

REJEITOS RADIOATIVOS DE BAIXA ATIVIDADE : EXPERIÊNCIA DE GERENCIAMENTO
ROTINEIRO NO IPEN

Hissae MIYAMOTO, Roberto VICENTE, Laura Sakiko ENDO

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP
Travessa R, 400 - Cidade Universitária

RESUMO

Relata-se a experiência adquirida em 10 anos de gerenciamento rotineiro dos rejeitos radioativos sólidos de atividade baixa e média no IPEN/CNEN-SP. Compactação, encapsulamento de rejeitos não-compactáveis e fontes seladas, transporte, embalagem e armazenamento dos rejeitos são os pontos abordados.

INTRODUÇÃO

A Supervisão de Rejeitos e Descontaminação (MQR), do IPEN foi criada em 1983 a partir da necessidade de se criar uma infraestrutura física e capacitação humana na área de gerência de rejeitos radioativos em decorrência do aumento na geração de rejeitos. Contribuíram para esse aumento o crescimento das atividades no IPEN nas diversas áreas do ciclo do combustível, o aumento da produção de radioisótopos e radiofármacos para atender a comunidade e a instalação de novas unidades como a produção de fontes seladas para indústria. Outro fato que nos últimos anos tem contribuído para o aumento, indiretamente, foi o acidente radiológico com césio-137 ocorrido em Goiânia em 1987. Tem-se observado que a partir daí o número de fontes radioativas recebidas para tratamento tem aumentado. A MQR foi formada então com objetivos e funções específicos de atuar tanto no gerenciamento rotineiro dos rejeitos existentes quanto no desenvolvimento de um programa de pesquisa que contemplasse todas as etapas da gerência de rejeitos, incluídos aí desde a filosofia de gerência até a disposição final.

Relata-se no presente trabalho a experiência acumulada ao longo de 10 anos pela MQR em tratamento rotineiro de rejeitos sólidos de baixa atividade.

GERENCIAMENTO DE REJEITOS SÓLIDOS

Fontes de Rejeitos. Os rejeitos tratados no IPEN provém genericamente de 2 fontes geradoras: todas as unidades do próprio IPEN e instituições externas atendidas pelo IPEN, como hospitais, clínicas, indústrias e outros usuários de radioisótopos. Destes recebem-se em geral fontes exauridas utilizadas em gamagrafias, medidores de nível, detectores de fumaça, para-raios radioativos desativados. Rejeitos de laboratório são recebidos apenas quando a atividade está acima dos limites de isenção e contendo radionuclídeos de meias-vidas longas que exigem tratamento e períodos mais longos de armazenamento. Este tipo de rejeito é mais raro de ser gerado, pois aqueles que trabalham com fontes não seladas, os potenciais geradores desse rejeito, manuseiam radioisótopos de meias-vidas curtas.

Contribuem para os rejeitos gerados no IPEN todas as instalações do ciclo do combustível, da produção de radioisótopos e radiofármacos, produção de

fontes para aplicações industriais, laboratórios de pesquisa em radioquímica, radiobiologia, aplicações industriais, física nuclear, além de dois reatores de pesquisa. Volumes e atividades são bastante variáveis, tipicamente são gerados de 40 - 200 m³ por ano com atividades entre alguns MBq/m³ e vários GBq/m³. São compostos por toda sorte de materiais: plásticos, papéis, tecidos, luvas, sapatilhas, madeiras, frascos, resinas de troca-iônica, filtros, lamas e outros.

Coleta, Segregação e Transporte. Em razão da diversidade das atividades desenvolvidas no IPEN e outras instituições, o rejeito apresenta formas, natureza, conteúdo radioisotópico, volumes variando de laboratório para laboratório. Para dar um tratamento adequado para cada tipo de rejeito e determinar com maior precisão o seu inventário radioativo adotou-se no IPEN procedimentos específicos para a segregação, coleta e transporte destes rejeitos. A segregação é feita no laboratório de origem pelo próprio usuário do laboratório. O gerador é instruído a minimizar o volume de rejeitos, mantendo no laboratório um sistema de coleta seletiva para os radioativos e para os comuns. Outros critérios utilizados são a segregação feita de acordo com os métodos disponíveis de tratamento e segregação pelo conteúdo radioisotópico. No primeiro caso rejeitos são segregados em compactáveis e não-compactáveis. No segundo caso separam-se rejeitos contaminados com emissores beta-gama daqueles contaminados com emissores alfa, e ainda radionuclídeos de meias-vidas longas dos de meias-vidas curtas.

A coleta é feita em sacos de papel tipo kraft de 40L envoltos em sacos de polietileno de 0.2mm de espessura. Esta embalagem serve tanto para os rejeitos compactáveis quanto para rejeitos não-compactáveis, desde que as dimensões das peças sejam compatíveis com a embalagem. Rejeitos não-compactáveis de dimensões maiores, principalmente os originados em operações de descontaminação/ desmantelamento, são coletados diretamente em tambores de 200L e seguem diretamente para o depósito temporário depois de fechados ou seguem para a imobilização. A coleta e o transporte, no IPEN, são feitos semanalmente. As embalagens depois de fechadas são monitoradas e identificadas. As etiquetas de identificação devem conter as seguintes informações: (a) taxa de exposição (b) radioisótopos presentes (c) estimativa de atividade (Bq ou Ci) (d) descrição geral do conteúdo (e) local e identificação do gerador e (f) o critério de segregação. A responsabilidade pelo rejeito no IPEN é dividida entre o gerador/operador da

instalação, a radioproteção e a supervisão de rejeitos. Cabe ao gerador a responsabilidade pela segregação e coleta adequada; o cumprimento das normas de proteção radiológica aplicáveis a coleta e transporte ao supervisor de radioproteção e finalmente o cumprimento dos requisitos de transporte até a unidade de tratamento, o tratamento e estocagem do tratado ao supervisor de rejeitos.

TRATAMENTO DE REJEITOS SÓLIDOS

Quanto ao tratamento, distinguem-se três classes de sólidos: a) compactáveis, b) não-compactáveis e c) sólidos úmidos.

Sólidos Compactáveis. A compactação ainda é o único método de redução de volume empregado no IPEN. O fator de redução obtido é tipicamente 5. A compactação é feita numa prensa hidráulica de 10 toneladas, adaptada para operar diretamente em tambores de 200L. Estes tambores são de aço galvanizado de chapa 18, revestidos internamente com resina epóxi e pintados externamente com tinta amarela.

A unidade de compactação ocupa uma área aproximada de 100 m² e abriga o compartimento da prensa, área blindada para o armazenamento dos sacos de rejeitos antes da compactação, glove-box para o desmantelamento e corte de peças muito grandes para adequá-las ao tambor, célula para descontaminação de tambores. O sistema de ventilação da unidade conta com filtros HEPA para particulados e um leito de carvão ativo para retenção de iodo. O piso e as paredes até a uma altura de 2 m são revestidos de resina epóxi. A unidade possui um sistema de drenagem para um tanque subterrâneo provido de alarme de nível e sistema de descarga para o esgoto comum ou para um tanque móvel.

Até o presente, foram gerados cerca de 600 tambores correspondentes a um volume de 600 - 800 m³ de rejeitos compactáveis.

Sólidos Não Compactáveis. Os rejeitos não compactáveis, dentro das instalações do IPEN são coletados em 2 tipos de embalagens: os sacos de 40L e os tambores de 200L. Os rejeitos coletados em tambores são simplesmente fechados e transportados para o depósito temporário, após a inspeção e codificação. Os outros são colocados em tambores de 200L e imobilizados com uma pasta de cimento. O tipo de embalagem é o mesmo padronizado para os rejeitos compactáveis.

São também sólidos não compactáveis as fontes exauridas, em desuso ou mesmo apresentando defeito. O IPEN recebe para tratamento uma variedade muito grande delas, provenientes de todas as partes do país. Os radionuclídeos nelas contidos e as respectivas atividades dependem da aplicação para a qual foram destinadas. Na Tabela 1 são apresentados alguns exemplos de fontes recebidas pelo IPEN e alguns dados relacionados a elas.

As fontes seladas recebidas pelo IPEN recebem tratamento distintos. Fontes de aplicações industriais e de radioterapia são encapsuladas em concreto. O encapsulamento é feito em embalagens desenvolvidas de acordo com as especificações para embalagem tipo A das normas de transporte de material radioativo da AIEA e atendem os critérios de transporte e armazenagem temporária. Foram desenvolvidos dois tipos de embalagem, esquematizados na Figura 1: (1a) fontes seladas em geral e (1b) para fontes de ²²⁶Ra, principalmente agulhas de Ra.

A embalagem para fontes apresentada na Figura 1a consiste num tambor de 200L com uma camada interna de concreto armado comum que confere uma blindagem adicional equivalente a uma densidade de 2.4 g/cm³, integridade física e resistência mecânica para transporte.

Tabela 1. Exemplos de Fontes Seladas Recebidas pelo IPEN.

Fonte	Ativ. (GBq)	T _{1/2} (a)	Principais Aplicações
³ H	1-1000	12.3	Produção de neutrons pela reação (D,T)
⁶⁰ Co	≤4 x 10 ³	5.3	Radioterapia, radiografia industrial, medidores de nível
¹³⁷ Cs	≤4 x 10 ³	30.2	Radioterapia, indústria
⁸⁵ Kr	0.1-50	10.7	Medidores de espessura
⁹⁰ Sr	0.1-2	28.6	Betaterapia, medidores de espessura
¹⁴⁷ Pm	1-10	2.6	Medidores de espessura
²²⁶ Ra	0.1-50	1600	Medidores de nível, radiografia industrial, terapia
²⁰⁴ Tl	1-10	3.78	Medidores de espessura, terapia
²⁴¹ Am	1-10	432	Medidores de densidade, pára-raios
²⁵² Cf	1000	2.64	detetores de fumaça, Detetor de umidade

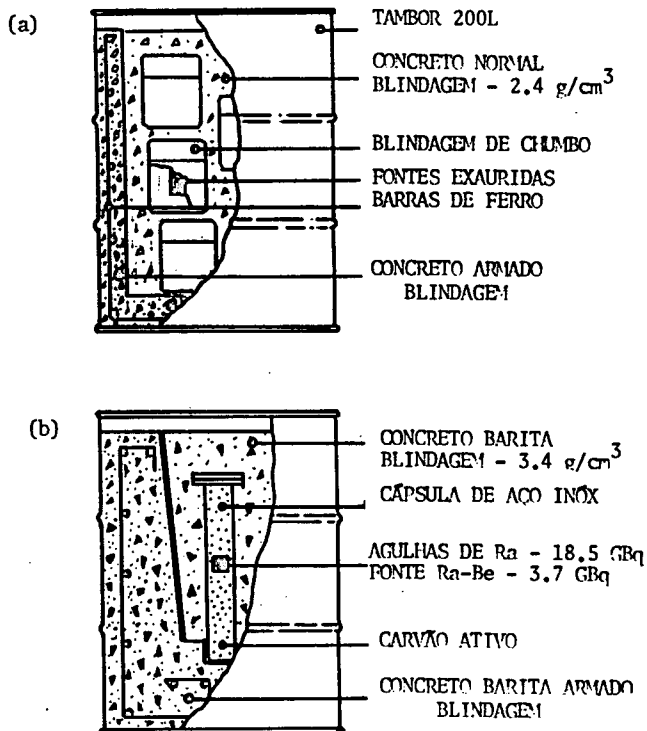


Figura 1. Embalagens para Encapsulamento de Fontes Seladas.

Dentro destas embalagens são colocados os castelos de chumbo contendo várias fontes retiradas de suas blindagens originais. O procedimento visa minimizar o número de embalagens e o reaproveitamento das blindagens originais. Ao final da operação, concreto fresco é vertido para assegurar a imobilização dos castelos. A quantidade de castelos por embalagem é limitada pela atividade máxima permitida e pela taxa de exposição estabelecidas em normas de transporte. Por causa desta limitação algumas fontes são encapsuladas dentro de suas blindagens originais. Atualmente encontram-se armazenadas 15 destas embalagens.

A embalagem apresentada na Figura 1b, foi desenvolvida para conter e armazenar agulhas de ^{226}Ra , que durante muito tempo foram utilizadas em radioterapia e atualmente estão sendo substituídas por outros radioisótopos mais adequados. Por causa da longa meia-vida e liberação de radônio, a CNEN impôs requisitos bastante rígidos quanto a embalagem: contenção das fontes com taxas de liberação baixas, "container" de alta qualidade e uso de adsorvedores dentro da embalagem para a retenção de radônio. A taxa de liberação permitida é de 10^{-6} torr.L.s $^{-1}$ medida com detector de vazamento de He. O adsorvedor é de carvão ativo, não menos que 1g de carvão/mCi de Ra (anteriormente era 10g de carvão/mCi de Ra, dentro da contenção). A contenção e a embalagem devem ser construídos com materiais de alta durabilidade. A embalagem é então composta por uma cápsula de aço inoxidável, com capacidade de 1.6L, selado com um disco de cobre e fechado com tampa de aço inóx mantido na posição por 6 parafusos. A blindagem é feita com uma folha de chumbo, de 3mm de espessura, em volta da cápsula, uma camada de concreto barita armado interna ao tambor e concreto barita fresco como selo final. O tambor de aço comum serve como embalagem externa. A atividade permitida por embalagem é de 17 GBq (500 mCi) de ^{226}Ra que corresponde de 50 a 100 agulhas. Até o presente foram produzidas 17 embalagens contendo agulhas de rádio.

Outro rejeito sólido que atualmente necessita de um gerenciamento adequado e aquele composto por para-raios radioativos descartados como rejeitos, após uma resolução da CNEN determinando que novos para-raios contendo fontes radioativas não podem mais ser instalados e que todos aqueles requerendo manutenção devem ser substituídos por para-raios convencionais. Aqueles para-raios desativados devem ser então enviados a CNEN para um tratamento adequado. Existe uma estimativa de mais de 80.000 destes dispositivos para serem tratados. Até o presente cerca de 5.000 deles já foram recebidos pelo IPEN. Os para-raios necessitam ser desmantelados para remoção das fontes de amerício da estrutura metálica que constitui a maior parte do volume destes dispositivos. O problema principal é que muitas das fontes de amerício estão apresentando vazamentos, apesar da película de ouro que provê uma superfície mais resistente. A fonte não é segura contra o vento. O ^{241}Am é um dos radionuclídeos mais radiotóxico e a inalação de um simples partícula de aerossol de Am puro pode contribuir para o Limite Anual de Incorporação (LIA). As fontes em cada para-raios, juntas resultam em cerca de 10^6 LIAs. Assim o desmantelamento é feito em capelas ventiladas com filtros de aerossol para proteção dos operadores e prevenir a contaminação do ar. Na Figura 2 apresenta-se um esquema do desmantelamento e tratamento de para-raios.

Rejeitos Sólidos Úmidos. Resinas de troca-iônica, carvão ativo provenientes do reator contaminados com produtos de ativação e produtos de fissão, lamas e "tortas" e materiais insolúveis provenientes das unidades de purificação e conversão de urânio, também são alguns dos rejeitos tratados pela MQR, assim como os coletados em intervenções radiológicas externas. Para o tratamento destes rejeitos foi construída uma

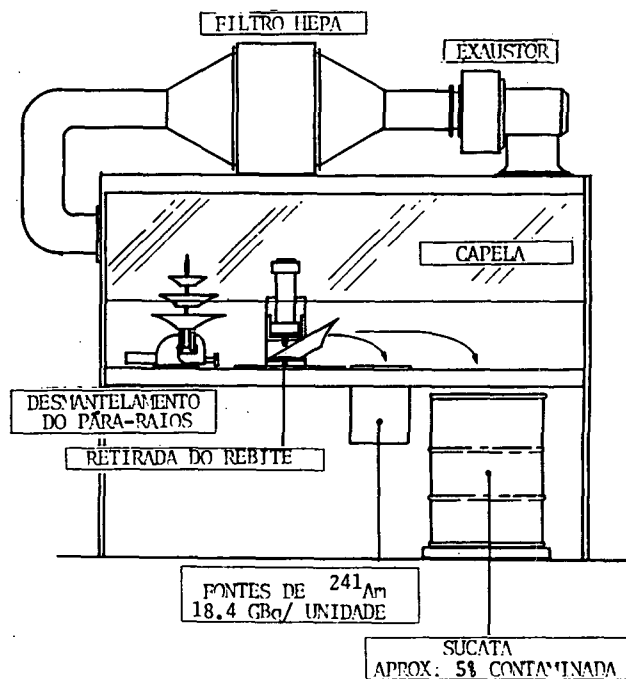


Figura 2. Tratamento de Para-raios Radioativos.

unidade de imobilização, composta por um misturador adaptado para misturar a pasta de cimento e o rejeito diretamente dentro do tambor de 200L. Os trabalhos desenvolvidos no tratamento destes rejeitos são apresentados em outros artigos deste mesmo congresso.

ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO.

Após o tratamento, as embalagens de rejeitos são armazenados no Depósito Temporário mantido pela MQR, até a remoção para um repositório final. O Depósito da MQR é um galpão coberto e fechado, com uma área útil de estocagem de 200 m 2 , com uma capacidade estimada para cerca de 1500 tambores, quando o empilhamento é de 5 unidades. Todas as embalagens são identificadas por códigos próprios, que facilitam a recuperação dos dados quando necessários. Todas as informações relacionadas a cada uma destas embalagens estão armazenadas em banco de dados elaborado de tal forma que a recuperação destas informações é imediata. Constam destas informações local de origem, data de recebimento, data de tratamento, inventário radioisotópico, descrição do material contido, classificação, categoria e outros dados. Estão armazenados atualmente no total 841 tambores de 200L e 50 caixas de aço de 1.7 m 3 contendo rejeitos provenientes do acidente de Goiânia, encontrados no Estado de São Paulo.

ABSTRACT.

More than ten years experience acquired at IPEN in routine management of solid radioactive wastes of low and intermediate level activities are briefly described in this paper. Compaction, encapsulation of non-compactible wastes and sealed sources, packaging and interim storage are some of the aspects reported.