

DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE UM IRRADIADOR MULTIPROPÓSITO DE COBALTO-60 TIPO COMPACTO

Paulo Roberto Rela, Wilson Aparecido Parejo Calvo, Francisco Edmundo Springer,
Nelson Minoru Omi, Fábio Eduardo da Costa, José Mauro Vieira e Leonardo Gondim de Andrade e Silva

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Av. Lineu Prestes 2.242
05508-900 Butantã, São Paulo, SP, Brasil

RESUMO

O Centro de Tecnologia das Radiações, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares está desenvolvendo e implantando um Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 tipo Compacto, com capacidade máxima para 37PBq e tecnologia totalmente nacional. Esse irradiador de grande porte segue a mesma tendência dos irradiadores compactos disponíveis comercialmente, mas com a vantagem de permitir o processamento contínuo dos produtos. A instalação radiativa servirá de planta de demonstração e permitirá a comunidade científica brasileira desenvolver novos produtos e processos, os quais utilizam a radiação ionizante. Além disso, possibilitará beneficiar volumes que hoje são tecnicamente e economicamente inviáveis nos irradiadores de Cobalto-60 existentes no País.

Keywords: multipurpose irradiator, gamma irradiator, compact irradiator, cobalto-60 irradiator, gamma facility

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a tendência mundial na construção dos Irradiadores Industriais de Cobalto-60 segue duas linhas: a de irradiadores de grande porte, com capacidade para 111PBq de atividade, podendo chegar a 444PBq e a de irradiadores compactos ou dedicados, com capacidade para até 37PBq.

Na otimização do *design*, operação e manutenção de uma planta de irradiação gama, objetivando-se uma análise de custo e a segurança da instalação, as seguintes decisões devem ser tomadas antes da construção do irradiador: definir a capacidade da planta, o desempenho da instalação radiativa (custo por quilograma de produto processado), a forma de armazenamento das fontes radioativas (*dry* ou *wet*), a geometria do *rack* de fontes em relação aos produtos a serem processados (*product overlap source* ou *source overlap product*), a rota de passagem dos produtos pelas fontes radioativas e o sistema de transporte dos produtos[1].

Os irradiadores compactos de Cobalto-60 foram desenvolvidos com o propósito de serem instalados de forma integrada às unidades produtoras, tendo como principal característica o processamento em batelada (*batch*)[2-4]. Os modelos mais recentes existentes no mercado são o BREVION™ (*MDS Nordion Industrial Irradiation*) e o MINICELL™ (*SteriGenics International*).

O Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 tipo Compacto em desenvolvimento e implantação no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN é classificado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN como sendo do Grupo I[5]. De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA, essa instalação radiativa é classificada como sendo um Irradiador Categoria IV, a qual coincide também com a da *United States Nuclear Regulatory Commission - USA*[6,7]. Trata-se de um desenvolvimento inteiramente nacional e inédito, o qual adotará os mesmos critérios rigorosos de projeto e de sistema de segurança, do mais tradicional fabricante de irradiadores no mundo: a *MDS Nordion Irradiation*, no Canadá.

O objetivo desse trabalho é desenvolver e implantar um irradiador gama multipropósito tipo compacto no País, para implementação de tecnologias avançadas, as quais utilizam a radiação ionizante como parte integrante dos processos produtivos. O porte desse irradiador permitirá o desenvolvimento dos lotes adequados para estudos de otimização da produção em escala industrial. Além disso, validar sistemas dosimétricos e códigos computacionais de mapeamento de doses e transferir tecnologia para implantação de irradiadores de grande porte no País.

II. ORIGINALIDADE DO PROJETO

A originalidade do Irradiador Multipropósito está baseada no projeto de engenharia de um sistema de irradiação tipo *product overlap source*, contínuo, duplo empilhamento de caixas, sendo que cada nível de caixa movimenta-se na mesma direção (horizontal), mas em sentido contrário e de forma independente. O sistema de transporte projetado é o do tipo *carrier*, com fontes radioativas seladas de Cobalto-60 armazenadas em piscina, utilizando-se a radiação gama para processar continuamente os produtos e/ou matérias-primas, proporcionando uma melhor uniformidade de dose e eficiência do irradiador.

Além disso, soma-se à originalidade o projeto da porta de concreto giratória, para entrada e saída de produtos na câmara de irradiação de forma contínua, sem a necessidade de se abrir o irradiador para carregamento de produtos a serem beneficiados. A entrada e a saída desses produtos será feita por uma única porta de concreto giratória, possibilitando a redução no tamanho da sala de irradiação e na ausência de labirintos internos, reduzindo-se drasticamente o custo da instalação, em função do baixo consumo de concreto utilizado para blindagem radiológica.

III. DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DO IRRADIADOR MULTIPROPÓSITO

No processo de desenvolvimento e implantação do Irradiador Multipropósito de Cobalto-60, a Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN já concedeu ao IPEN, a Licença de Aprovação do Local. Atualmente, encontra-se em aprovação na CNEN, o Relatório de Análise de Segurança, visando a obtenção da Licença de Construção da Instalação Radiativa[5-11].

O projeto esquemático do Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 tipo Compacto, encontra-se na Figura 1. Suas características técnicas são:

- ✓ **Capacidade total:** 37PBq (1 milhão de Curies);
- ✓ **Atividade inicial de operação:** 3,7PBq (100kCi);
- ✓ **Piscina:** 7,0m de profundidade e 2,7m de diâmetro;
- ✓ **Portas de concreto:** 1 (uma) deslizante, para montagem e manutenção da instalação e 1 (uma) giratória, para entrada e saída de produtos na câmara de irradiação;
- ✓ **Parede de concreto:** 1,8m de espessura (densidade = $2,35\text{g/cm}^3$);
- ✓ **Geometria da fonte:** 2 *racks* de fontes retangulares com capacidade para 600 lápis de ^{60}Co ;
- ✓ **Dimensões da fonte:** 1 *rack* de 1,4m de comprimento x 2,1m de altura e 1 *rack* de 0,7m de comprimento x 2,1m de altura;
- ✓ **Sistema de Irradiação:** *product overlapping source*, contínuo, duplo empilhamento de caixas, sendo que cada nível de caixa movimenta-se na mesma direção (horizontal), mas em sentidos contrários;
- ✓ **Capacidade da câmara:** 16 caixas, aproximadamente $4,32\text{m}^3$;

- ✓ **Doses de irradiação:** superiores a 1kGy, em um ciclo de irradiação;
- ✓ **Tempo de irradiação:** variável, de acordo com o produto a ser irradiado;
- ✓ **Tamanho das caixas:** 50cm x 60cm x 90cm;
- ✓ **Volume por caixa:** 270 litros/ $0,27\text{m}^3$;
- ✓ **Peso máximo por caixa:** 300kg, e
- ✓ **Capacidade anual máxima:** variável, de acordo com a densidade do produto.

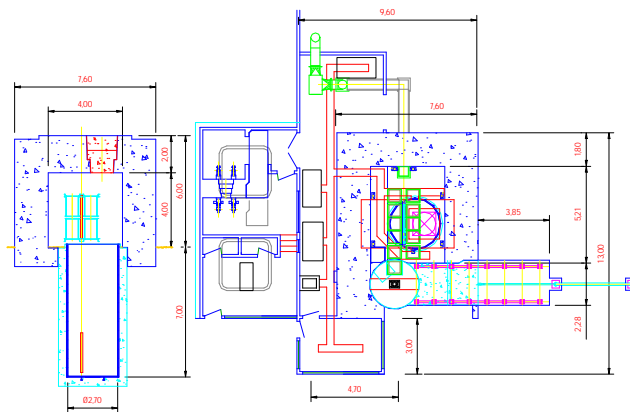


Figura 1. Projeto Esquemático do Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 tipo Compacto.

No intuito de dotar o País com uma instalação adequada para manipulação direta de fontes seladas de alta atividade radioativa, possibilitando a inspeção e a manutenção de equipamentos da comunidade industrial e médica que operam com fontes intensas de radiação, projetou-se também uma *hot-cell* conjugada ao prédio do Irradiador Multipropósito. O objetivo é o de construí-la, após a construção e início de operação do Irradiador Multipropósito.

As Figuras 2 e 3 mostram o *liner* e a escavação da Piscina de Armazenamento das Fontes Radioativas, respectivamente. O *liner*, vaso de contenção com peso de 4.000kg, fabricado em aço inoxidável AISI 304, já está disponível no local da obra para instalação.



Figura 2. Liner da Piscina de Armazenamento de Fontes Radioativas do Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 tipo Compacto.



Figura 3. Escavação da Piscina do Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 tipo Compacto.

No Irradiador Multipropósito, os produtos a serem processados, em sua embalagem final, serão colocados em caixas no sistema de transporte, na área de armazenamento de produtos não irradiados. A seguir, as caixas serão transportadas automaticamente por um sistema hidráulico até o interior da sala de irradiação. O sistema promoverá a passagem das caixas com os produtos ao redor dos 2 (dois) racks de fontes de Cobalto-60, em um tempo previamente determinado, de acordo com a dose de radiação estabelecida no processamento do produto. Após a irradiação ter sido completada, as caixas serão transportadas pelo sistema hidráulico até a área de produtos processados, onde os mesmos serão descarregados das caixas. A quantidade de racks de fontes a serem retirados para fora da piscina de armazenamento, dependerá das doses e taxas de dose requeridas pelos produtos e/ou matérias-primas a serem processados.

O sistema de transporte é do tipo *carrier*, com fontes radioativas seladas de Cobalto-60 armazenadas em piscina e

sistema de irradiação tipo *product overlap source*, utilizando a radiação gama para processar continuamente os produtos e/ou matérias-primas nas áreas de:

- ✓ esterilização de produtos médicos e farmacêuticos[12];
- ✓ desinfestação e preservação de produtos alimentícios (especiarias, ervas aromáticas liofilizadas, proteínas de origem animal e vegetal), plantas ornamentais e frutas[13];
- ✓ produtos de aplicação na agricultura (turfa e sementes);
- ✓ esterilização de tecidos biológicos para implantes cirúrgicos;
- ✓ beneficiamento de gemas (turmalinas, topázio, citrilos e ametista) e quartzo;
- ✓ tratamento de efluentes industriais, esgotos domésticos, lodos e lixo hospitalar;
- ✓ desenvolvimento de novos irradiadores e dispositivos de irradiação;
- ✓ desenvolvimento de detectores e sensores de radiação, e
- ✓ novos materiais poliméricos por meio de modificações induzidas pela radiação.

Os sistemas de controle de processo e de segurança são independentes e compostos por controladores lógicos programáveis – CLP, aumentando-se a segurança de operação da instalação. As funções mais importantes da instalação são controladas por um circuito redundante de indicação de falhas, além de serem continuamente monitoradas, controladas e registradas. O sistema de segurança da instalação radiativa foi projetado para trabalhar com redundância, diversidade e independência[14].

IV. CONCLUSÃO

De acordo com o Relatório de Aprovação do Local, para o Irradiador Multipropósito de Cobalto-60 tipo Compacto, aprovado pela CNEN, pode-se concluir que o irradiador a ser implantado, não oferece riscos à comunidade circunvizinha e as próprias instalações que o circundam no IPEN.

Com a construção e operação do Irradiador Multipropósito, vários projetos de pesquisa e desenvolvimento serão beneficiados no IPEN e em outras Instituições da comunidade acadêmica nacional e internacional, com as quais já existem parcerias formais ou informais. A construção do Irradiador Multipropósito é requisito fundamental para viabilizar as aplicações das radiações em processos industriais, contribuindo para a atualização e desenvolvimento tecnológico no País, além da otimização dos processos produtivos, aumentando-se assim, a competitividade dos produtos nacionais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, pela concessão e aporte financeiro e à Direção do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares pelo apoio Científico e Tecnológico ao Projeto de Pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] RELA, P. R.; **Diseno y Calificación de Plantas de Irradiación**. Curso Regional sobre Procedimientos, Control de Calidad y Seguridad en Procesos de Irradiación – AIEA, Octubre 16-27, 2000, Santiago do Chile – Chile.
- [2] BEERS, E. W.; The Micro-Cell Irradiator: a Small Volume Gamma Irradiator for On-Site and Special Processing. **Radiation Physics and Chemistry**, v.57, p.573-576, 2000.
- [3] MCKINNEY, D.; PERRINS, R.; Centurion – a Revolutionary Irradiator. **Radiation Physics and Chemistry**, v.57, p.569-571, 2000.
- [4] CLOUSER, J. F.; BEERS, E. W.; The Minicell™ Irradiator: A New System for a New Market. **Radiation Physics and Chemistry**, v.52, n.1-6, p.409-412, 1998.
- [5] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Licenciamento de Instalações Radiativas**, 1998. (CNEN-NE-6.02, Rio de Janeiro, julho, 1998).
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Radiation Safety of Gamma and Electron Irradiation Facilities**. 1992. (IAEA Safety Series n.107, Vienna,1992).
- [7] UNITED STATES NUCLEAR REGULATORY COMMISSION - **Rules and Regulations , Title 10, Part 36, Licenses and Radiation Safety Requirements for Irradiators**, USA (1994).
- [8] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Diretrizes Básicas de Radioproteção**. CNEN-NE-3.01, Rio de Janeiro, 1988.
- [9] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Serviços de Radioproteção**. CNEN-NE-3.02, Rio de Janeiro, novembro,1986.
- [10] COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. **Certificação do Atendimento aos Requisitos de Segurança e Radioproteção pelas Instalações Nucleares e pelas Instalações Radiativas da CNEN**. CNEN-NI-001/94.
- [11] NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. **NCRP-49: Structural Shielding Design for Medical Use of X Rays and Gamma Rays of Energy up to 10 MeV**.

[12] - INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Guidelines for Industrial Radiation Sterilization of Disposable Medical Products (Cobalt-60 Gamma Irradiation)**. 1990. (IAEA Technical Reports Series n.539, Vienna, 1990).

[13] - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **High-dose Irradiation: Wholesomeness of Food Irradiated with Doses above 10kGy**. 1999. (Report of a joint FAO/IAEA/WHO Study Group, Geneva, 1999).

[14] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Lessons Learned from Accidents in Industrial Facilities**. Vienna, 1996.

ABSTRACT

The Center of Radiation Technology, at Institute of Energy and Nuclear Research developed a new design of Compact Multipurpose Irradiator of Cobalt-60, with national technology and maximum capacity of 37PBq. The conception of this new industrial irradiator succeeds the same trends of the small commercial irradiators available in the market, but with the advantage to process the products continually. The Radioactive Installation will be used as a demonstration facility and also by the scientific community to develop new products and processes applying radiation technology. Moreover, this installation will assist the users on validation process when small volumes are handled and also on qualification of products on radiation processing where small volumes are handled that becomes economically impracticable for the existing contract service of large industrial gamma irradiator in Brazil.