

GERENCIAMENTO DE REJEITOS NO CENTRO DE RADIOFARMÁCIA DO INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Eduardo Gerulis, Gian-Maria Agostino Ângelo Sordi e Olavo Pedro da Silva

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP)
Avenida Professor Lineu Prestes, 2242
05508-900 São Paulo, SP
egerulis@ipen.br

RESUMO

O Centro de Radiofarmácia do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares é uma instalação radiativa que pesquisa e produz vários radiofármacos usados em procedimentos de diagnose e terapia para mais de 270 clínicas e hospitais de medicina nuclear. São proporcionados aproximadamente 2.300.000 procedimentos por ano. Algumas tarefas realizadas nessa instalação geram rejeitos radioativos sólidos, líquidos e gasosos com radionuclídeos, em sua maioria, com meia-vida curta. É feito um gerenciamento desses rejeitos que consiste em acondicionamento temporário e posterior avaliação para dispensa de acordo com a norma CNEN-NE-6.05. O objetivo deste trabalho é demonstrar esse gerenciamento e propor a coleta seletiva por meia-vida para os rejeitos radioativos sólidos provenientes de descontaminações, manuseios e intervenções. Com esse gerenciamento é possível dispensar grande quantidade de rejeitos no sistema de coleta de lixo urbano e de esgoto sanitário depois de atingirem os valores de dispensa preconizados pela Comissão Nacional de Energia Nuclear e a proposta apresentada reduz o volume armazenado.

1. INTRODUÇÃO

O Centro de Radiofarmácia, CR, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN, executa pesquisas com radiofármacos para o desenvolvimento da medicina nuclear e produz uma variedade destes elementos com os radionuclídeos ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I , ^{18}F , ^{153}Sm , ^{67}Ga , ^{123}I , ^{201}Tl , ^{32}P , ^{51}Cr , ^{35}S e ^{45}Ca em grandes quantidades que são distribuídos em mais de 270 clínicas e hospitais pelo território nacional. São realizados cerca de 2.300.000 procedimentos ao ano para atender pacientes na realização de terapias e diagnósticos. Durante as pesquisas, as produções e intervenções são gerados rejeitos radioativos. Os rejeitos são sólidos, líquidos e, em alguns processos, gasosos. A maioria dos radionuclídeos presentes nos rejeitos gerados tem uma meia-vida curta (≤ 60 dias) [1]. Por essa razão, o gerenciamento dos rejeitos radioativos é facilitado.

2. MÉTODOS

2.1. Rejeitos Radioativos Sólidos

Os rejeitos radioativos sólidos gerados são compostos de papéis, plásticos, borrachas, estopas, tecidos, vidrarias, latas e equipamentos de proteção individual, EPIs, utilizados durante o trabalho, todos sem possibilidade de reutilização.

Para a coleta dos rejeitos gerados, recipientes apropriados ficam dispostos de duas maneiras:

- Para os rejeitos provenientes do interior das celas e que fazem parte do processamento, os recipientes ficam embaixo delas, num pavimento subterrâneo, blindados por paredes de chumbo, conforme ilustra a Figura 1(a). Os recipientes são tambores que recebem seus rejeitos pela ação da gravidade, até ficarem com sua capacidade volumétrica plena. Depois disso, os recipientes ficam armazenados temporariamente em uma área cercada, conforme ilustra a Figura 1(b), no mesmo setor e pavimento onde é coletado.



(a)



(b)

Figura 1. Recipientes com rejeitos radioativos provenientes do interior das celas. (a) Disposição para a coleta de rejeitos radioativos sólidos. (b) Local para armazenamento de rejeitos radioativos sólidos e líquidos.

- Para os rejeitos provenientes de descontaminações, manuseios e intervenções, os recipientes, lixeiras forradas com sacos plásticos, ficam ao lado das celas, capelas e bancadas que os produzem, conforme ilustra a Figura 2(a). Depois de cheios, os recipientes ficam armazenados temporariamente em uma sala com prateleiras, conforme ilustrada na Figura 2(b), no mesmo pavimento térreo onde é coletado.



(a)



(b)

Figura 2. (a) Recipientes dispostos para a coleta de rejeitos radioativos sólidos provenientes de descontaminações, manuseios e intervenções. (b) Recipientes armazenados para decaimento em uma sala com prateleiras.

Quando os rejeitos radioativos sólidos apresentarem a atividade específica igual ou inferior a 75 kBq/kg, podem ser dispensados no sistema de coleta de lixo urbano, conforme regulamenta a norma CNEN-NE-6.05 [1]. Para garantir essa condição, são realizados dois tipos de controles nos recipientes:

- Estimativa de tempo de armazenamento;
- Medidas de taxa de exposição.

A estimativa do tempo de armazenamento é feita por um balanço de atividades, considerando a atividade remanescente no rejeito sólido. Os rejeitos gerados pelas produções de ^{32}P e ^{51}Cr são controlados exclusivamente desta maneira: armazenados separadamente para decaimento e posterior dispensa, pois o ^{32}P é um emissor β puro que tem sua taxa de exposição facilmente blindada até por densidades baixas de materiais que compõem seu rejeito e é impraticável utilizar a medição de taxa de exposição na superfície de recipientes com ^{51}Cr por ser muito baixa [2].

As medidas da taxa de exposição são feitas com detectores de radiação portáteis para os rejeitos sólidos restantes por três razões:

- para conferir o balanço das atividades, é feita com modelos [2];
- por haver mistura de radionuclídeos nos rejeitos provenientes de descontaminações, manuseios e intervenções, facilitada pela proximidade entre as diferentes celas de processamento dos radionuclídeos;
- por haver possibilidade de presença de radionuclídeos de meia-vida longa (> 60 dias) nos rejeitos provenientes do interior das celas, advindos de impurezas adquiridas durante as irradiações. Neste caso, os rejeitos são identificados e transportados para o laboratório de rejeitos radioativos do IPEN para tratamento e armazenamento, como com os da produção de ^{35}S e ^{45}Ca feita anualmente, caso haja encomenda.

2.2. Rejeitos Radioativos Líquidos

Os rejeitos radioativos líquidos gerados nas pesquisas e produções são compostos de soluções de lavagens e de sobras geradas durante fases de processo. Para a coleta dos rejeitos gerados, recipientes apropriados ficam dispostos sob as celas em dois locais:

- Para os rejeitos provenientes do interior das celas, e que fazem parte do processamento, ficam embaixo delas, no pavimento subterrâneo, blindados por paredes de chumbo, conforme ilustra a Figura 3(a) ou ficam embaixo delas, no pavimento térreo. Os recipientes são galões que recebem seus rejeitos pela ação da gravidade até ficarem com sua capacidade volumétrica plena. Depois disso os recipientes são armazenados temporariamente na área cercada do pavimento subterrâneo, já ilustrada na Figura 1(b), ou embaixo da própria cela, no pavimento térreo.
- Para os rejeitos provenientes de pequenos ensaios e poucas ou eventuais sobras de produção, os recipientes, galões, ficam próximos às celas, capelas e bancadas, conforme ilustra a Figura 3(b). Depois de cheios os recipientes são armazenados temporariamente na área cercada do pavimento subterrâneo, já ilustrada na Figura 1(b).



(a)



(b)

Figura 3. Recipientes dispostos para a coleta de rejeitos radioativos líquidos. (a) Provenientes do interior das celas. (b) Provenientes de pequenos ensaios e poucas ou eventuais sobras de produção.

Os rejeitos com ^{99}Mo e $^{99\text{m}}\text{Tc}$, gerados com maior volume, são coletados no pavimento subterrâneo em dois recipientes independentes de aço inox com capacidade volumétrica de 300 dm^3 cada. Depois de cheio, um dos recipientes é fechado por até seis meses enquanto é utilizado o outro recipiente. Após esse tempo, o volume do recipiente cheio é transferido por meio de bomba elétrica para dois tanques de decaimento com capacidade volumétrica de 600 dm^3 cada, conforme ilustrados na Figura 4. Estes tanques recebem também os líquidos de lavagens de pias, de ralos exclusivos e dos rejeitos líquidos que já obedeceram seu tempo de armazenamento.



Figura 4. Tanques de decaimento.

Esses dois tanques e outros dois tanques iguais que recebem rejeitos dos laboratórios de pesquisa e de controle de qualidade são gerenciados da mesma maneira que os recipientes com ^{99}Mo e $^{99\text{m}}\text{Tc}$: o recipiente cheio é fechado enquanto o outro recipiente é usado. Após o tempo necessário para encher o recipiente em uso, o recipiente cheio é transferido por meio de bomba elétrica para dois tanques de tratamento e dispensa de efluentes com capacidade volumétrica de 9 m^3 cada, conforme ilustrados na Figura 5.



Figura 5. Tanques de tratamento e dispensa de efluentes.

Esses dois tanques são gerenciados da mesma maneira que os anteriores. Os rejeitos radioativos líquidos podem ser dispensados na rede de esgoto sanitário como efluentes após análise de amostra em laboratório que quantifica os radionuclídeos remanescentes e os compara com os limites de dispensa da norma citada.

2.3. Rejeitos Radioativos Gasosos

Os rejeitos radioativos gasosos gerados nas celas de produção são adsorvidos e retidos nos filtros de carvão quimicamente ativado do sistema de exaustão. Esses filtros retêm, com 99%

de eficiência, o rejeito radioativo gasoso. Os filtros vencidos ou saturados são substituídos, ensacados e tratados na própria instalação como rejeito radioativo sólido.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

3.1. Rejeitos Radioativos Sólidos

Por semana são geradas as massas apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Rejeitos radioativos sólidos gerados semanalmente no CR

Radionuclídeo	Provenientes do interior das celas (kg por semana)	Provenientes de descontaminações, manuseios e intervenções (kg por semana)
^{99}Mo e $^{99\text{m}}\text{Tc}$	2 a 3	10 a 15
^{131}I	1 a 2	5 a 10
^{67}Ga , ^{201}Tl , ^{153}Sm , ^{123}Ie ^{18}F	2 a 5	1 a 5
^{51}Cr , ^{32}P , ^{35}S , e ^{45}Ca	5 a 7 por ano	1 a 2 por ano

Após cerca de 8 meses de armazenamento são avaliadas as quantidades de rejeitos radioativos sólidos provenientes de descontaminações, manuseios e intervenções e até 80% podem ser dispensados no sistema de coleta de lixo urbano. Nesse tipo de rejeito existe a mistura de radionuclídeos. Em decorrência dessa mistura, uma quantidade de itens que já decaiu permanece armazenada por mais tempo junto aos itens que ainda não decaíram no mesmo recipiente. Para uma melhoria destes resultados tem-se buscado a coleta seletiva desses rejeitos em três grupos, conforme a Figura 6:



Figura 6. Coleta seletiva de rejeitos radioativos sólidos provenientes de descontaminações, manuseios e intervenções.

- grupo I: ^{99m}Tc e ^{18}F ;
- grupo II: ^{99}Mo , ^{67}Ga , ^{201}Tl , ^{153}Sm e ^{123}I ;
- grupo III: ^{131}I

Para decair o mesmo número de meias-vidas a relação dos tempos envolvidos entre os grupos I, II e III é respectivamente de 1:12:32. Desse modo, a avaliação e a dispensa são otimizadas.

3.2. Rejeitos Radioativos Líquidos

Por semana são gerados os volumes apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Rejeitos radioativos líquidos gerados semanalmente no CR

Radionuclídeo	Meia-vida física ^a (dias)	Atividade máxima semanal processada	Atividade máxima de rejeito líquido semanal gerado	Volume máxima de rejeito líquido semanal gerado	Tempo mínimo de armazenamento para dispensa (dias)
^{99}Mo	2,75	22,2 TBq	222 GBq	8 dm ³	52
^{99m}Tc	0,25	19,1 TBq	19,1 TBq	8 dm ³	47
^{131}I	8	1,5 TBq	740 MBq	200 cm ³	166
^{18}F	0,08	148 GBq	2,96 GBq	0,5 dm ³	1
^{153}Sm	1,95	92,5 GBq	1,85 GBq	0,5 dm ³	30
^{67}Ga	3,26	37 GBq	740 MBq	330 cm ³	63
^{123}I	0,55	33,3 GBq	666 MBq	0,5 dm ³	10
^{201}Tl	3,04	11,1 GBq	185 MBq	20 cm ³	48
^{32}P	14,3	5,55 GBq	55,5 MBq	2 cm ³	294
^{51}Cr	27,7	1,5 GBq	370 MBq	2 cm ³	461
^{35}S	87,5	11GBq/ano	2,22 GBq	1dm ³ /ano	1302
^{45}Ca	163	296 MBq/ano	740 MBq	6 cm ³ /ano	3818

a. Adaptado do IAEA-TECDOC-1162 [3]

Os cálculos de decaimento foram feitos de maneira conservativa, considerando que as concentrações dos radionuclídeos nos volumes das soluções de rejeitos radioativos geradas seriam dispensadas, sem diluição. O tempo de armazenamento apresentado é o necessário para atingir os valores de concentração na solução para dispensa [1] como efluente nessa disposição. O rejeito transferido dos quatro tanques de decaimento citados de 600 dm³ cada, diluído com os líquidos de lavagens de pias e de ralos exclusivos, fica acondicionado nos tanques de tratamento e dispensa de efluentes por cerca de seis meses. As amostras coletadas para análise dos rejeitos líquidos radioativos dos tanques de tratamento e dispensa de efluentes têm resultado em dispensa por causa desse modo de controle feito dos rejeitos radioativos líquidos.

O controle dos rejeitos de meia-vida curta foi apresentado neste trabalho para demonstrar que a pesquisa e a produção desses radiofármacos nessas quantidades são viáveis e obedecem a regulamentação das normas em vigor.

REFERÊNCIAS

- 1 COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. *Gerência de Rejeitos Radioativos em Instalações Radiativas - CNEN-NE-6.05*. Rio de Janeiro, Brasil (1985).
- 2 Xavier, A.M.; Wieland, P.; Heilbron Filho, P.F.L.; Ferreira, R.S. *Programa de Gerência de Rejeitos Radioativos em Pesquisa*, 1ª Edição, Publicação 3, SUREJ/COREJ/SLC/CNEN, Rio de Janeiro, Brasil (1998).
- 3 *Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency*. IAEA-TECDOC-1162, Vienna, August (2000).