

# O Reator Nuclear IEA-R1 como fonte de nêutrons e sua utilização em pesquisa, desenvolvimento e formação de recursos humanos

2017 M CNEN 10

## Resumo

Grande número de programas de pesquisa básica e aplicada e desenvolvimento tecnológico nos campos de Física Nuclear, Radioquímica, Biologia, Ciências de materiais, Engenharia Nuclear, Meio Ambiente entre outros vem sendo realizados no IPEN há várias décadas utilizando o Reator Nuclear de Pesquisa IEA-R1 como fonte de nêutrons e raios gama. Além dos pesquisadores do Centro do Reator de Pesquisa (CRPq) e pesquisadores dos outros Centros do IPEN dezenas de pesquisadores pertencentes a outros institutos de pesquisa e universidades do país também utilizam esta instalação e a infra-estrutura associada para suas atividades de pesquisa. A utilização do reator do IPEN, para fins de pesquisa, durante todos estes anos tem resultado na formação de algumas centenas de mestres e doutores não só no IPEN, mas também em outras instituições de pesquisa e ensino do Brasil, além de publicação de um expressivo número de trabalhos científicos. As atividades de pesquisa e ensino utilizando o reator nuclear continuam muito fortes e vem atraindo interesse de novos estudantes em pesquisa nas áreas nucleares. Os auxílios financeiros concedidos pelas diversas agências de fomento, como CNEN, FAPESP, FINEP e CNPq para os programas de pesquisa, utilizando o Reator Nuclear se forem somados no âmbito do IPEN e nos outras instituições de pesquisas e universidades do estado de São Paulo deve chegar algumas dezenas de milhões de Reais durante as últimas décadas.

O reator nuclear IEA-R1 vem sendo utilizado intensamente durante os últimos 60 anos (é um dos mais antigos e um dos mais bem utilizados reatores de pesquisa do mundo, conforme avaliação da Agência Internacional de Energia Atômica) para atividades de pesquisa e desenvolvimento. Cabe salientar aqui que, além de pesquisa, o reator também tem sido utilizado intensamente para geração de diversos tipos de produtos e prestação de serviços, sendo o mais importante entre estes, a produção de radioisótopos primários para preparação de radiofármacos utilizados na Medicina Nuclear.

## Objetivos:

tamos que estas reformas vão permitir continuidade dos proDentro do presente projeto estamos solicitando auxílio financeiro à CNEN para adequação dos alguns sistemas e troca de alguns equipamentos do reator, que sofreram desgaste com uso prolongado, para permitir sua operação segura no ritmo e na potencia desejada. Acredigramas de pesquisa e desenvolvimento dos quais dependem grande números de pesquisadores. Além disso são necessários alguns equipamentos e materiais de

consumo para dar continuidade aos trabalhos de pesquisa dos grupos das Áreas de Física Nuclear e Radioquímica ( Análise por Ativação Neutrônica) do IPEN/CNEN-SP.

A seguir serão descritas as atividades relacionadas a essa solicitação, e suas metas com o auxílio.

### **Centro do Reator de Pesquisa (CRPq):**

O Centro possui 18 Pesquisadores (Ph.D.), 4 Tecnologistas, 6 Técnicos, 15 operadores do reator e 8 técnicos de proteção radiológica. Os pesquisadores do CRPq desenvolvem todos os seus projetos de pesquisa utilizando o Reator Nuclear IEA-R1 em associação com 20 estudantes de iniciação científica, 10 estudantes de Mestrado, 17 estudantes de Doutorado e 02 estudantes de Pós Doutorado.

#### **A. LABORATÓRIO DE ANÁLISE POR ATIVAÇÃO NEUTRÔNICA –LAN**

No presente projeto, os pesquisadores do Laboratório de Ativação Neutrônica, LAN, do CRPq irão desenvolver, juntamente com seus alunos de pós-graduação e iniciação científica, diversos estudos que envolvem a determinação de elementos químicos por Análise por Ativação Neutrônica, INAA. Tais estudos podem ser divididos em três grandes campos de aplicação, como descrito a seguir:

Estudos na área da saúde: Nessa área, os estudos se referem à determinação de elementos traço encontrados em tecidos humanos, como ossos, cabelos, unhas, sangue e cérebro e sua correlação com a ocorrência de enfermidades. Além disso, serão desenvolvidos estudos relacionados à composição mineral de plantas medicinais e argilas de uso terapêutico, além de estudos de dietas e alimentos visando trazer subsídios para estudos nutricionais.

Estudos na área ambiental: Nesta área de atuação o LAN irá desenvolver estudos de contaminação ambiental por elementos químicos tóxicos e potencialmente tóxicos em amostras de variadas matrizes tais como solos, sedimentos, cascas de árvores e líquenes e também em organismos marinhos como ostras e mexilhões, de maneira a se obter panorama do impacto ambiental de atividades humanas nos sistemas estudados.

Estudos em arqueologia: A caracterização de cerâmicas pré-históricas brasileiras por INAA, poderá revelar diversos aspectos de culturas antigas, tais como rotas de comércio, fonte das matérias primas, local de manufatura, etc. Tais estudos serão realizados com auxílio de ferramentas estatísticas multivariadas.

#### **B. DIFRATOMETRIA DE NÊUTRONS**

O Grupo de Difratometria de Nêutrons do IPEN tem exercido suas atividades de pesquisa utilizando o difratômetro de nêutrons, instalado no “beam-hole” no. 6 (BH-6) do reator IEA R1. Este instrumento foi projetado e construído na segunda metade da década de 65. Ele está sofrendo modificações atualmente que o transformarão

em instrumento com detector sensível à posição, em projeto financiado pela FAPESP e pela CNEN.

determinação de texturas

desenvolvimento da difração múltipla de nêutrons como técnica de análise estrutural

utilização do método de Rietveld na análise quantitativa de fases em ligas metálicas e materiais laser-ativos

utilização da difração múltipla de nêutrons na determinação de parâmetros de redes  
estudo da qualidade cristalina de monocristais.

A proposta do grupo para o presente projeto é que além da difratometria de nêutrons, o arranjo seja adaptado para testes de detectores de nêutrons. Para essa adaptação serão necessária: Uma mesa XY, placas de cádmio e monitores de fluxo de Al-Au.

### C. LABORATÓRIO DE METROLOGIA NUCLEAR- LMN

O Laboratório de Metrologia Nuclear (LMN) do IPEN desenvolve diversos projetos de pesquisa relacionados com o uso do Reator IEAR-1 do IPEN. Uma de suas principais atividades está relacionada com o desenvolvimento de técnicas de padronização de radionuclídeos com grande exatidão. Neste contexto, o LMN está envolvido nos seguintes projetos de pesquisa:

A proposta para o grupo de Metrologia nuclear é adaptar seu arranjo 4pi-beta-gama para um arranjo TDCR baseado em medidas de cintilação líquida. Para tanto, uma adaptação será feita em um cintilador líquido.

### D. RADIOGRAFIA COM NEUTRONS

Desde 1988, o IPEN-CNEN/SP vem desenvolvendo diversos métodos para a obtenção de radiografia com nêutrons, fazendo uso de um equipamento instalado no canal de irradiação 08 (BH-8) do reator nuclear de pesquisas IEA-R1. A partir de 1992 os métodos que empregam filmes convencionais para raios-X e detectores de traços nucleares de estado sólido estão disponíveis e, vem sendo continuamente empregados tanto em pesquisa básica quanto para a prestação de serviços, principalmente para o setor aeroespacial. A partir de 1998, o IPEN dispõe também de um sistema para a obtenção de radiografias com nêutrons em tempo-real cuja principal aplicação é na investigação de processos dinâmicos de movimento de líquidos mesmo se envolvidos por espessas camadas de alguns metais. Paralelamente o grupo de trabalho implantou um sistema para o processamento de imagens digitais o qual vem sendo comumente empregado para melhorar a qualidade das imagens obtidas permitindo a reconstrução tomográfica das imagens posteriormente.

A proposta de trabalho do grupo no presente projeto, consiste em aquisição de nova versão de um software para reconstrução de imagens a ser aplicado especificamente

em medidas de células combustível em parceria com o CCCH (Centro de Células a Combustível e Hidrogênio)

#### E. LABORATÓRIO DE INTERAÇÕES HIPERFINAS - LIH

O laboratório de interações hiperfinas do Centro do reator de pesquisa é entre um dos melhores laboratórios deste gênero no mundo possuindo excelente equipamentos para medidas de correlação angular gama-gama perturbada (CAP) e outras infraestruturas para preparação de amostras. O grupo de pesquisadores deste laboratório vem atuando ativamente na formação de estudantes em nível de mestrado e doutorado, no ensino de pós-graduação e na produção de conhecimento na forma de publicação de trabalhos científicos.

Interação entre os momentos nucleares e os campos eletromagnéticos externos ao núcleo, gerados pelos elétrons e íons da sua vizinhança é chamada interação hiperfina. As técnicas de interações hiperfinas em geral e técnica de CAP em particular são ideais para o estudo das propriedades elétricas e magnéticas, dos compostos químicos, óxidos metálicos, impurezas em metais e ligas intermetálicas. A medida de CAP fornece informação sobre interações hiperfinas entre campos eletromagnéticos extranucleares e momentos nucleares de um núcleo de prova inserido em um determinado sitio atômico do cristal. A interação hiperfina provoca desdobramento dos níveis de energia do núcleo em sub-níveis e induz transições entre eles resultando em precessão do spin nuclear. A frequência de precessão é medida na experiência de CAP através de modulações observadas no espectro de correlação angular gama-gama e fornece informações sobre os campos elétricos e magnéticos gerados pela vizinhança eletrônica e iônica do núcleo de prova.

Neste projeto o LIH fará aquisição de diversos óxidos para estudo de semicondutores e estudo de nanopartículas como blindagem de radiação.