

## **ANEXO I**

### **Projeto de Bolsa de Estudos Avançados**

**Título do projeto:**

Concepção e análise estrutural de contêineres de concreto para acondicionamento de rejeitos radioativos.

**Duração:** 12 meses

**Coordenadores do Projeto CENTENA:** Clédola Cássia de Tello e Rogério Pimenta Mourão

**Supervisor da bolsa:**

- Clédola Cássia Oliveira de Tello

#### **1. Introdução**

O projeto que aqui se propõe refere-se à concepção e análise estrutural de contêineres de concreto para acomodar embalados contendo rejeitos radioativos de médio e baixo nível de radiações ionizantes. Os rejeitos radioativos têm sua origem nas ações da humanidade, de maneira consorciada com as atividades de extração, beneficiamento, processamento, transformação, consumo, descarte dos recursos naturais e sintéticos, bem como, com a geração, distribuição e consumo de energias. Em explanação, eles são originários em atividades como a geração de energia nas centrais nucleares, nos processos industriais diversos, no atendimento biomédico (diagnósticos e terapias), na produção de pesquisas científicas e tecnológicas, dentre outras. Quanto às formas de encontrar materiais radioativos são diversas, como fontes abertas e fechadas, nos estados sólidos e gasosos, em meios líquidos através de misturas, dispersões e soluções.

Todo este cenário evidencia oportunidades de uso de materiais radioativos, mas também impõe condições desafiadoras para a destinação final e segura dos rejeitos radioativos. A estes materiais sem utilização posterior prevista, devem-se aplicar medidas adequadas para seu correto armazenamento ao longo do tempo até que sua radioatividade decresça a níveis seguros previstos por normas técnicas e legislações, sempre amparadas por medidas de radioproteção. Esse é um dos mais emergentes problemas a serem resolvidos com uma solução de engenharia que propicie uma destinação segura, eficiente e tecnológica ao material em tela.

É nesse contexto que um repositório de rejeitos radioativos se traduz em uma necessidade eminente para o desenvolvimento nacional, em um país como o Brasil, com vocações claras para a industrialização e crescimento populacional concentrados em centros urbanos de alta complexidade organizacional. O Brasil necessita de uma solução definitiva para essa questão, com vista a mantê-lo em posição de destaque mundial na produção industrial-agrícola, bem como, prover segurança energética e serviços de primeira necessidade, envolvendo o uso das tecnologias nucleares, seja no âmbito da industrialização de bens e produtos, ou nos serviços, principalmente os ligados à saúde e bem-estar.

Por tudo posto, é nesse cenário que a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) visa implantar o Centro Tecnológico Nuclear e Ambiental (CENTENA), que desenvolverá pesquisas na área nuclear e compreenderá um repositório de rejeitos radioativos de médio e baixo níveis de radiação. No CENTENA, os rejeitos, acondicionados em tambores metálicos, serão armazenados em contêineres de concreto, por sua vez, acondicionados em módulos de deposição. Faz-se necessário, então, um estudo sobre a concepção dos contêineres, tanto do ponto de vista arquitetônico quanto estrutural.

## **2. Relevância**

A CNEN é responsável pela execução do empreendimento CENTENA, com coordenação feita pelo Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear – CDTN. O projeto teve início em 2009, e as fases de projeto conceitual e de seleção de local já foram executadas pela equipe técnica.

O CENTENA será um centro de pesquisa e desenvolvimento e inovação tecnológica nas áreas nuclear e ambiental, preparado para a divulgação de atividades do setor nuclear e treinamentos de segurança. Com equipe técnica e coordenação experiente, será também uma referência em gerência de rejeitos radioativos.

A cadeia produtiva do setor nuclear atua em todas as etapas de produção, buscando otimizar a eficiência na utilização de matérias primas e destinação segura dos rejeitos que serão gerados nessas atividades. O CENTENA é inserido no ciclo nuclear primariamente na etapa de deposição dos rejeitos já tratados, com rigorosos critérios de aceitação, onde serão guardados de forma segura e isolada rejeitos oriundos da aplicação de radioisótopos na medicina, indústria, pesquisa e meio ambiente.

Para garantir um acondicionamento seguro do material a ser recebido pelo CENTENA, devem ser desenvolvidas soluções de engenharia que garantam o cumprimento das normas técnicas estabelecidas pela CNEN, e que sejam tecnicamente viáveis em seu desenvolvimento. Nesse sentido, o estudo dos contêineres de concreto, que receberão os embalados de rejeito radioativo, são de suma importância para a instalação do Centro. Pelas razões acima, justifica-se a relevância deste projeto, que visa a definição de uma solução viável tecnicamente para os contêineres de armazenamento dos embalados de rejeito, que atenda todos os requisitos de segurança estabelecidos pela CNEN.

## **3. Objetivos**

### **3.1 Objetivo geral**

Conceber e analisar estruturalmente contêineres de concreto que serão usados para o acondicionamento de embalados de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, contribuindo para as demandas do Projeto CENTENA.

### **3.2 Objetivos específicos**

3.2.1 Definir o formato e a capacidade volumétrica dos contêineres;

- 3.2.2 Executar o projeto estrutural dos contêineres;
- 3.2.3 Executar simulações numéricas de carregamento nas situações de transporte pós fabricação, içamento e empilhamento.
- 3.2.4 1. Apresentar o dimensionamento dos contêineres de concreto.

#### **4. Atividades propostas**

São descritas abaixo as principais atividades propostas:

- 4.1 Estudo das referências bibliográficas do Projeto CENTENA;
- 4.2 Estudo do inventário e seleção de embalados.
- 4.3 Definição do arranjo dos embalados no contêiner.
- 4.4 Análise e definição preliminar das dimensões dos contêineres
- 4.5 Elaboração do projeto arquitetônico dos contêineres com os embalados
- 4.6 Simulações numéricas utilizando o programa SAP2000 para análise estrutural;
  - 4.6.1 Transporte pós-fabricação;
  - 4.6.2 Transporte para o módulo de deposição (içamento);
  - 4.6.3 Acondicionamento no módulo de deposição (empilhamento);
- 4.7 Dimensionamento dos contêineres de concreto;
  - 4.7.1 Análise e definição das combinações de carregamento;
  - 4.7.2 Obtenção das envoltórias de esforços;
  - 4.7.3 Dimensionamento das armaduras;
  - 4.7.4 Análise de resultados visando a verificação dos estados limites últimos (plastificação e ruptura);
- 4.8 Definir os parâmetros para a fabricação do protótipo do contêiner;
- 4.9 Reuniões técnicas;
- 4.10 Estudo comparativo dos dados do protótipo com os dados da simulação.
- 4.11 Elaboração de relatórios técnicos e publicações.

#### **5. Resultados esperados**

Os projetos arquitetônico e estrutural dos contêineres de concreto serão os produtos dessa proposta, juntamente com um arcabouço de informações necessárias ao desenvolvimento. Além disso, espera-se que este trabalho gere artigos científicos como forma de difundir a pesquisa realizada.

#### **6. Cronograma de atividades**

O cronograma a seguir é apresentado em meses em numeração sequencial. O início da bolsa será definido a partir da data de homologação da BEA, e as atividades estão relacionadas, com as suas respectivas durações, listada no tópico 4.

### 6.1 Cronograma de atividades para a vaga

Atividades	Duração (meses)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Revisão bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Estudo do inventário e seleção de embalados	x											
3. Definição dos embalados no arranjo do contêiner	x											
4. Análise e definição preliminar das dimensões para os contêineres		x										
5. Elaboração do projeto arquitetônico dos contêineres com os embalados			x	x								
6. Simulações numéricas utilizando-se o programa SAP2000 para a análise estrutural			x	x								
7. Dimensionamento dos contêineres de concreto				x	x				x			
8. Definir os parâmetros para a fabricação do protótipo do contêiner				x	x							
9. Reuniões técnicas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10. Estudo comparativo dos dados do protótipo com os dados da simulação										x	x	

11. Elaboração de relatórios técnicos e publicações	x	x	x		x	x		x	x		x
---	---	---	---	--	---	---	--	---	---	--	---

## 7. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. NBR 8681: Ações e Segurança nas Estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004. 18 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. NBR 9062: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-moldado. Rio de Janeiro, 2006. 42 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA de NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto. Rio de Janeiro, 2023. 242 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Energia 2030. Rio de Janeiro, 2007. 144 p.

CAMACHO, J. S. Concreto Armado: estados limites de utilização. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP. Ilha Solteira, 2005.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN-NN-6.09: critérios de aceitação para deposição de rejeitos radioativos de baixo e médio nível de radiação. Rio de Janeiro, 2002.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. CNEN NN 8.01: gerência de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação. Rio de Janeiro, 2014.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Glossário de segurança nuclear. Rio de Janeiro, 2015.

PERÍCIA. Ruptura de uma alça metálica para içamento de peças pré-fabricadas de concreto: aplicação de modelagem em elementos sólidos sob fadiga na perícia. In: XV COBREAP – CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS – IBAPE/SP – 2009.

TAVARES, B. L. Contêineres de concreto para acondicionamento de rejeitos radioativos. CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR. Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais. Belo Horizonte, 2019.