

ANEXO I

PROJETO DE BOLSA DE CAPACITAÇÃO INSTITUCIONAL DE ESPECIALIDADE (BCI-DA) NO IEN/CNEN.

Título: Metodologia para medição e determinação de radioatividade em amostras de água do reator Argonauta e acelerador CV-28

Supervisor: Julio Cezar Suita

1 - INTRODUÇÃO

O projeto propõe a implementação de uma metodologia abrangente para medir e determinar radionuclídeos na água do reator Argonauta e no circuito de refrigeração do acelerador CV-28. O Argonauta, operando com U-235 a 20%, tem sua água deionizada como essencial para resfriamento e moderação de nêutrons. O Cíclotron CV-28, antes usado na produção de radioisótopos e agora direcionado para pesquisa, é objeto de análise de seus componentes críticos como as bobinas principais e os alvos irradiados em suas cinco saídas de feixes disponíveis. A metodologia envolve medição de radionuclídeos de meia vida curta por espectrometria de raios gama, usando o código MCNP6 para modelagem do detector.

A validade experimental inclui um coquetel radioativo e fontes puntiformes. Estudos sobre tempo de medição e periodicidade de coleta consideram equilíbrio secular, perda de gases nobres, tempo de irradiação e potência do reator, sob critérios de segurança e licenciamento. Objetivos incluem o desenvolvimento de uma metodologia abrangente, modelagem e validação do detector, avaliação de rupturas nos elementos combustíveis e estabelecimento de procedimentos para descomissionamento. O projeto visa contribuir para a compreensão da presença e quantidade de radionuclídeos, fornecendo dados relevantes para a segurança, licenciamento e operação e desses equipamentos nuclear e radioativo do Instituto de Engenharia Nuclear. A metodologia a ser desenvolvida também propiciará análises de materiais estruturais dessas instalações, como aço e concreto, com vistas ao adequado tratamento para seus futuros descomissionamento, especialmente do Cíclotron CV-28 que já conta com 48 anos de uso. A presente proposta de trabalho está em conformidade com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável preconizados pela Agência Internacional de Energia Atômica - AIEA.

2 - OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Este projeto tem como objetivo desenvolver uma metodologia para a medição e determinação dos radionuclídeos em amostras na água utilizada como refrigerador do reator Argonauta e aplicar a metodologia estabelecida em análises de água do circuito descontínuo de refrigeração do acelerador CV-28, visando ao estabelecer critérios de licenciamento, segurança, operação, proteção radiológica e de salvaguardas e possível descomissionamento do acelerador.

2.2. Objetivos Específicos

1. Desenvolver metodologia para a determinação de radionuclídeos em amostras de água utilizada como refrigerador do Reator Argonauta.
2. Aplicar metodologia para analisar a radioatividade em amostras de água do circuito descontínuo de refrigeração do acelerador CV-28, assim como nas estruturas da caverna do acelerador.

2.3. Atividades de Execução

Atividade 1: Realizar estudo sobre a identificação e medição de radionuclídeos de meia vida curta presente em meio líquido.

Atividade 2: Modelar e validar experimentalmente o detector HPGe utilizando o método de Monte Carlo por meio do código MCNP6.

Atividade 3: Avaliar a medição dos radionuclídeos U-235 e Cs-137 para avaliar possível ruptura do elemento combustível.

Atividade 4: Determinar uma estratégia para o número de amostras e tempo das contagens considerando diferentes meias vidas dos radionuclídeos detectados, os problemas de interferências e o decaimento e crescimento dos radionuclídeos filhos.

Atividade 5: Elaborar uma planilha de cálculo para as determinações das energias de raios gamas dos principais produtos de fissão, assim como

todos os radionuclídeos identificados nas amostras e suas atividades absolutas.

Atividade 6: Avaliar possíveis relações entre a potência e tempo de operação do reator com a presença/quantidade dos radionuclídeos presentes na água do reator.

Atividade 7: Desenvolver metodologia para a medição e determinação dos radionuclídeos presentes na água do reator utilizada como refrigerador do reator Argonauta visando analisar a integridade das placas dos elementos combustíveis.

Atividade 8: Aplicar a metodologia proposta para medição da água do circuito descontínuo de refrigeração da linha 2 do acelerador CV-28 visando avaliar radioatividade oriunda da ativação de minerais remanescentes nas amostras de água.

Atividade 9: Avaliar radioatividade em materiais da estrutura da caverna do acelerador CV-28 visando implementar procedimentos para possível descomissionamento.

3 - JUSTIFICATIVA

O presente projeto proposto busca desenvolver uma metodologia abrangente para medir radionuclídeos na água do reator Argonauta e no circuito de refrigeração do acelerador CV-28. A relevância está na garantia da integridade dos elementos combustíveis, na segurança operacional do reator e na avaliação de radioatividade na água de refrigeração, e estabelecimento de procedimentos de possível descomissionamento para o acelerador CV-28. O estudo inclui radionuclídeos de meia vida curta, modelagem do detector HPGe e avaliação de interferências espectrais. A abordagem visa não apenas atender aos objetivos específicos, mas também proporcionar uma base sólida para estudos futuros e contribuir para avanços nas técnicas de medição em ambientes nucleares complexos. O Instituto de Engenharia Nuclear abriga equipamentos nuclear e radiativos de relevância, como o reator de pesquisa Argonauta e o acelerador de partículas CV-28. Este projeto visa aprimorar a compreensão e monitoramento dos radionuclídeos presentes na água do reator Argonauta e no circuito de refrigeração do acelerador CV-28. Os resultados do projeto podem gerar impactos significativos em diversas áreas:

1. Operacional e de Segurança:

- Identificação de possíveis fissuras ou vazamentos nos elementos combustíveis do reator Argonauta por meio da detecção de Xe-137 e Cs-137.

- Avaliação da necessidade de tratamento ou substituição dos filtros do sistema de tratamento da água, visando a presença de U-235 retido nos filtros.

2. Ambiental:

- Monitoramento dos radionuclídeos nos efluentes líquidos do acelerador CV-28, contribuindo para a conformidade com os limites aceitáveis para liberação e mitigação de impactos ambientais.

3. Descomissionamento:

- Implementação de metodologia para avaliação da radioatividade na água de refrigeração, na estrutura da caverna e em possíveis peças internas, estabelecendo um processo inicial para o descomissionamento do acelerador CV-28.

4. Tecnológico e Científico:

- Desenvolvimento de uma metodologia avançada para medição e determinação de radionuclídeos, proporcionando avanços tecnológicos e científicos no monitoramento nuclear.

4 - METODOLOGIA

4.1. Radionuclídeos Investigados:

- **Reator Argonauta:** Ênfase em radioisótopos de gases nobres e descendentes. Escolhidos: Xe-138, Xe-133, Xe-135, Xe-137, Kr-90 e Kr-89.
- **Acelerador CV-28:** Foco em radioisótopos contaminantes, com destaque para Zn-65 e Ga-67 nas peças de cobre, e investigação de Co-56, Co-57, Fe-53 e Mn-54.

4.2. Análise de Espectros e Eficiência do Detector:

- Coleta de amostras da água do reator Argonauta, com calibração de eficiência usando solução padrão. Curva de eficiência ajustada por programa específico. Determinação de constantes de decaimento. Estratégia para radionuclídeos de meia vida curta.
- No CV-28, controle do efluente líquido por linha de descarte exclusiva. Análise em sistema de espectrometria gama para determinação de radionuclídeos (Zn-65, Co-57, Co-60, Mn-54) e comparação com limites aceitáveis.

4.3. Modelagem do Detector HPGe:

- Simulação no código MCNP6 de fontes radioativas pontuais e volumétricas para obtenção da resposta do detector HPGe. Utilização do comando F8 para análise de fótons na região sensível do cristal, considerando a camada morta. Determinação experimental da curva de eficiência em função da energia para validação do modelo, incluindo parâmetros de resolução energética.

Essa abordagem abrangente visa à precisão nas medições, validação experimental e compreensão dos radioisótopos nos sistemas do reator Argonauta e do acelerador CV-28.

5 - CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

As atividades do presente plano de trabalho deverão ser executadas no período de 36 meses conforme descrito no item 2.3 deste Plano de Trabalho, e seguindo o **CRONOGRAMA** descrito abaixo:

Atividade	Trimestres											
	Ano 1				Ano 2				Ano 3			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Calibração do sistema de medição baseado em espectrometria gama.	■	■	■									
Procedimentos para avaliar radionuclídeos de meia vida curta.				■	■	■	■	■				
Modelar e validar experimentalmente o detector HPGe com código MCNP6.				■	■	■	■					
Avaliar possível ruptura do elemento combustível por meio dos radionuclídeos.							■	■	■			
Desenvolver uma planilha de cálculo para as atividades absolutas e energias dos radionuclídeos.										■	■	■
Avaliar influência entre a potência e tempo de operação do reator.										■	■	■
Medições e análises dos espectros medidos experimentalmente no detector HPGe.				■	■	■	■	■	■	■	■	■
Determinar um procedimento de medições das amostras para avaliação dos espectros medidos.										■	■	■
Aplicar metodologia proposta para medição da água do circuito descontínuo do CV-28.										■	■	■
Aplicar metodologia proposta para medição do concreto e estruturas metálicas do CV-28.										■	■	■

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bellido, L.F., Implantação do Sistema de Medidas e Análise por espectrometria Gama na Divisão de Segurança e Radioproteção.

RT-IEN-48-2002, Rio de Janeiro, 2002.

THE CYCLOTRON CORPORATION. Instruction and Service Manual for the Cyclotron Corporation's - Model CV-28 Cyclotron - Ser. No.604.

US Pat. (TCC Ins-26), nov. 12, 1976.