

# Radioproteção na Transferência de Rejeitos Radioativos entre Edifícios de um Depósito Intermediário

Malvina Boni Mitake<sup>1</sup> e Fábio Fumio Suzuki<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, Gerência de Radioproteção, Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, São Paulo, SP, 05508-000, Brasil  
mbmitake@ipen.br, ffsuzuki@ipen.br  
<http://www.ipen.br>

**Resumo:** A Gerência de Rejeitos Radioativos (GRR) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, opera um dos depósitos intermediários de rejeitos radioativos do país. A área utilizada para armazenar rejeitos está sendo expandida, além de estar prevista a reforma dos edifícios de armazenamento existentes. Os rejeitos radioativos armazenados nas edificações antigas terão que ser transferidos para os novos edifícios. Este trabalho descreve o planejamento de radioproteção realizado para a operação de transferência dos rejeitos radioativos de dois edifícios antigos para um dos novos edifícios. Para fins do planejamento, a operação foi subdividida em nove etapas e, para a avaliação da dose coletiva, consideraram-se vários fatores relevantes. O resultado da otimização de radioproteção foi prevista uma dose coletiva total de 58,6 mSv.pessoa. A dose medida por dosímetros de leitura direta foi de 3,9 mSv.pessoa. Essa diferença entre os valores deve-se a fatores conservativos utilizados no cálculo.

## 1 Introdução

A Gerência de Rejeitos Radioativos (GRR) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, opera um dos depósitos intermediários destinados a receber, tratar, acondicionar, caracterizar e armazenar rejeitos radioativos institucionais de várias instalações radiativas do país. A área utilizada para armazenar rejeitos radioativos era a mesma desde a década de 1980 e estava com sua capacidade praticamente esgotada. Atualmente a área construída de armazenamento está sendo aumentada, além de estar prevista a reforma dos edifícios de armazenamento existentes [1].

Como parte desse processo de expansão, foi necessário que os rejeitos radioativos armazenados nas edificações antigas fossem transferidos para os novos edifícios. Os rejeitos radioativos transferidos estavam embalados em 1311 tambores metálicos de 200 litros e 51 caixas metálicas de 1600 litros. Os tambores estavam posicionados sobre paletes de madeira, quatro tambores por palete, e estes sobrepostos em cinco pilhas. As caixas metálicas estavam sobrepostas em três pilhas sem o uso de paletes. No novo local de armazenamento foram utilizadas as mesmas configurações, porém, os paletes foram trocados por novos de material plástico. Este trabalho descreve o planejamento de radioproteção para a operação de transferência dos rejeitos

radioativos embalados de dois edifícios antigos para um dos novos edifícios de armazenamento de rejeitos que está sendo construído nas dependências da GRR.

## **2 Planejamento**

O planejamento teve como estimativa a transferência de 80 volumes por dia de trabalho. A duração prevista da operação de transferência era de dois meses, dependendo de fatores como clima e recursos materiais, contando com quatro operadores da GRR, quatro trabalhadores terceirizados e dois técnicos da Gerência de Radioproteção (GRP). Para fins do planejamento, a operação de transferência foi subdividida em nove etapas e, para a avaliação da dose coletiva, consideraram-se como fatores relevantes: as taxas de dose dos volumes, o tempo de execução e a radiação de fundo no local de cada etapa, a condição de conservação dos volumes, o número de pessoas envolvidas na operação e a participação de trabalhadores terceirizados com necessidade de treinamento em radioproteção.

Nos modelos matemáticos utilizados foram consideradas algumas hipóteses para simplificar os cálculos de forma conservativa, como a categorização dos volumes com base nas taxas de dose na superfície e a um metro dos mesmos, aplicando-se os critérios da norma de transporte de materiais radioativos; as estimativas de tempo para cada etapa por palete e não por volume, e a previsão da quantidade de volumes a serem reembalados com base na experiência dos operadores da GRR.

### **2.1 Treinamento de radioproteção**

O planejamento contemplou o treinamento prévio em radioproteção de todos os indivíduos ocupacionalmente expostos (IOE) que participariam da operação, inclusive dos terceirizados, e esse treinamento foi coordenado pela supervisão de radioproteção da GRR.

Todos os IOE foram treinados para reconhecer os riscos radiológicos a que estariam expostos e saber evitá-los [2]. Este treinamento contemplou não somente o conhecimento das radiações e seus efeitos, mas também os procedimentos de radioproteção adotados na instalação para salvaguardá-los, inclusive os para situações de emergência.

### **2.2 Inventário**

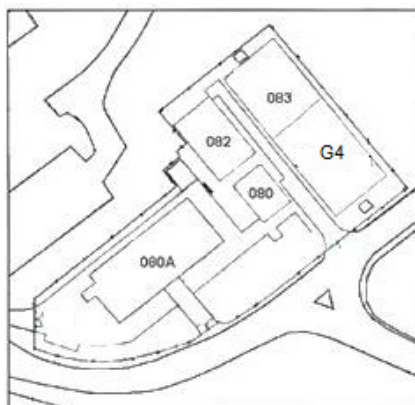
Todos os volumes transferidos já haviam sido previamente monitorados e seus conteúdos eram conhecidos pelo inventário de rejeitos radioativos, mantido pela GRR. O volume de rejeitos radioativos movimentado encontrava-se embalado conforme mostrado na Tabela 1.

### **2.3 Etapas**

A operação de transferência foi subdividida em dez etapas:

- a) Retirada do palete do galpão de origem, posicionando-o no corredor entre os edifícios 082 e 083 (Figura 1);
- b) Monitoração de níveis de radiação externa nos volumes;

- c) Monitoração do nível da contaminação transferível externa nos volumes e eventual descontaminação;
- d) Gerenciamento dos dados dos volumes e inspeções visual e mecânica dos volumes;
- e) Reembalagem de eventuais volumes danificados e identificação de volumes a serem reparados;
- f) Posicionamento dos paletes nos locais de lavagem e reparo próximos ao edifício 080A;
- g) Lavagem dos volumes e eventuais reparos;
- h) Gerenciamento e rearranjo dos volumes nos novos paletes;
- i) Transferência dos novos paletes para o edifício G4;
- j) Arranjo dos paletes no edifício G4.



**Figura 1:** Croqui com as principais edificações do GRR

**Tabela 1:** Volume de rejeito radioativo armazenado no depósito intermediário

Classe de rejeito	Tipo de embalagem	Nº de embalagens	Volume de rejeito (m <sup>3</sup> )
Sólido compactável	Tambor	813	162,6
Sólido não compactável	Tambor	417	83,4
	Caixa	1	1,5
Biológico	Tambor	2	0,4
Cinza	Tambor	9	1,8
Torta	Tambor	33	6,6
Fonte	Tambor	12	2,4
Rádio	Tambor	25	12,5
Fardo	Caixa	50	75

#### 2.4 Locais de trabalho

Todos os locais selecionados para se desenvolver as etapas da operação encontravam-se no interior da área cercada da GRR, tendo acesso controlado, e classificados como

áreas controladas sob o ponto de vista de radioproteção, considerando os requisitos determinados pelos regulamentos de diretrizes básicas de proteção radiológica [2] e de serviços de radioproteção [3].

Considerando-se o tempo e a distância de deslocamento antes da inspeção visual e mecânica, bem como o nível de radiação de fundo do local, com relação à monitoração dos níveis de radiação dos volumes e da presença dos operadores para as tarefas, o local selecionado para as etapas b), c), d) e e) foi o espaço entre os edifícios 082 e 083.

O local próximo ao edifício 080A foi selecionado para as etapas de lavagem, reparo e transferência para os novos paletes, g) e h).

Todos os locais de trabalho selecionados contaram com pontos de coleta de rejeitos radioativos sólidos compactáveis.

## **2.5. Equipamentos de proteção**

Pelos conteúdos radioativos dos volumes, mesmo em cenários de incidentes com o tombamento e abertura de volumes, não era esperada a formação de aerossóis que promovessem a contaminação do ar nas tarefas desenvolvidas durante a operação. Os operadores da GRR e os terceirizados utilizaram roupas de trabalho (macacões), botas de segurança, luvas de borracha, touca descartável e máscara contra pó (tipo cirúrgica). Os operadores da GRP utilizaram roupas de trabalho (guarda-pó), botas de segurança, luvas de borracha, touca descartável e máscara contra pó (tipo cirúrgica).

## **2.6. Monitoração de área**

Um programa de monitoração de área foi implantado de forma que os levantamentos radiométricos periódicos determinassem qualquer eventual controle de tempo necessário para respeito aos limites de dose.

Já era realizado mensalmente um levantamento radiométrico na área do depósito, de forma que o histórico das taxas de dose dos locais das tarefas era conhecido. O levantamento radiométrico do depósito foi atualizado diariamente durante a operação. Realizou-se monitoração dos níveis de radiação dos volumes logo após a sua retirada dos galpões. A equipe de radioproteção utilizou os monitores portáteis de radiação no acompanhamento das tarefas de cada etapa, realizando também as monitorações em caso de incidentes.

A monitoração de contaminação radioativa foi realizada pelo método indireto, com a contagem de esfregaços em um contador de amostras.

## **2.7. Monitoração individual**

O planejamento previu a monitoração individual por meio de dosímetros termoluminescentes de tórax, com troca mensal, de todos os trabalhadores. Essa medida visou garantir que as medidas de proteção e segurança estavam sendo efetivas, e resguardar a instituição de qualquer eventual questão trabalhista. Todos os IOE envolvidos na operação foram monitorados individualmente com dosímetros fornecidos pelo Laboratório de Dosimetria Termoluminescente do IPEN.

O depósito de rejeitos da GRR está em processo de certificação e sofre inspeções da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) inclusive no período das obras. A partir de uma inspeção realizada no início de 2009, foi exigido que todos os IOE realizando tarefas nos depósitos e na unidade de tratamento, em complemento ao dosímetro individual de rotina, fizessem uso de dosímetros ativos, pessoais, sonoros e de leitura direta.

Por este motivo, todos os IOE utilizaram dosímetros individuais de alerta. O nível de alarme para dose acumulada foi fixado em 1 mSv, e o alarme de taxa de dose em 1 mSv/h. Todos os IOE envolvidos integraram um programa de monitoração in vivo desenvolvido no Laboratório de Monitoração In Vivo do IPEN.

## 2.8. Dose Coletiva

Para a avaliação da dose coletiva, adotaram-se algumas hipóteses para os modelos matemáticos:

a) Os volumes foram categorizados utilizando-se o critério da norma de transporte de materiais radioativos, baseando-se nas taxas de dose na superfície dos volumes registradas na documentação dos rejeitos. Desta forma, o modelo trabalhou com três categorias de volumes, com taxas de dose na superfície de 5  $\mu\text{Sv/h}$ , 500  $\mu\text{Sv/h}$  e 2000  $\mu\text{Sv/h}$ , com índices de transporte 0,0, 1,0 e 10,0, respectivamente. Com esta categorização, obteve-se a quantidade de paletes como mostrada na Tabela 2. Considerou-se o arranjo de quatro tambores por palete e uma caixa por palete.

b) Os tempos estimados para cada etapa do processo, por palete, são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 2:** Quantidade de paletes considerando a categorização dos volumes

Categoria	Nº de tambores	Nº de caixas	Nº de paletes
Branco I	559	3	143
Amarelo II	660	42	207
Amarelo III	92	6	29

**Tabela 3:** Tempos estimados para cada etapa do processo, por palete

Etapa	Tempo (min)
Deslocamento até o corredor	1
Monitoração da radiação	4
Monitoração da contaminação	4
Gerenciamento e inspeções visual e mecânica	4
Deslocamento até a lavagem	1
Lavagem/reparo	4
Gerenciamento e transferência para novo palete	2
Deslocamento até o G4	1
Arranjo dos paletes no G4	2
Eventuais reembalagens	2

c) A radiação de fundo entre os galpões foi adotada como 68  $\mu\text{Sv/h}$ , que correspondia à taxa de dose média na parede do edifício 082. A radiação de fundo ao redor do edifício 080A foi considerada como a natural do local, não sendo computada na exposição ocupacional.

d) A previsão de necessidade de reembalar rejeitos radioativos foi de 1,5% do total de tambores, que é da ordem de vinte volumes. O tempo estimado para reembalagem de cada tambor foi de dois minutos.

### 3. Resultados e Discussão

Os cálculos do modelo adotado para a estimativa da dose coletiva para toda a operação são mostrados na tabela 4.

**Tabela 4:** Doses calculadas em cada etapa da operação de transferência

Etapa	Dose ( $\mu\text{Sv}$ )	Número de IOE	Dose coletiva (pessoa. $\mu\text{Sv}$ )
Deslocamento	525	1	525
Monitoração da radiação	1815	1	1815
Monitoração da contaminação	12600	1	12600
Gerenciamento	12600	1	12600
Inspeções visual e mecânica	6555	1	6555
Deslocamento até a lavagem	85	1	85
Lavagem e reparos	11205	1	11205
Transferência para novo palete	5690	2	11380
Deslocamento até o G4	85	1	85
Arranjo dos paletes no G4	170	1	170
Eventuais reembalagens	1410	1	1410

Como resultado do cálculo, a dose coletiva total estimada foi de 58,6 pessoa.mSv. A dose coletiva medida pelos monitores individuais de leitura direta foi de 3,9 mSv.pessoa. A diferença nos valores das doses coletivas prevista no estudo de otimização e a estimada pode ser atribuída a vários fatores conservativos utilizados para o cálculo. Foram utilizadas as taxas de dose máxima de cada uma das três categorias dos volumes. Além disso, o tempo estimado de cada etapa da operação, que foi baseado nas experiências dos operadores da GRR, foi muito maior do que o tempo efetivamente utilizado para as etapas da operação. Como consequência, a GRR estimou a duração da operação em dois meses, mas foram necessários apenas dezoito dias para a transferência dos rejeitos radioativos. A reembalagem dos rejeitos radioativos danificados também não foi executada. Os tambores com danos foram separados e serão reembalados posteriormente. A radiação de fundo entre os galpões foi adotada como 68  $\mu\text{Sv/h}$ , que correspondia à taxa de dose média na parede do

edifício 082, entretanto, com a retirada dos rejeitos dos galpões essa taxa foi se reduzindo ao longo da operação, e o que não foi considerado nos cálculos.

#### **4 Conclusão**

Como resultado da otimização de radioproteção de toda a operação de transferência, foi prevista uma dose coletiva total de 58,6 mSv.pessoa. Este valor difere da dose coletiva estimada por dosímetros de leitura direta, que foi de 3,9 pessoa.mSv. Conclui-se que essa diferença deve-se a fatores conservativos utilizados no cálculo, bem como à execução das tarefas seguindo-se o planejamento e as boas práticas de radioproteção.

#### **Referências**

1. Boni-Mitake, M., Suzuki, F.F, Dellamano, J.C: Radioprotection considerations on the expansion project of an interim storage facility for radioactive waste. 2009 International Nuclear Atlantic Conference - INAC 2009, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 27 de setembro a 02 de outubro de 2009.
2. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Diretrizes Básicas de Proteção Radiológica – CNEN-NN 3.01, CNEN, Rio de Janeiro, Brasil (2005).
3. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Serviços de Radioproteção – CNEN-NE 3.02, CNEN, Rio de Janeiro, Brasil (1988).