

## **Gestão de Detetores de Fumaça no IPEN**

*José Claudio Dellamano e Roberto Vicente  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP  
Laboratório de Rejeitos Radioativos - LRR  
Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 – Cidade Universitária – CEP 05508-000  
São Paulo – São Paulo – Brasil  
jcdellam@ipen.br; rvicente@ipen.br*

### **Resumo**

O órgão regulador no Brasil recomenda que lotes de detetores de fumaça com fontes radioativas de Amerício-241 sejam recolhidos como rejeito radioativo. Alguns milhares desses detetores são recebidos anualmente no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, principal centro de coleta de rejeitos radioativos institucionais no país. O tratamento desse rejeito é a remoção das fontes e o descarte da sucata inativa. Neste trabalho apresenta-se as características dos tipos de detetores de fumaça recebidos para tratamento e descreve-se o processo de gestão e os procedimentos de proteção radiológica adotados durante o seu manuseio, incluindo o controle de contaminação do ar e de superfícies.

### **1. INTRODUÇÃO**

O uso de detetores de fumaça é muito disseminado e estima-se que, somente nos Estados Unidos, seja responsável por evitar milhares de mortes por ano pelo alarme precoce de incêndio [ 1 ]. Em alguns países, o código de edificações exige a instalação de um detetor de fumaça em cada andar da casa e há até países em que é necessário instalar um dispositivo em cada dormitório.

Embora os primeiros detetores de incêndio tenham sido criados há um século, os detetores modernos são de 1969. Há dois tipos de detetor de fumaça em uso, atualmente: o óptico e o iônico. Os detetores do tipo iônico, com fontes radioativas de Am-241, só começaram a ser comercializados no início dos anos 70 e, no Brasil, vários anos mais tarde.

Os detetores iônicos funcionam com uma pequena fonte radioativa que emite radiação alfa, a qual passa através de uma câmara de ionização, para manter uma corrente elétrica constante. Se fumaça penetra no detetor, as partículas alfa são absorvidas pela fumaça e a diminuição da corrente faz disparar um alarme sonoro e luminoso; um aumento da temperatura é também capaz de disparar o alarme por alterar a corrente elétrica na câmara de ionização.

Ainda que os detetores ópticos e os iônicos tenham desempenho semelhante para detectar fumaça, o uso de fontes radioativas é autorizado nesta aplicação, observando o princípio de

proteção radiológica da justificação da prática, porque os detetores iônicos são mais sensíveis a fogo sem fumaça e mais acessíveis a todos os usuários, em termos comerciais, que os convencionais.

Não existe no país legislação específica para regulamentar o uso e o descarte de detetores de fumaça, embora a fabricação esteja sujeita aos regulamentos de radioproteção aplicáveis às instalações radiativas. No Brasil, conforme recomendação do Organismo Internacional de Energia Atômica [ 2 ], o órgão regulador não exige licença para instalação desses dispositivos em edifícios industriais, comerciais e residenciais e, por isso, autoriza o uso sem restrição.

Os fabricantes recomendam substituir cada detetor após 10 anos de uso e, depois de substituído, o dispositivo é descartado sem reaproveitamento ou reciclagem. A Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN, órgão regulador no Brasil, autoriza o descarte de detetores de fumaça na coleta de lixo urbano.

O descarte como lixo comum é aceitável pelas seguintes razões: a radioatividade é menor que a atividade dos emissores alfa naturais normalmente presentes em um metro cúbico do solo de um aterro sanitário; o risco decorrente da radioatividade presente é pequena; a fonte radioativa está encapsulada em uma fita metálica no interior do aparelho [ 3 ]. Contudo, quando várias peças são retiradas em lote, a CNEN recomenda que os detetores sejam recolhidos como rejeito radioativo. É o que ocorre normalmente nas empresas que atuam na instalação destes dispositivos, as quais enviam os detetores para um dos institutos de pesquisa da CNEN que atuam como centros de coleta de rejeitos radioativos no país.

Desde o fim da década de 80 o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, principal centro de coleta de rejeitos radioativos, já recebeu cerca de 21.000 detetores. Por essa amostra, verifica-se que são utilizados no país 12 modelos que contêm fontes de Am-241.

Na Figura 1, esses 12 modelos são apresentados. Cada modelo é mostrado intacto e desmontado até o ponto de permitir a remoção da fonte para se observar as diferentes tecnologias utilizadas na fabricação. As fontes são os objetos na parte inferior de cada imagem. Na Figura 2 as fontes de Am-241 de todos os modelos são apresentados para comparação de suas dimensões.

## **2. GESTÃO DOS DETETORES DE FUMAÇA**

A gestão dos detetores de fumaça inclui o recolhimento a um dos Institutos da CNEN, o armazenamento inicial, o tratamento e a deposição final.

O recolhimento é realizado pelas empresas instaladoras, que enviam os detetores de fumaça substituídos em lotes de poucas peças até centenas em um único carregamento. A legislação não fixa limites para o número de detetores de fumaça por embalagem ou carregamento, considerando o transporte deles como exceptivo, nem impõe restrições ao tipo e dimensões da embalagem. Isso significa que a embalagem não precisa conter as etiquetas de transporte para identificação externa e o veículo de transporte não precisa ser monitorado e nem portar placas de sinalização de transporte de material radioativo. Alguns documentos exigidos pela autoridade são necessários, porém.



**Figura 1 – Modelos de detetores de fumaça recebidos pelo IPEN**



**Figura 2 – Fontes de Am-241 encontradas nos 12 modelos de detetores de fumaça**

Os documentos de transporte exigidos incluem uma ficha de emergência, uma declaração do expedidor e um certificado de isenção para transporte do material, necessários para orientar a autoridade policial em caso de fiscalização ou intervenção em acidentes de trânsito.

A ficha de emergência fornece informações para orientar sobre riscos e cuidados no manuseio do material, em caso de acidente do veículo durante o transporte. A declaração do expedidor é o documento que informa o número de fontes radioativas, suas atividades, a origem e o destino da carga, o número da Organização das Nações Unidas - ONU para cargas perigosas e o responsável pelo transporte. O certificado de isenção, Certificado de aprovação especial para embalagem e transporte de material contendo Am-241, é um documento expedido pela CNEN com vigência limitada, renovado anualmente, para assegurar à autoridade policial, em caso de fiscalização, que o transporte do material é isento das exigências normais para transporte de material radioativo.

Todos esses documentos devem acompanhar a carga, dentro de um envelope padronizado pelo Ministério dos Transportes. Além disso a CNEN exige que a embalagem contenha no seu interior o símbolo universal de radiação ionizante com aviso “material radioativo”, facilmente visível para o caso da embalagem ser aberta inadvertidamente.

Por se tratar de transporte de material exceptivo não há necessidade de acompanhamento de um supervisor de proteção radiológica. Para facilitar a remessa desse material, o IPEN disponibiliza em sua página na Internet todas as instruções para embalagem e transporte, bem como permite “baixar” a documentação exigida para o transporte. Na Figura 3 apresenta-se as instruções para embalagem e preenchimento da documentação e na Figura 4 apresenta-se a documentação que deve acompanhar o transporte dos detetores de fumaça.

**INSTRUÇÕES PARA EMBALAGEM E TRANSPORTE DE DETETORES DE FUMAÇA RADIOATIVOS AO IPEN, PARA DESCARTE**

**LEIA COM ATENÇÃO TODAS AS INSTRUÇÕES ABAIXO E, EM CASO DE DÚVIDA, LIGUE PARA (011) 3816-9241, LABORATÓRIO DE REJEITOS RADIOATIVOS – IPEN**

**A. MATERIAL NECESSÁRIO**

- Saco plástico com capacidade e resistência para acondicionar os detetores de fumaça
- Embalagem resistente, preferivelmente um tambor metálico com tampa removível, conforme modelo ao lado, e capacidade adequada ao número de detetores de fumaça que serão transportados
- Material de enchimento, preferivelmente folhas de jornal
- Fita adesiva
- Envelope de papel, tamanho ofício.
- Documentos de transporte obtidos junto com este manual
  - Declaração do expedidor
  - Ficha de emergência.
  - Folha 1 (frente do envelope de transporte).
  - Folha 2 (verso do envelope de transporte).
  - Etiqueta com símbolo de radiação e etiqueta de endereçamento.
  - Modelo de carta de encaminhamento

**B. INSTRUÇÕES**

- Acondicionar os detetores de fumaça no saco plástico e fechá-lo com fita adesiva.
- Colocar o saco na embalagem.
- Completar os espaços vazios com o material de enchimento, se necessário.
- Colocar a etiqueta com o símbolo de radiação dentro da embalagem, de forma a que seja visível se a embalagem for aberta.
- Colocar a etiqueta de endereçamento na tampa da embalagem.



- Preencher o documento de transporte “Declaração do Expedidor” fornecido junto com este manual, conforme instruções a seguir.
  - No campo “Número de embalagens”, escrever o número de embalagens contendo detetores de fumaça a transportar;
  - No campo “Atividade”, escrever o número total de detetores de fumaça que serão transportados;
- No campo “Nome e endereço completo do expedidor”, escrever o nome e endereço da pessoa física ou jurídica que está enviando os detetores de fumaça ao IPEN para descarte.
- No campo “Nome e título da pessoa que assina a declaração”, escrever o nome e cargo da pessoa responsável pelo envio dos detetores de fumaça.

- Montar um envelope de transporte, colando as folhas 1 (frente) e 2 (verso) nas faces externas do envelope tamanho ofício.
- Colocar os documentos: “Declaração do Expedidor” e “Ficha de Emergência” dentro do “Envelope de Transporte” e juntar uma Nota Fiscal de simples remessa, caso o expedidor seja pessoa jurídica, e a carta de encaminhamento. Obs.: O envelope não pode ser lacrado.
- Dirimir dúvidas pelo telefone (011) 3816-9241 no horário comercial ou pelo e-mail: [rejeitos@ipen.br](mailto:rejeitos@ipen.br).
- Comunicar a data de entrega dos detetores de fumaça ao IPEN com pelo menos um dia de antecedência. Horário de entrega: 8h - 11h; 13h - 16h.

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**  
 Av. Prof. Lineu Prestes, 2242 Cidade Universitária  
 CEP – 05408-900 – São Paulo - SP  
 CNPJ: 00.402.552/0005-50 – Inscr. Estadual: 110.670.830.110

**Figura 3 – Informações sobre embalagem e preenchimento de documentação para transporte e envio de detetores de fumaça para o IPEN**

DECLARAÇÃO DO EXPEDIDOR DE MATERIAIS RADIOATIVOS (ONU – CLASSE 7)				NÚMERO ONU 2910			
Esta remessa está dentro das limitações prescritas para:				Veículo de passageiro e carga <input checked="" type="checkbox"/>		Veículo apenas de carga <input type="checkbox"/>	
NATUREZA E ATIVIDADE MÁXIMA DO CONTEÚDO			EMBALADO				
RADIONUCLÍDEO	FORMA	ATIVIDADE	Número de Embalados	CATEGORIA	ÍND. TRANSP.	TIPO	
Nome ou símbolo do principal conteúdo radioativo.  Am-241	<input type="checkbox"/> Sob Forma Esp. <input type="checkbox"/> BAE-I <input type="checkbox"/> BAE-II <input type="checkbox"/> BAE-III <input type="checkbox"/> OCS-I <input type="checkbox"/> OCS-II <input checked="" type="checkbox"/> Outras formas (Especificar) <b>Detetor de fumaça</b>	Forma química e es-tado físico (gasoso, líquido ou sólido)  SÓLIDO		Em Becquerel  $\times 1,0 \times 10^4$	<input type="checkbox"/> I – Branco <input type="checkbox"/> II – Amarelo <input type="checkbox"/> III – Amarelo <input type="checkbox"/> III – Amarelo sob uso exclusivo <input checked="" type="checkbox"/> ISENTO	Apenas para categorias de rótulo amarelo	<input checked="" type="checkbox"/> Excepcivo <input type="checkbox"/> EI – I <input type="checkbox"/> EI – II <input type="checkbox"/> EI – III <input type="checkbox"/> Tipo A <input type="checkbox"/> Tipo B(U) <input type="checkbox"/> Tipo B(M)
CERTIFICADOS ADICIONAIS OBTIDOS PELO EXPEDIDOR			MARCA E IDENTIFICAÇÃO DA AUT. COMPET. (PAÍS / Nº / CÓD.)				
<input type="checkbox"/> Certificado para Material Radioativo Sob Forma Especial <input type="checkbox"/> Certificado de Aprovação de Projeto de Embalado <input type="checkbox"/> Certificado de Aprovação Normal de Transporte <input type="checkbox"/> Certificado de Aprovação Especial de Transporte							
MATERIAL FÍSSIL <input type="checkbox"/>			MATERIAL NÃO FÍSSIL <input checked="" type="checkbox"/>				
INFORMAÇÕES ESPECIAIS DE MANUSEIO:							
*Atesto que os itens e materiais contidos nesta expedição estão precisa e completamente descritos acima, pelos respectivos nomes para transporte, bem como devidamente classificados, acondicionados, marcados e rotulados, encontrando-se sob todos os aspectos, em condições apropriadas para transporte por (*) de acordo com os Regulamentos e Normas Governamentais Nacionais e Internacionais aplicáveis*.							
NOME E ENDEREÇO COMPLETO DO EXPEDIDOR				NOME E TÍTULO DA PESSOA QUE ASSINA A DECLARAÇÃO			
Data:				Assinatura:			
Local de Embarque:				Destino: IPEN-CNEN/SP			
OBS.: A INOBSERVÂNCIA DOS PRECEITOS CONTIDOS NO DECRETO Nº 88.821 DE 06 DE OUTUBRO DE 1983, E NA RESOLUÇÃO CNEN - / 87 SUJEITA O INFRATOR AS PENALIDADES LEGAIS. ESTA DECLARAÇÃO SÓ TERÁ VALIDADE SE ASSINADA PELO EXPEDIDOR DA CARGA NO PAIS. (* Inserir os modos de transporte envolvidos)							

**CUIDADO**



**DETECTOR DE FUMAÇA RADIOATIVO**

.....

À  
 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – IPEN/CNEN-SP  
 Travessa R no. 400 – Cidade Universitária  
 CEP 05508-900 – São Paulo – SP  
 DEPARTAMENTO DE REJEITOS RADIOATIVOS – NR  
 A/C: Sra. HISSAE MIYAMOTO

**FICHA DE EMERGÊNCIA**

Expedidor:	Nome Adequado para o Embarque: <b>MATERIAL RADIOATIVO, DETECTOR DE FUMAÇA (Americio-241)</b>	Nº de Risco: 70 Nº da ONU: 2910 Classe ou Subclasse: 7 Descrição da classe ou subclasse: Material Radioativo
Telefone:		
Aspecto:	Embalagem cilíndrica metálica	
EPI:	Luvas de látex ou similar.	
<b>RISCOS</b>		
Fogo:	Não inflamável. Embalagem não projetada para prover contenção em caso de incêndio.	
Saúde:	Risco de contaminação apenas em caso de manuseio inadequado do dispositivo contido na embalagem	
Meio Ambiente:	Risco de contaminação radioativa em caso de perda de contenção da embalagem e do dispositivo.	
<b>EM CASO DE ACIDENTE</b>		
Vazamento:	Isolar e sinalizar imediatamente a área afetada, manter afastadas as pessoas não autorizadas.  Entrar na área de isolamento somente para salvar vidas; limitar a permanência ao mínimo indispensável.  Comunicar imediatamente o IPEN pelo telefone (0xx11) 3816-9000 ou a CNEN (0xx21) 546-2304 ou o IRD (0xx21)442-2539/442-9691/442-1927/442-9604.	
Fogo:	A presença de material radioativo não altera a eficácia das técnicas de controle de incêndios. Incêndios dev em ser combatidos com procedimentos padrões.  Não mover os embalados.	
Poliuição:	Risco remoto de contaminação radioativa em caso de perda de contenção.  Isolar a área afetada.	
Envolvimento de pessoas:	Manter espectadores afastados no mínimo 50 m.  Solicitar atendimento médico de emergência, administrar primeiros socorros de acordo com a natureza dos ferimentos.  Comunicar o IPEN (0xx11)3816.9000 ou CNEN (0xx21)546.2304 ou IRD (0xx21)442.2539/6091/9604  Exceto no caso de feridos, reter pessoas e equipamentos expostos ao material radioativo até a chegada de pessoal qualificado.	
Informações ao médico:	Sob aspecto radiológico, existe apenas a possibilidade de pequena contaminação, caso tenha ocorrido contato direto com a fita de Americio  Comunicar o IPEN pelo telefone (0xx11) 3816-9000 ou a CNEN (0xx21) 546-2304 ou o IRD (0xx21)442-2539/442-9691/442-1927/442-9604.	

Figura 4 – Documentos que acompanham o transporte dos detetores de fumaça

### 3. OPÇÕES DE DISPOSIÇÃO FINAL

Ainda que seja legal descartar detetores de fumaça como lixo comum em aterros sanitários, a destinação de dezenas de milhares desses dispositivos, recolhidos como rejeito radioativo, requer uma análise do ponto de vista de segurança radiológica a longo prazo. Antes de tudo, é preciso verificar se esse rejeito pode ser enviado à um repositório de superfície para rejeitos radioativos de baixa e média atividade.

É consenso internacional que a concentração de emissores alfa de meia-vida longa deve ser limitada nesse tipo de repositório. Países com tradição na deposição de rejeito radioativo em repositórios de superfície têm adotado valores próximos de 3,7 kBq/g, como limite superior para essa concentração. A atividade das fontes de Am-241 e a massa dos detetores de fumaça coloca esse rejeito nas categorias aceitas para recebimento em repositórios para rejeitos de atividade baixa ou média. Em vista disso, esse rejeito pode ser gerenciado junto com outros rejeitos institucionais, acondicionados em tambores de 200 litros, com ou sem tratamentos adicionais, e enviados para deposição como rejeito de baixo nível de radiação.

Esses tratamentos podem ser a compactação direta dentro de tambores de 200 L, para redução de volume, ou, até mesmo, o encapsulamento em pasta de cimento para cumprir com critérios de aceitação no repositório [ 4 ]. Uma terceira opção é o desmantelamento dos detetores de fumaça, a retirada das fontes e o descarte da parte inativa como sucata. No IPEN, a decisão foi de retirada das fontes para reduzir o volume e permitir que as fitas de Am-241 sejam gerenciados juntamente com as demais fontes seladas.

### 4. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE TRATAMENTO

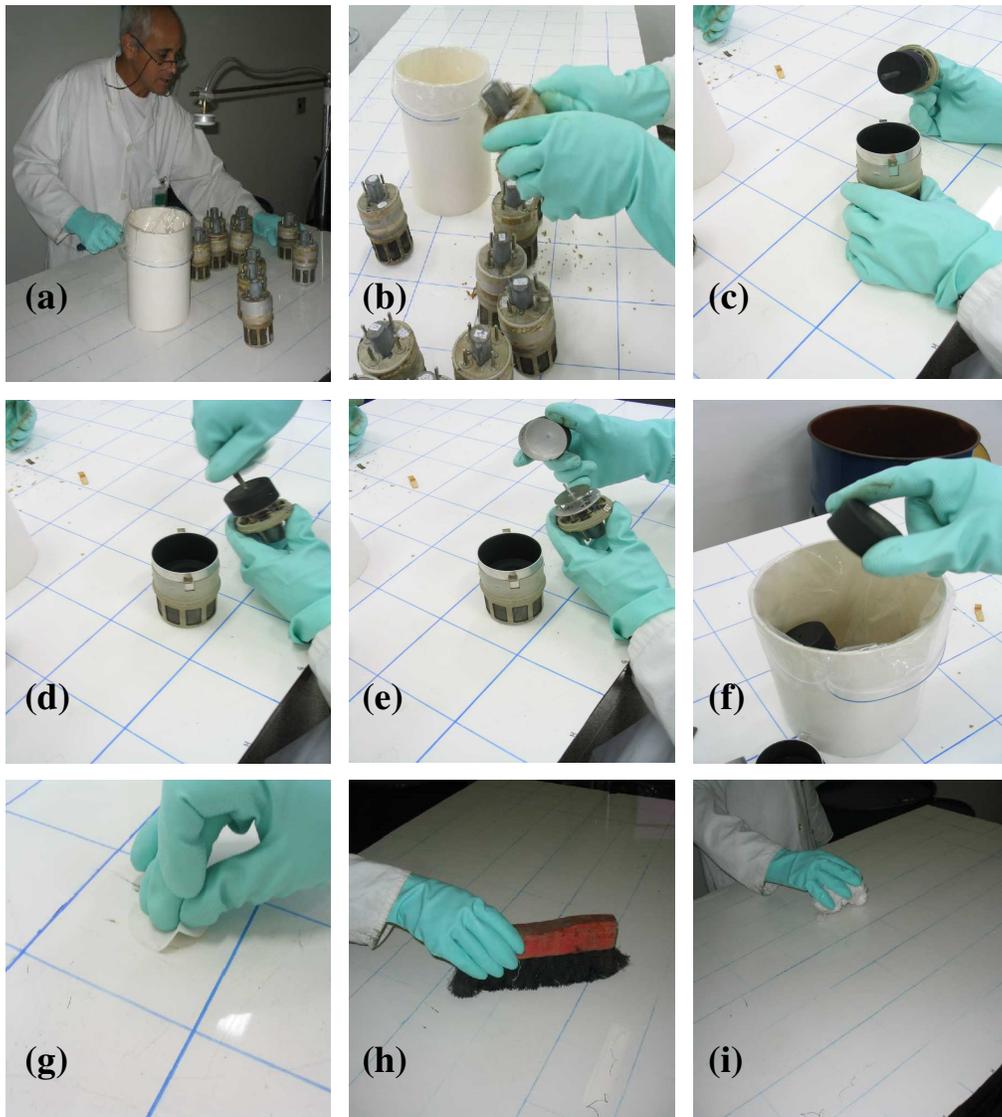
Os detetores de fumaça, após recebimento, são transferidos para tambores de 200 litros para estocagem inicial. O primeiro passo para o tratamento dos detetores de fumaça é a transferência de uma dessas embalagens para o laboratório de desmontagem.

Os detetores de fumaça são desmontados facilmente, embora alguns modelos necessitem de ferramentas especiais, e as fontes podem ser removidas manualmente e acondicionadas em embalagens plásticas para armazenamento.

A sucata, constituída de carcaça plástica e metálica e componentes eletrônicos, é monitorada individualmente e descartada como lixo comum. Na Figura 5 apresenta-se algumas etapas do processo de desmantelamento de detetores de fumaça.

O fator de redução de volume obtido com esse processo está entre 70 e 100. O volume das fontes removidas dos cerca de 21.000 detetores de fumaça recebidos até dezembro de 2005 é de 150 litros, aproximadamente.

O processo é realizado sobre uma bancada simples com superfície de fácil descontaminação e limpeza (ver Figura 5(g), 5(h) e 5(i)). No IPEN é utilizada uma chapa de PVC rígido de 3mm de espessura como forração da bancada.



**Figura 5 – Etapas do processo de dismantelamento de detetores de fumaça**

## 5. ASPECTOS DE RADIOPROTEÇÃO

Os equipamentos de proteção individual utilizados no trabalho são luvas de látex e avental. O monitoramento do ar durante operações preliminares indicaram que é desnecessário realizar a operação de separação das fontes em caixa de luvas ou capela com exaustão e o uso de máscaras respiratórias.

As operações rotineiras mostraram que a retirada das fontes pode ser feita de forma rápida e segura. Uma equipe de três técnicos consegue desmontar, em média, 100 detetores de fumaça em 1 hora, com doses de radiação externa desprezíveis. A dose coletiva para a remoção das fontes dos 21.000 detetores de fumaça já recolhidos no IPEN é estimada em 28 homem.μSv devido à radiação externa.

Para controle da incorporação de Am-241 foram monitoradas a contaminação do ar e das superfícies da área de trabalho. A concentração de aerossóis foi medida por meio de amostragem com bomba de vácuo e filtro tipo membrana com microporos posicionado à altura da cabeça dos operadores (ver Figura 5(a)) e a determinação da atividade feita em um contador alfa modelo SAC-4. Verificou-se que a operação é isenta de contaminação do ar para todos os modelos de detetores de fumaça.

A contaminação de superfícies foi monitorada por meio de esfregaços na superfície da bancada de operação e no chão, ao redor da bancada, e por meio de detetores ‘pancake’ para luvas, roupas e sapatos. Verificou-se que a operação é isenta de contaminação para todos os modelos de detetores, com exceção de um, para o qual foram encontrados níveis superiores ao limite adotado de  $0,3 \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ , na superfície da bancada. No tratamento desse modelo, alguns cuidados adicionais foram adotados para evitar a dispersão do contaminante para além da bancada e para descontaminação após o tratamento de cada batelada, utilizando algodão umedecido.

## REFERÊNCIAS

1. “U.S. Fire Administration. Smoke Alarms”, <http://www.usfa.fema.gov/safety/alarms/> (2006).
2. International Atomic Energy Agency, *Application of the concepts of exclusion, exemption and clearance*, Safety Standards Series No. RS-G-1.7, IAEA, Vienna, 2004.
3. “Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency. Radioactivity in domestic smoke alarms” [http://www.arpana.gov.au/is\\_smkdt.htm](http://www.arpana.gov.au/is_smkdt.htm) (2006).
4. Comissão Nacional de Energia Nuclear, Critérios de aceitação para deposição de rejeitos radioativos de baixo e médio níveis de radiação, CNEN-NN-6.09, CNEN, RJ, 2002.