



## **REJEITOS RADIOATIVOS**

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Laboratório de Rejeitos Radioativos



### Rejeito radioativo:

“Qualquer material resultante de atividades humanas que contenha radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção, especificados na *Norma CNEN-NE-6.02 Licenciamento de Instalações Radiativas* e para o qual a reutilização é imprópria ou não prevista”.



O recebimento, tratamento, armazenamento e disposição final dos rejeitos radioativos gerados no país são atribuições constitucionais da Comissão Nacional de Energia Nuclear, de acordo com a **Lei Federal 7781 de 1989, Art. 2º , VI.**

*“Art. 2. Compete à CNEN:...*

*...II - baixar diretrizes específicas para radioproteção e segurança nuclear, atividade científica-tecnológica, industriais e demais aplicações nucleares;...*

*...VI - receber e depositar rejeitos radioativos...*

*...X - expedir regulamentos e normas de segurança e proteção relativas:...*



## **Classificação dos rejeitos radioativos:**

- **rejeitos de nível baixo:** não requerem blindagem para manuseio e transporte
- **rejeitos de nível médio:** requerem blindagem para manuseio e transporte e não são geradores de calor
- **rejeitos de nível alto:** requerem blindagem e também resfriamento, uma vez que são geradores de calor

No Brasil: Norma “*CNEN NE-6.05 Gerência de rejeitos radioativos em instalações radiativas*”



## **ORIGEM DOS REJEITOS RADIOATIVOS**

- Rejeitos institucionais, rejeitos do ciclo do combustível e rejeitos de descomissionamento

### **Rejeitos institucionais:**

Aqueles gerados na produção de radioisótopos e na aplicação de radioisótopos na indústria, clínicas médicas, hospitais, centros de pesquisa, agricultura etc.

- Volume pequeno, atividade baixa, gerenciamento na própria instalação, exceto fontes seladas e institutos da CNEN
- Eliminação em rede de esgoto ou lixo urbano



## Características das fontes exauridas utilizadas em diversas aplicações

Calibr. Instrumentos	$^3\text{H}$ , $^{14}\text{C}$ , $^{60}\text{Co}$ , $^{90}\text{Sr}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{241}\text{Am}$	< 0,1 GBq
Irradiador	$^{60}\text{Co}$	1 - 1.000 TBq
Densitometria óssea	$^{241}\text{Am}$ , $^{125}\text{I}$	1 - 10 GBq
Teleterapia	$^{60}\text{Co}$	50 - 500 TBq
Braquiterapia	$^{226}\text{Ra}$	100 - 500 MBq
Radiografia industrial	$^{192}\text{Ir}$ , $^{60}\text{Co}$	0,1 - 5 TBq
Sensor de nível	$^{137}\text{Cs}$ , $^{60}\text{Co}$	0,1 - 20 GBq
Esteril. Cons. alimentos	$^{60}\text{Co}$	0,1 - 400 TBq
Perfuração de poços	$^{241}\text{Am-Be}$ , $^{137}\text{Cs}$	1 - 500 GBq
Detetor de fumaça	$^{241}\text{Am}$	1 - 1.000 kBq
Pára-raios	$^{241}\text{Am}$	2 - 200 MBq

1TBq = ~ 30 Ci

1GBq = ~30mCi

1MBq = ~30  $\mu\text{Ci}$



Rejeitos líquidos orgânicos:

Óleos lubrificantes provenientes principalmente de centros de pesquisa;  
soluções cintiladoras provenientes de laboratórios de análises clínicas;  
solventes utilizados em experimentos em geral e algumas operações de  
descontaminação.

Descarte é problemático



## **Rejeitos do ciclo do combustível:**

São aqueles gerados durante as etapas do ciclo de fabricação e utilização do combustível nuclear, desde a mineração até o reprocessamento ou armazenamento do elemento combustível queimado.

Mineração e beneficiamento: volume grande, atividade baixa

Refino e conversão

Enriquecimento

Fabricação do elemento combustível

Operação de reatores

Reprocessamento de elemento combustível: volume relativamente pequeno, atividade alta



## **Rejeitos do descomissionamento:**

Descomissionamento significa o conjunto de práticas adotadas no final da vida útil de uma instalação, para inativá-la de forma segura para a saúde do trabalhador, do público em geral e do meio ambiente.

Simple fechamento de uma instalação com remoção mínima de materiais radioativos, a uma completa remoção da instalação, que inclui a descontaminação, desmontagem de equipamentos, desmantelamento de componentes, remoção de edificações, pavimentos e solos.

Características extremamente variáveis em volume e atividade



## MÉTODOS DE TRATAMENTO

**Objetivo:** redução de volume e adequação à matriz de imobilização

**Rejeitos sólidos:** compactação, incineração, descontaminação, acondicionamento

**Rejeitos líquidos:** precipitação química, a troca-iônica e a evaporação

**Rejeitos gasosos:** filtração e lavagem



## IMOBILIZAÇÃO

Objetivo principal: fixar os radionuclídeos presentes em uma matriz sólida monolítica, a fim de se criar uma barreira contra a liberação dos mesmos para o meio-ambiente.

As matrizes de imobilização mais comuns: cimento, betume e polímeros

No IPEN: imobilização com cimento

Em Angra I: imobilização com cimento

Em Angra II: imobilização com betume



## CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO FINAL

Caracterização quanto à homogeneidade, permeabilidade, lixiviabilidade, resistência mecânica, resistência à radiação, resistência ao ataque químico, resistência ao ataque microbiano, resistência ao fogo e algumas outras propriedades de interesse nas etapas subsequentes da gerência dos rejeitos, principalmente a disposição final.

No Brasil, os critérios de aceitação dos rejeitos em um repositório final estão definidos na Norma *CNEN-NN-6.09: Critérios de Aceitação para Deposição de Rejeitos Radioativos de Baixo e Médio Níveis de Radiação*.



## **ARMAZENAMENTO**

Estocagem não definitiva dos rejeitos radioativos, já tratados e imobilizados, em local apropriado, esperando disposição final



## **DISPOSIÇÃO FINAL**

Duas opções: dispersão direta na biosfera, ou confinamento em repositórios

### **Dispersão na biosfera**

Aplica-se aos rejeitos com nível de atividade inferior aos *Limites Autorizados de Descarga*, fixados pela autoridade competente.

A quantidade de rejeito que pode ser dispersa na biosfera, sem consulta prévia à CNEN, está definida na Norma CNEN NE-6.02 - Licenciamento de Instalações Radiativas.



## Confinamento

**Rejeitos de atividade baixa e intermediária:** repositórios de superfície ou sub-superfície

**Rejeitos de atividade alta e fontes seladas:** repositórios profundos, em formações geológicas estáveis



## PANORAMA DOS REJEITOS RADIOATIVOS NO BRASIL

O Brasil não possui rejeitos radioativos de atividade alta

Os elementos combustíveis queimados não são classificados como tal até que se defina uma política nacional de processamento, reprocessamento ou simples descarte deste combustíveis, atualmente armazenados nos próprios reatores onde foram queimados.

Todos os rejeitos existentes no país são portanto classificados como sendo de atividade baixa ou intermediária.



## **Depósitos temporários**

Unidades administradas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear  
Central Nuclear de Angra dos Reis

**No Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares**, em São Paulo

**No Instituto de Engenharia Nuclear**, no Rio de Janeiro

**No Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear**, em BH

**Na Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto**, em Angra dos Reis

**No Complexo Industrial de Poços de Caldas**: purificação de  
concentrados de urânio e tório

**Nos depósitos da antiga Usina Santo Amaro**, já desativada, em São  
Paulo e Botuxim (SP): purificação de terras raras extraídas da monazita.



## **Repositório final de Abadia de Goiás - GO**

Rejeitos provenientes do acidente radiológico de Goiânia:

4.000 toneladas de rejeitos, com atividade de 40 TBq, gerados na descontaminação das áreas atingidas pelo acidente.



## **Rejeitos radioativos no IPEN**

O IPEN recebe, trata e armazena os rejeitos radioativos produzidos em suas próprias instalações, bem como aqueles gerados em instituições da área de saúde, industrial e pesquisa.



**Unidade Integrada para Tratamento e Armazenamento de Rejeitos Radioativos**, composta de:

Laboratórios para recepção e segregação de rejeitos

Descontaminação

Tratamento, imobilização e acondicionamento de rejeitos líquidos

Compactação de sólidos

Desmantelamento de pára-raios radioativos

Desmontagem de fontes seladas

Laboratórios químico e radiométrico para caracterização primária e final dos rejeitos



Dois galpões de 200 m<sup>2</sup> de área construída cada, para:

- Armazenamento dos rejeitos não tratados
- Armazenamento dos rejeitos tratados



Recebe, anualmente, aproximadamente:

- 700 fontes radioativas seladas de indústrias e hospitais
- 1000 pára-raios radioativos e 2000 detetores de fumaça
- 100 m<sup>3</sup> de rejeitos sólidos compactáveis e não compactáveis
- rejeitos líquidos e biológicos



## **O inventário atual dos rejeitos radioativos armazenados no IPEN:**

**Rejeitos sólidos e líquidos tratados:** 270 m<sup>3</sup> (~ 200 toneladas)

**Fontes seladas em desuso:** 8.300 unidades

**Pára-raios radioativos:** 13.000 unidades

**Detores de fumaça:** 14.000 unidades

**A atividade total:** 1.800 TBq ( ~ 50.000 Ci)



O IPEN mantém também um programa de pesquisa e desenvolvimento tecnológico na área de caracterização, tratamento e disposição final de rejeitos radioativos, além das atividades de ensino na pós-graduação, graduação e extensão.



Em 20 de novembro de 2001, foi promulgada a **Lei Federal No. 10.308**, que dispõe sobre:

“a seleção de locais, a construção, o licenciamento, a operação, a fiscalização, os custos, a indenização, a responsabilidade civil e as garantias referentes aos depósitos de rejeitos radioativos”