 países da América Latina (6 brasileiros), além de 2 peritos convidados e o Oficial Técnico da AIEA.
- Dar execução às solicitações de Peças de Reposição para Manutenção de Equipamentos - ARCAL XIX: Foram recebidos os componentes referentes a 5 solicitações de 1995 e 4 solicitações de 1996. Foram encaminhadas mais 6 solicitações em 1996, não recebidas até o final do ano.
- Desenvolver um Sistema para Monitoração de Radiação: Encerradas as fases de Definição e Plano Gerencial do projeto do Sistema de Monitoração de Radiação 7027. O coordenador do CREA aprovou na íntegra o projeto proposto, visando sua aplicação no reator Argonauta.

Além das metas e sub-metas programadas, foram executadas outras atividades, cuja evolução em 1996 foi a seguinte:

- Modernização da Instrumentação do Reator IEA-R1 do IPEN: Foi feita a contratação do IEN para o desenvolvimento e fabricação de dois bastidores de comparadores de valor limite, e para o desenvolvimento e fabricação de um sistema para monitoração do fluxo neutrônico pelo método das flutuações (Campbell). Ambas atividades encontram-se em andamento.
- Instalação e Ensaios Finais da Nova Instrumentação do Reator IPR-R1 do CDTN: Foi entregue ao CDTN toda a documentação relativa ao projeto da instrumentação (manuais e relatórios de ensaio de cada módulo e do sistema completo). Foi concluída a instalação e foram executados os ensaios de qualificação da nova instrumentação do reator, que após algumas pequenas modificações foi considerada aprovada.
- Desenvolver e Fabricar o Controlador de Potência para o Circuito de Convecção Natural da CREA/IEN: Desenvolvimento e fabricação concluídas. Realizando ensaios finais.
- Desenvolver e Fabricar o Sistema de Aquisição de Dados para Máquina de Fluência da CMEQ/ IEN: Desenvolvimento e fabricação concluídas. Realizando ensaios finais.

- Desenvolver e Fabricar Fontes de Alimentação para Motores e Embreagens das Barras de Controle do Reator Argonauta para CREA/IEN: Projeto dos circuitos concluído. Confeccionando placas de circuito impresso.

Pesquisa e Desenvolvimento de Detectores de Radiação

- Manutenção e pré-qualificação de dosímetros clínicos para hospitais (4) e centros de radioterapia (2).
- Desenvolvimento de um sistema para espectrometria de raios gama que foi utilizado pela SUAPQ/CMEQ/IEN nos seus trabalhos experimentais referente a utilização de radiotraçadores na avaliação de processos industriais.
- Análise de um sistema ZnS(Ag) para o SPR/IEN.
- Desenvolvimento de um cintilador plástico para o SPR/IEN.
- Desenvolvimento de um detector proporcional a ar, um cintilador de Na(I) e um de ZnS(Ag) que foram emprestados a UFF.
- Manutenção de 10 câmaras de ionização tipo dedal.
- Manutenção e recuperação de um detector de Ge(Hp)(pop-top) para SUFIN/IEN.
- Montagem de 35 cintiladores Na(I) para o SPR/IEN (5 estão em fase de testes e os outros em confecção na oficina mecânica).
- Montagem de 5 cintiladores ZnS(Ag) (em fase de testes).
- Adequação de um ALTEC para o SPR/IEN.
- Qualificação de um sistema detector de poço para o SPR/IEN.
- Conserto de um monitor Nardeaux IBAP para o SPR.
- Troca de detectores geigers do monitor de pés e mãos da SUFIN/IEN.
- Manutenção de uma bomba de vácuo da SUFIN/IEN.
- Manutenção de um cintilômetro SRAT da SURAD/SUFIN.
- Foram efetuados estudos sobre calorímetros.

Desenvolvimento de Detectores

Em 1996, foi desenvolvido um detector cintilador plástico de alta resolução para radiação Compton. Esta atividade possibilitou a elaboração de uma tese de mestrado.

3.3. Bioengenharia e Agricultura

3.3.1. CDTN

Irradiação de Alimentos: Dentro do projeto de Irradiação de Alimentos, cujo objetivo é o de promover a utilização deste processo no Estado de Minas Gerais, o CDTN/CNEN deu continuidade, em 1996, ao trabalho de divulgação desta tecnologia e à busca de empresas ou grupos empresariais interessados em investir neste segmento tecnológico.

Esta técnica moderna de higienização e de esterilização, não somente de produtos alimentares, mas também de produtos farmacêuticos, de preservação de documentos históricos, etc, deverá substituir com diversas vantagens a utilização de conservantes químicos, reconhecidamente danosos à saúde humana. De forma legal, esta substituição deverá ocorrer em diversos países desenvolvidos até o ano 2000. Portanto, a implantação desta técnica no País permitirá transpor as barreiras às exportações de produtos alimentares, que deverá ocorrer a partir do ano 2000.

No esforço de promoção desta técnica, o CDTN/CNEN conta com o apoio da Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, SEAPA-MG, da Federação das Indústrias de Minas Gerais, FIEMG, das Universidades Federais de Lavras e de Viçosa, da Agência Internacional de Energia Atômica, AIEA, e outras instituições de destaque.

As principais realizações, dentro deste projeto, no ano de 1996, podem ser resumidas em:

- Lançamento do informativo "Irradiação de Alimentos - News", que teve seis edições no período e é distribuído, via fax, aos empresários do setor agro-industrial, à mídia e outros interessados. Neste informativo são veiculadas as novidades na área da irradiação de alimentos e o andamento da implantação dessa tecnologia no Estado de Minas Gerais;
- Realização de palestras e debates no "Ciclo Regional de Debates sobre Energia Nuclear" (organizado e realizado pela CNEN em Minas Gerais), na Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), na Faculdade de Agronomia da Univ. Federal de Goiás (UFGO), na Comissão de Agropecuária e Política Rural da Assembléia Legislativa do Estado de Minas Gerais e na Associação Comercial e Industrial de Uberaba;
- Inauguração, na Internet, da *home-page* sobre a irradiação de alimentos, que pode ser acionada através do endereço <http://www.cdtm.br/irradiacao.html> e edição de 2.000 exemplares do *folder* "Questões Mais Frequentes Sobre a Irradiação de Alimentos";
- Realização de seminário com presença de perito da firma belga Ion Beam Applications (IBA) e com apoio da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG);
- Entrevistas em diversos programas e jornais diários do rádio e da televisão, bem como reportagens em jornais e periódicos de grande circulação;
- Com duração de 23 minutos, foi realizada a dublagem, para o português, de vídeo do Grupo Consultivo Sobre Irradiação de Alimentos, IGCFI (FAO, AIEA e OMS), onde é apresentada a tecnologia de irradiação de alimentos;
- Sob patrocínio da AIEA, foi realizada visita de perito do CDTN/CNEN a diversas instalações de irradiação dos Estados Unidos da América;

- Elaboração de um programa de testes de irradiação de batatas, cebolas e alho, atendendo à solicitação de empresário do setor;
- Participação em audiência pública, por convocação das Subcomissões de Ciência e Tecnologia e de Agricultura e Política Rural, na Câmara dos Deputados em dez./96.

A partir da aprovação de emenda de despesa ao Orçamento/97 da União, serão iniciados os trabalhos de implantação de um irradiador de alimentos em Uberaba, MG.



Trabalho de divulgação da tecnologia de Irradiação de Alimentos: 6 edições do informativo "Irradiação de Alimentos - News" e folder sobre a Irradiação de Alimentos

3.3.2. IPEN

Preparação de Hormônios por Técnicas de DNA Recombinante

Hormônio de crescimento humano recombinante (rec-hGH)

- Preparação de lotes de rec-hGH com a qualidade recomendada pelas Farmacopéias Européia e Brasileira quanto à pureza, potência, identidade e segurança.
- Testes de toxicidade aguda: Realizados em 3 cães da raça beagle, aos quais foram administradas doses 2x, 5x e 25x a dose terapêutica utilizada em humanos, tendo sido avaliados parâmetros cardiológicos. Estes testes foram feitos em colaboração com a Escola de Medicina Veterinária da USP. Também foi realizado teste de toxicidade em camundongos, quando então é administrada uma dose até 250x a dose terapêutica.

- Estudos do produto liofilizado: Foram estabelecidas as condições ótimas de liofilização quanto ao tempo de congelamento, de liofilização primária e secundária, em que agregados ou dímeros de hGH não são formados e em que a umidade residual está dentro dos limites permissíveis.
- Padronização de técnica de análise por HPLC a partir do choque osmótico pela qual, dentro de 24 horas do início da fermentação de bactérias, é possível uma visão completa das proteínas recombinantes secretadas pela bactéria. Por essa técnica, é possível descartar o produto de fermentações não eficientes antes mesmo de processá-lo integralmente, gerando uma economia de tempo e dinheiro. Esta padronização é tema de uma tese de doutorado e os resultados foram submetidos à publicação em revista internacional.
- O Dr. Paolo Bartolini apresentou um seminário na firma Sanofi (Toulouse, França) sobre os dados obtidos na TBM na purificação e caracterização de proteínas recombinantes, o que resultou numa importante colaboração entre o nosso laboratório e esta firma.

Hormônio tireotrófico humano recombinante (rec-hTSH)

- Foram isolados os genes das subunidades α e da subunidade β do hTSH a partir de uma genoteca de cDNA hipofisário utilizando a técnica de PCR (reação em cadeia da polimerase).
- Iniciou-se o trabalho de introdução das subunidades α e β em vetores para expressão do rec-hTSH em células de mamífero.

Prolactina Humana Recombinante (rec-hPrl)

- Deu-se continuidade a estudos visando aumento de expressão da rec-Prl (expressão periplasmática) em bactérias. Foram feitas 6 novas construções contendo diferentes seqüências sinalizadoras, tendo-se obtido grande melhoria na eficiência de processamento desse hormônio em 2 dessas construções.
- Foram feitos estudos sobre a expressão citoplasmática da tag-Prl, em bactérias, juntamente com estudos em HPLC-size exclusion, visando uma melhoria na qualidade de proteína recombinante renaturada de corpos de inclusão citoplasmáticos.
- Foi obtido pela primeira vez a rec-hPrl em células de mamíferos (células CHO) em colaboração com o laboratório Sanofi.

Hormônio foliculotrófico recombinante (rec-hFSH)

Foi iniciado o trabalho de isolar por PCR a subunidade β desse hormônio, utilizando "primers" específicos.

Preparação de Reagentes para Radioensaios

- Concluído o trabalho de colaboração internacional com a Organização Mundial da Saúde (WHO) sobre o padrão de referência de hTSH recombinante.
- Preparado, calibrado e distribuído novo lote de padrão recombinante de hTSH.
- Realizado trabalho de campo, em Costa Rica, visando adequar os nossos reagentes para IRMA de hTSH (padrão, anticorpo marcado e fase sólida magnética) às condições de uso no "screening" de hipotireoidismo neonatal daquele país.

Venenos

No ano de 1996 foi dado seguimento aos estudos de caracterização dos principais venenos no Brasil, assim como das suas principais frações. Isso tudo no sentido de se elucidar a ação da radiação ionizante sobre toxinas de modo geral, visando a curto prazo a produção de soros antiofídicos para uso veterinário e tratamento de protozooses, ambos utilizando toxina irradiada.

As metas alcançadas durante este ano foram as seguintes:

- Caracterização da atenuação da toxicidade do veneno total de cascavel, irradiado com diversas doses.
- Estudos de biodistribuição e caracterização da crotamina do veneno de cascavel.
- Ensaios de perfusão de traçadores radioativos em tecido cerebral de ratos, realizados em colaboração com o Laboratório de Farmacologia do Instituto Butantã.
- Determinação da pureza e caracterização das giroxinas ou toxinas semelhantes à trombina, isoladas do veneno de surucucu e cascavel.
- Estudos de inibição do crescimento de protozoários por venenos de serpentes irradiados, desenvolvidos em colaboração com o Instituto de Medicina Tropical da USP.
- Testes em carneiros com venenos irradiados para obtenção de soro antiofídico para uso veterinário, realizados dentro do convênio firmado com a Faculdade de Medicina Veterinária e o Centro de Estudo de Venenos e Animais Peçonhentos (CEVAP), ambos da UNESP.

Mutagênese

O grupo de mutagênese da Supervisão de Radiobiologia desenvolve pesquisas voltadas para o estudo do efeito da radiação ionizante em nível celular, tanto IN VIVO como IN VITRO.

As principais atividades realizadas pelo grupo podem ser sumarizadas nos seguintes itens:

- Foi padronizada a técnica do Cometa ("Single cell gel electrophoresis assay") para a detecção de danos radioinduzidos no DNA de células sanguíneas irradiadas IN VITRO com ^{60}Co . A implementação desta técnica, juntamente com o método citogenético, visa a construção de curvas dose-resposta para dosimetria biológica, estudos de mecanismos básicos de dano no DNA, reparo celular e radiosensibilidade individual. Está em pauta a adequação de um sistema informativo para quantificação das lesões para uma análise mais rápida e completa.
- Iniciou-se estudo sobre o efeito citogenético do ^{153}Sm -EDTMP em linfócitos sanguíneos de pacientes com câncer, em colaboração o grupo de pesquisadores do Centro de Medicina Nuclear da Faculdade de Medicina da USP.
- Dando continuidade ao estudo dos efeitos da radiação γ de ^{60}Co sobre o sistema embrionário de caramujo hospedeiro intermediário da esquistossomose, a pesquisa se encontra na etapa de averiguar as alterações bioquímicas e morfológicas induzidas pela radiação em embriões nos diferentes estágios do desenvolvimento. Este estudo está sendo realizado com os pesquisadores do Laboratório de Biologia Celular do Instituto Butantã.

Biomateriais

Na preparação de polímeros biofuncionais formados pela radiopolimerização, foi efetuada a caracterização química da matriz polimérica obtida com o monômero acrilóil-l-prolina-metil-éster (aProOMe). O polímero com propriedade termossensível deverá compor um sistema de liberação controlada de droga e, em prosseguimento, será estudada a liberação do fármaco paracetamol, uma droga de ação analgésica. Por outro lado, em matrizes obtidas pela enxertia de ácido acrílico sobre polietileno e polipropileno, efetuou-se a imobilização química da glicose oxidase, estudando-se a sua atividade e parâmetros cinéticos após a imobilização.

Na avaliação biológica de materiais de uso biomédico, foram realizados testes de citotoxicidade do látex de borracha natural vulcanizada pela radiação RNRL e da hidroxiapatita. Estudos estão sendo conduzidos para a extração de proteínas do (RNRL) para a sua caracterização bioquímica e imunológica.

Em polímeros nacionais utilizados na fabricação de artefatos médicos e que devem ser esterilizados, como o policarbonato e o PVC, foi estudada a degradação radiolítica e constatado que em doses de radioesterilização (25 kGy) somente as propriedades óticas são alteradas, surgindo o amarelecimento.

Iniciou-se o desenvolvimento da fabricação de cateteres, a partir do látex de borracha natural vulcanizado com radiação ionizante (RNRL) pelo método da gravidade, aproveitando o fato de a viscosidade do látex aumentar significativamente após a irradiação.

Iniciou-se também o desenvolvimento de um simulador de tecido, utilizado em radioterapia para superficializar a dose em tratamento de câncer de pele e de mama, a partir do RNRL. Este desenvolvimento está sendo feito em conjunto com o Hospital das Clínicas da UNICAMP.

3.4. Saúde e Meio Ambiente

3.4.1. CDTN

Na área de alimentos, diversas foram as realizações do CDTN/CNEN em 1996:

Suplemento Alimentar “Pão-Forte”: O chamado “pão-forte” é um suplemento alimentar destinado ao combate da subnutrição infantil em idade pré-escolar. Este projeto foi desenvolvido em cooperação com a Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Utilizando-se de técnicas de análise convencionais e instrumentais, o CDTN/CNEN concluiu em 1996 a caracterização química, com a determinação dos diversos elementos minerais presentes neste suplemento alimentar. Estas análises tiveram por objetivo a avaliação das características do suplemento, com a mudança do nível de produção da escala doméstica para a semi-industrial.

VITASOPA: Enormes quantidades de alimentos, ainda em condições de uso alimentar humano, são desperdiçadas nas Centrais de Abastecimentos, CEASAs. A CEASA-MG tem como proposta a fabricação de sopa a partir destes alimentos e a sua distribuição às pessoas carentes.

A fábrica de sopa da CEASA-MG, VITASOPA, encontrava-se inoperante, devido a problemas com o processo termohidráulico para a esterilização de sopa em latas. Em 1996, o CDTN/CNEN concluiu os estudos, as especificações técnicas, as montagens, os testes pré-operacionais de implantação e comissionamento do processo termohidráulico alternativo que permitiu a esterilização da sopa e a manutenção da integridade das latas de embalagem.

Com acompanhamento dos testes e a emissão de relatórios técnicos foram realizadas diversas análises, propostas e implementadas as melhorias necessárias do processo e comprovada sua efetividade.

Na área de saúde, diversas foram as realizações do CDTN/CNEN em 1996:

Análises Radioquímicas da

Saúde: Os processos analíticos de determinação de trítio e de carbono-14 para diagnóstico de úlcera gástrica, utilizando-se da técnica de cintilação líquida, foram reavaliados e aperfeiçoados em 1996.

Utilizando-se desta técnica, foram realizadas em 1996 cerca de 3.000 análises de carbono-14 para diagnósticos médicos. Até o momento, mais de 15.000 pacientes, portadores de úlcera gástrica, já foram atendidos em um trabalho conjunto com o Hospital das Clínicas da UFMG.



Testes respiratórios para diagnóstico de úlcera: 15.000 pacientes beneficiados

Metais em Substratos Humanos: No contexto de determinação de metais em substratos humanos, foram concluídas as análises de composição química em amostras de cabelos de 70 crianças do Hospital das Clínicas da UFMG. Destas crianças, metade foram consideradas saudáveis e a outra metade apresentavam fibrose cística. Utilizando-se das técnicas de ativação neutrônica e de absorção atômica, este projeto tem por objetivo final avaliar a utilização de cabelos em diagnósticos médicos. Adicionalmente, foi iniciado o estudo da composição de cabelo e de leite humano da população de Baldim, localidade considerada *clean*, ou seja, livre de poluição ambiental.

Laboratório de Radiobiologia: Com a crescente demanda de aplicações de técnicas nucleares na área de Saúde, o CDTN/CNEN decidiu pela implantação do Laboratório de Radiobiologia para fazer face a esse aumento de demanda e, desta forma, ampliar o leque da aplicação das técnicas nucleares.

Este laboratório está sendo implantado com recursos de órgãos de fomento. Infelizmente, os cortes orçamentários ocorridos em 1996 atrasaram a execução, por parte do CDTN/CNEN, das obras e instalações necessárias a esta implantação e que constituem a contrapartida do CDTN frente aos órgãos de fomento. Contudo, com os recursos humanos e materiais já disponíveis, foram conduzidos experimentos preliminares na **marcação radioisotópica de toxinas**, cujo objetivo é marcar a toxina do cólera e determinar sua interação com a levedura *S. bouldardii*, que é utilizada no combate a diarreias.

Foi iniciado o estudo dos **mecanismos bioquímicos envolvidos na indução da radio-resistência em leveduras**, cujo objetivo final é determinar se os níveis de trealose influenciam a indução de radio-resistência. Resultados preliminares, obtidos em 1996, estão sendo encaminhados à comunidade médica e científica.

Laboratórios de Medidas Ambientais: Além do desenvolvimento de projetos próprios, estes laboratórios atuam no apoio técnico de projetos de atividades diversas. As realizações na área de medições ambientais, relacionadas à Saúde e Meio Ambiente, pode ser sumariadas em:

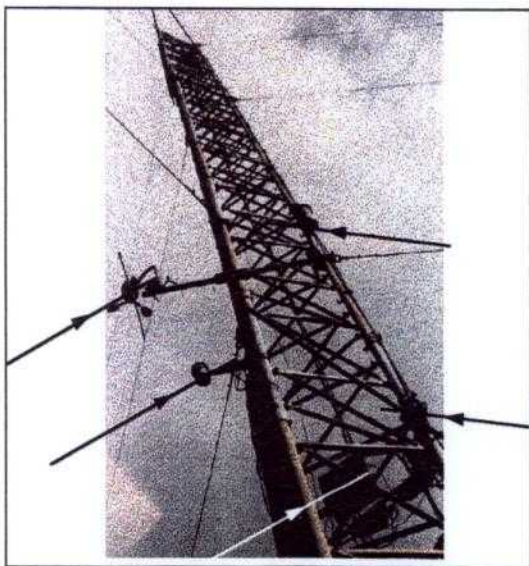
- Início do estudo para a determinação, por cromatografia iônica, de alguns oxianions metálicos (As, Se, V, W, Mo e Cr) potencialmente tóxicos e frequentemente presentes, a níveis de traços ($\mu\text{g/ml}$), em águas naturais;
- Com financiamento da Fundação de Amparo à Pesquisa de MG - FAPEMIG, encontra-se em desenvolvimento a metodologia analítica para a especiação de mercúrio em amostras de água, peixe e sedimentos, para atender à pesquisa de contaminação por mercúrio e seu impacto na saúde e no meio ambiente (ver adiante Medições Ambientais);
- Implantação da técnica de cromatografia iônica para a determinação de fluoreto, cloreto, brometo, nitrato, nitrito e sulfato em amostras de águas superficiais, de lagoa e de águas subterrâneas, em apoio técnico aos "Estudos Limnológicos na Lagoa de Maimbá" (ver adiante Transporte e Dispersão de Poluentes) e "Caracterização de Bacias Cársticas no Semi-Árido de Minas Gerais" (ver adiante Recursos Hídricos).

Meteorologia: Esta área de atividades do CDTN/CNEN tem por objetivo estudar a dispersão de poluentes atmosféricos em região de topografia acidentada. Para tanto, o CDTN dispõe de uma estação meteorológica e de uma equipe de técnicos envolvidos na coleta de dados, na análise de resultados e na modelagem dos fenômenos de dispersão atmosférica.

Em 1996, foi concluído o processo de importação de equipamentos para instrumentação da torre meteorológica, foram iniciados o desenvolvimento e os testes dos programas de aquisição de dados, bem como, os testes de desempenho dos sensores atmosféricos.

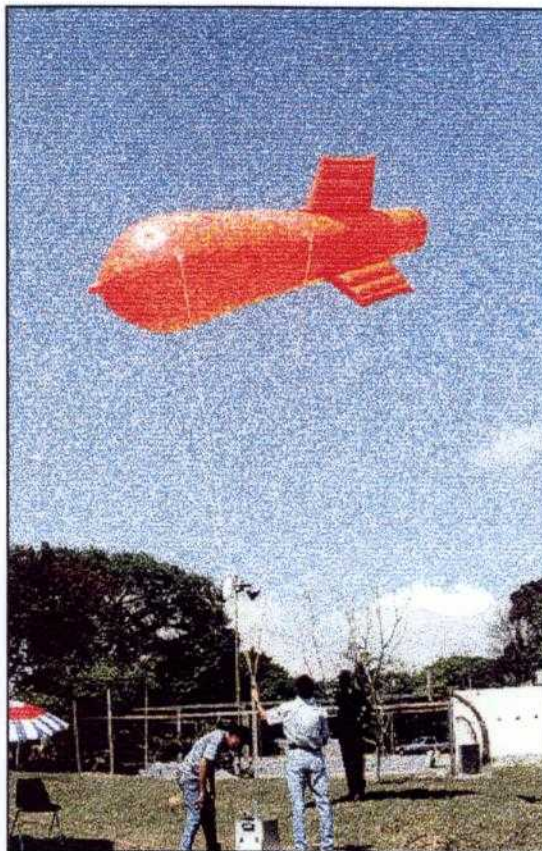
Com financiamento do programa RHAEC/CNPq, o CDTN/CNEN recebeu a visita do Dr. David Fields, do Oak Ridge Laboratory, USA, que, no período de setembro-outubro, orientou e participou dos estudos de dispersão de poluentes atmosféricos, incluindo o experimento de sondagem atmosférica. Esse experimento foi realizado pelo CDTN/CNEN na área do Campus Universitário da Pampulha, Belo Horizonte, utilizando um balão de estudos meteorológicos. Foram realizadas 75 sondagens, até a altura de 1.600 m acima do nível do mar. Os dados coletados estão sendo processados com os códigos computacionais desenvolvidos e adaptados pelo CDTN. Esses dados complementam a monitoração efetuada pela torre meteorológica do CDTN, que agora conta com um sistema automático de coleta de dados.

Uma nova sondagem deverá ser realizada em 1997 visando a coleta de dados no período de inverno e a consolidação da capacitação técnica para o estudo de dispersão de poluentes atmosféricos.



**Torre Meteorológica do CDTN, com
indicação da instrumentação**

**Vista do balão utilizado para
sondagem atmosférica na
campanha de coleta de dados -
set./96 →**



Recursos Hídricos: Dentro do projeto “Caracterização de Bacias Cársticas no Semi-Árido de Minas Gerais” e juntamente com a COPASA - Cia. de Saneamento de Minas Gerais, foram estabelecidos os pontos de medições fluviométricas e editados os relatórios referentes às campanhas de medições do final de 1995. As 4ª e 5ª campanhas de medições foram realizadas de acordo com a programação. No período foram realizadas duas reuniões de acompanhamento com perito da AIEA, dentro do projeto de cooperação técnica estabelecido com este organismo.

O projeto visa realizar o balanço hídrico em uma região semi-árida do norte de Minas (bacia do Rio Verde Grande, Montes Claros), determinando a exploração adequada das reservas subterrâneas, tanto para o consumo humano quanto para a agroindústria. Presentemente, já foram determinados o tempo de renovação da água, com conseqüente definição das áreas preferenciais de exploração e algumas das conexões subterrâneas, que contribuirão na definição da rede de fluxo dos aquíferos. Foi ainda implantada uma rede de estações fluviométricas, para o levantamento de dados e controle da hidrologia de superfície da região, e, finalmente, foi determinada a taxa de infiltração da água de chuva e a quantidade de recarga anual dos aquíferos nesta região de Montes Claros. A realização deste projeto tem contribuído no aporte de conhecimentos, de metodologias e de técnicas que, seguramente, serão aplicados em projetos de outras regiões do País.



Recursos Hídricos: injeção de traçador para medida de vazão (Rio Cedro, Montes Claros)

As perspectivas para 1997 desta atividade apontam para:

- a) Finalização dos estudos da bacia do Rio Verde Grande;
- b) Ainda em cooperação técnica com a AIEA, início do estudo de exploração dos recursos hídricos na região de Lagoa Santa, visando a resolver o problema de abastecimento urbano da região norte de Belo Horizonte, MG;
- c) Em cooperação com os órgãos de governo e prefeituras de Minas Gerais, início dos estudos visando a preservação e a exploração comercial dos mananciais de águas minerais naturais do sul de Minas Gerais;
- d) Através de emenda de despesa orçamentária da União, implantação do Laboratório de Hidrogeologia e Hidrogeoquímica, que consolidará a capacidade técnica existente e permitirá a extensão, para o semi-árido brasileiro, dos estudos de desenvolvimento socioeconômico auto-sustentado, com base na exploração equilibrada de recursos hídricos.

Hidráulica Marítima e Engenharia Costeira: Esta área de atividades do CDTN/CNEN tem por objetivo diagnosticar o comportamento hidráulico e morfodinâmico de regiões costeiras visando o impacto ambiental e as obras de engenharia.

No primeiro semestre de 1996 foi assinado com a Petrobrás o contrato para o projeto de diagnóstico ambiental na costa sul brasileira. Foram ainda realizadas as campanhas de lançamento e fundeio de equipamentos em Paranaguá e Antonina, PR, São Francisco do Sul, SC, e Tramandaí, RS. Foram realizadas duas campanhas de revisão e de manutenção dos equipamentos e a reunião geral da Comissão de Coordenação das atividades. No ano de 1996 foram editados os planos de trabalho e 3 relatórios de progresso das atividades. Em paralelo, foi lançado o ondógrafo em Rio Grande, em projeto do Convênio com a Fund. Universidade do Rio Grande, FURG, Rio Grande do Sul.

Como principais avanços conseguidos em 1996 cabe destacar a completa caracterização das áreas em estudo, que permitiram à Petrobrás estabelecer um plano de ações consistentes, em caso de derramamento de óleo na região; a transferência de técnicas para as universidades locais participantes do projeto e, finalmente, o aumento

significativo do acervo de conhecimentos dos parâmetros hidráulicos e sedimentológicos da costa sul brasileira.

Medições Ambientais: Em continuidade do projeto de Monitoração do Ar/Poluição Atmosférica, foi assinado o convênio com as prefeituras de Itaúna, Sete Lagoas e Divinópolis, MG. Em complemento ao projeto conduzido dentro de convênio com a Fund. Estadual do Meio Ambiente (FEAM), foi realizado o treinamento de técnicos destas cidades na área de medições ambientais.

Contemplando a extensão de projeto similar ao pólo industrial guzeiro de Minas Gerais e o impacto ambiental da mineração na região de São Tomé, MG, foi estabelecido o acordo e elaborado o programa de cooperação em projeto coordenado pela GTZ - Associação Alemã de Cooperação Técnica.

No escopo de medições ambientais, foram realizadas no CDTN as adaptações prediais para receber os equipamentos e os sistemas projetados para o Laboratório de Tecnologia do Ar, que tem por objetivo realizar a calibração de amostradores de ar e de chaminés, para atendimento de demandas de natureza interna e externa.

Adicionalmente, foram concluídos os testes de qualificação da nova retorta de recuperação de mercúrio em garimpos. Estas retortas foram projetadas pelo CDTN/CNEN no escopo do projeto conjunto com a FEAM de "Pesquisa da Contaminação por Mercúrio em Garimpo de Minas Gerais e seu impacto na saúde e no meio ambiente".



← Retorta

As retortas, confeccionadas pelo CDTN e já qualificadas pelo IBAMA, foram cedidas a garimpeiros da região de Monsenhor Horta, Mariana, MG, dentro do projeto piloto para a avaliação da mitigação dos problemas ambientais em garimpos.



Recuperação de mercúrio em garimpos: proteção ambiental e saúde da população como objetivos (Monsenhor Horta, Mariana, MG)

Finalmente, foi emitido o relatório final do Programa de Monitoração Ambiental para a Cia. Brasileira de Metalurgia e Mineração, Araxá, MG.

Produção, Transporte e Deposição de Sedimentos: O objetivo desta área de atividades do CDTN/CNEN é qualificar e/ou quantificar a composição e a dinâmica de sedimentação em corpos d'água.

Em composição com a Superintendência de Desenvolvimento da Capital, SUDECAP, a Associação Brasileira de Recursos Hídricos, ABRH, a Escola de Engenharia da UFMG, a Cia. Energética de Minas Gerais, CEMIG, e a Cia. de Pesquisa de Recursos Minerais, CPRM, foram realizadas diversas reuniões técnicas para avaliação da recuperação da Lagoa da Pampulha. Estas avaliações são realizadas tendo por base o trabalho de batimetria da lagoa, realizado pelo CDTN/CNEN em anos anteriores. Em 1996 foi ainda elaborado o Programa de Monitoração Hidrossedimentológica para a Lagoa da Pampulha, no contexto de um projeto municipal, cuja finalidade é a quantificação e o balanço da carga de sedimentos, visando a subsidiar o projeto de dragagem e de recuperação a longo prazo.



Batimetria da Lagoa da Pampulha: Subsídio importante no processo de recuperação (Belo Horizonte, MG)

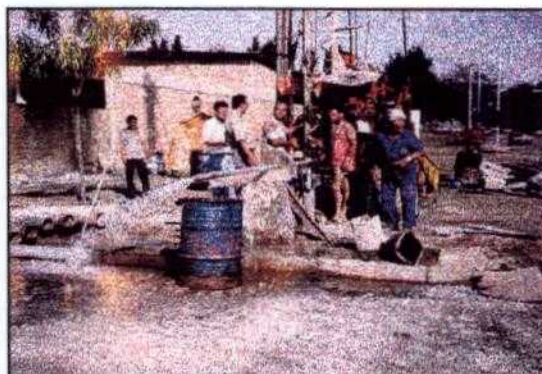
Transporte e Dispersão de Poluentes: Esta atividade tem por objetivo caracterizar o comportamento na atmosfera e em corpos hídricos e definir as ações para proteção do meio ambiente.

Neste contexto, foi assinado, com a SAMARCO Mineradora, o contrato para a determinação da dispersão de poluentes na Lagoa Maimbá, ES, e foram realizadas duas campanhas de amostragem. A análise dos resultados já obtidos indicam pequena dispersão dos efluentes e subsidiarão a determinação da capacidade da lagoa em receber os efluentes gerados pela expansão da usina da SAMARCO.

Em convênio com a Univ. Federal de Minas Gerais, UFMG, foram analisados os dados hidrodinâmicos do Programa PROHBEN - Programa Hidrogeológico da Bacia de Engenho Nogueira. Foi obtida a caracterização do lençol freático da região que subsidiará as avaliações de abastecimento, bem como as medidas de proteção do aquífero contra eventuais contaminações.



Embarcação do CDTN durante o estudo na Lagoa de Maimbá, ES



Coleta de dados hidrodinâmicos no Programa PROHBEN (teste de bombeamento - Belo Horizonte, MG)

A equipe do CDTN realizou ainda a primeira e a segunda campanhas de medições voltadas para a implantação de aterros sanitários.

No período, o CDTN recebeu a visita dos participantes do *Workshop* Internacional sobre Abastecimento Alternativo de Água Potável para Grandes Metrópoles.

Em atendimento à solicitação da Petrobrás, o CDTN iniciou os estudos para avaliação dos descartes de efluentes da produção de óleo nas plataformas Xarel 01, RN, e Curimã, CE.

Finalmente, no contexto de informatização desta área de atividade, destaca-se o domínio e a aplicação dos códigos computacionais Hydrisis e Modflow, integrados a *softwares* de apoio, a banco de dados e a planilhas.

Coleta Seletiva de Materiais Recicláveis: Como mecanismo de proteção do meio ambiente, o CDTN/CNEN vem desenvolvendo um trabalho de educação ambiental através da prática da coleta seletiva de materiais recicláveis e de combate ao desperdício, incluindo nesse contexto a alimentação fornecida no restaurante.

Desde o início desse projeto, em 1993, todos os papéis, vidros, metais e plásticos são recolhidos em coletores apropriados, armazenados e destinados para reutilização ou para reciclagem, através de doações feitas a instituições filantrópicas e hospitais. Com relação ao papel e papelão já foram destinados 20 toneladas. Em termos ambientais isso representou: a economia de 9.700 kWh de eletricidade, de 400 mil litros de água, menos 80 kg de poluição do ar, preservação de 1.200 árvores e de 80 a 100 m³ de área de aterro sanitário.

Em outubro de 1996 foi realizada a “2ª Semana Ecológica do CDTN” que, através de palestras, exposição de painéis informativos e atividades culturais, enfatizou a educação ambiental sob diversos aspectos, tais como: saúde, cultura, reciclagem, cidadania, reaproveitamento de sobras de alimentos e limpeza urbana. Em uma demonstração do alcance do problema, além dos servidores do CDTN/CNEN que constituíam o público-alvo inicial, participaram ainda do evento a Federação das Indústrias de Minas Gerais - FIEMG, Mercedes Benz, Celulose Nipo-Brasileira - CENIBRA, CEMPRESA, CISPER, Univ. Federal de Minas Gerais - UFMG, Instituto Mineiro de Agropecuária - IMA, Superintendência de Limpeza Urbana - SLU, ABIQUIM/PLASTIVIDA e PARAIBUNA PAPÉIS.



Coleta seletiva de lixo no CDTN



Coleta Seletiva de Materiais Recicláveis: painel da Paraibuna Papéis apresentado na 2ª Semana Ecológica do CDTN, 23 a 27 de outubro, BH, MG)

Gerência de Rejeitos Não-Radioativos: Utilizando-se de técnicas desenvolvidas para o setor nuclear, esta atividade visa a atender às demandas externas e internas de gerência de rejeitos, cujo descarte apresente riscos para o homem ou meio ambiente, e a estabelecer procedimentos de processo que resultem na mitigação destes rejeitos.

No âmbito interno do CDTN/CNEN foi consolidado o banco de dados para reagentes químicos excedentes. Esta atividade resultou em otimização do controle de estoque desses reagentes, com redução de gastos, mitigação das perdas por deterioração, prevenção de acidentes e de impactos ambientais provocados por ruptura de embalagens envelhecidas.

Em 1996 e através de testes de lixiviação, foi concluído o projeto de qualificação de tijolos produzidos pela Andrade Gutierrez.

3.4.2. IEN

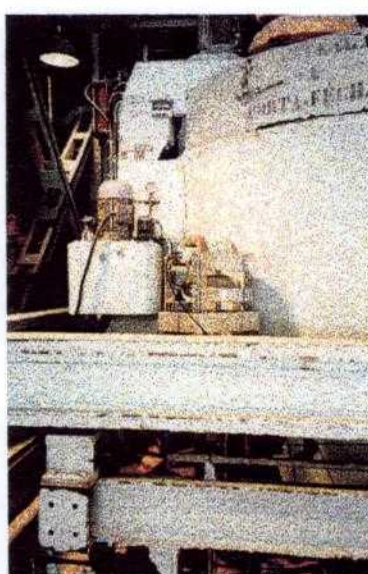
• Aplicação de Traçadores Radioativos na Indústria

Esta é uma nova área de atuação do IEN, e que se encontra em franco estágio de crescimento. Como principais resultados obtidos neste período, destacam-se: o início da montagem do laboratório de aplicação de radiotraçadores, desenvolvimento de um software para tratamento de dados e análises de resultados, projeto e montagem de um

equipamento para simular sistemas de misturadores de líquidos, onde foram efetuados testes de eficiência (trabalho apresentado pelo grupo no COTEQ-96, Rio-RJ).

Merece destaque, também, a conclusão da primeira etapa do contrato de Cooperação Técnico-Comercial com a CEBRACE (projeto CEBRACE), para avaliação da eficiência dos misturadores de matéria-prima daquela indústria (foto). Os resultados obtidos e aprovados pela CEBRACE serviram de aval para dar continuidade ao projeto, bem como maior credibilidade e experiência demonstrada para contratos de serviços futuros.

Está sendo desenvolvido, ainda, juntamente com a COPPE/UFRJ, projeto para aplicação de radiotraçadores na avaliação e otimização de centrais de tratamento de esgotos urbanos e industriais (tese de doutorado em andamento).



Uso de Radiotraçadores na Avaliação de Equipamentos e Processos Industriais

- **Emprego de EPU na Despoluição Ambiental.**

Foram concluídos trabalhos de natureza específica, com resultados significativos que deram origem, inclusive, a publicações internacionais. Os principais resultados até então obtidos são os seguintes:

- Estudo da retenção de índio (trabalho apresentado no IX EUROANALYSIS-96, Bolonha - Itália)
- Metodologia analítica para pré-concentrar, separar e determinar cobalto em ligas especiais e materiais diversos (originou publicação: TALANTA, 43(10), 1675, (1996))
- Modelagem numérica de sistemas cinéticos complexos (Química Nova, 19(2), 108, (1996))
- Separação e pré-concentração de zinco (em andamento projeto de tese de doutorado com o IQ-UFBa)

Pesquisas e Emprego de Membranas Líquidas no Tratamento de Rejeitos

Resultados bastante promissores foram conseguidos com os estudos realizados sobre emprego de membranas líquidas para a separação de metais e tratamento de rejeitos. Foram estabelecidas as condições operacionais para a estabilidade da emulsão com fase interna, o transporte de massa e a separação da emulsão. Foi desenvolvido um projeto de um ciclo completo em escala de laboratório para a consolidação desta técnica em operação contínua, que com certeza tem um grande potencial de ser utilizado no tratamento de rejeitos industriais, devido ao baixo custo. Em 1997 espera-se terminar a confecção dos equipamentos, a sua montagem e iniciar a operação da unidade.

Monitoração Ambiental do IEN

No ano de 1996, foi dado prosseguimento ao projeto de pesquisa que visa avaliar o impacto radiológico produzido pela operação do IEN, no seu ambiente circunvizinho. Nesse sentido, foi dado prosseguimento às atividades de campo e laboratório - coleta e análise de amostras ambientais - medida dos níveis de radiação natural próximo ao IEN e a pesquisa de parâmetros ambientais da região da Ilha do Fundão, referentes à caracterização do meio biótico, físico e antropológico. Com os resultados obtidos no projeto, foi elaborada uma tese de mestrado.



Ponto de Dosimetria Termoluminescente

Projeto Monte Alegre

Em 1996, foi iniciado um projeto de pesquisa conjunto com a Universidade Federal do Pará e órgãos do Governo do Estado do Pará para caracterização geofísica da região de Monte Alegre/PA. Dentro do escopo deste projeto, o SPR realizou a avaliação preliminar dos níveis de radioatividade natural existentes em alguns compartimentos ambientais daquela região paraense. Dentre os resultados alcançados pode-se destacar:

- 58 coletas de amostras ambientais;
- 32 análises de urânio;
- 110 determinações de radônio em residências urbanas e áreas rurais;
- 30 instalações de pontos de medida de radônio;
- emitidos 02 relatórios com resultados preliminares.

Em 1997, será dada continuidade às atividades de campo iniciadas em 1996 naquela região e a subsequente elaboração do relatório final do projeto.



Coleta de Amostras Ambientais em Monte Alegre/PA

3.4.3. IPEN

Radioproteção Ambiental

Desde 1986 o Departamento de Radioproteção Ambiental vem analisando, por espectrometria gama, amostras de alimentos e matérias-primas para fins de exportação e importação. O método permite a determinação qualitativa e quantitativa dos radionuclídeos naturais e artificiais (em particular ^{134}Cs e ^{137}Cs) presentes na amostra. Os resultados são apresentados sob forma de “certificado de análise radiométrica”, que atendem a resolução da CNEN que regula e fiscaliza a aplicação das Normas de Proteção Radiológica no País para produtos importados pelo Brasil e as exigências dos países que importam produtos brasileiros.

Ao final de 1992, a CNEN firmou um contrato de prestação de serviços com a Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração (CBMM) para realização de uma avaliação radio sanitária na região sob influência daquela companhia, em Araxá, MG, sendo o IPEN, por meio do Departamento de Radioproteção Ambiental, uma das instituições encarregadas desta tarefa. A CBMM utiliza como matéria-prima materiais que contêm elementos radioativos das séries naturais do Urânio e Tório. Em decorrência dos processos individuais utilizados no beneficiamento do nióbio, poderia haver liberação de elementos radioativos para o meio ambiente em concentrações superiores às aquelas existentes na região, justificando-se, portanto, a preocupação com as reais condições radiológicas nas imediações da instalação. A avaliação radio sanitária foi feita em 2 fases distintas. Na 1ª fase, concluída em 1993, foi elaborado um Programa de Monitoração Ambiental (PMA), de acordo com estudos detalhados das instalações e processos industriais da CBMM e das características do meio ambiente da região sob sua influência. A 2ª fase correspondente à execução propriamente dita do PMA, está sendo realizada pelo Departamento desde 1994.

Em 1994, foi estabelecido com a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), um convênio visando a determinação da atividade alfa e beta total em amostras de água dos mananciais utilizados para abastecimento público no Estado de São Paulo. No ano de 1996 foram medidas as atividades alfa e beta total de 560 amostras de água, por meio de um detector proporcional de fluxo gasoso, de baixa radiação de fundo. Este convênio foi estabelecido em conformidade com a Portaria nº 36/GM do Ministério de Estado da Saúde, que define as normas e padrões de potabilidade da água destinada ao consumo humano, a serem observados em todo o território nacional. Esta portaria, em seu item 1.3, determina que se faça a análise de radioatividade alfa e beta nos mananciais utilizados para abastecimento público.

As atividades de Monitoração Ambiental em relação ao Meio Ambiente estão descritas a seguir:

Atividades	1995	1996
• Determinação do teor de Urânio e Tório em amostras ambientais	250	120
• Análises radiométricas	12	10
• Determinação do teor de ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{210}Pb em amostras ambientais	250	230
• Análise radiométrica de radionuclídeos emissores gama com certificados para fins de exportação e importação	130	171
• Espectrometria gama em amostras diversas	23	27
• Determinação da atividade alfa e beta total, ^{226}Ra , ^{228}Ra e ^{222}Rn em águas de abastecimento do Estado de São Paulo	750	560

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

O objetivo geral desta pesquisa é desenvolver alternativas tecnológicas para a destinação de resíduos, aumentar a média de reciclagem de resíduos no próprio setor produtivo ou em processos de terceiros. Este trabalho apresenta um estudo específico da incorporação de resíduo de aciaria em concreto visando o aumento de blindagem de câmaras radioativas.

O projeto possui quatro fases distintas: A primeira, de caracterização do resíduo. A segunda fase, de confecção de corpos de prova com o resíduo e etapa de cura. A terceira, estudos de blindagem em câmaras radioativas e avaliação da influência da atmosfera de ozônio sobre o corpo de prova. E a quarta, a caracterização dos corpos de prova após tratamento por radiação. Atualmente estamos realizando a terceira fase do projeto.

Distribuição e Comportamento de Substâncias Tóxicas no Meio Ambiente

O projeto consiste no desenvolvimento de processos e adequação de tecnologias ligadas ao tratamento e recuperação de efluentes, bem como fazer um gerenciamento ambiental do uso racional de recursos naturais. Destacando-se as seguintes atividades: identificação de poluentes químicos; reatividade química e transformações físicas; desenvolvimento de metodologias analíticas com ênfase à “especiação”; determinação do

destino dos poluentes; determinação do impacto dos poluentes nos seres vivos; desenvolvimento de processos químicos e físicos para a redução da emissão de poluentes químicos pelas principais fontes. Para tal, estão sendo implantadas técnicas cromatográficas (CG/MS-ECD/FID, HPLC), espectrofotométricas e espectrofluorimétricas.

Dentro dessa linha de pesquisa destacam-se os seguintes Projetos:

- Avaliação de Águas de Abastecimento Público. Monitoramento, Elaboração de um Banco de Dados e Desenvolvimento de um Modelo Aplicativo de zonas de risco de contaminação.
- Critérios técnicos para monitoramento, diagnóstico e proposta de enquadramento dos córregos do Município de São Paulo.
- Estudo de remoção de radionuclídeos e de metais tóxicos em efluentes e águas contaminadas utilizando adsorvedores naturais.
- Mobilidade Química e Biodisponibilidade de Metais e Compostos Orgânicos em Solos Contaminados.
- Avaliação da Contaminação ambiental gerada por termoeletrônica a carvão.

Serviços com radioisótopos na indústria e serviços de hidrologia no meio ambiente

Diversas pesquisas foram executadas em parceria com a indústria relativas à monitoração do meio ambiente, conforme descritas no item 3.5.3. - **Processos Industriais.**

3.5. Física, Química e Processos Industriais

3.5.1. CDTN

No contexto de Física, Química e Processos Industriais, as realizações de 1996 podem ser resumidas em :

Flotação em Coluna: Foram concluídas diversas prestações de serviços para a Cia. Mineira de Metais, CMM, Mineração Morro Agudo, MMA, Rima Mineração e outras companhias, dentro do contexto de desenvolver e implementar a aplicação industrial de processos de concentração de minérios por flotação em coluna.

Em escala piloto, foi concluído o trabalho realizado para a Mineração RTZ, ficando definidas as condições para a concentração de minério de ferro por flotação em coluna. Foram ainda elaboradas propostas para a FOSFÉRTIL (concentração de fosfato), Cia. Paraibuna de Metais, CPM, (concentração de prata) e Ind. Nucleares do Brasil, INB, (concentração de monazita), sendo esta última aprovada e concluída em 1996.

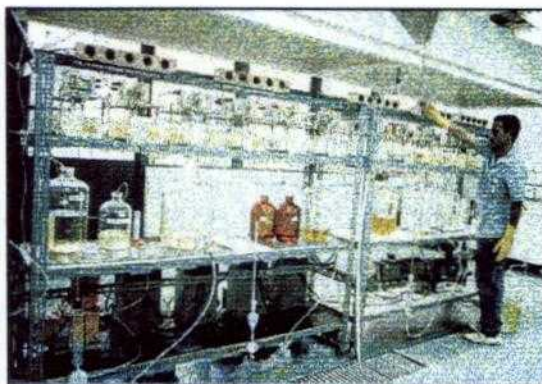
O tema de beneficiamento de minério constitui o tema de livro a ser editado pelo CNPq; o capítulo relativo à flotação em coluna foi concluído em 1996.



Unidade Móvel de Flotação em Coluna: projeto e desenvolvimento de processos nas unidades industriais (foto: Mineração Morro Agudo, Paracatu, MG)

Extração por Solvente: Esta atividade tem por objetivo desenvolver e simular o processo de extração por solvente para obtenção de produtos de alta pureza e suas aplicações.

Tendo financiamento do PADCT, foi concluído e emitido o relatório final de Recuperação de Terras-Raras. Esta técnica está sendo oferecida ao parque industrial brasileiro e já foi obtido o financiamento para um projeto que visa a recuperação de níquel e ferro na indústria GRUMARE. Tal financiamento atendeu a edital da FAPEMIG e SEBRAE.

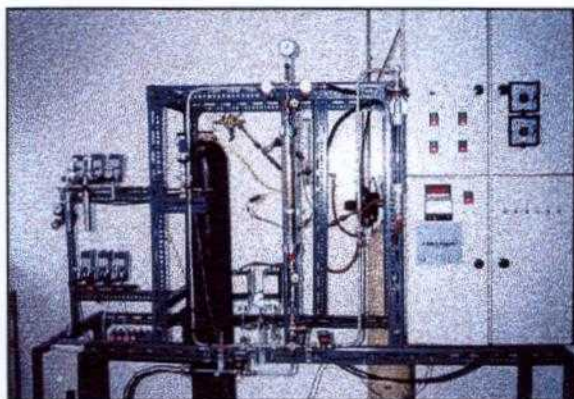


Extração por Solvente: transferência de tecnologia para a indústria , visando a obtenção de produtos de alta pureza e qualidade

Separação de Gases por Adsorção: Esta atividade visa desenvolver a tecnologia de separação de gases pelo processo de adsorção.

Em função dos testes já realizados, ficou comprovada a impossibilidade de desenvolvimento dos processos de adsorção, sem a precisão adequada nas medidas de temperatura. Assim sendo, foi projetado e instalado um sistema de instrumentação e de controle inteligente e específico da temperatura, que possibilitará a execução dos trabalhos de desenvolvimento do processo de adsorção.

A nível de instalação e de processo, foi desenvolvida a etapa de ativação de zeólitas, que antecede sua utilização como adsorvedora de gases, e foram emitidos os respectivos procedimentos.



Unidade para desenvolvimento do processo de separação de gases por adsorção (projeto e construção do CDTN)

Aplicações de Fontes e Radioisótopos: Esta atividade visa a produção e a aplicação de radioisótopos na medição de parâmetros ambientais e industriais.

A utilização de traçadores nas torres de craqueamento objetiva o levantamento de informações sobre o processo catalítico que permitam aumentar a recuperação de componentes de óleo processado. Nesse contexto, foram realizadas pelo CDTN/CNEN e a Petrobrás, as campanhas de determinação de parâmetros em torre de craqueamento das Refinarias de Cubatão e de Manaus - REMAN.

Em conjunto com a Petrobrás e a Tracerco (companhia americana especializada na aplicação de radiotraçadores), foram realizadas ainda as campanhas de aplicação de traçadores líquidos e gasosos nas torres de craqueamento das refinarias REDUC, RJ, e REGAP, MG.

Em 1996, pela primeira vez, o CDTN produziu e aplicou traçadores gasosos possibilitando a obtenção de dados que refletem de forma mais precisa o processo catalítico nas torres de craqueamento das refinarias.



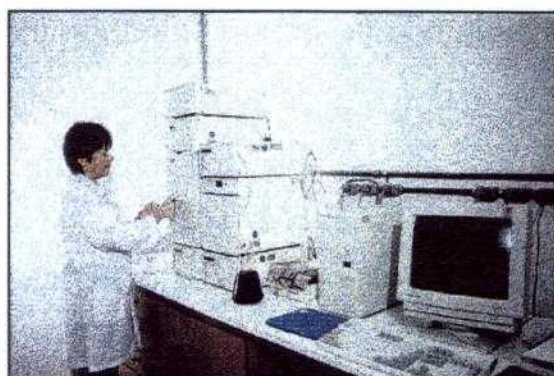
Aplicação de traçadores gasosos nas Unidades de Craqueamento Catalítico da Petrobrás: vista do carregamento para transporte aéreo

Química Analítica: Esta atividade visa desenvolver, otimizar e aplicar metodologias para determinações químicas por técnicas instrumentais.

No contexto de Análises Químicas, foram realizadas cerca de 17.880 determinações químicas, radioquímicas e mineralógicas, de um total de 11.610 amostras diversas, que atenderam demandas do CDTN (55%) e de 65 clientes externos regulares (45%), entre eles: Cia. Aços Especiais Itabira - ACESITA, ALCAN Alumínio do Brasil, Belgo Mineira Bekaert Artefatos de Arame Ltda., Consultores Associados e Representações Ltda. - CARL, Celulose Nipo-Brasileira SA. - CENIBRA, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPTEL, Cia. de Saneamento de Minas Gerais - COPASA, Cia. Siderúrgica de Tubarão - CST, FERTECO Mineração SA., Fundação Nacional de Saúde - FNS, MAGNESITA SA., Minerações Brasileiras Reunidas - MBR, Mendes Júnior Montagens e Serviços, Nuclemon Mineradora Química Ltda, Proquim Ind. e Com Ltda., Univ. Federal de Minas Gerais - UFMG, etc.

Os materiais analisados estavam distribuídos em orgânicos (alimentos: 13,5%, cabelos: 8,5%), amostras geológicas: 17,4%, e materiais diversos: 60,6%.

As principais técnicas envolvidas nestas análises são: absorção atômica, análise granulométrica, combustão direta, condutimetria, cromatografia gasosa, cromatografia líquida, difratometria de raios-X (análise mineralógica, determinação da estrutura cristalina, determinação e identificação de fase cristalina, sílica livre), eletroanálise, espectrometria UV-VIS, evulografia, fluorescência de raios-X, fotometria de chama, fotomicrografia, gravimetria, microscopia, potenciometria e volumetria. A técnica de cromatografia líquida de alta performance (HPLC) foi implantada em 1996 e foram realizadas diversas análises (convencionais e HPLC) em apoio aos diversos projetos do CDTN.



Cromatografia líquida: levantamento do perfil químico em amostras de rios, lagos e águas subterrâneas



Cromatografia gasosa: estudos e levantamento da contaminação por mercúrio em regiões de garimpo de ouro.

Similarmente, a metodologia de dosagem de tório, urânio, estrôncio, zircônio, molibdênio e nióbio foi desenvolvida para diferentes tipos de matrizes, pela técnica de espectrometria de energia de raios-X na faixa de 10 a 20 keV.

Visando o aperfeiçoamento da legislação trabalhista, foi realizada a seleção das raia analíticas difratométricas, que serão utilizadas como referência, para a identificação das variedades alotrópicas da sílica, cristobalita e tridimita, presentes em poeira ambiental (ver adiante Mineralogia).

Como preparação para o projeto "*Nuclear Analytical Techniques on Archaeological Investigacion*" da AIEA, foi realizada uma intercomparação com o IPEN (Inst. Peruano de Energia Nuclear) para identificação de elementos em amostra de argila do National Institute of Standards and Technology, USA.

Radioquímica: A atividade de Radioquímica tem por objetivo desenvolver e otimizar técnicas de análise radioquímica aplicadas à saúde, meio ambiente, rejeitos industriais e outros.

Utilizando-se da técnica de cintilação líquida foram computadas em 1996: cerca de 3.000 análises de carbono-14 para fins de diagnósticos médicos e 700 análises para os estudos hidrológicos. Adicionalmente, cerca de 6.000 análises radioquímicas foram realizadas, por meio de outras técnicas analíticas, em apoio às demandas de projetos do CDTN e de clientes externos.



Espectroscopia de cintilação líquida: medidas de emissores de radiação beta para aplicações em diagnósticos da medicina, em estudos de hidrologia e em datação arqueológica

Mineralogia: Esta atividade visa desenvolver e aplicar técnicas analíticas para caracterizações mineralógicas e petrográficas de matérias-primas e produtos. No controle analítico de processos foram realizadas 529 determinações analíticas em suporte a projetos diversos do CDTN/CNEN.

Em 1996 foi iniciada a implantação da técnica de cromatografia iônica para a determinação de terras-raras em apoio à prospecção e ao desenvolvimento de processos do setor mineral.

Com objetivos específicos, foram ainda conduzidos em 1996: a) análises químicas de amostras e análises microscópicas, auto-radiográficas e difratométricas de granitos, que são utilizados em revestimentos, visando a identificação de minerais radioativos; b) desenvolvimento e implantação de uma metodologia analítica para a dosagem do elemento gálio (Ga), pela técnica de absorção atômica, no rejeito de processamento industrial do zinco, em subsídio à análise de viabilidade econômica para a recuperação daquele elemento; c) estudos das transformações térmicas das diversas fases da sílica com o intuito de melhorar a legislação trabalhista, incluindo a dosagem de outras formas perniciosas de SiO_2 (cristobalita), presentes na poeira ambiental.



Mineralogia: caracterização mineralógica e petrográfica de matérias-primas e produtos do setor mineral de Minas Gerais e do Brasil

3.5.2. IEN

Análise por Ativação com Partículas Carregadas

Foi concluído o levantamento das potencialidades da técnica aplicada à medicina ortomolecular.

A preparação da linha 4 de irradiação foi finalizada com atraso devido à falta de pessoal técnico (técnico de nível médio em eletrônica e de mecânica) e auxiliar de laboratório. Alguns testes de irradiação foram feitos no segundo semestre, concluindo o alinhamento da linha de feixe com o alvo. Foi melhorado, executado, testado e aprovado o novo projeto do controlador e também contador de posições da câmara multi-alvos. Foram feitas inúmeras manutenções nos diversos componentes ("beam stop" e seus sistemas de refrigeração, ar comprimido, válvulas e medidores de vácuo, etc) da linha 4 de irradiação do ciclotron. Foi trocado e melhorado todo o sistema de refrigeração da câmara multi-alvos, tornando-a operacional. Não foram iniciadas as irradiações testes dos nódulos polimetálicos devido à inoperabilidade do sistema ciclotron (sistema de refrigeração predial em manutenção).

Foram concluídas as análises dos teores de enriquecimento isotópico do boro em duas amostras irradiadas com prótons. Estes resultados apontam para a viabilidade do método, no entanto mostram que nossos resultados podem ser melhorados. Outras irradiações não foram efetuadas por várias razões, entre elas: falta de pessoal de apoio, falta de disponibilidade de eletrônica de contagem, problemas no sistema evaporador de alvos, falta de feixes de prótons com as características de energia e corrente necessárias à experiência, até pela inoperância do ciclotron em alguns períodos.

Com vistas a determinar-se a concentração de boro no grafite do reator Argonauta, foram concluídas as análises dos dados referentes às irradiações com dêuterons de 14 e 7 MeV; no entanto, nossos resultados indicaram a necessidade de novas irradiações a 7 MeV. Isto foi feito e estes dados estão sendo analisados.

Foi concluído o levantamento bibliográfico do diagnóstico de mucoviscidose por ativação com nêutrons, e será publicado no início de 1997.

Implantação de um Sistema de Análise por PIXE

A meta ficou comprometida devido à falta de perfis de feixe de prótons de baixa energia com o Ciclotron e pela não aquisição de um detector de raios-X.



Vista do laboratório de espectrometria da SUFIN/IEN

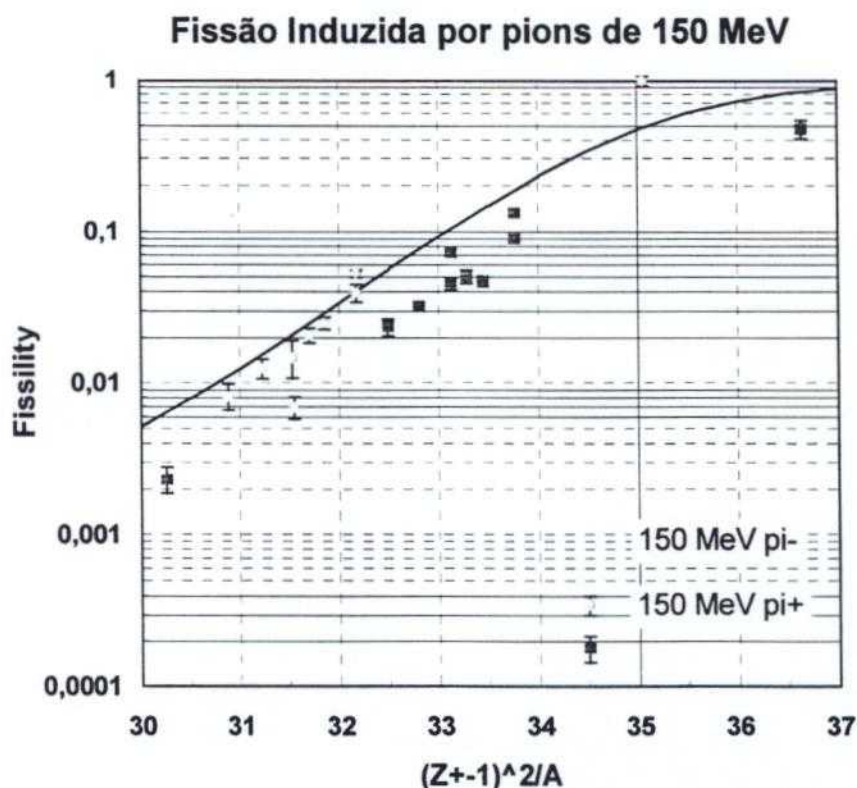
Medidas de Seção de Choque e Razões Isoméricas

Foi desenvolvido um código computacional e uma placa de interface para um computador IBM compatível (PC/AT), para comandar a troca de amostras do sistema de transporte de núcleos de recuo por jato de hélio (Pub.IEN-71, setembro, 1996).

Foi desenvolvido um programa para a aquisição e armazenamento de espectros no sistema 92x Spectrum Master da Ortec usando a porta serial RS-232-C (Pub.IEN-72, setembro, 1996).

Foi concluído e apresentado em congresso o trabalho referente à medida da função excitação da reação $^{65}\text{Cu}(^3\text{He}, 2n)^{66}\text{Ga}$. Estão sendo analisados os dados referentes às irradiações do Zr com prótons, com vistas à medida da razão isomérica de formação do par $^{89\text{m},\text{g}}\text{Nb}$.

Fissão induzida por píons: Foram concluídos o "scan" microscópico e análise dos dados obtidos nas irradiações de alvos de ^{197}Au , $^{203,205}\text{Tl}$, $^{206,208}\text{Pb}$, ^{209}Bi , ^{231}Pa e ^{237}Np com feixes de píons com cargas positivas e negativas e energias de 150 MeV. Estes dados nos permitiram levantar a curva de probabilidade de fissão versus parâmetro de fissão do núcleo composto, apresentada na figura a seguir em comparação com os cálculos feitos a partir do código de modelo ótico DWPI. Os dados obtidos e a interpretação dos mesmos nos possibilitaram preparar um artigo que foi submetido ao periódico Zeitschrift der Physik.



Dando continuidade à determinação de funções excitação de reações (x,n) em elementos de interesse em astrofísica para levantamento das taxas de reações com espectros de diferentes temperaturas, foram feitos cálculos a partir da função excitação da reação $^{181}\text{Ta}(x,n)^{184}\text{Re}$ anteriormente levantada com o ciclotron do IEN, bem como a determinação dessas mesmas taxas para reações (x,n) no Au e Tm. O artigo científico desses resultados está sendo concluído e será submetido a um periódico de circulação internacional. O próximo passo dessa pesquisa será o levantamento da função excitação da reação $^{193}\text{Ir}(x,n)^{196}\text{Au}$, cujo o alvo já foi importado.

Implantação de Sistema Automático de Troca de Amostra para Detectores HPGe

Foi concluído o projeto do trocador automático de amostras para espectrometria gama com detectores Ge. Este projeto foi apresentado em congresso internacional e publicado também em periódico internacional especializado. O desenvolvimento do protótipo está na dependência da liberação de recursos financeiros e disponibilidade de pessoal técnico.

3.5.3. IPEN

Física Nuclear

Foram realizados em torno de 500 radiografias com nêutrons com as seguintes finalidades: - inspecionar componentes pirotécnicos dos veículos lançados de satélites (V.L.S.) do Centro Técnico Aeroespacial, inspecionar corações artificiais pertencentes ao Instituto do Coração. Paralelamente, estão sendo desenvolvidos softwares para o processamento de imagens digitais a serem obtidas nos sistemas de Radiografias com Nêutrons em Tempo-Real. Foram iniciados, em colaboração com a Universidade de Glasgow, os testes para caracterização dos filtros nucleares produzidos no reator IEA-R1, utilizando técnicas de permeação de gases e líquidos. Foram reiniciadas em novembro as irradiações de monocristais de silício para uma empresa japonesa, num total de 10 cristais de 4" de diâmetro (~ 30 Kg).

Foram concluídas e analisadas as medidas de espectroscopia beta e gama no núcleo de ^{72}Ga . Foram desenvolvidas, através das técnicas de eletrodeposição e evaporação, fontes finas de calibração (^{60}Co , ^{137}Cs e ^{152}Eu) para uso em espectroscopia-beta. Foi encerrada a aquisição de dados de correlação angular direcional no núcleo de ^{76}Se . Foram encerradas as aquisições dos dados experimentais para o estudo de reação de fotoprodução de nêutrons no Th-232 e U-238. Foram iniciadas as medidas de seções de choque de fotofissão para os núcleos de Pu-239 e Np-237.

Foram realizadas, em colaboração com UFSCar, experimentos de caracterização de cerâmicas ferroelétricas PZT com Correlação Angular Perturbada. Foi concluído estudo do magnetismo em ligas pseudobinárias $\text{Hf}(\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x)_2$ por PAC. Foi implantado o processo de produção de uma nova ponta de prova radioativa PAC produzido no reator do IPEN, o núcleo de ^{111}Ag , que foi usada para experimentos em colaboração com a Universidade de Göttingen, Alemanha.

Estão sendo medidos difratogramas de pó de amostras de $\text{Pb}(\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ preparados por dois métodos distintos em várias concentrações relativas de Ti/Zr, com a finalidade de se estudar a origem de presença de dois sítios distintos para Ti/Zr observados em medidas de Correlação Angular Perturbada. Foram obtidas curvas de rocking dos seguintes cristais: calcita, fluorita, galena, pirita, berilo, barita, quartzo, mica e lepidolita, para um estudo da utilização desses monocristais como monocromadores de nêutrons; foram ainda obtidas curvas de rocking dos cristais: fluoreto de lítio, fluoreto de ítrio e lítio, quartzo, alumínio, brometo de potássio, fluoreto de cálcio, cloreto de sódio, óxido de magnésio e fluoreto de bário e lítio dopado com cobalto, para o desenvolvimento de uma metodologia de estudo da qualidade cristalina de monocristais.

Além disso, foram obtidos difratogramas de pó do supercondutor Y-Ba-Cu-O em matriz de prata. Finalmente, foram obtidos diagramas de difração múltipla completos (360°) dos seguintes cristais e reflexões primárias: Al(111), Cu(220) e SiO₂(00.3).

Química Nuclear

A Supervisão de Radioquímica desenvolve métodos radioquímicos, principalmente a análise por ativação com nêutrons, para a determinação de elementos de interesse em alimentos, dietas alimentares, plantas medicinais, amostras geológicas (rochas, solos, minérios) amostras biológicas (cabelos, unhas, ossos humanos) e ambientais (água de chuva, aerossóis, biomonitores) e em outras amostras de diversas naturezas.

São realizados também estudos visando a aplicação do método radiométrico à determinação da abrasividade de dentifrícios e matérias-primas afins, tendo sido já atendidas diversas indústrias interessadas.

Outra linha de pesquisa relevante envolve o desenvolvimento de métodos radioquímicos para a determinação de produtos de fissão e transurânicos, como ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs e ²³⁹Pu, assim como de radioisótopos naturais como ²¹⁰Pb e ²¹⁰Po, principalmente em amostras de origem marinha, como água do mar, peixes, sedimentos e algas.

Além dos trabalhos de pesquisa e formação de recursos humanos, são também prestados serviços de análise por ativação com nêutrons e determinação de abrasividade de dentifrícios a outros Departamentos do IPEN, outras Instituições de pesquisa e também a empresas.

Análises por Ativação com Nêutrons

Total de análises (n°): 139

Interno (%): 35%

Externo (%): 65%

Materiais Analisados:

Gemas (Ametista, Topázio)	16%
Sílica	10%
Óxido de zircônio	13%
Cinzas de carvão	11%
Materiais geológicos	13%
Filmes de látex	3%
Dentifrícios e matérias-primas	14%
Quartzo e espinélio	9%
Mercúrio em filtros	3%
Matrizes diversas	8%

Processos Industriais

A Coordenadoria de Aplicações na Engenharia e na Indústria tem as suas atividades voltadas para as aplicações da tecnologia da radiação na Indústria (controle de processos de fabricação e modificação das propriedades de diversos materiais), no Meio Ambiente, na Saúde e Agricultura.

Várias reestruturações do programa de pesquisa, desenvolvimento e modo operacional dessa coordenadoria 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 e serviços, 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/ou serviço e torná-lo técnica e comercialmente viável.

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

Em 1996, 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;

Foram atendidos dois pedidos de consulta na área de hidrologia em empresas dos setores de papel e bebidas.

- **Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento no Meio Ambiente e Saúde**

Foram concluídos dois projetos financiados pela Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA (BRA/4/044 - Fontes de Radioterapia e Braquiterapia para Tratamento de Câncer e BRA/8/021 - Planta Piloto para Purificação de Gases de Combustão por Feixe de Elétrons), com possibilidades de aplicações em escala comercial;

Renovou-se, por mais dois anos, o projeto da AIEA BRA/8/025 - Purificação de Águas Residuais com Feixe de Elétrons, com a doação de US\$300,000.00 em equipamentos para a montagem do Laboratório de Caracterização de Compostos Orgânicos em Amostras Ambientais.

Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento de Polímeros

Na cura por radiação de tintas, vernizes e revestimentos, iniciaram-se os ensaios de irradiação de UV com medidas radiométricas. Tais ensaios visam auxiliar as indústrias nacionais que estão iniciando os desenvolvimentos de formulações e processos nesta área. Foi dado prosseguimento, também, às pesquisas de formulações de vernizes para indução de efeito barreira em filmes de poliéster, dentro do Convênio IPEN-RHODIA.

No desenvolvimento de irradiação de polímeros, continuou-se com os ensaios de irradiação de membranas hidrofílicas para aplicações biomédicas e irradiações de espumas de polietileno para aplicações em embalagens, isolamento acústico, interiores de automóveis, vedação, etc.

- **Assinatura do contrato de aquisição de um novo Cielotron Cyclone-30 fabricado pela IBA-Bélgica para a produção de radioisótopos.**
- **Produção de fontes seladas de irídio-192 para gamagrafia industrial:**

Atendimento normal do mercado com produção de 169 fontes, totalizando aproximadamente 9.800Ci efetivamente faturados e serviços de vistorias em irradiadores e acessórios (cabos de comando e tubos guia);

- **Esterilização de material médico-cirúrgico:**

Foram processadas 24.500 peças em 1996, dentre agulhas, frascos, tampas, etc.

- **Irradiação e caracterização de polímeros:**

As irradiações rotineiras de fios e cabos totalizaram 1.500km, entre os dois Aceleradores de Elétrons de 1,5MeV (25mA e 65mA).

Em relação à caracterização de polímeros, foram realizados 150 ensaios mecânicos de tração e elongação, 110 ensaios de análise térmica e 20 ensaios de espectroscopia infravermelho, para atender à demanda de análises internas do IPEN e de indústrias, excluídas as amostras referentes aos desenvolvimentos dos trabalhos do grupo de polímeros.

4. TECNOLOGIA DE REATORES E DO CICLO DO COMBUSTÍVEL

4.1. Combustível Nuclear

4.1.1. CDTN

Dentro do Ciclo do Combustível, as realizações de 1996 podem ser sumariadas em :

Combustíveis Cerâmicos: Esta atividade visa desenvolver a tecnologia para o processamento de combustíveis cerâmicos.

Em 1996 foram fabricadas 60 pastilhas de UO_2 , destinadas aos testes de comprovação de modelo de crescimento de grãos cristalinos. Foram ainda realizadas a ressinterização e a caracterização de 20 pastilhas de UO_2 .

Com financiamento externo foi adquirida uma politriz automática programável, cuja especificação, instalação e operacionalização foram concluídas em 1996. Esta politriz constitui um equipamento essencial no processo de caracterização de materiais cerâmicos e metálicos.

Combustíveis Metálicos: Esta atividade visa o desenvolvimento da tecnologia para o processamento de combustíveis metálicos.

No ano de 1996 foram fabricados lingotes de U-Si (liga de urânio-silício), U-Zr (liga de urânio-zircônio) e U-H (ligas de urânio-hidrogênio), a serem utilizadas em estudos paramétricos. A tecnologia de fabricação destas ligas foi desenvolvida em anos anteriores.

4.1.2. IEN

Instalação Multipropósito para Processos do Ciclo do Combustível

Foram iniciadas as obras de reforma do Galpão para a montagem da Usina Piloto de UF_4 por via úmida com capacidade de 200 kg/mês. Foram concluídas cerca de 60% das obras previstas, devido ao corte na liberação dos recursos. As perspectivas para o ano de 1997 são terminar as obras no Galpão e iniciar a montagem da instalação.

Separação de U, Th das Terras-Raras

Foram iniciados os estudos de uma rota alternativa para a separação do U, Th e Terras-Raras a partir da abertura sulfúrica da monazita, utilizando o ácido oxálico como agente precipitante do Th e Terras-Raras, permanecendo o U em solução, seguida da abertura seletiva das Terras-Raras pelo ácido clorídrico. Com o objetivo de alcançar alto rendimento e alto fator descontaminação das Terras-Raras em relação ao Th, foram realizados estudos preliminares da influência da temperatura, acidez e volume do ácido clorídrico para abertura relativa do oxalato de Terras-Raras.

4.1.3. IPEN

Otimização do Processo de Reversão de UF_6 a UF_4 em Reator de Parede Quente

O objetivo do projeto é a otimização do processo de reversão do UF_6 a UF_4 , com a utilização do modelo matemático elaborado a partir de um banco de dados experimentais.

Foram realizados experimentos que possibilitaram verificar o modelo cinético da reação nas condições preconizadas pelo projeto do reator. Posteriormente deverão ser realizadas operações na unidade, nas condições experimentais obtidas do modelo teórico construído.

Unidades de Conversão

As usinas que compõe a conversão (Dissolução, Purificação, Precipitação, Calcinação, Produção de UF_4 , Geração de Flúor e Produção de UF_6) estiveram em manutenção preventiva para não haver a deterioração dos equipamentos.

As unidades de utilidades, caldeira e unidade de água deionizada, operaram durante todo o ano para servir os laboratórios das divisões MQ, MCR e a usina de produção de tório.

Foi entregue ao CTMSP, um cilindro 48Y com 11.100 kg de UF_6 do estoque do IPEN.

Produção de Nitrato de Tório

A usina de produção de nitrato de tório produziu 2.060 kg de nitrato de tório, operando somente seis meses.

Foi comercializado com a empresa M. Agostini S.A. a quantidade de 5.040 kg de nitrato de tório, sendo parte do nitrato de tório proveniente do estoque do IPEN.

Desenvolvimento de Processos para Recuperação de Urânio

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

Foram concluídos os experimentos com os efluentes da usina de purificação e elaborada a dissertação de mestrado: "Comportamento do Cobre (II) e Urânio (II) em cromatografia de precipitação no sistema resina aniônica forte-hexacianoferrato (II).

Desenvolvimento de Processo para Obtenção de UF₄

Quanto ao processo eletroquímico de obtenção de UF₄, foram realizados vários experimentos visando atingir o melhor rendimento e condições para a obtenção do produto. Os ensaios apresentaram resultados promissores quanto ao processo eletroquímico no que concerne ao rendimento global.

Iniciou-se um estudo para obtenção de UF₄ via cloreto estanhoso, em conjunto com a MCR, realizando experimentos para a definição e otimização do processo através da variação dos parâmetros de reação.

Reconversão de UF₆ Enriquecido e Fabricação de Elementos Combustíveis

Foram produzidos 6 elementos combustíveis do tipo padrão que garantiram a operação do reator IEA-R1 durante este ano. Cabe destacar que 2 destes elementos combustíveis tiveram sua densidade de urânio elevada de 1,9 para 2,3 g U/cm³, assegurando vantagens importantes na operação do reator. Foram processados 6 kg de UF₆ enriquecido, por meio de hidrólise, posterior precipitação de DUA e calcinação a U₃O₈, o qual é a matéria-prima para a produção do combustível.

O reator onde é realizada a hidrólise é o mesmo utilizado para a reconversão de UF₆ a TCAU (processadas cerca de 3 toneladas) para a carga combustível da Unidade Crítica e encontra-se no fim da sua vida útil. Particularmente, a acidez livre da solução de hidrólise e a sua alta concentração de fluoretos, ambas elevadas, têm sido responsáveis, devido à agressividade, pela considerável corrosão verificada. Tendo isto em vista, um novo reator de aço inoxidável, revestido de teflon, foi projetado e encontra-se em fase de aquisição. Este reator será utilizado para obtenção de hidrólise, tanto para a obtenção de DUA como de UF₄ enriquecido a 20%.

O processo de reconversão foi reavaliado quanto aos riscos de criticalidade pela Diretoria de Reatores, tendo sido executadas algumas modificações na unidade de processamento, para adequá-la ao manuseio de UF₆ enriquecido a 20%.

Desenvolvimento de Combustíveis Com Maiores Concentrações de Urânio

Além das atividades rotineiras de fabricação de elementos combustíveis, envolvendo desde a reconversão do hexafluoreto do urânio enriquecido a 20% em peso de ²³⁵U até a montagem do elemento combustível, foi dada continuidade ao desenvolvimento dos processos de obtenção dos produtos intermediários necessários à produção futura de elementos combustíveis U₃Si₂-Al.

Para a obtenção de U₃Si₂ enriquecido é necessária a obtenção do UF₄ a partir das soluções de hidrólise do UF₆, processo que vem sendo estudado desde 1993. Foram realizados testes de otimização do processo de obtenção e caracterização do UF₄.

Foi concluído um reator de precipitação de UF₄ em aço inoxidável. Este reator foi revestido com teflon, para que a agressividade do flúor não introduza contaminantes no produto. Este reator terá capacidade para processar até 40 litros de solução hidrolisada de UF₆ por batelada.

O processo de redução vem sendo realizado com o emprego do UF_4 obtido da hidrofluoretação (dissolução de UO_2 em solução fluorídrica). Foram realizados até o momento 33 testes de redução de 6 kg de UF_4 por batelada. Apesar de alguns problemas de reprodutibilidade, medidas têm sido tomadas para elevar o rendimento e identificar os principais parâmetros que o afetam, assim como a influência dos parâmetros de natureza química do material.

O processo de recuperação de U de escórias da redução vêm sendo estudado, assim como a recuperação de U_3Si_2 de refugos da fabricação de placas.

No tocante à obtenção do U_3Si_2 foram realizados alguns testes, mas os persistentes problemas elétricos do forno de indução disponível no IPEN têm constituído um sério entrave ao desenvolvimento. As ligas obtidas (lingotes de cerca de 3 kg) estão sendo caracterizadas, inclusive com desenvolvimento de alguns novos métodos de análises.

4.2. Reprocessamento e Rejeitos Radioativos

4.2.1. CDTN

Na área de Rejeitos Radioativos do CDTN/CNEN foram conduzidas as seguintes atividades:

Gerência de Rejeitos no CDTN: A rotina de gerência dos rejeitos radioativos, que são gerados no CDTN, foi conduzida de modo a mitigar sua geração, por meio de uma gerência integrada das etapas de manuseio, reciclagem, pré-tratamento, transporte e armazenamento.

Dentro desta rotina, foi concluída a transferência de 2.000 itens de registro para o Banco de Dados Informatizado. Da mesma forma, tiveram andamento normal as atividades de armazenamento de rejeitos radioativos, sendo utilizado para isto o Galpão de Armazenamento de Rejeitos do CDTN, onde são recolhidas as fontes radiação provenientes dos mais diversos setores da comunidade.

Em 1996, com orientação do Serviço de Proteção Radiológica e gerência posterior da Supervisão de Rejeitos, o CDTN recolheu 752 fontes de radiação, sendo 242 pára-raios, 449 detectores de fumaça e 61 medidores nucleares.

Durante o ano de 1996, a Supervisão de Rejeitos do CDTN recebeu $0,63 \text{ m}^3$ de rejeito líquido e $1,14 \text{ m}^3$ de rejeito sólido. O tratamento de rejeitos compreendeu $0,43 \text{ m}^3$ pelo processo de compactação, $0,34 \text{ m}^3$ pelo processo de corte e $0,24 \text{ m}^3$ de lamas, geradas a partir do tratamento químico de $5,5 \text{ m}^3$ de líquido contaminado.

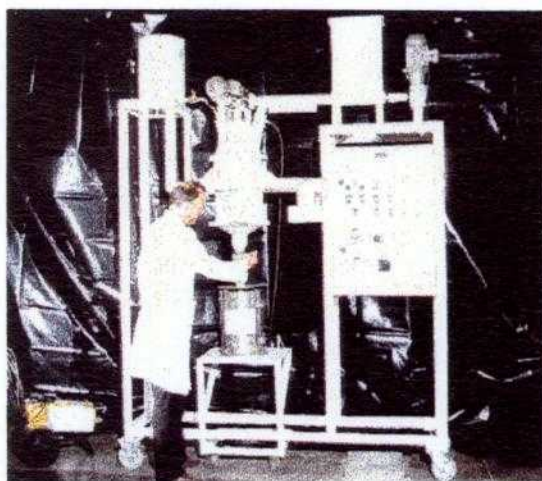
Rejeitos de Outras Instalações: O objetivo desta atividade consiste em solucionar os problemas de rejeitos de instalações do ciclo do combustível e provenientes de usuários de radioisótopos na indústria, na agricultura, na medicina, nos centros de pesquisas, etc.

Neste contexto, foi acordado com Furnas (Angra I) o "Programa de Controle de Processos para Rejeitos Cimentados", sendo realizados os trabalhos iniciais e emitido o primeiro relatório técnico. Ainda com Furnas, foram definidos os trabalhos conjuntos para os projetos de "Incorporação de Óleos Contaminados em Rejeitos Cimentados" para Angra I e de "Estudos de Betuminização dos Rejeitos de Angra II".

Pesquisa e Desenvolvimento em Rejeitos: Esta atividade tem por objetivo desenvolver tecnologias integradas da coleta, tratamento e qualificação de produtos e embalagens de rejeitos.

No período de 1996 foi concluído o projeto da unidade de tratamento de rejeitos por cimentação, com capacidade de 20 litros, e, em atendimento a procedimentos da ABNT, foi implantada nova técnica de capeamento de amostras cimentadas.

Ainda em 1996, o CDTN/CNEN testou e qualificou uma embalagem para o acondicionamento e o transporte de fontes seladas exauridas. Esta embalagem foi adaptada para a operação de acondicionamento de fontes de rádio, atendendo uma demanda do Uruguai. O atendimento desta demanda está inserido no programa da AIEA de recolhimento de fontes de rádio em países em desenvolvimento. Este programa, que está direcionado inicialmente para o Uruguai, baseia-se em equipes de atuação regional que, dispondo do *know-how*, dos equipamentos e materiais necessários, executarão *in loco* o acondicionamento seguro destas fontes. A participação do CDTN neste programa da AIEA constitui uma oportunidade ímpar de colocação da capacitação de seus técnicos a serviço da garantia de um meio ambiente limpo na América Latina. Em 1997, deverão ser realizados trabalhos similares para o Chile e a Guatemala, no enfoque de atendimento da América Latina e Caribe.



Incorporação de rejeitos em cimento: sistema para testes de parâmetros de operação (projeto e fabricação do CDTN/CNEN)



Embalagens de rejeitos: parceria e apoio aos países em desenvolvimento (vista da embalagem desenvolvida, testada e qualificada para acondicionamento de fontes exauridas)

4.2.2. IEN

Em 1996, a atividade de **Gerência de Rejeitos Radioativos**, para atingir os resultados, enfrentou algumas dificuldades, principalmente aquelas concernentes a perdas no quadro de pessoal do SPR, por aposentadoria e pelo PDV. A despeito disso, conseguiu-se alguns destaques com relação ao ano de 1995, a saber:

- segunda maior fonte de arrecadação de receita do Instituto;
- manutenção preventiva e corretiva da unidade de tratamento;
- atendimento à comunidade conforme a demanda.

Dentro deste contexto, as realizações abrangeram:

- coleta, tratamento, acondicionamento e armazenamento de:
 - ⇒ 3 m³ de rejeitos sólidos compactáveis;
 - ⇒ 1 m³ de rejeitos sólidos não compactáveis;
 - ⇒ 1 m³ de rejeitos líquidos.
- tratamento e 400 pára-raios e detectores de fumaça;
- acondicionamento de 50 fontes seladas recebidas de usuários externos;
- recebimento e armazenamento de:
 - ⇒ 244 unidades de pára-raios;
 - ⇒ 300 unidades de detectores de fumaça;
 - ⇒ 650 fontes radioativas diversas de entidades externas;
 - ⇒ 15 centelhadores e 165 placas luminosas radioativas.
- realizado o serviço de manutenção corretiva e preventiva do sistema de exaustão, bem como o de manutenção predial da instalação de tratamento de rejeitos;
- otimizado o banco de dados de inventário de rejeitos radioativos;
- implementada a técnica de tratamento de rejeito líquido contendo urânio utilizando resina de troca iônica;
- foram realizados cerca de 100 atendimentos à comunidade, onde foram prestadas informações gerais relativas ao acondicionamento, transporte e envio de rejeitos ao IEN.



Tratamento de pára-raios radioativos: remoção da fonte de Am-241



Operação de Compactação de Rejeitos Sólidos Radioativos

Na medida das disponibilidades, as perspectivas para esta atividade em 1997 são:

- Iniciar a construção de novas instalações para tratamento e armazenamento, de forma a aumentar a capacidade de estocagem de rejeitos radioativos no Instituto para atender a crescente demanda interna, tendo em vista os projetos previstos para esse ano: Produção de I^{123} Ultrapuro, Distribuição de I^{131} e Produção de F^{18} bem como continuar a receber rejeitos externos.

4.2.3. IPEN

Gerência de Rejeitos Radioativos

Foi instalada a unidade estanque para desmontagem e acondicionamento de pára-raios radioativos, conforme projeto tecnológico desenvolvido em 1995. Estão em processo de implementação as medidas de radioproteção necessárias para o início da operação rotineira.

A reforma, modernização e adequação das medidas de radioproteção do sítio de tratamento e armazenamento de rejeitos foi iniciada, assim como a construção da unidade integrada de tratamento e acondicionamento, cujo projeto foi desenvolvido e submetido à CNEN em 1995.

Com relação à caracterização de rejeitos e materiais de barreira de engenharia para repositórios, foi efetuada a avaliação da microsilica como aditivo na imobilização de rejeitos radioativos com cimento, visando melhorar a qualidade do produto. Estão em progresso os estudos de corrosão por sulfato em pastas de cimento e o estudo da difusão do íon cloreto através de pasta de cimento, com conclusão prevista para meados de 1997. Está também em desenvolvimento um código computacional para simulação da migração de radionuclídeos na geosfera. Foi adquirido e implantado o código POFEFLOW em continuidade ao programa de avaliação e segurança de repositórios.

Dados relativos a coleta, manuseio, tratamento, acondicionamento e armazenamento de rejeitos radioativos recebidos do IPEN e instituições externas:

Descrição	1995	1996
• Rejeitos sólidos compactáveis (m ³)	26,0	40,0
• Rejeitos sólidos não compactáveis (toneladas)	5,0	5,4
• Rejeitos líquidos (m ³)	11,0	8,0
• Pára-raios de ²⁴¹ Am (peças)	1.406	983
• Pára-raios de ²²⁶ Ra (peças)	22	10
• Detector de fumaça de ²⁴¹ Am (peças)	932	601
• Fontes seladas exauridas	206(5,3TBq)	197(1,5TBq)
• Embalagens fabricadas para tratamento de ²²⁶ Ra	---	2
• Embalagens fabricadas para transporte de ²²⁶ Ra	---	3

Partição de Rejeitos e Recuperação de Valores Contidos em Materiais Irrradiados

Atendendo à reorientação dos objetivos do IPEN, no sentido de contemplar as pesquisas voltadas para a demanda social e ambiental, o Reprocessamento mudou o foco de suas atividades, passando a realizar pesquisas dentro de sua área de conhecimento e com o seu instrumental, mas procurando atender às iniciativas da Instituição. Neste objetivo, deu-se ênfase aos programas de reciclagem de rejeitos radioativos, pesquisando-se fluxogramas de partição de rejeitos e realizando-se atividades de laboratório para reaproveitamento de valores contidos em materiais irradiados. Nesta linha, destacam-se as seguintes pesquisas:

- Tratamento de gases radioativos provenientes do processo de dissolução de materiais irradiados;
- Aplicação da cromatografia de troca iônica e da técnica eletroquímica na separação e recuperação de materiais;
- Separação de Zr e recuperação de materiais.

Ainda nesta linha de atuação, procurou-se desenvolver competência em técnicas de separação com agentes extratores de alta seletividade e com novos trocadores inorgânicos, com o objetivo de aplicá-los à partição de rejeitos radioativos, e às exigências de seletividade nos processos de reciclagem de resíduos industriais. Nesta temática, utilizou-se dibenzilsulfóxido, compostos organofosforados, éteres coroa e calixarenos como agentes extratores para a separação de actinídeos e lantanídeos de soluções simuladas de rejeitos radioativos. Na próxima etapa, pretende-se modificar as cadeias destes macrocíclicos para obter propriedades específicas de separação e proporcionar especificidade para determinado íon metálico.

Obtenção de Mo-99 a Partir de Alvos de Baixo Enriquecimento em U-235

Outra via de pesquisas, dentro de técnicas similares ao reprocessamento, refere-se à utilização da Instalação Celeste I no desenvolvimento do processo de obtenção de Mo-99 para fins médicos, a partir de alvos de baixo enriquecimento em U-235.

As pesquisas já iniciadas na dissolução de alvos de siliceto de urânio “a frio” permitiram parametrizar as dificuldades técnicas relacionadas com a química do silício e abrir perspectivas para a utilização de outros alvos do tipo urânio metálico. A etapa de purificação em resinas de troca iônica mostrou resultados mais favoráveis em virtude de pesquisas similares já realizadas na Supervisão. A recuperação do urânio do processo por eletrodeposição encontra-se em estudo do comportamento dos demais produtos de fissão.

Os desenvolvimentos esperados para 1997 são:

- Tecnologia de produção de Mo-99 a partir de alvos de baixo enriquecimento em U-235 (pesquisas de laboratório);
- Recuperação de actinídeos e lantanídeos de rejeitos para utilização na área de novos materiais;
- Recuperação de cério e estrôncio para preparação de fontes industriais;
- Modelagem matemática de processos envolvidos nas pesquisas acima citadas;
- Recursos humanos e capacitação tecnológica no manuseio de materiais irradiados.

4.3. Reatores e Segurança Nuclear

4.3.1. CDTN

No contexto de Reatores Nucleares as realizações de 1996 podem ser sumariadas em:

Alternativas Energéticas: A atividade tem por objetivo analisar, comparativamente, fontes de geração elétrica em subsídio ao planejamento energético do País.

Com o enfoque no planejamento energético para o Estado de Minas Gerais, foram realizadas duas avaliações no contexto do projeto CEMIG-AIEA. Este projeto, que teve a duração de 2 anos, foi concluído no terceiro quadrimestre de 1996.

Dentro de contrato-pesquisa com a AIEA, o código DECADES, que é utilizado na avaliação das alternativas energéticas, foi implantado no sistema de computação do CDTN.

Análise de Centrais: Esta atividade visa desenvolver metodologias e códigos, realizar estudos atendendo a demanda da CNEN, NUCLEN, FURNAS, etc.

No primeiro JONATER - Jornada Nacional de Termohidráulica, envolvendo várias entidades da área nuclear e conduzido pelo CDTN/CNEN, foram desenvolvidos os trabalhos para simulação de acidentes em Angra I, utilizando-se de nodalização simplificada. Posteriormente, foi introduzida a filosofia de nodalização completa para simular pequenas e grandes rupturas. Para o segundo JONATER, realizado em Recife, o CDTN/CNEN desenvolveu a simulação para o gerador de vapor. Contudo, na modelagem foi necessária a introdução de artifícios, como a diminuição do diâmetro hidráulico, de modo a se obter o fechamento dos balanços de energia. Estudos mais aprofundados deverão ser definidos visando mitigar as simplificações e deverão ser objeto do terceiro JONATER.

Termofluidodinâmica Experimental: O objetivo desta atividade é efetuar e analisar experimentos em suporte às áreas de engenharia e de segurança de reatores.

No ano de 1996 foram instalados e colocados em operação os equipamentos, adquiridos recentemente, que trouxeram auto-suficiência para as calibrações de temperatura e de pressão do Laboratório de Termohidráulica.

No primeiro semestre de 1996 foi planejado e executado o teste de avaliação de tintas para a Usina Nuclear Angra II.

Engenharia Nuclear: Constitui objeto desta atividade o desenvolvimento de metodologias e o estudo de sistemas e de componentes, em suporte a projeto da área nuclear.

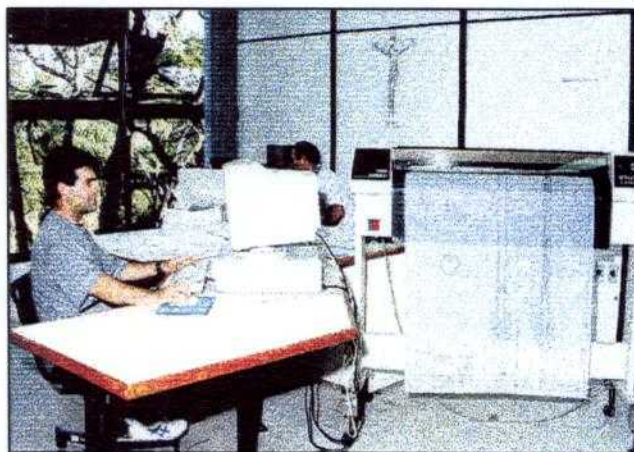
As atividades de 1996 foram a adaptação e teste, em ambiente Windows 95, dos códigos computacionais de Física de Reatores e de Análise de Segurança, com o objetivo de acompanhar a evolução tecnológica na área de informática.

Os estudos de criticalidade para o Depósito de Pó e para o Pátio de Estocagem de UF6 da Fábrica de Elementos Combustíveis da Indústrias Nucleares do Brasil - FEC/INB foram concluídos no terceiro quadrimestre de 1996. Estudos similares terão prosseguimento em 1997 para outras unidades industriais da FEC/INB.

Circuito de Irradiação: Em 1996 tiveram continuidade as atividades de projeto do Circuito de Irradiação para teste de combustíveis nucleares no reator IEA-R1, do IPEN, SP. Este projeto pioneiro visa dotar o País de uma instalação para a realização dos testes de qualificação de projetos de varetas combustíveis.

No ano foram alcançadas as seguintes realizações: conclusão dos projetos básicos mecânico e elétrico do Circuito de Irradiação, conclusão do projeto detalhado da Cápsula de Irradiação, conclusão do projeto detalhado do Circuito de Testes para o desenvolvimento das válvulas de bloqueio da Cápsula de Irradiação, que representa a segurança passiva do Circuito de Irradiação, e, finalmente, conclusão do Plano de Experimento da Cápsula Nula, que constituirá o marco inicial de montagem do Circuito de Irradiação. Ao todo foram gerados cerca de 283 documentos de engenharia, que permitiram iniciar, ainda em 1996, o processo de aquisição de equipamentos e a fabricação de componentes específicos.

O projeto neutrônico da Cápsula de Irradiação foi concluído em 1996 e foi iniciado o desenvolvimento do programa computacional destinado aos cálculos de previsão e de avaliação dos testes de irradiação a serem conduzidos no Circuito de Irradiação.

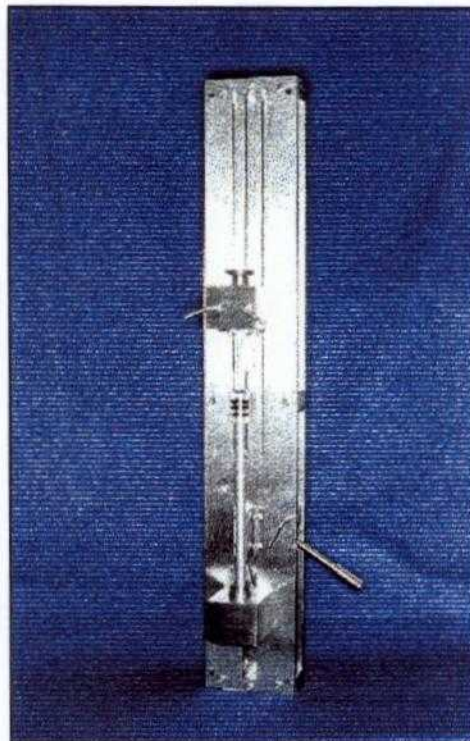


Circuito de Irradiação: instalação para teste e qualificação de projeto de varetas combustíveis de reatores nucleares (vista do setor de edição da documentação de engenharia)

Células Quentes: Esta atividade tem por objetivo desenvolver as técnicas e os processos para a realização de exames e testes em corpos de prova irradiados.

Tal como o circuito de irradiação, este projeto constitui uma iniciativa pioneira no País. As realizações deste projeto em 1996 podem ser sumariadas em: aquisição dos equipamentos para a etapa de preparação metalográfica/ceramográfica de corpos de prova irradiados, fabricação dos dispositivos e sistemas de operação telemanipulada e início das campanhas de testes de qualificação dos equipamentos e dos sistemas auxiliares, dos processos individuais e de integração mecânica.

Vista do impregnador de varetas, desenvolvido para operação telemanipulada em células quentes →



4.3.2. IEN

A área de **Reatores e Segurança Nuclear** do IEN envolve o desenvolvimento de atividades de pesquisa científica e tecnológica em diversas áreas da física e engenharia nucleares, abrangendo física de reatores, termohidráulica, mecânica dos fluidos computacional, análise estrutural e análise determinística e probabilística de segurança de reatores nucleares. Inclui também a operação e manutenção de reator de pesquisa e circuitos térmicos a água e a sódio, e a formação e treinamento de recursos humanos para o setor nuclear.

Os benefícios para a CNEN e a sociedade nesse campo são: desenvolvimento de projetos conceituais de reatores nucleares; análise de diversos problemas de interesse da engenharia nuclear, notadamente em termohidráulica de reatores e análise de tensões em componentes; suporte técnico às atividades de licenciamento da CNEN; e a formação e treinamento de recursos humanos para o setor nuclear.

Física de reatores

Para melhorar as ferramentas de cálculo utilizadas nos projetos de concepção neutrônica e de blindagem de reatores desenvolvidas na Supervisão de Física de Reatores, resolveu-se desde 1995, criar uma plataforma integrada de *software* em ambiente *Windows 95*, com alta capacidade de processamento, capacidade para diferente tipos de análise (cálculo de células, queima, análise de transientes, blindagem, otimização, etc.), interface homem-máquina amigável e de fácil *upgrade*, de tal forma que códigos possam ser substituídos ou acrescentados à mesma, aumentando cada vez mais seu potencial.

O trabalho executado em 1996 foi a implantação em microcomputador PC Pentium (ou compatível) dos códigos de física de reatores atualmente disponíveis e pelo desenvolvimento de interfaces entre os diversos códigos de física de reatores e de interfaces gráficas para entradas de dados e apresentação de resultados.

Inicialmente foram estudadas algumas configurações básicas envolvendo códigos mundialmente consagrados para cálculos em física de reatores, tais como o WIMS e HAMMER, para cálculo de células, envolvendo solução da equação de transporte de nêutrons e os códigos CITATION e CARMEN, para cálculo espacial da equação da difusão de nêutrons. No momento já se encontram implantados os códigos WIMS-TRACA e HAMMER.

Como perspectivas de realizações no ano de 1997, a validação do trabalho de implantação dos códigos WIMS-TRACA e HAMMER, através de testes comparativos com exemplos *benchmark*, que deverá estar concluída em 1997, bem como algumas interfaces básicas para cálculo de célula e cálculo espacial simples.

Tecnologia e engenharia de reatores

Desenvolvimento de diversos *softwares*, para aplicação em termohidráulica de reatores, mecânica dos fluidos computacional, análise estrutural e análise determinística e probabilística de segurança de reatores nucleares.

Como exemplos práticos de potencial aplicação pode-se citar: análises da estratificação térmica em equipamentos nucleares e seus efeitos do ponto de vista de segurança estrutural; transferência de calor em convecção natural e/ou forçada em geometrias complexas; transporte e difusão de poluentes e/ou materiais radioativos no meio ambiente; análise estrutural refinada de equipamentos e tubulações nucleares sujeitas a carregamentos termomecânicos variáveis; estimativa da vida residual de componentes e tubulações.

Desenvolvimento de *software* para a análise limite de componentes nucleares

O programa LimState de análise limite e adaptação elástica (*shakedown*) de estruturas em sua versão 1.3 conta atualmente com a possibilidade de se obter para tubulações, cascas de revolução finas ou espessas e estruturas planas sujeitas a cargas constantes e variáveis, as seguintes informações:

- o limite superior da carga limite;
- os mecanismos de colapso plástico da estrutura;
- os pontos plastificados da estrutura;
- uma estimativa dos deslocamentos e tensões atuantes na estrutura antes do colapso plástico; e
- o diagrama de Bree da estrutura.

Em 1996 foi implementada a biblioteca de elementos finitos para a análise limite de estruturas nucleares, tais como o vaso de pressão (cascas finas e espessas) apresentado na figura 1, a vareta do elemento combustível representada pela figura 2 e a placa de suporte dos elementos combustíveis.

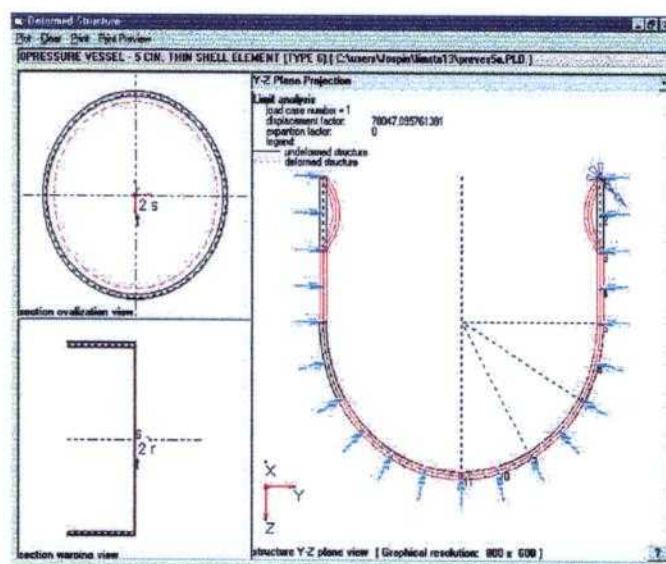


Figura 1. Mecanismo de colapso de um vaso de pressão.

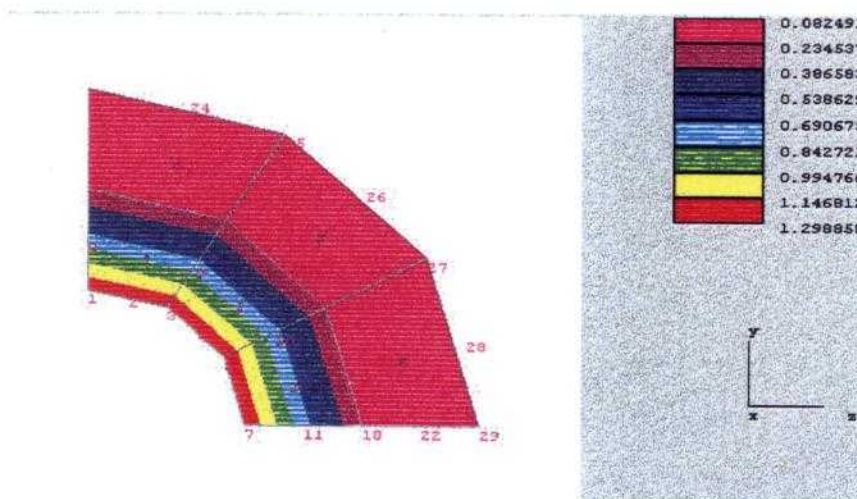


Figura 2. Tensões equivalentes de Von-Mises para uma cilindro espesso submetido a uma pressão interna.

Desenvolvimento de *software* para a análise de tensões em estruturas nucleares utilizando discretização adaptativa

Em 1996 foi atualizado o programa MEF para o cálculo de estruturas, utilizando o conceito de discretização adaptativa. Este método permite uma discretização mais refinada da estrutura e busca a definição de malhas ótimas de elementos finitos atendendo aos requisitos do número máximo de elementos imposto e seu correspondente limite de erro. A vantagem deste método consiste no fato de se obter resultados utilizando elementos finitos relativamente simples e de evitar uma discretização muito onerosa, já que o refinamento só é feito nas regiões onde as variações das tensões são elevadas, conforme é mostrado na figura 3 para o exemplo de uma placa com furo central e submetida a uma tração na direção x.

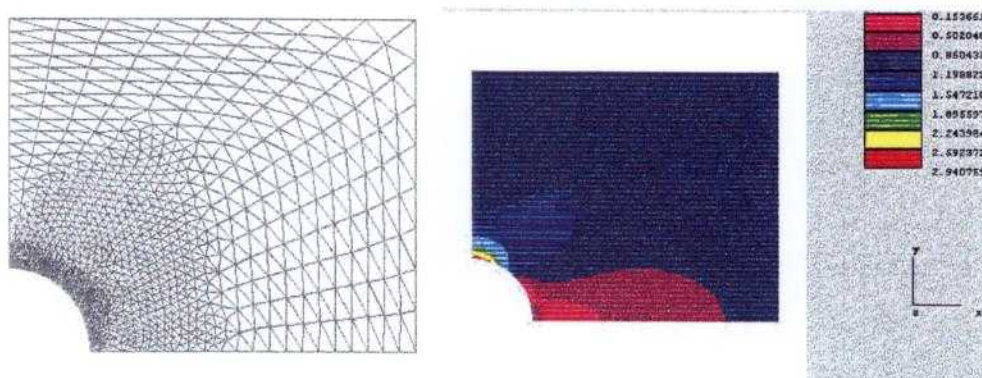


Figura 3. Discretização e Tensões equivalentes de Von-Mises numa placa com furo central submetida a uma tração na direção x

Desenvolvimento de *software* para a análise de ruptura frágil por fluência de componentes metálicos sujeitos a carregamentos termomecânicos variáveis

Foi concluída a implementação básica do método conjugado-gradiente com pré-condicionador de Jacobi na versão bidimensional e axissimétrica do programa EVPD, para análise de ruptura frágil por fluência de componentes metálicos, visando resolver de modo mais eficiente o sistema de equações algébricas resultante do problema discretizado. Para uma integração no tempo mais eficiente das equações acopladas de taxa de deformação e de dano em regime isotérmico, foi desenvolvido um novo algoritmo implícito, baseado numa expansão limitada em série de Taylor.

Desenvolvimento de *software* para simulação computacional em mecânica dos fluidos e transferência de calor

Vem sendo desenvolvida uma família de softwares para simulação de escoamentos viscosos com transporte de energia e de concentração de materiais dissolvidos. São utilizadas malhas de elementos finitos adaptativas e controle automático do passo do tempo, o que permite economia do tempo de processamento. Em 1996 foram completadas técnicas de paralelização e vetorização, para processamento nos computadores CRAY YMP e CRAY J90, com expressivo aumento de velocidade na execução dos softwares.

Análise do sistema auxiliar de alimentação de água do gerador de vapor da Angra-1

Foram construídas árvores de falhas e os cortes mínimos do AFWS (sistema auxiliar de alimentação de água do gerador de vapor) de Angra-1, para estimar a confiabilidade desse sistema, com a contribuição de falhas de causa comum. As condições dessa análise foram de 8 e 24 horas de operação ininterrupta. Esse trabalho acadêmico, realizado com a colaboração de Furnas SA, foi apresentado e publicado na COTEQ-96 (Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos-96) organizada pela ABCM (Associação Brasileira de Ciências Mecânicas).

Desenvolvimento de *software* para simulação de geradores de vapor com tubos em U

Foi revisto um modelo teórico e iniciada a programação de um software para modelagem de geradores de vapor típicos de reatores PWR de pequeno porte. A primeira parte desse programa (estacionário) já está operativa e gerando os resultados esperados, utilizando um conjunto adequado de subprogramas de propriedades termodinâmicas.

Desenvolvimento de *software* para simulação do escoamento bifásico no secundário um gerador de vapor com tubos em U

Este programa, desenvolvido pelo Laboratório de Simulação e Métodos da COPPE/Nuclear, teve a colaboração de um servidor no ano de 1996, aprimorando e testando um método numérico estável de processamento rápido em tempo real.

Desenvolvimento de *software* para estudos bidimensionais de escoamentos bifásicos a partir da mecânica do contínuo

Este trabalho consiste no desenvolvimento e formulação de um modelo bidimensional para descrição de escoamentos bifásicos, a partir da mecânica do contínuo. Esta formulação permite representar detalhes mais próximos da realidade física, além de não necessitar de correlações experimentais de atrito e de transferência de calor para superfícies sólidas. O modelo utilizará os eficientes métodos numéricos de elementos finitos já desenvolvidos na Supervisão de Tecnologia e Engenharia de Reatores para escoamentos incompressíveis, incorporando as modificações necessárias para a representação da compressibilidade e modelos constitutivos das duas fases. Em 1996 foi completada uma formulação flexível, para escoamentos tanto compressíveis como incompressíveis. Foi também desenvolvido um algoritmo computacional vetorial usando esta nova formulação. Este novo algoritmo foi testado em problemas de escoamentos de gases. Iniciada a simulação bifásica com água/vapor.

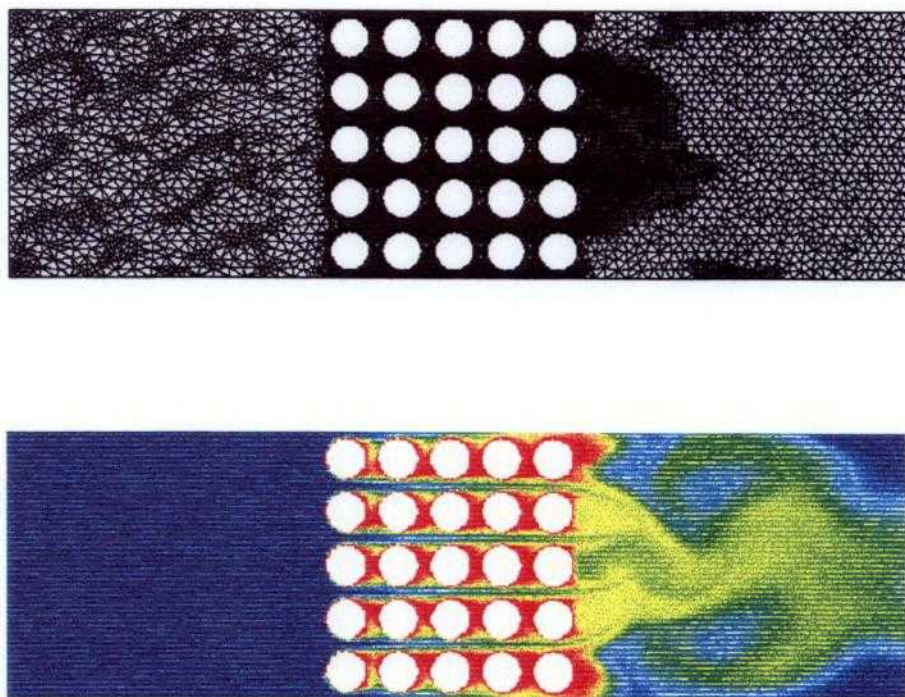


Figura 4. Escoamento cruzado através de tubos trocadores de calor

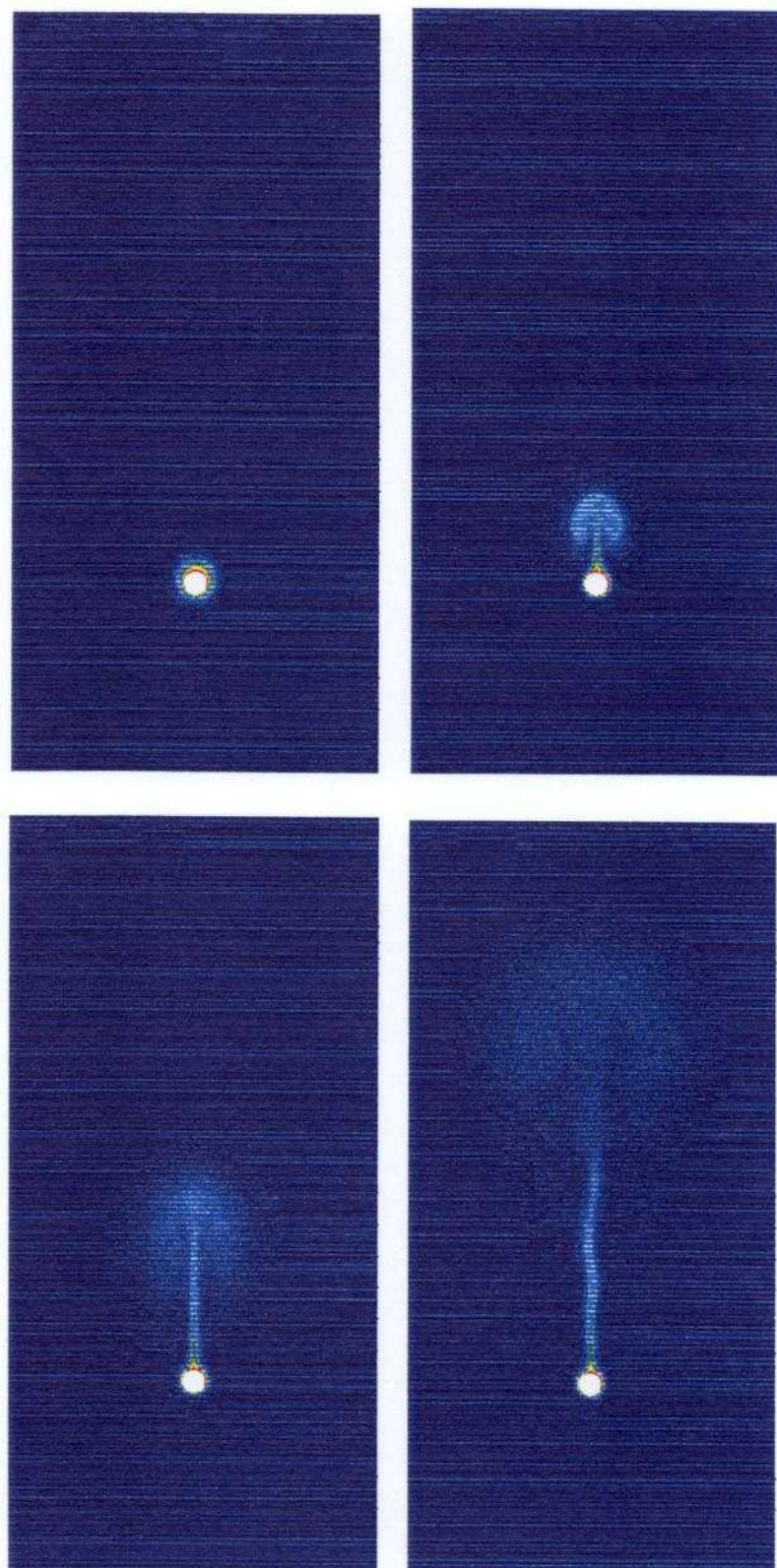


Figura 5. Convecção natural perto de uma tubulação aquecida horizontal

Desenvolvimento de *software* para cálculo da circulação natural de modelos em escala reduzida de sistemas de resfriamento de reatores

Como pesquisa aplicada, vem sendo desenvolvido um software para cálculo de circulação natural (bifásica, transiente) em sistemas passivos de remoção de calor de reatores. Neste software, o transporte de energia é representado detalhadamente, em uma dimensão, utilizando uma malha variável com controle automático do passo de tempo. Isso garante precisão e estabilidade numérica, sendo cancelados os erros de truncamento. Em 1996 o software foi testado com novos dados experimentais disponíveis de um circuito da Escola Politécnica (Química) da USP, e os resultados monofásicos foram razoáveis. Entretanto, foi necessário melhorar a formulação para simular escoamentos bifásicos. Essa nova formulação ainda está em desenvolvimento.

Circuito experimental para estudos de circulação natural

O objetivo deste circuito é o de estudar a circulação natural, em escala reduzida, de sistemas para remoção de calor residual em reatores tipo PWR, a verificação de modelos teóricos e o teste de critérios de similaridade. A validação dos modelos teóricos permitirão a aplicação futura deles no licenciamento de sistemas similares para remoção de calor em reatores PWR avançados.

A parte mecânica do circuito encontra-se montada. Em 1996 foi terminada a montagem do sistema elétrico e eletrônico para a alimentação e o controle de potência elétrica das resistências, mas alguns componentes apresentaram defeitos e estão sendo substituídos. Foram adquiridas as placas de aquisição de dados necessárias para o uso do *software* para aquisição de dados desenvolvido no ano anterior.

As perspectivas de realizações para o ano de 1997 são:

- operar o circuito e coletar dados experimentais;
- validar e comprovar os modelos utilizados.

Operação, manutenção e modernização do circuito térmico a água

Durante o ano de 1996 foram realizadas as operações rotineiras programadas e as destinadas à manutenção preventiva da instrumentação, compreendendo cerca de 200 horas de operações.

A modernização da instrumentação do circuito a água visa permitir a retomada da vocação do circuito, com o treinamento de técnicos de nível médio, alunos de graduação e pós-graduação, através da realização de cursos e aulas práticas em termohidráulica de reatores nucleares.

Em 96 foi concluída:

- a elaboração de projeto visando a substituição de toda a instrumentação de medida de processo (pressão, temperatura e vazão).

As perspectivas de realizações para o ano de 1997 são:

- concluir a aquisição da instrumentação, a montagem e a realização dos testes operacionais;
- analisar as condições elétricas do circuito.

Seção de testes de simulação de canais de elementos combustíveis de reatores de pesquisa

Uma seção de testes foi projetada, que permitirá a realização de estudos experimentais de transferência de calor em elementos combustíveis típicos de reatores de pesquisa, de interesse para o pessoal envolvido com a operação e a manutenção destes reatores, bem como contribuirá para o estudo da arte nessa área. Em 1996 foi feita a montagem mecânica parcial da seção de testes.

As perspectivas de realizações para o ano de 1997 são:

- concluir a montagem e os testes iniciais do aparato experimental;
- realizar simulações numéricas;
- coletar e analisar dados;
- validar e comprovar os modelos utilizados.

Operação e manutenção do circuito CTS-1

Os trabalhos desenvolvidos em 1996 foram:

- realizadas 6 operações no CTS-1, para avaliação das condições operacionais, após as modificações e as manutenções efetuadas;
- modificado o sistema de leitura do nível do sódio no tanque de expansão;
- substituída a válvula de alívio; manutenção da válvula do tanque de expansão;
- reparada uma resistência elétrica aberta, localizada no sistema de pré-aquecimento;
- realizadas duas intervenções de manutenção na linha de alimentação de argônio, com desmontagem e montagem das mesmas;
- reparado o sistema de pré-aquecimento do ramo superior esquerdo;
- reparado o sistema de pré-aquecimento do trocador de calor.

Atividades de pesquisa relacionadas com o CTS-1

Os trabalhos desenvolvidos em 1996 foram:

- estudo do acidente de fuga de sódio ocorrido no reator japonês MONJU em 1995;
- realizado um trabalho (dissertação de mestrado) visando dominar as técnicas de pré-aquecimento de circuitos a sódio;
- desenvolvido software para cálculos de pré-aquecimento de circuitos a sódio;
- realizada uma montagem experimental de um tubo de aço inox, isolado termicamente e instrumentado com termopares, para comparação das temperaturas medidas e calculadas;
- realizados os estudos da parte de construção mecânica e comportamento fluido-dinâmico do sódio em um tipo alternativo de armadilha fria de purificação;
- desenvolvido estudo inicial para criação de um modelo que descreva a distribuição do óxido de sódio cristalizado no interior de uma armadilha fria de purificação de sódio do tipo circulação.

Montagem da instalação de estocagem e purificação de sódio SS-010

Em 1996 foi contratada firma para realizar a reforma da fossa de segurança e proceder à montagem da instalação de estocagem e purificação de sódio SS-010, durante o primeiro semestre de 1997.

As perspectivas de realizações relativas ao SS-010 para o ano de 1997 são:

- executar a montagem da instalação SS-010;
- realizar os testes operacionais na instalação SS-010;
- revisar o manual de operações do instalação SS-010, em função das condições de montagem que foram contratadas.

4.3.3. IPEN

Para atender à demanda das pesquisas e projetos em andamento no Departamento de Reatores e operar com segurança os laboratórios e reatores nucleares sob sua responsabilidade, foram desenvolvidas as seguintes atividades em 1996:

Manutenção, Recuperação e Modernização dos Laboratórios do Departamento de Reatores

• Laboratório Van de Graaf

Foram adquiridos: compressor para o ar condicionado, batidor para fonte de alimentação, amplificador, pré-amplificador, fonte AT para alimentação de detectores e material para manutenção da ponte que liga a sala de experimentos ao galpão do laboratório. Efetuada a manutenção no detector de espectrometria gama HPGe. Como utilização principal, foram obtidos dados experimentais de transmissão de radiação gama em placas de blindagem.

- **Laboratórios de Manometria e Termometria**

Dando continuidade ao Processo de Credenciamento dos Laboratórios de Manometria e Termometria, foi montado um programa para elaboração do Manual da Garantia da Qualidade e realizadas visitas aos Laboratórios certificados no CTA, Cimentos Portland e IPT. Foram adquiridos os seguintes equipamentos:

- ◊ calibrador de pressão digital e dois módulos de pressão;
- ◊ sensores de temperatura padrão tipo termo-resistência com certificado de calibração;
- ◊ sensor de temperatura padrão tipo termopar S com certificado de calibração;
- ◊ fio de extensão para termopar tipo K, J e T;
- ◊ conectores para termopares tipo K, J e T.

Para o ano de 1997 está prevista a compra de uma bomba comparativa para aferição de instrumentos de pressão e um controlador de volume com ajuste preciso de pressão. Com estes equipamentos será possível iniciar o processo de credenciamento do Laboratório de Manometria.

- **Circuito Térmico Experimental de 70 bar (CTE-70) Bar**

- ◊ desenvolvidos experimentos para determinação de incertezas nos balanços de massa e energia e atualização do sistema de aquisição e controle de dados;
- ◊ preparada uma Seção de Testes em alumínio para análise de vibrações induzidas em feixes de barras simulando o elemento combustível tipo PWR;
- ◊ concebida uma Bancada Experimental para estudos e visualização da circulação natural a baixa pressão em condições de escoamentos monofásicos e bifásicos.

- **Laboratório de Instrumentação e Controle**

Iniciado o processo de aquisição de itens considerados "material de consumo".

- **Sistema de Inspeção Visual de Combustíveis Irrradiados**

Foi feito o processo de aquisição do "*Sistema de Inspeção Visual de Combustíveis Irrradiados*" a ser utilizado na qualificação sob irradiação dos combustíveis do Reator IEA-R1. Este sistema consiste de câmera subaquática resistente à radiação e sistema de captação de imagem.

Desenvolvimento de Programa Computacional para a ABACC

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

Terapia por Captura de Nêutrons (NCT)

- iniciado o projeto de concepção de uma instalação experimental para pesquisas em Terapia por Captura de Nêutrons (NCT), utilizando o tubo de irradiação 3 (BH3) do Reator IEA-R1;
- iniciado o desenvolvimento de um *Phanton* para estudos da dose absorvida no tratamento de tumores cerebrais utilizando NCT;
- realizados cálculos computacionais para avaliar a vantagem em se utilizar uma placa fissil na entrada do BH3 para aumentar o fluxo de neutrons no seu interior;
- aquisição de parte do material para construção da instalação e do *phanton*.

Experimento de Operação Contínua, 48 horas, 5 MW, do Reator IEA-R1

Realizada a operação em caráter experimental do Reator IEA-R1 a 5 MW contínuos. O experimento teve como objetivo fornecer subsídio ao projeto de aumento da potência do Reator IEA-R1 de 2 MW para 5 MW. Ele foi realizado de maneira satisfatória, demonstrando a plena viabilidade do aumento de potência do reator.

Produção de Mo-99 em Irradiador de Berílio

Foi projetado e adquirido da CERCA um irradiador de berílio com dois canais de irradiação para produção de radioisótopos, principalmente o Mo-99. O irradiador tem as dimensões de um elemento combustível padrão com bocais inferior e superior idênticos aos dos combustíveis, pois o mesmo será utilizado no núcleo do reator. Testes iniciais com o irradiador de berílio no núcleo apresentaram resultados experimentais satisfatórios, comprovando a expectativa inicial da produção de Mo-99.

Avaliação da Perda de Carga nos Elementos do Reator IEA-R1

Montado circuito experimental com o intuito de avaliar as perdas de carga nos elementos que compõem o núcleo do reator. Os ensaios foram realizados com diversos níveis de vazão para um elemento combustível e para um elemento de controle. Estes resultados foram utilizados para validar e corrigir o programa computacional "*Flow*" desenvolvido para o cálculo da distribuição de vazão no núcleo do reator.

Levantamento das Características do Local do Reator IEA-R1

Foram levantados os dados do sítio do reator IEA-R1 para a sua reforma e aumento de potência. Os resultados deste trabalho foram compilados no capítulo 3 do RASIN do IEA-R1, consistindo de dados meteorológicos, geológicos, população, radiológicos, atividades industriais e outros.

Análise de Confiabilidade do Sistema de Proteção do Reator IEA-R1

Iniciada a análise de confiabilidade do sistema de proteção do reator IEA-R1, com o objetivo de verificar a adequabilidade do sistema de proteção aos requisitos necessários para um reator nuclear de pesquisa.

Sistema de Análise de Conseqüências Ambientais e Radiológicas Durante Acidentes

Desenvolvido um programa computacional para o cálculo de doses radiológicas devido a liberações atmosféricas em caso de acidentes em reatores de pesquisa tipo piscina. O programa foi utilizado na análise de segurança da reforma e aumento de potência do reator IEA-R1.

HAZOP dos Procedimentos de Partida do Reator IEA-R1

Analizados os procedimentos de partida do reator IEA-R1 para verificar a segurança e riscos nestes procedimentos e sugerir possíveis modificações para aumentar a sua segurança.

Participação no projeto da Usina Nuclear Angra 2 junto à NUCLEN

- análise de tensões de linhas de tubulação de sistemas nucleares, classes de segurança 1, 2 e 3;
- análise de tensões e projeto de suportes de tubulações;
- iniciado um trabalho de revisão do Manual de Química da Usina de Angra 2 dentro do convênio com a NUCLEN;
- iniciada a participação na elaboração de manuais de operação de sistemas auxiliares de Angra 1.

Prestação de Serviços para Furnas: Medida do Tempo de Resposta de Instrumentos Ligados ao Sistema de Proteção da Usina Nuclear de Angra 1

- realizados testes de medida direta do tempo de resposta de sensores de pressão com pressões inferiores a 7 bar;
- realizadas medidas de tempo de resposta de todos os sensores de temperatura, do tipo RTD, ligados ao sistema de proteção do reator.

Participação no projeto do CTM-SP

- início das análises de tensões e de integridade estrutural de componentes do vaso de pressão do reator;
- verificada e comentada a Rotina para Testes de Desempenho da Turbina auxiliar da INAP para o CTMSP;
- elaborada a Rotina Experimental para o desenvolvimento do Tanque de Alívio do Pressurizador da INAP para o CTMSP;
- análise de vários documentos referentes ao circuito pressurizado de água fervente que o CTM-SP propõe para ser instalado no reator IEA-R1;
- continuidade do plano experimental do Reator IPEN/MB-01, consistindo na obtenção de parâmetros de interesse na área de física de reatores, tais como:

determinação do *buckling* variando a temperatura do moderador, calibração de barras de controle em função da temperatura do moderador, mapeamento da região central do núcleo com folhas de ouro nuas e cobertas com cádmio, obtenção da densidade de potência relativa pela técnica de varredura da vareta combustível. Esses parâmetros estão sendo utilizados como padrão de comparação para avaliar a metodologia de cálculo neutrônico atualmente utilizada na Divisão de Física de Reatores (RAF).

Análise de Segurança, Modernização e Aumento de Potência do Reator IEA-R1

Foi desenvolvida a análise de segurança do reator IEA-R1 para a sua reforma e aumento de potência para 5MW. Os resultados da análise foram compilados no capítulo 16 do RASIN (Relatório de Análise de Segurança da Instalação) do IEA-R1. Os seguintes estudos foram realizados:

- levantamento dos eventos iniciadores de acidentes;
- análise dos acidentes de inserção de reatividade;
- análise dos acidentes de perda de vazão;
- análise dos acidentes de perda de refrigerante;
- análise de conseqüências radiológicas devido a liberações atmosféricas de radionuclídeos; e
- cálculo da probabilidade de queda de aeronaves sobre o reator.

Foram ainda desenvolvidos:

- avaliação do projeto estrutural e mecânico do reator;
- projeto de tampos de vedação dos tubos de irradiação;
- projeto de estrutura de estocagem de elementos combustíveis irradiados;
- projeto de selagem para o sistema de transporte de coelhos pneumáticos;
- projetos conceituais dos sistemas de resfriamento de emergência, camada quente e isolamento;
- coordenação dos serviços de engenharia referentes aos sistemas de combate a incêndio, sistema elétrico e sistema de ventilação;
- experimentos a frio e a quente para qualificação do Sistema de Resfriamento de Emergência. O experimento a frio foi montado e foram realizados 70 % dos ensaios previstos e foi iniciada a fabricação da Seção de Testes para os testes a quente;
- analisada a limitação de potência do trocador de calor da Babcock & Wilcox e iniciado o planejamento de projeto para recuperação do trocador;
- concebida, projetada e montada em cerca de 80 %, uma bancada para estudos e otimização do sistema de retratamento de água do IEA-R1 e para desenvolvimento de reatores de pesquisa.

Na adequação da mesa de controle foram desenvolvidos os seguintes trabalhos:

- desenvolvidas a Análise do Núcleo, Especificação dos Combustíveis e projeto e aquisição de um dispositivo de irradiação de Be (*Flux Trap de Be*);
- elaborado projeto básico e detalhado do módulo complementar a ser adicionado ao circuito de desligamento do reator;

- realizado projeto básico e detalhado da bancada de testes de relés que será instalada no módulo adicional que já está em processo de aquisição;
- levantamento da situação atual dos diversos instrumentos de campo e dos painéis auxiliares, identificando-se os instrumentos que serão excluídos do sistema de controle, os instrumentos que serão substituídos e os que irão permanecer;
- elaboradas folhas de dados dos novos instrumentos (aguardando aquisição).

Preparação de Documentos de Repatriação de Combustíveis Irrradiados de Origem Americana

- discussão com comitiva do DOE, USA, sobre acordo de devolução e envio para os EUA dos combustíveis irradiados do Reator IEA-R1;
- preparação de documentação para envio dos combustíveis irradiados para os EUA;
- realização de testes de sipping e inspeção visual dos combustíveis irradiados e armazenados na piscina de estocagem do Reator IEA-R1.

Desenvolvimento de protótipo para cintilografia de mama

- elaborado projeto conceitual de equipamento específico para diagnóstico de câncer de mama;
- concluído experimento para demonstrar viabilidade de se utilizar um cintilador plástico como detector sensível à posição;
- iniciados os experimentos para determinar resolução do sistema de detecção.

Sistemas Passivos de Reatores Avançados

Foi detalhado o projeto de uma Bancada de Circulação Natural para experimentos de desenvolvimento de Sistemas de Resfriamento Passivos de Reatores Avançados. Foram adquiridos 90 % dos componentes e fabricado na Oficina do IPEN o trocador de calor da bancada, sendo realizados 80 % dos serviços de montagem desta bancada e elaborados 20 % dos trabalhos de modelamento numérico.

Simulador para Estudo do Sistema de Controle de um Reator Nuclear

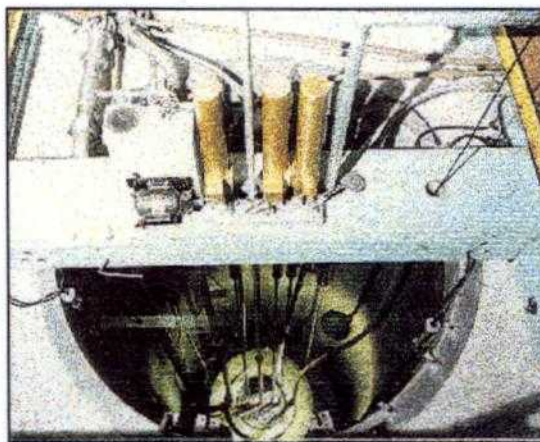
Consolidado o programa SIMPCO (SIMulador para o Projeto de CONtrole), que simula os circuitos primário e secundário de uma central nuclear, incluindo os modelos matemáticos dos principais componentes da central, a saber: reator, pressurizador, gerador de vapor, turbina, condensador, linhas (de água e vapor) com respectivas bombas e principais malhas de controle. Atualmente estão sendo avaliadas as malhas de controle incorporadas ao programa.

4.4. Operação e Manutenção dos Reatores de Pesquisa

4.4.1. CDTN

Operação do Reator TRIGA IPR-R1: Além da rotina operacional do reator e a concentração de esforços da equipe de operação na modernização do Reator Triga IPR-R1, em agosto de 1996 foram concluídos o Programa de Retreinamento e os Exames Médicos necessários à renovação da licença dos operadores do reator do CDTN.

Em julho/96 foi iniciado o processo de autorização para a irradiação de gases pressurizados no Reator, em particular o argônio 41 (Ar-41), tendo sido realizados diversos testes e análises. Este processo foi concluído ainda em 1996, após análise e autorização da Comissão de Avaliação de Segurança e da Superintendência de Licenciamento e Controle. Esta irradiação teve por objetivo a produção do radioisótopo Ar-41 para aplicação industrial, conforme registrado na seção Aplicações de Fontes e Radioisótopos.



Reator TRIGA: modernização é uma necessidade para ampliação da prestação de serviços à comunidade

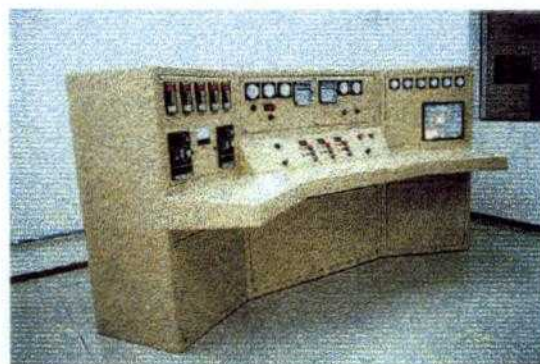
Ao longo do ano foram realizadas 112 operações à potência nominal, perfazendo 283 horas de operação à plena potência e 50 horas à baixa potência.

As irradiações de amostras abrangeram 1.962 corpos de prova de minérios, água, cabelo, aerossóis, alimentos, solos, efluentes industriais, metais e ligas (cobalto, urânio, zircaloy, etc).

Modernização do Reator TRIGA IPR-R1: Esta atividade tem por objetivo modernizar o reator para maior flexibilidade e segurança na operação.

Com base no levantamento dos dados necessários à análise termohidráulica deste reator, foram planejados e executados os testes de mapeamento da piscina do Reator. Este trabalho tem por objetivo levantar a potência térmica de operação deste reator de 100 para 250 kW.

Adicionalmente, os experimentos e testes realizados enfocaram, principalmente, a calibração de barras de controle, o mapeamento de fluxos neutrônicos, medidas de reatividade de elementos combustíveis, etc.



Nova mesa de controle do Reator TRIGA IPR-R1: modernização para adequação aos padrões de segurança e atendimento da demanda de prestação de serviços à comunidade

No período foram realizados também os testes de comissionamento da instrumentação e da nova mesa de controle e da instrumentação do Reator. Os relatórios de testes foram editados e encaminhados ao Comitê de Avaliação de Segurança, juntamente com os capítulos revistos do Relatório de Análise de Segurança e do Manual de Operação.

4.4.2. IEN

Operação do Reator Argonauta

Durante o ano de 1996 foram realizadas com o Reator Argonauta 55 operações, totalizando 90 horas em condições de criticalidade, conforme apresentadas a seguir.

Nº DE OPERAÇÕES À BAIXA POTÊNCIA (Potência Normal)	HORAS DE OPERAÇÕES À BAIXA POTÊNCIA (Potência Normal)	CLIENTES EXTERNOS	EXPERIMENTOS E TESTES REALIZADOS
23	20	AIEA ABACC IME CDTN	e Em atendimento às visitas e inspeções. Aplicação da técnica de Neutronografia Medidas de seções de choque em cristais
32	70	UFRJ/ COPPE	irradiação de materiais para trabalho em tomografia computadorizada; detecção de defeitos em materiais através da técnica de neutronografia com nêutrons térmicos; irradiação de amostras de brometo de potássio

Manutenção do Reator Argonauta

Os serviços de manutenção preventiva do reator foram realizados em conformidade com o plano geral de manutenção, incluindo a manutenção eletrônica, elétrica e mecânica. Além disto foram especialmente realizadas as seguintes atividades:

- recuperação do sistema de injeção pneumática de amostras para irradiação no núcleo do reator;
- instalação de um novo sistema de termopares no núcleo do reator e modernização do controle de temperatura do moderador.

Desenvolvimento de técnicas experimentais

Durante o ano de 1996 foi desenvolvido um *software* para tratamento de dados nucleares envolvendo estatística de contagem e predição de erros.

Modernização das instalações prediais e laboratórios vinculados ao Reator Argonauta

Durante o ano de 1996 foram executados os seguintes serviços:

- construção e instalação de uma escada metálica de acesso ao 3º andar do prédio do reator;
- revisão e manutenção parcial da torre de arrefecimento das máquinas de ar condicionado do prédio do reator;
- manutenção e reparos no telhado do Laboratório de Física de Reatores (em contratação).

Em aquisição, via importação, um detector HPGe do tipo POPTOP, uma placa analisadora multicanal de 8 K, destinados ao Laboratório de Medidas Nucleares, e três detectores BF₃ para o reator.

As perspectivas de realizações de modernização para o ano de 1997:

- instalar sistema para condicionamento e filtragem do ar do salão do reator;
- concluir o sistema de captação dos rejeitos radioativos líquidos do prédio do reator;
- executar a modernização do sistema de monitoração e detecção de área do salão do reator;
- executar a reforma e ampliação do Laboratório de Medidas Nucleares;
- adquirir novos equipamentos para o sistema de medidas do Laboratório de Medidas Nucleares;
- concluir o projeto de modernização do núcleo do Reator Argonauta para carregamento em varetas combustíveis com pastilhas de UO₂ e revestimento de Zr;
- desenvolver e implementar técnica de mapeamento e medida de fluxo de nêutrons térmicos com câmaras de fissão miniatura;
- concluir as experiências necessárias ao levantamento das condições neutrônicas do reator Argonauta com a nova configuração de núcleo;
- encomendar a fabricação de um elemento combustível tipo vareta para testes neutrônicos;
- irradiar amostras para a produção de traçadores com aplicações na indústria;
- manter os cursos de treinamento e retreinamento para operadores de reatores nucleares.

4.4.3. IPEN

Reator IEA-R1

Esta atividade tem por objetivo realizar as atividades de operação e manutenção do Reator IEA-R1 de acordo com o Manual de Operação do Reator e realizar estudos e experimentos visando a operação em ritmo contínuo e elevação da potência de 2 MW para 5 MW, visando atender à demanda de radioisótopos no País.

As seguintes atividades foram desenvolvidas em 1996:

- mudança do ritmo de operação de 8 horas por dia, 4/5 dias por semana, para 64 horas contínuas semanais, visando a produção do Samário (Sm-153) para uso médico;
- 48 operações à 2 MW, totalizando 2.374 horas de operação;
- 1 operação experimental à 5 MW, totalizando 48 horas de operação;
- 8 operações à baixa potência, totalizando 49 horas de operação;
- irradiação de 8.825 amostras para uso médico, industrial, agrícola e pesquisas atendendo usuários de diversos locais do IPEN, CENA-USP, IRD/CNEN, CBPF e IPEX;
- realização de experimentos para obtenção de parâmetros nucleares;
- irradiação de fios de irídio para uso médico (braquiterapia);
- irradiação de tarugos de silício utilizados pela indústria eletrônica;
- calibração e testes com as barras de controle e segurança;
- inspeção dos elementos combustíveis fabricados no IPEN para avaliação de desempenho sob irradiação;
- experimento à 5 MW visando o aumento de potência do reator;
- inspeção de elementos combustíveis de fabricação IPEN, utilizados na operação do reator para avaliação de desempenho sob irradiação;
- teste de *sipping* e inspeção visual dos combustíveis armazenados na piscina do reator.

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

Foi entregue à DRS o Relatório de Análise de Segurança da Instalação (RASIN) em outubro de 1996, objetivando obter a certificação para aumento de potência do reator de 2 para 5 MW a partir de agosto de 1997.

Mudança no Ritmo de Operação e Elevação de Potência do Reator IEA-R1

Tendo em vista a mudança no ritmo de operação do reator IEA-R1 para 120 horas contínuas por semana e elevação da potência de 2 MW para 5 MW até o final deste ano, novas turmas de técnicos estão sendo treinados para trabalhar nos turnos de operação do reator, e está se processando a modernização da instrumentação da sala de controle e do prédio do reator. Este aumento visa atender parte da demanda nacional de radioisótopos atualmente importada.

Cálculos das Mudanças 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 dos elementos combustíveis, orientar as mudanças de configuração que irão ocorrer com a mudança de densidade dos elementos combustíveis, com a mudança no ritmo de operação e com a elevação de potência.

Os progressos realizados foram os seguintes:

- implantação de um grupo de cálculo no reator IEA-R1;
- estudos visando o aperfeiçoamento das técnicas de cálculo.

Troca da tubulação do circuito secundário

Foi totalmente substituída a tubulação em aço carbono do circuito secundário, sendo o sistema comissionado em março de 1996. Ainda neste ano foi realizada a manutenção da bomba de um dos circuitos.

Reforma do sistema de ventilação e exaustão do reator

Foi realizado o projeto de detalhamento e a separação do prédio em duas áreas distintas, em relação a riscos de radiação. O novo sistema já está com toda a parte mecânica montada, aguardando o término da instrumentação, observando-se que as máquinas já estão funcionando e o reator operando em caráter experimental com o novo sistema de exaustão. Foi desenvolvido um novo conceito de filtro de carvão ativado pela TROX, devendo todo o sistema ser comissionado no primeiro semestre de 97.

Instalação do novo sistema de combate a incêndio

Em abril de 1996 foi comissionado o novo sistema de combate a incêndio, constituído de sensores de detecção e central de alarmes EZALPHA, painéis sinóticos e rede de hidrantes.

Instalação do sistema de monitoração de máquinas rotativas

O reator, a partir do primeiro semestre de 1996, passou a contar com o sistema de monitoração da Bruel & Kjaer e o software COMPASS, para supervisionar as principais máquinas rotativas, em atividades de manutenção preditiva.

Aquisição de monitores de radiação gama

Foram importados novos monitores e desenvolvido um cabo especial pela POLIRON. Todo o material encontra-se disponível para a adequação do sistema, visando a operação em 5 MW no segundo semestre de 1997.

Adequação da mesa de controle

O projeto de modificação do sistema de proteção encontra-se no detalhamento, tendo sido adquiridos todos os componentes especificados, inclusive os importados, que são necessários para os serviços, planejados para serem concluídos até julho do corrente ano.

Isolação do sistema primário

Foram especificadas e licitadas as válvulas de isolação em 10 e 12 polegadas, que serão instaladas no circuito primário. A empresa VALCONT fornecerá válvulas do tipo gaveta e esfera para esta função. A instalação está prevista para transcorrer no período maio/julho de 1997.

Resfriamento de emergência

A empresa LINIC Engenharia iniciou em 1996 a instalação da tubulação do sistema até a treliça do reator, estando o restante do sistema programado para ser concluído até julho de 97, considerando o sistema de automação e os aspersores na treliça do núcleo.

Reforma do sistema elétrico

Foi parcialmente reformado o sistema elétrico, tendo sido substituídos cabos e painéis, bem como separados os circuitos vitais dos essenciais e normais. Foi iniciado o levantamento da documentação "conforme construído" de todo o sistema.

Aquisição do sistema de inspeção visual

A empresa REES/IST, sediada na Inglaterra, ganhou a concorrência internacional para o fornecimento de um sistema de inspeção visual a ser empregado na visualização de componentes dentro da piscina do reator.

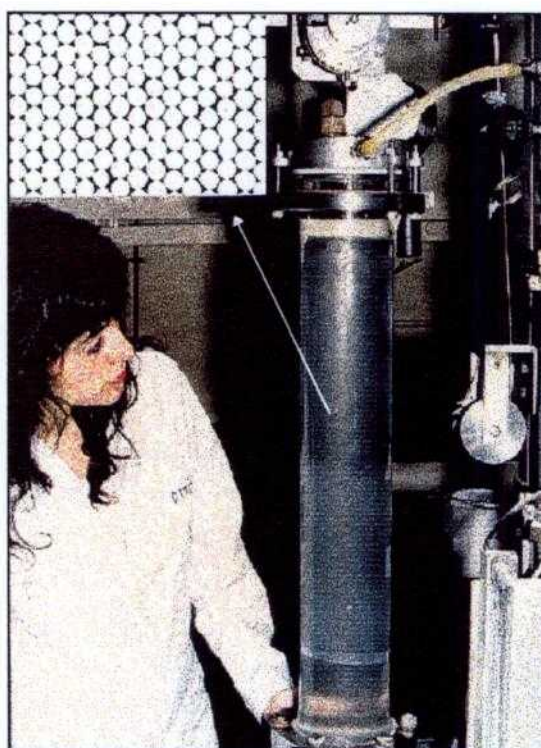
4.5. Materiais e Tecnologias Avançadas

4.5.1. CDTN

No escopo de Materiais e Tecnologias Avançadas foram obtidas, em 1996, as seguintes realizações:

Cerâmica Avançada: É objetivo desta atividade o desenvolvimento dos procedimentos de síntese e de caracterização de novos materiais, com propriedades singulares.

Como aplicação do processamento sol-gel, foram concluídos os trabalhos experimentais de síntese de titanato de bário, de síntese de esferas de biomassa e de síntese para a produção de zeólitas tipo 4A. Na síntese de zeólitas é utilizada, como matéria-prima, o caulim oriundo de jazida da Cia. Vale do Rio Doce. As esferas de biomassa, cuja matéria prima são algas marinhas, estão destinadas a aplicação em processos de adsorção de metais pesados, que estejam presentes em efluentes industriais. Os resultados dos trabalhos desenvolvidos em escala de laboratório permitiram a definição da engenharia conceitual do processo sol-gel visando a produção de esferas para fins diversos.

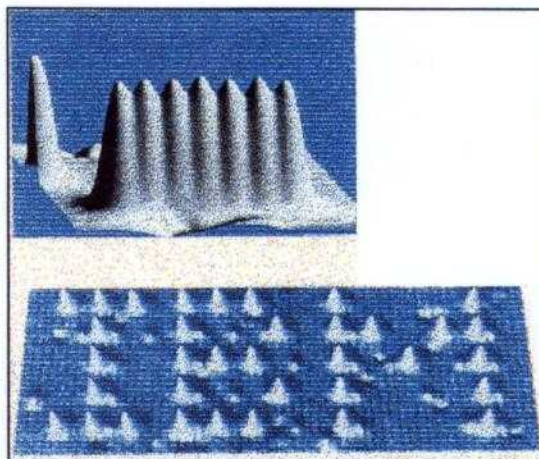


Desenvolvimento de novos materiais por processamento sol-gel

O interesse manifestado pela comunidade industrial para a utilização desse processo, exige uma nova fase de desenvolvimento que permita a transferência desta tecnologia. Esta nova fase deve englobar estudos de viabilidade técnica e econômica, bem como o levantamento de dados em escala piloto e semi-industrial.

Novos Materiais Nanoestruturados: Esta atividade tem por objetivo a preparação de filmes ultrafinos em ultra-alto vácuo (UHV) e investigar as propriedades de novos materiais nanoestruturados.

Com experimentos conduzidos no Laboratoire pour L'Utilisation du Rayonnement Électromagnétique (LURE), Orsay, França, foram realizadas, no primeiro semestre, duas campanhas de experimentos utilizando luz síncrotron, para investigação das propriedades estruturais e magnéticas de filmes epitaxiais. No período, a FAPEMIG - Fund. de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, outorgou um financiamento para o estudo de materiais magnéticos nanoestruturados.



Materiais nanoestruturados: alta tecnologia para o País

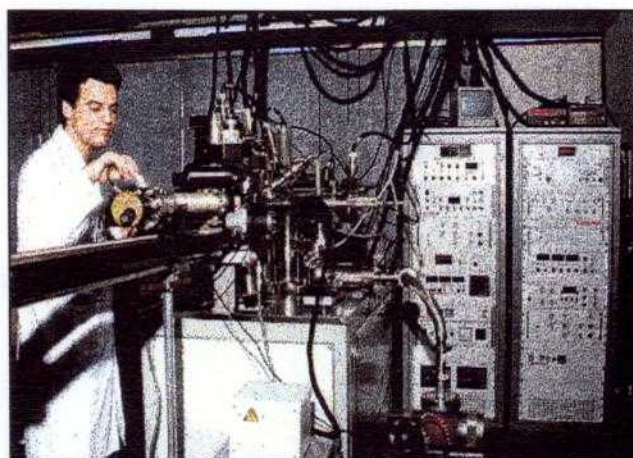
Em colaboração com o Lab. Nacional de Luz Síncrotron e o Center for Advanced Material Development CAMD/USA, foi concluído o estudo da estrutura de ferritas de níquel e zinco por EXAFS (*Extended Absorption Fine Structure*). Em 1996 foi consolidada a implantação do Laboratório de Física Aplicada do CDTN que, além da preparação e caracterização de nanoestruturas magnéticas por técnicas convencionais, viabilizou um sofisticado sistema de ultra-alto vácuo, para análise de superfícies e de interfaces, que está equipado com múltiplas técnicas experimentais e com capacidade de preparação de amostras *in situ*.

As técnicas experimentais disponíveis são: espectroscopia de fotonelétrons excitados por raios X e por ultravioleta (XPS e UPS), espectroscopia e microscopia de elétrons Auger (AES/SAM), difração de elétrons de alta e baixa energia (RHEED e LEED), espectroscopia Mössbauer de elétrons de conversão (CEMS) e efeito Kerr magneto-óptico em superfícies (SMOKE).

Assim, o CDTN/CNEN encontra-se apto a sintetizar materiais magnéticos nanoestruturados (ultrafinos) que apresentam propriedades significativamente diferentes dos materiais convencionais e que são utilizados, principalmente, na montagem de dispositivos eletrônicos com dimensões cada vez menores.

Com participação de cerca de 100 pesquisadores e alunos de pós-graduação do País, em out./96 foi realizado no CDTN o *workshop* "Aplicações de Luz Síncrotron em Ciência e Tecnologia de Materiais".

Espectroscopia de Elétrons: Esta atividade visa implantar no CDTN técnicas de caracterização de materiais por espectroscopia de elétrons. Com financiamento externo, foram especificados, adquiridos e instalados os equipamentos do Laboratório de Análise de Superfícies. Este laboratório já se encontra operacional para os primeiros desenvolvimentos de caracterizações especiais.



Espectroscopia de Elétrons: vanguarda em ciência dos materiais

Estudos de Propriedades de Materiais: Constitui objetivo desta atividade a investigação das propriedades estruturais e hiperfinas de sólidos. Com esse objetivo foi operacionalizada, em 1996, a condição Mössbauer em baixas temperaturas e, a partir de traçadores radioativos produzidos no CDTN, foi concluído o trabalho experimental para a determinação do coeficiente de difusão de oxigênio e de urânio na matriz do UO_2 .

A partir da outorga de financiamento externo, teve continuidade a implantação no CDTN do Método Flash Laser, que visa a caracterização das propriedades de condutividade térmica dos materiais.

Quantificação Digital e Análise Microestrutural: Esta atividade tem por objetivo desenvolver as ferramentas e os modelos para o estudo e a caracterização de materiais.

Em conjunto com as universidades UFMG e USP, foram concluídos os trabalhos sobre a metodologia para a descrição da evolução microestrutural de materiais e sobre a determinação dos parâmetros da mecânica da fratura por meio de processamento digital de imagens fotoelásticas. Também foi concluída a validação experimental de modelos bi e tridimensionais de evolução microestrutural.

Visando o campo da área médica e em cooperação com o Instituto Hilton Rocha, foi implantado o banco de imagens do endotélio de córneas humanas.

A extensão da vida útil de estruturas e de componentes do parque industrial nacional é o setor a ser mais beneficiado com os resultados das áreas de mecânica da fratura e fotoelasticidade (veja adiante Avaliação de Integridade Estrutural).

Metrologia: No contexto da atividade Metrologia, foi desenvolvido o sistema de medidas de força versus deslocamento em pequenas molas, em apoio à área de ortodontia, e realizado o estudo comparativo de *strain gages* para medidas de tensões/deformações em altas temperaturas, em apoio ao projeto de análise de integridade estrutural e extensão de vida de instalações industriais.

Ensaio e Caracterização de Materiais: Esta atividade tem por objetivo realizar ensaios, qualificar pessoal e métodos de ensaios, caracterizar materiais e executar a prestação de serviços em análises de tensões e em soldagens especiais.

Em 1996 foram realizados: a) estudo das técnicas de metalografia por réplica em comparação com as técnicas metalográficas convencionais; b) projeto e montagem de condicionador de sinais para extensometria com transmissor de 4-20 mA; c) projeto de equipamento para a medida de tensões residuais; d) desenvolvimento das técnicas de extensometria em altas temperaturas e em campos de irradiação; e) fabricação de



Vista do Laboratório de Metalografia

padrões de referência para a avaliação de trincas pelas técnicas de ultra-som e de correntes parasitas, com ensaio dimensional já concluído e, finalmente, f) elaboração do livro "Mecânica de Fratura", cuja edição depende da obtenção de recursos junto a órgãos de fomento.

No contexto da caracterização de materiais foram realizados 264 ensaios, envolvendo os aspectos de microdureza, análise dimensional, resistência mecânica, aderência, resistência à corrosão, radiografia e auto-radiografia, ensaios de pressurização, ensaios por líquido penetrante, ensaios por correntes parasitas, metalografia, bem como medições e análises de tensões. Além do atendimento às demandas de projetos do CDTN, estes ensaios atenderam ainda a solicitações diretas de clientes externos, sendo os principais a Cia. Energética de Minas Gerais, CEMIG; Univ. Federal de Minas Gerais, UFMG; ETQ Engenharia Ltda; MECAN Ind. de Máquinas para a Construção Ltda; Centro Tecnológico de Minas Gerais, CETEC, etc.

Avaliação de Integridade Estrutural: Esta atividade tem por objetivo avaliar a integridade de estruturas e de componentes em geral e determinar a sua extensão de vida.

Em 1996 foi concluído o projeto de cooperação técnica com a AIEA: "*Stress-strain Analysis of Nuclear Reactor Components*", e, com financiamento desta agência, foram realizadas duas missões técnicas ao Instituto IMASH, Moscou.

Para o biênio 1997/98, já foi aprovado o projeto de cooperação técnica com a AIEA: "*Life Management of Nuclear Safety Components*" (BRA/4/45).

A Usina Térmica de Igarapé deve fornecer energia em condições específicas de consumo do Estado de Minas Gerais; portanto, sua disponibilidade deve estar assegurada. O desaerador é um componente da usina que tem um histórico de falhas em usinas similares do mundo. Em parceria com a Cia. Energética de Minas Gerais, CEMIG, teve prosseguimento a avaliação de integridade estrutural da Usina Térmica de Igarapé.

Em 1996 foi iniciado o projeto de modelos reduzidos para o vaso de pressão de Angra II, que tem por objetivo realizar os estudos de simulação da distribuição de tensões.



Termoelétrica de Igarapé, MG: avaliação da integridade estrutural e extensão de vida

Estudos de Inclusões Fluidas: Constitui objetivo desta atividade a obtenção de dados para a metalogênese e a petrogênese a partir do estudo das inclusões fluidas em minerais.

Neste contexto foi firmado o acordo de parceria entre o CDTN e a Universidade de La Plata, Argentina. Na Faculdade de Ciências Naturais e Museu dessa universidade, o especialista do CDTN ministrou o curso “Inclusões Fluidas em Minerais: caracterização, métodos de estudo e aplicações”.

A partir de financiamento obtido junto a FAPEMIG, foi realizada a expansão do Laboratório de Inclusões Fluidas (LIF) do CDTN, com a aquisição de microscópio petrográfico e platina aquecedora, e será desenvolvido o projeto “Estudo de Inclusões Fluidas em Minerais dos Pegmatitos Turmaliníferos da Mina do Cruzeiro”, localizada em São José da Safira, MG.

Dentro do projeto “Granitóides Posicionados na Área Cratônica do Quadrilátero Ferrífero” foi realizada a visita técnica ao Departamento de Ciências da Terra da Universidade do Minho, Braga, Portugal, e foi ainda recebida a visita, no CDTN, de especialista dessa universidade.

4.5.2. IEN

Desenvolvimento de Tecnologia para Obtenção de Metais e Ligas Especiais por Eletrólise de Sais Fundidos.

Elaborado o projeto "Desenvolvimento de Tecnologia para Obtenção de Li Metálico e Ligas Al-Li por Eletrólise de Sais Fundidos" que foi apresentado à FAPERJ solicitando recursos para complementar dotação orçamentária da CNEN, aguardando julgamento.

Foram produzidos 2 kg da liga mãe Al-Li e repassados à UFSCar-SP, dentro de um acordo de cooperação, para pesquisas de mestrado e doutorado.

Montada uma célula para obtenção do Li metálico por processo contínuo que deverá entrar em testes e operação em 97.

Desenvolvimento de Tecnologia para Obtenção de Metais e Ligas Especiais por Fusão e Metalurgia do Pó.

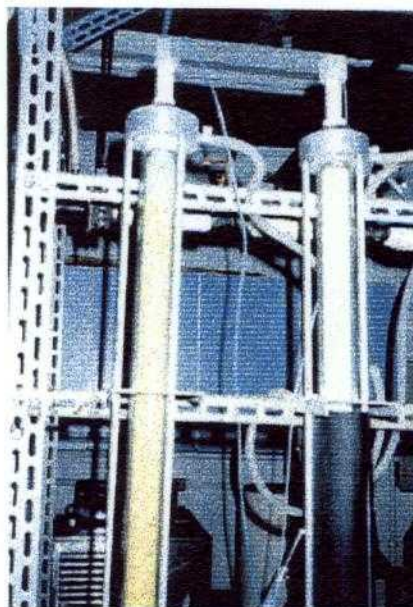
Montagem do forno de indução: Instalação hidráulica concluída, a menos de duas bombas, em aquisição; instalação elétrica depende da reforma de um transformador. Este trabalho deverá estar concluído em 97, capacitando o Laboratório de Metalurgia para realizar trabalhos de redução metalotérmica e fusão de ligas especiais.

Desenvolvimento de Materiais e de Tecnologia para Separação Isotópica.

Foram confeccionados os módulos da cascata de separação isotópica do Li-6 do Li-7. Estão sendo concluídos os sistemas associados para a montagem da cascata de enriquecimento. Os testes operacionais estão previstos para serem realizados no próximo ano.

Foram iniciados os estudos dos métodos para a separação isotópica do Zn-68 que é a matéria-prima para a obtenção do radiofármaco Ga-67. Duas técnicas estão sendo estudadas: a difusão térmica e a troca iônica com resinas especiais polimerizadas com ésteres coroados.

Foram fabricadas resinas peliculares à base de vinil piridina e divinilbenzeno para estudos da separação isotópica do urânio. Foram realizados testes cinéticos para determinação dos parâmetros físico-químicos e avaliar a capacidade da troca isotópica de U-235 e U-238 nas mesmas. Estudos foram realizados visando o controle da banda de enriquecimento através da influência das condições operacionais com resultados bastante promissores (foto). Duas teses de mestrado foram concluídas.



Módulo para Teste e Avaliação de Resinas do Processo de Enriquecimento Isotópico do Urânio - 235

Enriquecimento em B-10, compostos derivados BF_3 e B elementar.

A usina de produção de Boro-10 operou de modo contínuo durante o ano, mas com a capacidade reduzida porque o equipamento de análise isotópica (espectrofotômetro de massa) estava inoperante. Também foi feita a troca de um módulo da cascata de enriquecimento. Entretanto, foram produzidos cerca de 55 gramas de B-10 com pureza acima de 95%. Consolidada a síntese do BF_3 , mas a sua caracterização ainda está em fase de desenvolvimento de metodologia. A síntese do boro elementar por eletrólise de sais fundidos ainda está em fase de testes pré-operacionais para a escolha de materiais adequados e aguardando recursos para a compra de um forno de poço.

Decomposição Térmica e Secagem de Materiais de Interesse Nuclear.

Foram realizados estudos fluido-dinâmicos de misturas de UF_4 com um inerte (alumina e esfera de vidro) para o levantamento de parâmetro com o objetivo de retirar água de hidratação do UF_4 em leito fluidizado. Estes testes foram realizados em um reator de acrílico para a visualização do sistema e os parâmetros de fluidização foram otimizados. A partir desses resultados foi projetado e confeccionado um reator de leito fluidizado em aço inox para o estudo de desidratação do UF_4 .

Este reator entrou em operação em novembro de 1996 e atualmente estudos estão sendo realizados para otimização dos parâmetros operacionais.

Foi iniciado um projeto para a secagem de lantanídeos em um reator tipo "Spray-Drayer" com controle morfológico. Este projeto está sendo realizado no CENPES (Centro de Pesquisa da Petrobrás) que colocou suas instalações à disposição.

Tecnologia de Separação de Terras-Raras.

Elaboração de dois fluxogramas distintos para obtenção de neodímio de alta pureza. Um dos fluxogramas foi transferido para a Industrias Nucleares do Brasil (INB) que iniciou a operação em agosto de 1995 na sua instalação de demonstração (UDES) no distrito de Buena-RJ, na qual já foram produzidos algumas toneladas de óxido de neodímio com pureza superior a 99.5%. O outro fluxograma desenvolvido foi operacionalizado na usina piloto do IEN que produziu cerca de 1kg de óxido de neodímio com pureza acima de 99.99%, que pode ser utilizado na fabricação de cristais de laser de Nd-YAG. Os resultados serão apresentados em uma tese de mestrado na UFRJ em elaboração.

Foram produzidos cerca de 500 g de Eu com pureza acima de 99.9% por eletrólise. Também foram realizados os estudos da cinética de redução em função dos parâmetros de operação.

Em fase de desenvolvimento um modelo químico termodinâmico do mecanismo da transferência de massa dos lantanídeos com o ácido 2-etil-hexil fosfórico (PC-88). Este modelo será acoplado a um novo simulador que está sendo elaborado para a separação de terras-raras utilizando o PC-88 como extratante.

Melhoramentos no código LANTEX com novas sub-rotinas de interface gráfica que informam os resultados de interesse dos fluxogramas de separação de terras-raras.

Foi elaborado um relatório de um anteprojeto conceitual de uma usina industrial de separação de terras-raras para a INB e iniciado o projeto conceitual.

Obtenção de Ligas e Metais de Terras-Raras.

Iniciada a elaboração do projeto "Desenvolvimento de Tecnologia para Obtenção de Metais, Ligas e Compostos Intermetálicos de Terras-Raras", a ser apresentado às Instituições de fomento à pesquisa, solicitando recursos materiais e bolsas de estudo, como complementação aos recursos alocados pela CNEN.

Foram projetados e adquiridos conjuntos de contenção e cadinhos especiais para o desenvolvimento dos trabalhos experimentais, programados para 97.

Desenvolvimento de Resinas Especiais para a Separação de Terras-Raras.

Foi consolidada a síntese de uma resina impregnada com o ácido 2-etil hexil fosfórico para a separação de terras raras.

Cerca de 5 kg de resinas de troca iônica impregnadas com DEHPA foram produzidos para os estudos cinéticos e termodinâmicos de separação de pares de terras-raras em colunas de troca iônica. Uma tese de mestrado está sendo elaborada abordando a separação do par Eu/Gd que foi conseguida com sucesso nesta resina.

Em fase de ser consolidada a síntese de resinas macroporosas utilizando como base estrutural a 4 vinil piridina e DUB. Esta resina será utilizada em separação isotópica e de metais. Uma tese de doutorado está em fase de elaboração.

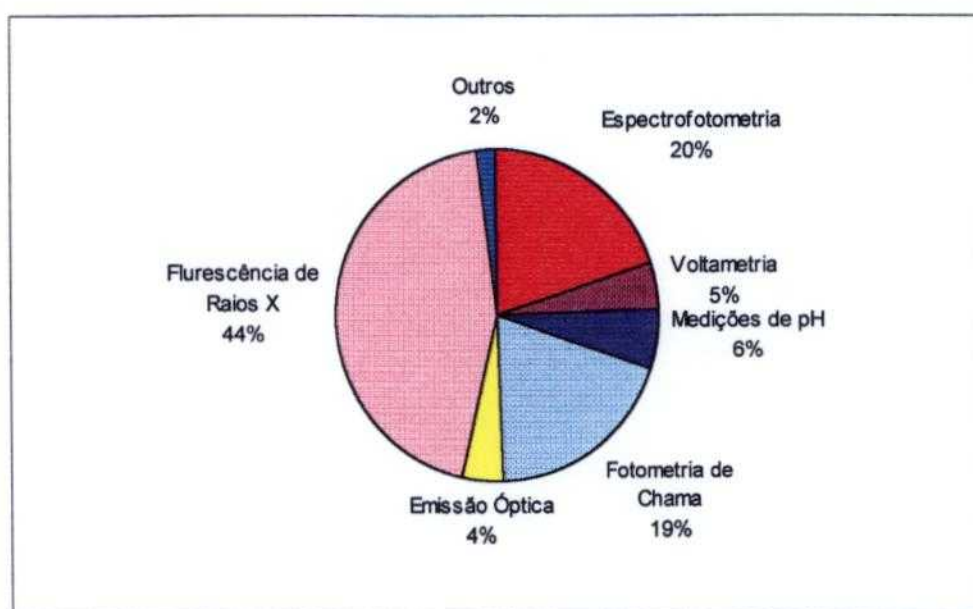
Síntese de Extratantes Organofosforados

A síntese do ácido 2-etil hexil fosfórico (DEHPA) não foi ainda consolidada em escala de bancada, devido à necessidade de explorar rotas alternativas com novos catalizadores. Entretanto, os resultados são bastantes promissores porque se obtém DEHPA com pureza elevada, mas com rendimento de processo ainda não determinado que depende de caracterização.

A usina piloto de produção de TBP a ser adaptada para a síntese do DEHPA necessita ainda fazer a revisão da instalação elétrica, instalação da bomba de alto vácuo e conserto dos indicadores de temperatura e aferição de termopares. A adaptação da usina piloto com equipamentos complementares vai depender da consolidação da síntese do DEHPA em escala de bancada.

Análises Químicas

Foram realizadas mais de 15.000 determinações analíticas em apoio a projetos de pesquisas do IEN, cooperação com outras Instituições e prestação de serviços, envolvendo técnicas como: Fluorescência e Difração de Raios - X, Espectrofotometria UV-VIS, Voltametria, Fluorimetria, Espectrografia de Emissão Óptica e Cromatografia Gasosa. Os resultados estão representados na figura abaixo.



Distribuição das Análises Químicas por Técnicas Analíticas

Caracterização de Materiais Nucleares

Instalada uma nova linha de alimentação elétrica para o laboratório de fluência. Foi projetado e está em fase de montagem um sistema de aquisição de dados para as máquinas de fluência. Dada continuidade ao estudo de comportamento de tubos 2,25 Cr - 1Mo sob fluência por pressão interna. Foram realizados diversos ensaios mecânicos, metalografias, radiografias, fotografias e emitidos laudos técnicos, atendendo solicitações internas e externas ao IEN.

Total de ensaios mecânicos: 17
Técnicas envolvidas: tração, fadiga
Principais clientes externos: UFSC e COPPE
Cliente interno: CMEQ

Técnicas Ultra-Sônicas não Convencionais

Desenvolvido programa para medida do tempo decorrido da onda ultra-sônica e do retroespalhamento devido ao tamanho de grão.

Montada uma cadeia eletrônica para verificar as medidas de tempo obtidas por computador.

Foi dado início ao trabalho de avaliação de escoamento de fluidos por ultra-som. Prosseguiram os trabalhos de avaliação de tensões internas em materiais, por ultra-som, que se constitui em tema de tese de doutorado de um servidor da SUMET.

Em fase de ser consolidada a síntese de resinas macroporosas utilizando como base estrutural a 4 vinil piridina e DVB. Esta resina será utilizada em separação isotópica e de metais. Uma tese de doutorado está em fase de elaboração.

4.5.3. IPEN

Produção experimental de ZrO_2 de pureza nuclear

Durante o período, deu-se prosseguimento aos trabalhos com o processamento de 2.600 l de nitrato de zirconilo, estocados anteriormente, resultando na produção de 113 kg de ZrO_2 de pureza nuclear.

No período também foram produzidos 15 kg de zircônia estabilizada com ítria e 1,5 kg de zircônia estabilizada com magnésia.

Obtenção de Terras-Raras de alta pureza para uso como padrão espectroquímico

O objetivo desta pesquisa é o fracionamento e purificação das terras-raras até alcançar um grau de pureza compatível com padrões internacionais. Durante o período, deu-se continuidade aos trabalhos em andamento, obtendo-se $Pr_6O_{11} \geq 99\%$.

Pretende-se dar continuidade aos trabalhos visando a obtenção de concentrados de lantânio, cério, samário, praseodímio e terras-raras ítricas em sistema semipiloto de separação por troca iônica e posterior purificação de praseodímio até alcançar a pureza de 99,9 % para aplicação em desenvolvimento de peróxido de praseodímio.

Obtenção de Filmes Finos por OMCVD (Organometallic Chemical Vapor Deposition)

A deposição química da fase vapor é uma reação heterogênea que coloca um composto volátil do material a ser depositado, no caso um organometálico, em contato com a superfície a ser recoberta. Esse processo permite obter camadas de espessuras variadas de praticamente todos os metais, na forma de sais ou compostos metálicos depositados sobre metais condutores ou isolantes.

O uso de compostos organometálicos como precursores no processo CVD, associados ao trabalho à vácuo, vem despertando grande interesse, uma vez que se tem conseguido baixar a temperatura de deposição, adquirindo-se revestimentos de excelente pureza, densos e aderentes. No período, foram realizados ensaios de síntese de organolantanídeos no IQ/USP.

Supervisão de Análises Químicas e Isotópicas

Total de análises químicas e isotópicas : 2.812

Técnicas envolvidas: volumetria, gravimetria, espectrofotometria, espectrofluorimetria, termobalança, absorção atômica com chama e forno de grafita, cromatografia de íons e eletrodos de íons seletivos, espectrometria de emissão atômica com fonte de plasma, espectrografia de emissão óptica, fluorescência de raios X com dispersão de energia e com dispersão de comprimento de onda, voltametria, polarografia, potenciometria, cromatografia líquida de alta resolução, espectrometria alfa, gama e massa (termoiônico e de alta resolução com fonte de plasma), cromatografia de gás acoplado a espectrômetro de massa.

Principais clientes externos: Instituto de Pesquisas Tecnológicas , Universidade de São Paulo e o Centro Tecnológico de Cerâmica de SC.

Principais clientes internos: Todos os projetos de P&D da área de materiais do IPEN e do elemento combustível.

Principais realizações:

- finalizada a instalação do espectrômetro de fluorescência de Raios-X;
- reforma e consolidação do laboratório de caracterização isotópica-HR-ICPMS e dos laboratórios associados para instalação de um espectrômetro de massa de alta resolução;
- finalizada a instalação de um cromatógrafo de gases CG/MS.

Supervisão de Caracterização Microestrutural

Total de análises microestruturais e ensaios mecânicos : 4.595.

Técnicas envolvidas: metalografia, microscopia óptica, difratometria de raios-X, microscopia eletrônica de varredura, microscopia eletrônica de transmissão, ensaios de tração até 1.000° C, compressão, flexão, torção, impacto, fluência, fadiga, tenacidade à fratura e medidas de dureza.

Principais clientes externos: Instituto de Pesquisas Tecnológicas , Universidade de São Paulo, Centro Tecnológico de Cerâmica de SC e a Unicamp.

Principais clientes internos: Todos os projetos de P&D da área de materiais do IPEN e do elemento combustível.

Principais realizações:

- finalizada a instalação do microscópio eletrônico de varredura (MEV) com análise elementar;
- finalizada a instalação do microscópio óptico com analisador automático de imagens;
- finalizada a instalação do difratômetro de raios-X com análise de textura;
- a Supervisão foi classificada para participar do Programa Nacional de Desenvolvimento das Engenharias PRODENGE, integrando a Rede de Cooperação de Pesquisa , RECOPE.

Síntese de Insumos Especiais

Estudo e desenvolvimento de processos para produção de insumos necessários à pesquisa de materiais avançados à base de zircônio, terras raras e covalentes. Dentre os principais resultados, destaca-se a ampliação da infra-estrutura do Laboratório de Insumos Especiais e do Laboratório de Cloração/Redução, além da consolidação dos processos de obtenção de zircônia estabilizada e de óxidos e carbonatos de terras-raras, processamento de nitreto de silício e de processos de cloração dos elementos zircônio e silício.

Processamento de Materiais Cerâmicos de Alta Resistência Mecânica e à Abrasão

Este projeto tem como objetivo atingir o domínio de processamento de materiais cerâmicos de alta resistência mecânica à abrasão. O projeto contempla o estudo das três principais classes de materiais cerâmicos utilizados em aplicações estruturais: cerâmicas covalentes, compósitos à base de alumina e cerâmicas à base de zircônia. Ênfase está sendo dada aos processos especiais de densificação, como prensagem a quente e prensagem isostática a quente. Dois produtos típicos serão desenvolvidos visando consolidar as rotas de processamento: anéis para selos mecânicos e insertos cerâmicos para ferramentas de corte.

Biocerâmicas

Estão sendo realizados estudos para a obtenção de hidroxiapatita por precipitação em meio aquoso e por sol-gel, para sua utilização como recobrimento de ligas para uso em implantes ortopédicos. A caracterização do material obtido é feita por difração de raios-X, espectroscopia de infravermelho, medidas de área de superfície específica, distribuição de tamanho de partículas, microscopia eletrônica de varredura, espectroscopia de energia dispersiva e testes de citotoxicidade.

Espectroscopia de Impedância de Materiais Cerâmicos Avançados

A técnica de espectroscopia de impedância complexa é usada para avaliar as propriedades elétricas de materiais cerâmicos para uso em dispositivos sensores de espécies químicas, tais como sensores de oxigênio e de flúor.

Caracterização de Interfaces de Materiais Compósitos por Microscopia Eletrônica de Transmissão

Estudo do comportamento interfacial de materiais compósitos de matriz metálica. Caracterização de interfaces em materiais produzidos pela técnica de fundição assistida por pressão e por conformação por "Spray".

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.

Fabricação de Ferramentas de Aços Rápidos Sinterizados

Os aços rápidos são materiais altamente ligados, com ampla utilização em aplicações onde se requer alta resistência ao desgaste e elevada dureza, como em ferramentas de usinagem e corte. A metalurgia do pó (M/P) dos aços rápidos começou a ser explorada a partir da década de 70, e vem ganhando importância no mercado de aços rápidos. O aumento do uso do aço rápido por M/P deve-se ao melhor desempenho e às menores perdas, quando comparados aos aços rápidos obtidos convencionalmente (a fabricação do aço rápido no Brasil é totalmente realizada por processos convencionais). Este projeto pretende desenvolver e fabricar materiais resistentes ao desgaste e ferramentas de corte utilizando técnicas de M/P.

Controle de Corrosão em Ligas contendo Terras-Raras

Elementos de terras-raras (ETR) podem ser usados para aumentar tanto a resistência de oxidação de diversas ligas em temperaturas elevadas como inibir a corrosão aquosa de vários metais comuns. Estão sendo realizados: (a) estudos comparativos das diferentes técnicas promissoras para recobrir com ETR as superfícies metálicas a serem expostas a temperaturas elevadas, e (b) estudos sistemáticos para caracterizar os íons de terras-raras como inibidores de corrosão de aços comuns, aços galvanizados e ligas de alumínio.

Desenvolvimento de Ligas Amorfas Eletrodepositadas

Materiais amorfos são caracterizados pela falta de ordem cristalográfica de longo alcance em sua estrutura, mas que apresentam alguma ordem de curto alcance. Esta característica confere excelente resistência à corrosão em algumas ligas metálicas, e assim podem ser utilizadas como revestimentos para proteger outros materiais menos resistentes em meios agressivos. Foram obtidas ligas amorfas eletrodepositadas. Está sendo estudada a influência dos parâmetros de processo sobre características do depósito amorfo.

Ensaio Acelerados para Simulação da Corrosão Atmosférica em Amostras com Revestimentos Protetores e Relação com Ensaio de Longa Duração

Montagem de um laboratório de 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. Aquisição de novos equipamentos para novos ensaios acelerados com simulação dos efeitos da radiação em revestimentos orgânicos.

Estudo do Controle de Corrosão por meio de Revestimentos Protetores

Revestimentos orgânicos e metálicos que conferem proteção ao substrato contra a corrosão estão sendo estudados quanto ao comportamento de corrosão em meios agressivos.

Estudo do Comportamento de Corrosão de Materiais Magnéticos à base de Terras-Ferro-Boro

Os ímãs de TR-Fe-B possuem excelentes propriedades magnéticas, porém baixa resistência à corrosão. Com o objetivo de aumentar a resistência à corrosão destes materiais, utiliza-se normalmente métodos de proteção, como aplicação de revestimentos protetores. O efeito de revestimentos obtidos, seja por reação química (tratamento em solução aquosa com inibidores de corrosão) ou pela aplicação de revestimentos orgânicos, está sendo investigado.

Eletrodeposição de Urânio em Sais Fundidos

Otimização do processo eletroquímico em meio de sais fundidos para recuperação de urânio, plutônico na forma metálica, a partir de matéria-prima na forma de ligas de U-10%Zr ou óxido (UO_2).

Preparação de Lantanídeos Metálicos

Otimização do processo eletroquímico em meio de sais fundidos em escala laboratorial para preparação de metais puros ou ligas - Cério, Neodímio, Lantânio, etc, Nd-Fe, Nd-Co, etc.

Corrosão de Níquel e suas Ligas em meios de Carbonatos Fundidos

Estudo de corrosão do níquel e suas ligas em meio de eletrólitos fundidos para melhoria de materiais em contato com escórias ou processos metalúrgicos.

Preparação de Insumos Lantanídicos

Desenvolvimento de processos químicos para preparação e tratamento de sais lantanídicos.

Materiais Metálicos Estruturais e Elétricos

Os principais resultados estão relacionados com a produção de lingotes experimentais, com estudos sobre laminação, soldagem, tratamentos termomecânicos, caracterização microestrutural e mecânica, microanálise e análises elétricas. A maioria destes trabalhos estão vinculados a projetos aprovados no PADCT/FINEP ou CNPq ou convênios entre institutos de pesquisas. Dentre os diversos materiais metálicos investigados podemos citar:

- a) Aços maraging (aços de alta resistência mecânica, tenacidade e soldabilidade). Foi escolhido uma composição química estudada e produzido um lingote de 100 kg para uma melhor avaliação mecanoestrutural (resultados preliminares tem indicado ter-se alcançado 3Gpa de resistência mecânica neste aço) (Projeto PADCT/ IPEN/ IPT/ CTM/ POLI).
- b) Silício grau químico. Foram avaliadas microestruturalmente e realizadas microanálises (EDS) em várias amostras procedentes de diversos procesos e indústrias, bem como as produzidas no IPT, enquanto se aguarda a instalação de equipamentos e posterior produção de silício grau químico (Projeto PADCT/IPEN/IPT).
- c) Aços alto cromo (HT9). Foram produzidos lingotes experimentais com os quais estão sendo investigados os aspectos de fundição e de composição química. Os aços produzidos devem apresentar alta resistência mecânica a elevadas temperaturas (utilizados em reatores rápidos) (Convênio IPEN/IEAv).
- d) Aços Fe-3%Si (aços elétricos). Estudou-se os aspectos microestruturais da precipitação de MnS neste aço após ensaios de compressão a quente,

procurando simular o processo de laminação a quente que ocorre na primeira etapa da obtenção de aço industrialmente (IPEN/ACESITA).

e) Liga Cu-Be-Ni (liga elétrica). Produziu-se o lingote em laboratório, realizou-se processamentos termomecânicos juntamente com caracterização mecânica, microestrutural e elétrica. Os resultados indicam que esta liga tem características adequadas para utilização como conectores elétricos de alto desempenho.

f) Superliga à base de níquel (liga ENVAC 600). Foi avaliada e caracterizada mecânica e microestruturalmente, após vários processos de soldagem, TIG (pulsado ou não), Arco Plasma e Laser pulsado. Podemos afirmar em vista dos resultados encontrados que os processos de soldagem TIG e a Arco Plasma podem ser utilizados em estruturas e componentes que não exijam alta qualidade e desempenho das juntas soldadas em meios agressivos, enquanto que o processo de soldagem a Laser deve ser principalmente empregado em componentes que trabalham em tensões cíclicas ou a temperaturas elevadas, minimizando-se a redução no limite de resistência à fadiga, à corrosão e à oxidação da superliga.

5. FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS

5.1. Treinamento

5.1.1. CDTN

O objetivo do CDTN na área de treinamento é a capacitação e a reciclagem de seus servidores visando atender as necessidades de sua programação. Neste contexto, vários cursos foram realizados a nível de especialização e de extensão. De acordo com as diretrizes do Centro, uma meta a ser alcançada nos próximos anos é o aumento do número de doutores e mestres.



Treinamento de servidores: formação e atualização de 300 servidores em 1996

Além do treinamento dos servidores, o CDTN coloca à disposição

das instituições envolvidas com o ensino em Minas Gerais, suas instalações e conhecimentos para a formação e o treinamento em diversas áreas. Existem atualmente vários bolsistas e estagiários que completam a formação básica no CDTN.

A seguir é apresentada uma consolidação das atividades desenvolvidas no CDTN no ano de 1996:

Cursos Realizados em Instituições Externas por Servidores do CDTN

CURSOS	Nº DE SERVIDORES	Nº DE CURSOS
Informática	42	17
Apoio/Gestão/Infra-estrutura	23	17
Técnicos	20	15
TOTAL	85	49

Cursos Oferecidos pelo CDTN

ÁREA	Nº DE SERVIDORES	Nº DE CURSOS
Informática	344	17
Apoio/Gestão/Infra-estrutura	306	12
Técnica	137	4
TOTAL	787	33

Conclusão em 1996 de Mestrado e Doutorado por Servidores do CDTN

CURSOS	Nº DE SERVIDORES
Mestrado	4
Doutorado	1
TOTAL	5

Atividades em Cooperação com Instituições de Ensino (alunos de entidades de ensino com trabalhos no CDTN)

ATIVIDADE	No DE PESSOAS	OBSERVAÇÃO
Bolsistas	34	21 - Graduação 9 - Mestrado 3 - Doutorado 1 - Pós-Doutorado
Estagiários	39	
Utilização de Instalações do CDTN	11	
TOTAL	84	

5.1.2. IEN

a) Cursos em Instituições Externas

	<u>Nº de Servidores Treinados</u>	<u>Nº de Cursos</u>
Informática	02	01
Apoio/Gestão/Infra- Estrutura	43	14
Técnicos	55	21
b) Cursos Oferecidos no Instituto		

	<u>Nº de Treinados</u>	<u>Nº de Cursos</u>
Informática	-	-
Apoio/Gestão/Infra- Estrutura	07	01
Técnicos	239	13

c) Mestrado e Doutorado (concluídos em 1996)

<u>Curso</u>	<u>Servidores</u>	<u>Alunos externos</u>
Mestrado	09	-
Doutorado	-	-
Total	09	-

5.1.3. IPEN

Concurso Público

Em prosseguimento ao concurso público, foram preenchidas no total 89 vagas no IPEN, sendo 48 em 1995 e 41 em 1996. Por carreira, estas vagas foram preenchidas do seguinte modo:

Pesquisa: 25

Desenvolvimento Tecnológico: 45

Apoio/Infra-Estrutura/Gestão: 19

Cabe lembrar que no período de 12/12/90 a 31/12/96 ocorreram 316 vagas no quadro de servidores da CNEN/SP: 48 na carreira de pesquisa, 99 na de desenvolvimento tecnológico e 169 na de gestão. A relação entre vagas existentes e contratação de servidores no concurso público resultou nos seguintes índices de reposição: 52% na carreira de pesquisa, 45% na de desenvolvimento tecnológico e apenas 11% na de gestão.

Programa de Integração

Os novos servidores fizeram parte de um Programa de Integração.

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.

Treinamento

Nos treinamentos internos, com o aproveitamento dos recursos materiais e institucionais da casa, foram realizados 62 cursos, sendo treinados 1.050 servidores, praticamente o dobro em relação a 1995.

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 1996, 132 servidores participaram de 67 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 "IAEA's Research Co-ordination Meeting on Optimization of the Production and Quality Control of Radiotherapeutic, Radionuclides and Radiopharmaceutical", de 09 a 12/12/96.

Durante o ano de 1996 foram concluídos os seguintes mestrados e doutorados:

Curso:	Servidores	Alunos externos
Mestrado:	07	15
Doutorado	05	11
TOTAL:	12	26

5.2. Publicações

As publicações técnico-científicas, a apresentação de trabalhos em congressos, teses e dissertações, relatórios, etc., constituem o veículo através do qual o conhecimento tecnológico das instituições de pesquisa e desenvolvimento, como produto, é oferecido à sociedade. Neste sentido, as três instituições da DPD têm dado ênfase especial às produções técnico-científicas, conforme mostrado no quadro a seguir:

PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA	Nº DE TRABALHOS		
	CDTN	IEN	IPEN
ARTIGOS INTERNACIONAIS	02	05	23
ARTIGOS NACIONAIS	05	07	06
EVENTOS INTERNACIONAIS	13	06	19
EVENTOS NACIONAIS	62	27	211
TESES E DISSERTAÇÕES	10	09	24
OUTROS (PUBLICAÇÕES, LIVROS, RELATÓRIOS, INSTRUMENTOS NORMATIVOS)	209	57	01
TOTAL	301	111	284

5.3. Participações em Eventos

5.3.1. CDTN

A participação do CDTN em eventos de 1996 pode ser resumida em:

a) Participação em Seminários, Congressos, "Workshop", etc

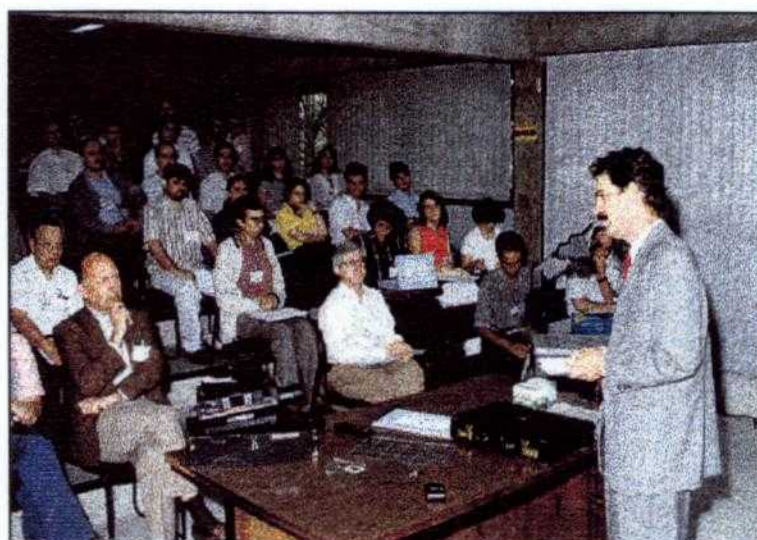
ÁREA	Nº DE SERVIDORES	Nº DE EVENTOS
Informática	3	2
Apoio/Gestão/Infra-estrutura	74	6
Técnicos	39	22
TOTAL	116	30

Participação em Exposições

- 1) 5º Seminário Mineiro de C&T - 4ª Mostra de C&T - Viçosa, MG
- 2) O Brasil, a Marinha e a Energia Nuclear - Iperó, SP

Organização de Eventos

- 3) 1º Seminário para Jornalistas sobre Energia Nuclear - Belo Horizonte, MG
- 4) Ciclo Regional de Debates sobre Energia Nuclear - Belo Horizonte, MG
- 5) Seminário sobre Irradiação de Alimentos - Federação das Indústrias de MG, Belo Horizonte, MG
- 6) Aplicações de Luz Síncrotron em Ciência e Tecnologia de Materiais, Belo Horizonte, MG



Abertura do *workshop* "Aplicações de Luz Síncrotron em Ciência e Tecnologia de Materiais", 09 a 11 de outubro, CDTN

5.3.2. IEN

Durante o ano de 1996 os servidores do IEN participaram nos seguintes eventos:

No País

Congressos e Seminários	Nº de Eventos	09
	Nº de Servidores participantes	25
	Eventos organizados	02*

*ENFIR, CICLO DE DEBATES

No Exterior

Congressos . e Seminários	Nº de eventos	04
	Nº de participantes	09
Pós-graduação	Mestrado	-
	Doutorado	-
Inspeção de Salvaguarda	-	
Treinamento(cursos,estágios,etc.)	02	
Experts (assessoria técnica, ministrar cursos, grupo de trabalho, etc.)	01	

6. OUTROS ASSUNTOS

6.1. Projetos Especiais

6.1.1. CDTN

Em 1996 e através dos Projetos Especiais, o CDTN buscou identificar áreas prioritárias da sua infra-estrutura técnica e a estabelecer ações de curto e médios prazos para a viabilização destes projetos, dentro das possibilidades orçamentárias de 1996.

Metodologias Analíticas: Este projeto tem por objetivo restaurar a produtividade no setor de metodologias analíticas para diagnóstico e resolução de problemas nas áreas de saúde e meio ambiente.

Como resultados em 1996 tem-se:

- Iniciada, de forma limitada, a aquisição de parte dos equipamentos necessários;
- As obras de infra-estrutura foram atrasadas, devido às restrições orçamentárias e reprogramadas para 1997.

Beneficiamento Mineral/Flotação em Coluna: Este projeto tem por objetivo restaurar a produtividade no setor de desenvolvimento e implementação da aplicação industrial de processos de concentração de minérios.

Em função de restrições orçamentárias e da falta de técnico para alocação no projeto, as metas deste projeto estão sendo reavaliadas e reprogramadas.

Recursos Hídricos: Este projeto tem por objetivo implementar a capacidade de análise necessária ao desenvolvimento e à aplicação de técnicas para diagnosticar, preservar e recuperar o meio ambiente, com enfoque em recursos hídricos, hidrologia marítima e engenharia costeira. Em função das restrições orçamentárias em 1996 foi iniciada, de forma limitada, a aquisição de parte dos equipamentos necessários. As obras de instalação do Laboratório de Hidrogeologia e Hidrogeoquímica deverão ser implantadas em 1997, a partir da aprovação de emenda de despesa ao Orçamento/97 da União.

Centro de Convenções do CDTN: A nível nacional e de Minas Gerais, em particular, o CDTN tem ser tornado uma instituição de referência. Os mais diversos segmentos da sociedade buscam na instituição a realização e a condução de eventos, tais como congressos, seminários e cursos. Entretanto, o CDTN não dispõe de uma instalação apropriada para estas realizações.

Em 1996 foram concluídos todos os projetos civis desta instalação. Em 1997 será buscada a viabilidade financeira para o início dos trabalhos de construção.

Análise Instrumental: O CDTN teve no passado uma capacidade de análise química que praticamente cobria toda a tabela periódica de elementos. O envelhecimento dos equipamentos reduziu drasticamente esta capacidade e já causa impacto, de forma vital, a capacidade de análise para os diversos projetos em andamento. O objetivo deste projeto é de evitar o colapso da capacidade analítica do CDTN.

Neste projeto foi iniciada a renovação de parte dos equipamentos necessários, mas foram atrasadas as obras necessárias à infra-estrutura laboratorial. Em face da importância desta área no suporte aos mais diversos projetos do CDTN, em 1997 parte dos investimentos orçamentários deverão ser encaminhados, prioritariamente, para este projeto.

Estudo de Propriedades de Materiais: Este projeto visa completar a capacitação laboratorial na caracterização de novos materiais, com propriedades singulares, para a investigação de propriedades estruturais e hiperfinas de sólidos.

As metas previstas para 1996 estão sendo revistas em função de outras prioridades do CDTN e do orçamento previsto para 1997.

Materiais - Propriedades e Aplicações: O objetivo deste projeto é complementar a capacitação laboratorial na caracterização de materiais nano, micro e macro-estruturados, com enfoque voltado para a avaliação de integridade estrutural e extensão de vida de componentes e estruturas industriais.

Em 1996 foi iniciada a aquisição de parte dos equipamentos, mas postergadas as obras para a instalação e operação dos equipamentos. Os investimentos serão realizados tendo por base a disponibilidade de recursos dentro do Orçamento/97.

Laboratório Regional de Calibração de Dosímetros: É objetivo deste projeto realizar a calibração de monitores de área, de contaminação, individuais, de dosímetros clínicos de radioterapia e outros. Em face do aumento da produção de radioisótopos e radiofármacos pelo IPEN, cuja distribuição alcançará naturalmente a região de Minas Gerais e Centro-Oeste do Brasil, o CDTN está se preparando para atender às demandas de proteção radiológica que advirão do segmento médico. Por outro lado, já existe um forte crescimento de demanda na área de dosimetria, em particular, resultante dos cursos promovidos pelo CDTN para servidores de órgãos da vigilância sanitária do Estado. Em função destes aspectos, a maior prioridade foi colocada na modernização do Serviço de Proteção Radiológica.

De forma limitada, mas prioritária, os recursos disponíveis foram canalizados para este setor do CDTN em 1996, e parte do orçamento/97 será ainda direcionado para este projeto.

Proteção Ambiental: Este projeto tem por objetivo desenvolver metodologias de amostragem de ar e de chaminés e elaborar relatórios de diagnóstico ambiental. Em face dos requisitos de proteção ambiental dos órgãos governamentais para o meio ambiente, o setor industrial tem demandado o CDTN para a elaboração de diagnóstico ambiental. Entretanto, a possibilidade de completo atendimento a esta demanda é limitada pela falta de infra-estrutura laboratorial.

As metas estão sendo alcançadas em conformidade com a prioridade deste projeto e a disponibilidade orçamentária.

6.1.2. IEN

Produção de ^{123}I Ultrapuro

- Produção de ^{123}I Ultrapuro em parceria com o FZK. Classificado como Projeto Modelo (BRA/4/043) pela IAEA.

Aplicação da técnica neutrongráfica.

- Detecção de drogas (cocaína sob diversas formas) ocultas por diferentes materiais: tecido, chumbo, alumínio, ferro, café, fumo, madeira, etc.
- Detecção de microfissuras em concreto estrutural de alta resistência.
- Desenvolvimento de conversores nacionais, de nêutrons térmicos, para aplicação em radiografia com nêutrons.
- Construção de um sistema de neutrongrafia transportável.

Ampliação da utilização de medicina nuclear nos hospitais públicos do País

- O IEN fará em 1997 a fabricação de oito conjuntos dos seguintes equipamentos:
 1. Sistema de contagem para medicina nuclear;
 2. Calibrador de dose;
 3. Monitor inteligente de radiações;
 4. Sonda panqueca.

6.1.3. IPEN

Supervisão de Materiais Optoeletrônicos

- Instalado o corpo de fresadora para a montagem da Central de Processamento de Materiais a Laser e preparação do protótipo.
- Definição de uma evaporadora para produção de filmes finos em superfícies ópticas (recursos FAPESP).
- Purificação e crescimento de novos cristais laser ativo de LiSrAlF_6 e de $\text{LiGdF}_3\text{:Nd}$.
- Projeto de um protótipo de um sistema Lidar para monitoração ambiental.
- Conclusão de um protótipo do corpo de um velocímetro Doppler pulsátil.
- Implantação do Laboratório de Aplicações Biomédicas de Laser.
- Aprovação do projeto COFECUB envolvendo o IPEN, a USP, a UFPe e a Universidade de Rennes (França) para o estudo de lasers de vidros fluoretos.
- A Supervisão foi classificada para participar do Programa Nacional de Desenvolvimento das Engenharias, PRODENGE, integrando a Rede de Cooperação de Pesquisa, RECOPE.

6.2. Cooperação com outras Instituições

6.2.1. CDTN

O CDTN tem buscado ampliar a cooperação técnico-científica com outras instituições, em especial com aquelas localizadas no estado de Minas Gerais, como parte das estratégias de divulgação da tecnologia nuclear e de seus benefícios para a sociedade, e de consolidação de sua imagem institucional.

A seguir são relacionadas as atividades mais importantes no âmbito de cooperação, com identificação do principal parceiro envolvido:

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

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

- 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 garimpo de ouro na região do Ribeirão do Carmo.

Secretaria de Estado de Recursos Minerais, Hídricos e Energéticos

- 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.

Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

- Divulgação da tecnologia de irradiação de alimentos e estudos de viabilidade econômica de implantação de um irradiador de alimentos em Minas Gerais. Este projeto conta ainda com a participação da Universidade Federal de Lavras.

Secretaria de Estado da Saúde

- Cursos de segurança radiológica para fiscais da vigilância sanitária.

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

- Participação do CDTN na proposta do Curso de Doutorado em Engenharia, envolvendo as áreas de Estruturas, Hidráulica, Ambiental e Saneamento;
- Pesquisa de hidrologia aplicada, em conjunto com o Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos;
- Apoio do CDTN à introdução na área de concentração de Análise de Integridade Estrutural 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;
- Desenvolvimento de processos de caracterização de materiais em conjunto com o Departamento de Engenharia Metalúrgica e Departamento de Física;
- Desenvolvimento de projeto em conjunto com os Departamentos de Física, Química e Geologia para a implantação de um Laboratório de Microsonda Eletrônica.

b) Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

- Estudos de difusão catiônica em combustíveis nucleares.

c) Fundação Universidade do Rio Grande - FURG

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

d) Universidade de Campinas - UNICAMP, SP

- Trabalhos conjuntos com a Faculdade de Engenharia Química em consonância com programa de formação do CDTN.

3) Cooperação com outras instituições públicas:

a) PETROBRÁS S/A

- Uso de técnicas nucleares para medidas de tempo de residência em unidade de craqueamento catalítico;
- Otimização da recuperação secundária de petróleo em reservatórios;
- Estudos ambientais em áreas costeiras no sul do País;
- Estudo para descarte de efluentes de pólo industrial e de plataformas submarinas.

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 de equipamentos 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 e exames de pós-irradiação.

d) Furnas Centrais Elétricas S/A

- Avaliação do produto do sistema de tratamento de rejeitos das usinas de Angra I e II.

e) INB - Indústrias Nucleares Brasileiras

- Análises de criticalidade para as fábricas e depósitos de pó e pastilhas de UO_2 ;
- Avaliação de utilização da cascata de enriquecimento isotópico para outros usos;
- Estudos de processos de separação de minerais associados à monazita.

f) FNS/MG - Fundação Nacional de Saúde

- Controle químico e radioquímico de águas de abastecimento de 56 municípios do Estado de Minas Gerais.

4) Cooperação com instituições internacionais:

a) Agência Brasileiro-Argentina de Contabilidade e Controle de Material Nuclear - ABACC

- Inspeções conjuntas de salvaguardas envolvendo a AIEA, ABACC e CNEN;
- Participação nos exercícios de “Programa de Intercomparação para a determinação do teor de urânio em amostras de materiais de pureza nuclear”.

b) 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.

c) GTZ - Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

- Participação em programa ambiental com projetos selecionados pelos participantes/parceiros: CDTN, UFMG, CETEC e FEAM, com suporte técnico e financeiro do GTZ.

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) Polícia Militar do Estado de Minas Gerais e Ministério do Exército

- Curso de segurança radiológica para militares.

c) Empresas 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 e de ensaios de corrosão.

6.2.2. IEN

A) Cooperação com Universidades

FUEMG

- Apoio nos projetos de pesquisa de pós-graduação para determinação de radônio no meio ambiente.

IMA

- Aperfeiçoamento de recursos humanos e uso de instalações para formação de pessoal e novas linhas de pesquisa.

IME

- Orientação de tese de mestrado;
- Apoio nos projetos de pesquisa de pós graduação para determinação de radônio no meio ambiente.

PUC/RJ

- Aperfeiçoamento de recursos humanos e uso de instalações para formação de pessoal e novas linhas de pesquisa.

UERJ

- Curso para pós-graduação em Biofísica.

UFBA

- Aperfeiçoamento de recursos humanos e uso de instalações para formação de pessoal e novas linhas de pesquisa.

UFF

- Aperfeiçoamento de recursos humanos e uso de instalações junto a UFF-IQ-Geoquímica;
- Cursos de física experimental a nível de pós-graduação (mestrado e doutorado);
- Análise de nódulos polimetálicos e sedimentos da Lagoa de Jacarepaguá com a técnica AAPC;
- Orientação de teses de doutorado junto ao grupo de geoquímica
- Assessoria na implantação de laboratórios de radioquímica e de espectrometrias
- Apoio nos projetos de pesquisa de pós-graduação para determinação de radônio no meio ambiente.

UFMG

- Apoio nos projetos de pesquisa de pós-graduação para determinação de radônio no meio ambiente.

UFPA

- Projeto de pesquisa para caracterização geofísica de Monte Alegre/PA abrangendo determinações de radônio e de radionuclídeos naturais nas áreas urbana e rural.

UFPR

- Concluídas as tarefas do “1º termo aditivo ao ajuste de mútua cooperação” celebrado pela CNEN/IEN com a UFPR (D.O.U.) de 07/12/94;
- Em andamento os trabalhos relativos ao “2º termo aditivo ao ajuste” entre a CNEN/IEN a a UFPR.

UFRJ

- Orientação de tese de mestrado junto à UFRJ-IQ-Deptº de Físico-Química;
- Aperfeiçoamento de recursos humanos e uso de instalações junto à COPPE-UFRJ;

- Cursos de física experimental a nível de pós-graduação (mestrado e doutorado) junto à COPPE-UFRJ;
- Projeto com Grupo de Robótica para desenvolver e implantar um trocador automático de amostra junto a COPPE-UFRJ;
- Medidas de seção de choque em reações induzidas por píons junto à IF-UFRJ
- Projeto integrado de pesquisa com a COPPE/UFRJ e apoio do CNPq, sob o título "Simulação computacional em mecânica dos fluidos e transferência de calor";
- Apoio do IEN nas atividades de radioproteção e de gerência e recebimento de rejeitos radioativos;
- Apoio a projetos de pesquisa de pós-graduação para determinação de radônio no meio ambiente e para Aplicação da Técnica Neutronográfica.

UFSC

- Aperfeiçoamento de recursos humanos e uso de instalações para formação de pessoal e novas linhas de pesquisa.

UFSCar

- Desenvolvimento de materiais especiais para fornecimento de liga Al-Li.

UFSM

- Apoio nos projetos de pesquisa de pós-graduação para determinação de radônio no meio ambiente.

Universidade do Colorado

- Medidas de seção de choque em reações induzidas por píons.

B) Cooperação com unidades da CNEN e outras Instituições

ABACC

- Empréstimo de equipamentos e assessoramento em técnicas de espectrometrias.

AIEA

- Coordenação dos projetos ARCAL XIX e XXIII.

CBPF

- Fornecimento de fontes radioativas.

CDTN

- Ensaios finais e documentação da Nova Instrumentação do Reator IPR-R1;
- Participação de especialista do IEN como instrutor no Curso de Atendimento à Emergência Envolvendo Fontes de Radiação.

DRS

- Apoio técnico nas atividades de atendimento a emergências radiológicas externas;
- Análise radiométrica de amostras de esfregaços e inspeções em instalações radioativas;
- Apoio técnico nas atividades de gerência de rejeitos radioativos de instituições externas e recebimento de rejeitos radioativos.

CENPES

- Uso de equipamentos (Spray-Drayer) para secagem dos lantanídeos.

CTMSP

- Atender à demanda de consumo de boro enriquecido.

DNPM

- Participação em projeto multiinstitucional e difundir técnicas nucleares.

EMBRAPA

- Participação em projeto multiinstitucional e difundir técnicas nucleares.

FIOCRUZ

- Participação em projeto multiinstitucional e difundir técnicas nucleares;
- Cooperação Técnica visando a implantação dos programas de radioproteção ocupacional e ambiental e de gerência de rejeitos radioativos.

FURNAS

- Vários contratos para desenvolvimento de Instrumentação para a Usina Angra 1.

IEAV/CTA

- Definida proposta de trabalho integrado com o Instituto de Estudos Avançados (IEAv/CTA) sobre Intercomparação de Metodologias de Cálculos para Núcleo de Reatores Rápidos de Potência.

INB

- Transferência de Tecnologia para Instalação de Unidade Industrial de Separação de Terras-Raras e contrato de prestação de serviços;
- Cooperação técnica visando a implementação dos programas de radioproteção ocupacional.

INMETRO

- Empréstimo de equipamentos/calibrações de padrões.

IPD/CTEx

- Adequação de fotodiodos, padrão primário para fotometria de laboratório de ótica.

IPEN

- Modernização da Instrumentação do Reator IEA-R1.

IRD

- Apoio nos projetos de pesquisa para determinação de radônio no meio ambiente;
- Recebimento de rejeitos radioativos.

6.2.3. IPEN

1) Cooperação com Universidades

USP - Instituto Astronômico e Geofísico - Estudo do comportamento geoquímico de elementos terras-raras e outros elementos traço, utilizando o método de análise por ativação com nêutrons.

USP - Instituto Oceanográfico - Análise de radionuclídeos naturais e artificiais, como ^{210}Pb , ^{210}Po , ^{137}Cs , ^{90}Sr e ^{240}Pu em amostras de origem marinha.

USP - Instituto de Geociências - Análise multielementar de sedimentos da Serra do Navio (Amapá) para estudos de contaminação ambiental.

USP - Faculdade de Ciências Farmacêuticas - Análise de elementos essenciais e tóxicos em alimentos e dietas de seres humanos.

USP - Faculdade de Medicina - Análise multielementar de tecido pulmonar de ratos para estudos de poluição do ar.

USP - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto - Estudos visando a determinação da abrasividade de dentifrícios pelo método radiométrico.

USP - CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura) - Aplicações da análise por ativação com nêutrons a estudos em agropecuária.

2) Cooperação com outras Instituições Públicas

Instituto Adolfo Lutz - Aplicação da análise por ativação com nêutrons ao estudo de alimentos e dietas humanas.

Instituto Butantã - Análise de componentes inorgânicos em venenos de serpentes de várias regiões do Brasil.

3) Cooperação com Empresas Privadas

Indústrias Anakol Ind. e Com. Ltda, Colgate Palmolive Ltda, ByK Química
- Estudos visando a determinação da abrasividade de dentifrícios pelo método radiométrico.

7. RECURSOS FINANCEIROS

7.1. Distribuição de Recursos Financeiros

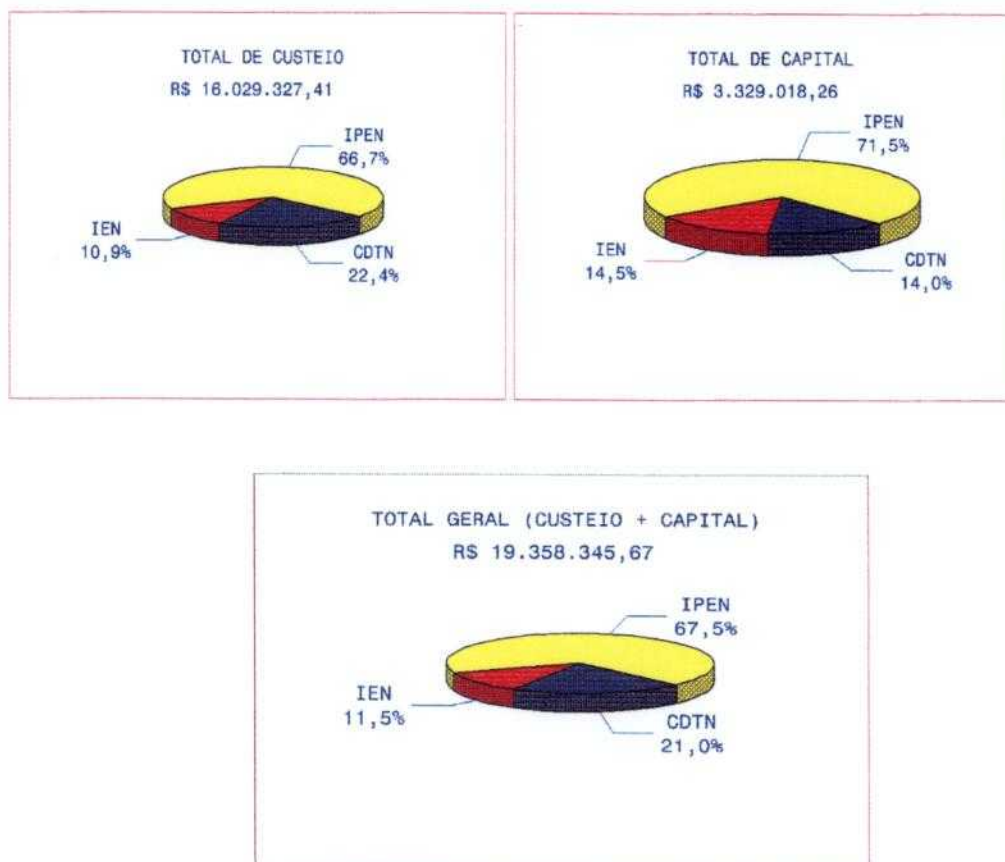
Os recursos alocados aos institutos da DPD em 1996, atingiram a cifra de R\$ 19.358.345,67 (sem considerar pessoal, benefícios e convênios), conforme detalhado nos Quadros 1, 2 e 3, e resumido a seguir:

P & D :	R\$ 12.737.694,69 (66%)
Infra-estrutura:	R\$ 5.090.678,46 (26%)
DRS:	R\$ 1.529.972,52 (8%)
 TOTAL	 R\$ 19.358.345,67

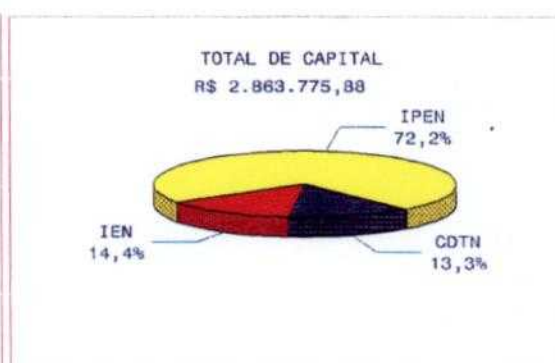
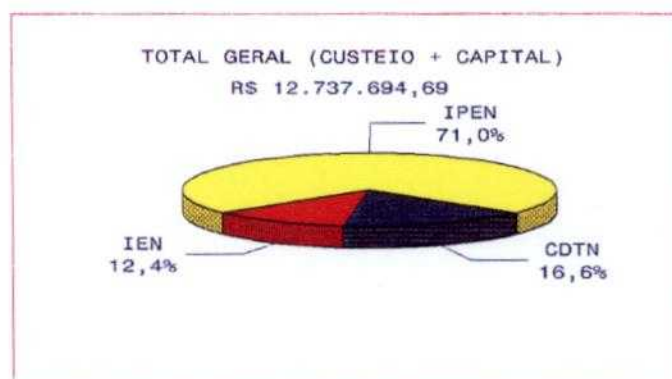
Nos itens de P&D estão incluídos os recursos utilizados tanto para as atividades rotineiras como nos projetos.

Nos gráficos a seguir é apresentada a distribuição dos recursos alocados a cada um dos institutos da DPD durante o ano de 1996.

A - DISTRIBUIÇÃO DO ORÇAMENTO TOTAL (P&D, Infra-estrutura e DRS)



B - DISTRIBUIÇÃO DO ORÇAMENTO EXCLUSIVAMENTE DE P&D



7.2. Receita Faturada

Seguindo a diretiva de incrementar a prestação de serviços à sociedade, os institutos da DPD têm, em consequência, obtido um considerável aumento no faturamento. Na tabela abaixo é apresentada a evolução comparativa do faturamento dos institutos da DPD na prestação de serviços e fornecimento de produtos à sociedade.

Evolução do Faturamento nos Institutos da DPD

ANO	INSTITUTO			TOTAL DA DPD	% sobre o total da CNEN
	CDTN (R\$)	IEN (R\$)	IPEN (R\$)		
1994	335.948	35.098	5.152.805	5.523.851	87,2
1995	372.883	68.891	6.659.641	7.101.415	87,2
1996	602.521	58.707	9.294.757	9.955.985	91,5

CDTN

QUADRO-1: RESUMO DO ORÇAMENTO TOTAL (SEM PESSOAL) ATÉ 31/12/96 (*)

R\$ 1,00

GPA	ÓRG.	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
INFRA-ESTRUTURA OPERACIONAL NOS INSTITUTOS DE PESQUISA E LABORATÓRIOS	DAL	1.331.257	16.000	1.347.257
INFRA-ESTRUTURA TÊC. E ENGENHARIA DE APOIO	DAL	70.181	69.000	139.181
SISTEMA DE INFRA-ESTRUTURA DE INFORMAÇÕES NUCLEARES DE AREAS AFINS	DAL	57.457		57.457
DESENV. CIENTIFICO E TECNOLÓGICO	DAL	5.488		5.488
Subtotal		1.464.383	85.000	1.549.383
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	DPD	613.208	45.812	659.020
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	DPD	428.492	41.696	470.188
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	DPD	690.242	64.405	754.647
PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS	DPD	4.004		4.004
IMPL. LABOR. DE TÉCNICAS NUCLEARES APLIC. HIDROGEOQUÍMICA SOLOS	DPD		145.000	145.000
DESENV. FABRICA ELEM. COMBUSTÍVEIS AVANÇ. REATORES PESQUISAS	DPD		50.000	50.000
AMPL. COMPL. INSTAL. EXPERIM. SISTEMAS PASSIVOS REATORES AVANÇADOS	DPD		35.000	35.000
Subtotal (**)		1.735.946	381.913	2.117.859
ARMAZENAMENTO E GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS	DRS	42.925		42.925
RADIOPROTEÇÃO, SEGURANÇA NUCLEAR E CONTROLE DE RADIAÇÕES IONIZANTES	DRS	340.307		340.307
SALVAGUARDA DE MATERIAL NUCLEAR E CONTR. DE MINÉRIOS DE INTER. NUCLEAR	DRS	13.408		13.408
Subtotal		396.640	0	396.640
TOTAL		3.596.970	466.913	4.063.883

(*) Fonte: SPC, posição orçamentária 31/12/96, PTRes/ED

(**) Exclusivamente P&D

IEN

QUADRO-2: RESUMO DO ORÇAMENTO TOTAL (SEM PESSOAL) ATÉ 31/12/96 (*)

R\$ 1,00

GPA	ÓRG.	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
INFRA-ESTRUTURA OPERACIONAL NOS INSTITUTOS DE PESQUISA E LABORATÓRIOS	DAL	471.320	5.000	476.320
INFRA-ESTRUTURA TÉCNICA E ENGENHARIA DE APOIO	DAL	26.892	45.548	72.439
SISTEMA DE INFRA-ESTRUTURA DE INFORMAÇÕES NUCLEARES DE AREAS AFINS	DAL	23.902		23.902
DIVULGAÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR	DAL	1.665		1.665
Subtotal		523.779	50.548	574.327
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	DPD	226.813	25.479	252.292
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	DPD	169.314	19.471	188.785
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	DPD	336.518	57.450	393.969
PRODUÇÃO DE RADIOISOTOPOS E RADIOFÁRMACOS	DPD	397.698	40.648	438.346
AMPL. REFORMA INSTAL. E DA CAPACID. PROD. RADIOISOTOPOS E RADIOFÁRMACOS	DPD	30.000	270.000	300.000
Subtotal (**)		1.160.344	413.048	1.573.392
ARMAZENAMENTO, E GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS	DRS	50.274		50.274
RADIOPROTEÇÃO, SEGURANÇA NUCLEAR E CONTROLE DE RADIAÇÕES IONIZANTES	DRS	1.776		1.776
REFORMA E MELHORIA DAS INSTAL. DE REJEITOS RADIATIVOS	DRS	5.000	19.500	24.500
Subtotal		57.050	19.500	76.550
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA NO CAMPO NUCLEAR	PDTN		300.000	300.000
TOTAL		1.741.173	783.096	2.524.269

(*) Fonte: SPC, posição orçamentária 31/12/96, PTRes/ED

(**) Exclusivamente P&D

IPEN

QUADRO-3: RESUMO DO ORÇAMENTO TOTAL (SEM PESSOAL) ATÉ 31/12/96 (*)

R\$ 1,00

GPA	ÓRG.	CUSTEIO	CAPITAL	TOTAL
INFRA-ESTRUTURA OPERACIONAL NOS INSTITUTOS DE PESQUISA E LABORATÓRIOS	DAL	2.649.100	28.684	2.677.784
INFRA-ESTRUTURA TÉCNICA E ENGENHARIA DE APOIO	DAL	151.026	62.511	213.536
SISTEMA DE INFRA-ESTRUTURA DE INFORMAÇÕES NUCLEARES DE AREAS AFINS	DAL	75.648		75.648
Subtotal		2.875.774	91.195	2.966.969
APLICAÇÕES SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA NUCLEAR	DPD	714.588	73.250	787.838
OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E ADEQUAÇÃO DOS REATORES DE PESQUISA	DPD	755.687	92.525	848.212
DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA DE REATORES E COMBUSTÍVEL NUCLEAR	DPD	1.615.928	129.710	1.745.637
PRODUÇÃO DE RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS	DPD	3.171.426	193.330	3.364.756
AMPL. REFORMA INSTAL. E DA CAPCID. PROD. RADIOISÓTOPOS E RADIOFÁRMACOS	DPD	720.000	1.580.000	2.300.000
Subtotal (**)		6.977.629	2.068.815	9.046.443
REFORMA E MELHORIA DAS INSTAL. DE REJEITOS RADIATIVOS	DRS	40.000	219.000	259.000
ARMAZENAMENTO, E GERÊNCIA DE REJEITOS RADIOATIVOS	DRS	30.457		30.457
RADIOPROTEÇÃO, SEGURANÇA NUCLEAR E CONTROLE DE RADIAÇÕES IONIZANTES	DRS	493.588		493.588
SALVAGUARDA DE MATERIAL NUCLEAR E CONTR. DE MINÉRIOS DE INTER. NUCLEAR	DRS	4.700		4.700
REJEITOS RADIOATIVOS DO ACIDENTE DE CS-137 PROJETO/GO	DRS	269.036		269.036
Subtotal		837.782	219.000	1.056.782
TOTAL		10.691.184	2.379.009	13.070.194

(*) Fonte: SPC, posição orçamentária 31/12/96, PTRes/ED

(**) Exclusivamente P&D