



## Segurança na gestão de fontes radioativas seladas em desuso

A. Heloisa de Oliveira Reis<sup>1</sup>, B. Roberto Vicente<sup>2</sup>

<sup>1</sup>heloisa.reis94@gmail.com, Rua Dr. José Maurício de Oliveira, 189, Guarulhos, SP

<sup>2</sup>rvicente@ipen.br, Av. Professor Lineu Prestes, 2242, Butantã, SP

Fontes radioativas seladas (FRS) são substâncias radioativas hermeticamente encapsuladas para evitar contaminação radioativa durante o uso.

A Agência Internacional de Energia Atômica (International Atomic Energy Agency, IAEA), estima que haja ao menos dez milhões de fontes seladas no mundo, utilizadas desde 1901.<sup>1</sup> No Brasil, estima-se que existam cerca de 300 mil fontes, amplamente utilizadas em aplicações industriais, médicas, de pesquisa e até em produtos de consumo.<sup>2</sup>

No fim de sua vida útil, as fontes seladas são retiradas de serviço e se tornam fontes radioativas seladas em desuso (FRSD). Neste momento uma parte significativa delas pode ainda apresentar nível de atividade suficientemente alto para representar risco sério de exposição acidental à radiação, se forem manipuladas de forma inadequada, sendo, por isso, recolhidas e gerenciadas como rejeito radioativo.

Na Tabela I está apresentado o inventário brasileiro de FRSD, estimado em 31 de dezembro de 2014.<sup>3</sup> As FRS em uso naquela data não foram incluídas. O volume total aparente das fontes é uma grandeza importante para a gestão das fontes seladas devido à tecnologia de deposição prevista ser a colocação das FRSD em um poço tubular profundo, dentro de embalagens robustas com capacidade limitada para acomodá-las.<sup>4</sup> As frações percentuais de volume aparente das fontes totalizam 100%.

Tabela I – Inventário brasileiro de FRSD.

RADIONUCLÍDEO	QUANTIDADE	MEIA VIDA (ANOS)	ATIVIDADE		VOLUME	
			(Bq)	(%)	(cm <sup>3</sup> )	(%)
Am-241	267	432,2	8,3E + 12	0,8	213	0,1
Am241-Be	105	432,2	8,7E + 12	0,9	11550	5,3
Cf-252	15	2,64	2.8E + 08	< 0,05	195	0,1
Cm-244	7	18,11	8,3E + 09	< 0,05	91	< 0,05
Co-60	2093	5,27	8,6E + 14	87,9	5232,5	2,4
Cs-137	3098	30,17	9,6E + 13	9,8	7745	3,6
Ir-192m2	5114	241	1,4E + 08	< 0,05	3835,5	1,8
Kr-85	327	10,72	1,9E + 12	0,2	32700	15,1
Ni-63	121	100	7,8E + 10	< 0,05	1573	0,7
Pu-238	4	87,74	3,1E + 09	< 0,05	52	< 0,05
Ra-226	3429	1600	5,5E + 11	0,1	857,25	0,4
Ra226-Be	9	1600	1,9E + 10	< 0,05	117	0,1
Sr-90	271	28,64	1,5E + 11	< 0,05	1355	0,6

Fonte: CNEN, 2015.

Além dessas fontes, várias outras contendo radionuclídeos como Ba-133, Cd-109, Co-57, Cs-134, Fe-55, Ge-68, Pm-147, Ru-106 e Se-75 foram deixadas de fora por razões que vão da meia-vida muito curta à atividade muito baixa e que constituem uma fração pequena do número total de FRSD.

No entanto, fontes seladas removidas de PR (para-raios) radioativos e DF (detectores de fumaça) iônicos, que têm atividade individual relativamente pequena, apresentam um volume elevado, meia-vida longa e atividade total relativamente importante devido ao grande número de fontes.<sup>3</sup> Na Tabela II, estão apresentadas as estimativas de quantidade, atividade e volume dessas fontes. As frações percentuais de volume aparente das fontes totalizam 100%.

Tabela II – Inventário estimado de FRSD retiradas de PR (para-raios) e DF (detectores de fumaça)

RADIONUCLÍDEO	QUANTIDADE	MEIA VIDA (ANOS)	ATIVIDADE		VOLUME	
			(Bq)	(%)	(dm <sup>3</sup> )	(%)
Am-241 LR	95454	432,2	4,8E + 11	< 0,05	95454	44,1
Am-241 SD	73680	432,2	1,2E + 09	< 0,05	44208	20,4
Ra-226 LR	4365	1600	1,8E + 10	< 0,05	4365	2,0
Ra-226 SD	264	1600	8,0E + 06	< 0,05	158,4	0,1

Fonte: CNEN, 2015.

A gestão das FRSD como rejeito radioativo pode ser descrita como uma série de operações que visam determinar o conteúdo radioativo, manter o isolamento do material radioativo, manter ou melhorar a blindagem necessária para que as exposições rotineiras dos operadores sejam seguras, proceder à reembalagem, ao transporte e armazenamento e, no fim, proceder à deposição definitiva delas em um repositório.<sup>1</sup>

A cada uma dessa série de operações foi dado o nome de operação unitária, para tratá-las, no conjunto, como um processo e descrevê-las em um fluxograma de processo. Operações unitárias são definidas, na engenharia química, como etapas básicas de um processo. No presente trabalho, operações unitárias são etapas sequenciais que integram o processo de gestão de um rejeito radioativo qualquer, em particular, das fontes radioativas seladas em desuso. A finalidade deste procedimento é formalizar a análise de risco de cada uma das etapas do processo, de modo a avaliar a segurança da gestão pré-deposição.

Em decorrência da existência de riscos aos operadores, ao público e ao meio ambiente, é necessário fazer essa avaliação para prevenir acidentes e projetar operações de resposta, para mitigar os efeitos das situações emergenciais que possam ocorrer por acidente.

O tema é abordado sob uma perspectiva descritiva, fundamentada na revisão bibliográfica, com ênfase em publicações da IAEA, mas também em livros, artigos científicos, relatórios, dissertações e teses, e na regulamentação da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

### Referências

- [1] International Atomic Energy Agency. *Boss: borehole disposal of disused sealed sources*, IAEA, Vienna, Italy (2011).
- [2] Van Blerk, J. J. *Technical Review and Requirements for the Borehole Disposal Concept*, NECSA, Pelindaba, South Africa, (2002).
- [3] Nuclear and Energy Research Institute; National Nuclear Energy Commission. *Supporting Technologies for Treatment and Disposal of Radioactive Wastes*. IPEN-CNEN, São Paulo, Brazil, (2015).
- [4] Vicente, R. *Gestão de fontes radioativas seladas descartadas*. IPEN, São Paulo, Brazil, (2002).