

RADIO 2011

Otimização da radioproteção em manutenções de celas de produção de radiofármacos

Jéssica S. Machado, Eduardo Gerulis, Alberto S. Todo e Orlando Rodrigues Jr.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN- CNEN/SP
Av. Professor Lineu Prestes 2242 – Cidade Universitária
05508-000 São Paulo, SP

jsmachado@ipen.br, egerulis@ipen.br, astodo@ipen.br e
rodrijr@ipen.br

Resumo. As produções de atividades grandes de ^{67}Ga e ^{201}Tl e outros radioisótopos no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN são realizadas individualmente em celas totalmente blindadas e vedadas com manipulação por meio de pinças e garras. Para garantir a produção, é imprescindível que haja profissionais qualificados que realizem as tarefas de manutenção dos equipamentos e instrumentos instalados nas celas, sem os quais não é possível conduzir o trabalho com segurança e qualidade. O serviço de radioproteção é responsável por buscar e manter condições radiológicas satisfatórias nessas tarefas de manutenção. O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de tarefas de manutenção realizadas em celas de produção para sugerir melhorias relacionadas às doses ocupacionais baseadas no princípio de otimização de radioproteção. Foi realizado um levantamento de dados das doses recebidas pelos trabalhadores durante as manutenções. Os valores médios de dose efetiva são menores que os limites estabelecidos em norma, entretanto podem ser otimizados.

1 Introdução.

1.1 Celas e Manutenções

As produções de atividades grandes de ^{67}Ga (Gálio) e ^{201}Tl (Tálio) e outros radioisótopos no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN são realizadas individualmente em celas totalmente blindadas e lacradas, dotadas de um sistema de exaustão para evitar contaminações no ambiente de trabalho.[8,10] As celas são posicionadas em blocos e foram projetadas para terem acessos em duas áreas distintas paralelas, uma é o laboratório de produção onde ficam os operadores que manipulam os radioisótopos por meio de um painel de controle e garras mecânicas (figura 1). A outra é a ala-quente, nela se encontram os acessos para manutenções em celas (figura 2). Essas áreas foram classificadas pelo serviço de radioproteção como supervisionada e controlada, respectivamente.

Com a consolidação e o crescimento do uso de radiofármacos as manutenções em celas de produção se tornaram significativas pelo risco de dose ocupacional, pois,

para garantir a produção, é imprescindível que sejam profissionais qualificados que realizem as tarefas de manutenção dos equipamentos e instrumentos instalados nas celas, sem os quais não é possível conduzir o trabalho com segurança e qualidade. [8] As manutenções são classificadas como preventivas, corretivas e de urgência. As preventivas e as corretivas são consideradas de “rotina”, pois há procedimentos pré-estabelecidos para cada uma delas. As de urgência são incomuns de ocorrerem, portanto os procedimentos são efetuados de acordo com a circunstância.

O trabalhador que faz as manutenções em celas de produção de radiofármacos realiza tarefas externamente e internamente às celas. Em tarefas realizadas externamente há o risco de irradiação. Em tarefas realizadas internamente às celas, além do risco de irradiação, há o risco de contaminação tanto externa (pela pele) quanto interna (por aspiração ou ingestão), pois nestas celas há radioisótopos em forma líquida e gasosa.



Fig. 1 Laboratório de operação de celas ^{67}Ga (Gálio), ^{201}Tl (Tálio)
Janelas circulares, garras e painel de controle



Fig. 2 Manutenção na Cella de ^{131}I (Iodo). [8]

1.2 Princípio da Otimização nas manutenções de cela de produção

Os princípios de radioproteção aplicados às manutenções de celas orientam a elaboração de procedimentos para a realização desta atividade. Do mesmo modo que em qualquer outra atividade ocupacional com radiação ionizante devem trazer benefícios em relação aos possíveis detrimientos (princípio da justificação); as doses ocupacionais devem ser diminuídas tanto quanto razoavelmente exequíveis, considerando fatores econômicos e sociais (princípio da otimização) e os limites de dose determinados em regulamentos nacionais e internacionais devem ser obedecidos (princípio da limitação de dose). [1,3,4,5,6,7,8,9]

O objetivo do serviço de radioproteção em relação aos trabalhadores é buscar e manter condições satisfatórias de trabalho sem limitar indevidamente o trabalho com radiação. As atividades realizadas pelo serviço de radioproteção na manutenção de celas são: controle de trabalhadores, controle de áreas, controle de fontes de radiação, controle do meio-ambiente, controle de equipamentos, treinamento de trabalhadores, registros de dados e preparação de relatórios. [1,3,4,5,6,7,8,9]

1.3 Objetivo

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo de tarefas de manutenções preventivas mais representativas realizadas em celas de produção de radiofármacos de ^{67}Ga (Gálio) e ^{201}Tl (Tálio) para sugerir melhorias relacionadas às doses ocupacionais baseadas no princípio de otimização de radioproteção e limites de doses anuais.

2 Metodologia.

Esse estudo foi realizado por meio da avaliação de registros de doses ocupacionais do serviço de radioproteção do Centro de Radiofarmácia do IPEN, dos anos de 2009 e 2010 das manutenções preventivas na autoclave das celas de produção do ^{67}Ga e ^{201}Tl . As condições radiológicas foram analisadas considerando os seguintes parâmetros: monitoração do local de trabalho (controle de área), monitoração individual (controle de dose ocupacional), treinamentos (de dois em dois anos e em caso de mudança de procedimentos), controle de fontes, utilização de EPIs (equipamentos de proteção individual) (tabela 2), e registro de dados. [2,4]

Os parâmetros acima estão relacionados a fatores diretamente ligados ao aumento da dose ocupacional. Os fatores são: trabalhador, tempo de manutenção, ocorrência de manutenção, celas e característica física dos radioisótopos produzidos.

2.1 Equipamentos

Tabela 1. Os detectores de radiação utilizados durante as manutenções em celas de produção de radiofármacos foram os seguintes[8]:

Detectores de Taxa de Exposição	Detectores Contaminação externa	Dosímetros Individuais
Medidor portátil de taxa de exposição modelo teletector	Medidor portátil para contaminação modelo MIP-10	Dosímetro termoluminescente
Medidor portátil de taxa de exposição	Medidor semi-portátil para contaminação	Dosímetros digitais semi-condutores

Tabela 2. Equipamentos de proteção Individual (EPIs)

Proteção Corpo	Proteção Mãos	Proteção Pés	Proteção Cabeça	Proteção Face
Avental e calças	Luvas (látex)	Sapatilhas	Touca	Máscara meia-face e inteira
Macacão- tyvek	Luvas (látex)	Botas	Capuz- tyvek	Óculos plumbífero

2.2 Manutenções Preventivas na Autoclave do Gálio e do Tálcio

Cada cela apresenta características específicas quanto às propriedades físicas e químicas do radioisótopo e a frequência de produção. [9] O ^{67}Ga é um emissor beta-gama de média energia com meia-vida de 78 horas e o ^{201}Tl é um emissor gama de média e baixa energia com meia-vida de 73 horas, ambos são produzidos em forma líquida nas celas e não apresentam riscos de inalação. A produção desses radioisótopos é semanal.

As manutenções preventivas da autoclave das celas de ^{67}Ga e ^{201}Tl são realizadas bimestralmente e trimestralmente, respectivamente. O objetivo dessa manutenção é prevenir a ocorrência de defeitos na autoclave das celas. Nessa manutenção são feitos reparos externamente à cela, no painel de controle, onde são verificados botões elétricos, terminais, resistências, cabos etc. E internamente à cela, na autoclave (Figura 3), onde são verificados câmara de esterilização, fechamento da porta de vedação, dobradiças, equipamentos pneumáticos. Durante as manutenções esses profissionais recebem instruções de radioproteção para sua maior segurança radiológica na ala-quente.



Autoclave aberta A **Autoclave fechada B**
Fig. 3 Autoclave cela ^{67}Ga (Gálio)

Antes do início da manutenção da autoclave das celas de ^{67}Ga e ^{201}Tl o serviço de radioproteção faz a monitoração da taxa de exposição em área controlada (local) e na cela (fonte) onde serão realizadas as tarefas, na distância onde o trabalhador permanecerá a maior parte do tempo durante a manutenção. Caso a taxa de exposição seja considerada aceitável, é determinado um tempo de trabalho adequado para todas as tarefas com a menor dose possível.

A manutenção preventiva é agendada para dias em que a atividade do ^{67}Ga e ^{201}Tl seja a mais baixa possível. Além disso, as celas são previamente preparadas visando diminuição da dose, de modo que todo o rejeito gerado na produção seja retirado do interior das mesmas.

3 Resultados e Discussão

3.1 Doses Ocupacionais

Foi efetuado um levantamento de doses ocupacionais das manutenções preventivas nas autoclaves das celas de ^{67}Ga e ^{201}Tl , utilizando os registros do serviço de radioproteção do Centro de Radiofarmácia do IPEN, dos anos de 2009 e 2010 (tabelas 3 e 4), para avaliação das mesmas baseando-se nos limites de doses ocupacionais anuais recomendados pela ICRP (International Commission on Radiological Protection) que é de 20 mSv por ano e relacionar os fatores aos resultados.

Tabela 3 - Registro de doses ocupacionais: Manutenção Preventiva na Autoclave das Celas de ^{67}Ga (Gálio) e ^{201}Tl (Tálio) no ano de 2009.

Manutenção	Cela	Trabalhador	Tempo total Manutenção(h)	Dose (μSv)	Mês
Preventiva	^{67}Ga	T1	3,5	<10	Abril
	^{201}Tl	T2	2	<10	Maio
	^{67}Ga	T3	1	30	Julho
	^{201}Tl	T4	8	<10	Agosto
	^{67}Ga	T5	2	20	Agosto
		T2		20	
	^{67}Ga	T6	1	40	Outubro
	^{201}Tl	T7	3,5	<10	Novembro
		T8		<10	
	^{67}Ga	T2		<10	
	T6	0,5	<10	Dezembro	

Observa-se na tabela 3 que no ano de 2009 ocorreram oito manutenções sendo cinco na cela do ^{67}Ga e três na cela do ^{201}Tl . O tempo total das manutenções foi de oito horas na cela de gálio e 13,5 na cela de tálio. Durante este ano oito trabalhadores no total efetuaram manutenções na autoclave. Os trabalhadores T2 e T6 foram os que mais realizaram manutenções. O trabalhador T2 fez uma manutenção na cela de ^{67}Ga e duas na cela de ^{201}Tl . O trabalhador T6 fez duas manutenções na cela de ^{67}Ga . Apesar das manutenções da cela de ^{201}Tl terem o maior tempo total, o número de ocorrência é menor. Isso porque o volume de produção de ^{201}Tl foi menor que o de ^{67}Ga , em consequência disso aumentou necessidade de manutenções. As doses na cela de ^{67}Ga foram maiores que a de ^{201}Tl . O principal motivo está relacionado à energia da radiação emitida, mais alta e meia-vida relativamente longa do ^{67}Ga e a atividade dentro da cela no momento da manutenção.

Tabela 4 - Registro de doses ocupacionais: Manutenção Preventiva na Autoclave das Celas de ^{67}Ga (Gálio) e ^{201}Tl (Tálio) no ano de 2010.

Manutneção	Cela	Trabalhador	Tempo total Manutenção(h)	Dose (μSv)	Mês
Preventiva	^{67}Ga	T9	2	20	Fevereiro
		T2		<10	
	^{67}Ga	T7	5	<10	Maio
		T10		<10	
	^{201}Tl	T7	2	<10	Maio
		T10	2	<10	
		T9	7	<10	
	^{67}Ga	T7	6	10	Junho
		T11		10	
		T12	0,5	<10	
	^{67}Ga	T7	6	<10	Julho
		T7	1/4	<10	
	^{201}Tl	T7		<10	Agosto
		T5		<10	
		T2		<10	
	^{67}Ga	T4	6	<10	Agosto
		T13		<10	
^{67}Ga	T7	3	90	Agosto	
	T13	6	140		
^{67}Ga	T7	1	<10	Novembro	
	T14		<10		
^{67}Ga	T15	1	10	Dezembro	
	T4	4	40		
^{67}Ga	T13	1	10	Dezembro	

Observa-se na tabela 4 que no ano de 2010 foram efetuadas doze manutenções, sendo nove na cela de ^{67}Ga e três na cela de ^{201}Tl . O tempo total das manutenções foram de 35,5 horas na cela de ^{67}Ga e 17,5 horas na cela de ^{201}Tl . Os trabalhadores que mais realizaram manutenções foram o T7 com quatro na cela de ^{67}Ga e três na cela de ^{201}Tl e o T13 com três manutenções na cela de ^{67}Ga . O número de trabalhadores que executaram as tarefas também aumentou, foram doze. Neste ano a frequência de manutenções na cela de ^{67}Ga aumentou consideravelmente, nove no total, comparando ao ano de 2009 foi quase o dobro. Isso porque com o tempo e o desgaste das peças internas à cela há o aumento da necessidade de se fazer cada vez mais manutenções. Além disso, o volume da produção de ^{67}Ga em 2010 foi bem maior o que é diretamente relacionado a frequência de manutenções. O resultado da combinação desses fatores é o aumento da dose ocupacional que em 2010 comparadas a 2009 (figura 4) foram maiores. A dose máxima em 2009 foi de $50\mu\text{Sv}$ em 2010 foi de $159\mu\text{Sv}$. Há também outros dois fatores determinantes associados, o tempo da manutenção (considerando a cela de ^{67}Ga) as doses mais altas foram em manutenções com mais tempo de duração. O outro fator são os resíduos que ficam na cela após a produção que aumentam a taxa de exposição e atividade no interior da

cela. Em agosto de 2010 os trabalhadores T7 e T13 receberam doses atípicas dessa manutenção por causa desse fator.

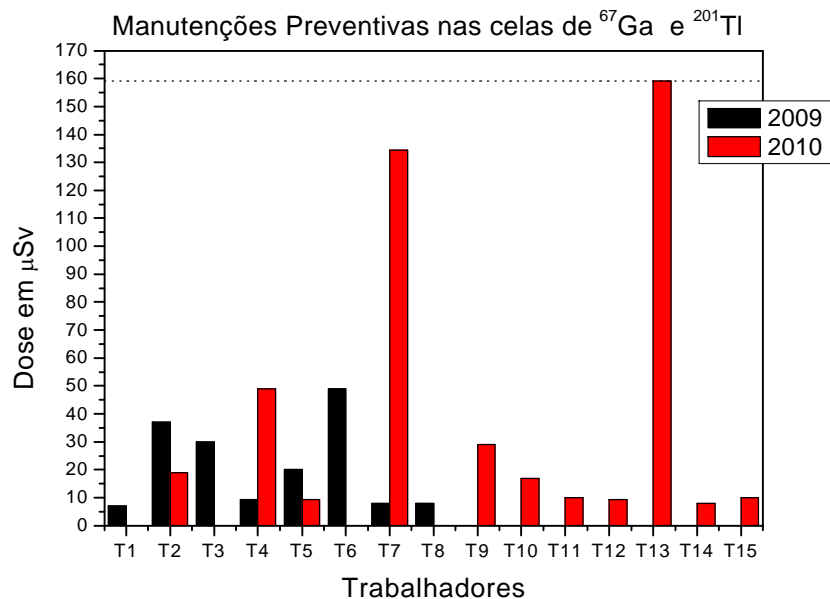


Fig. 4 Doses anuais das manutenções preventivas na autoclave das celas de ^{67}Ga (Gálio) e ^{201}Tl (Tálio) em 2009 e 2010.

4 Conclusão.

As manutenções feitas nas autoclaves das celas de ^{67}Ga e ^{201}Tl são imprescindíveis para que a produção desses radiofármacos seja segura e atenda as exigências da garantia de qualidade, além de evitar manutenções corretivas e de urgência. Apesar das doses nessa prática estarem abaixo do limite de dose ocupacional anual, o tempo das tarefas é grande e a frequência de manutenções em um ano é considerável. Como já é sabido, a dose é proporcional ao tempo de exposição, portanto mesmo em doses baixas a exposição deve ter o menor tempo possível, para diminuir o risco de efeitos biológicos estocásticos, considerando também que os mesmos trabalhadores podem executar outras atividades com radiação ionizante.

Referências

1. COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Diretrizes Básicas de Radioproteção (CNEN NN 3,01). São Paulo, 2005.
2. IAEA INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Practical Radiation Technical Manual Personal Monitoring. Vienna, 1995. (IAEA-PRTM-2)
3. IAEA INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. International basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for Safety of Radiation Sources. Vienna, 1996. (Safety Series, 115).
4. IAEA INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Optimization of Radiation Protection in the Control of Occupational Exposure. Vienna, 2002. 66 p. (Safety Series, 21).
5. IAEA INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Radiation, People and Environment. Vienna, 2004, 81p.
6. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP, Oxford, 1991. (ICRP Publication 60).
7. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. Principles for the Radiation Protection of Workers. ICRP, Oxford, 1997. (ICRP Publication 75).
8. GERULIS, E. Controle da dose de Radiação Ionizante para trabalhadores em uma instalação radiativa com fontes não – seladas. 2006. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN. São Paulo. 98p.
9. TAUHATA, L; SALATI, I.P.A; PRINZIO, R. D; PRINZIO, A. R. D.: Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD/CNEN. Rio de Janeiro, 2002. 238p.
10. Araujo, Elaine B. de et al. Garantia da qualidade aplicada a produção de radiofármacos. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas, , V. 44, n.N. 1, p. 1-12, 2008.