

## PROCEDIMENTO PARA DETERMINAÇÃO DA DESCONTAMINAÇÃO DE TUBULAÇÕES, NA PRODUÇÃO DE SEMENTES DE IODO-125.

J.A.Moura, E.S.Moura, F.E.Sprenger, H.R.Nagatomi, C.A.Zeituni, A.Feher, J.E.Manzoli, C. D. Souza, M.E.C.M.Rostelato

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN. São Paulo. Brasil. Email:elisaros@ipen.br

**Sumário:** Sementes de iodo-125 são fontes radioativas utilizadas no tratamento do câncer de próstata. O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN-CNEN/SP está desenvolvendo um laboratório para produção destas fontes. O propósito deste trabalho foi determinar as condições e procedimentos necessários para descontaminação da tubulação de transferência de líquidos quando ocorrer vazamento de material radioativo durante o processo de controle de qualidade das sementes.

**Palavras-chave:** fontes radioativas seladas, sementes de iodo-125, tratamento de câncer.

### 1. INTRODUÇÃO

Sementes de iodo-125 são usadas no tratamento do câncer de próstata [1]. O uso de sementes de iodo-125 vem acontecendo no Brasil, em hospitais e clínicas particulares, sendo que cada implante utiliza no mínimo 80 sementes. A demanda nacional, estimada por representantes da classe médica brasileira, é de 8000 sementes/mês[2]. Atualmente encontra-se em fase de implantação o laboratório para produção das sementes de iodo-125, no Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN-CNEN/SP. O iodo-125 tem meia vida de 59,4 dias e emite radiação gama com energia média de 29 keV[3]. As sementes a serem produzidas pelo IPEN empregam como invólucro um tubo de titânio de 4,5 mm de comprimento, 0,8 mm de diâmetro externo e parede de 0,05 mm. No interior do tubo é introduzido um fio de prata com 0,5 mm de diâmetro e 3 mm de comprimento, contendo o iodo-125 adsorvido. Devido a essa característica as sementes de iodo são classificadas como fontes radioativas seladas, de acordo com a norma "International Standard Organization. Radiation Protection – sealed radioactive sources – General Requirements and classification ISO 2919"[4]. A escolha do titânio se deve à sua biocompatibilidade. As dimensões da cápsula e as demais características dessa semente coincidem com as do modelo mais utilizado atualmente no Brasil, facilitando sua introdução e aceitação no mercado nacional. A Figura 1 mostra o desenho esquemático da semente de iodo-125 a ser produzida pelo IPEN.

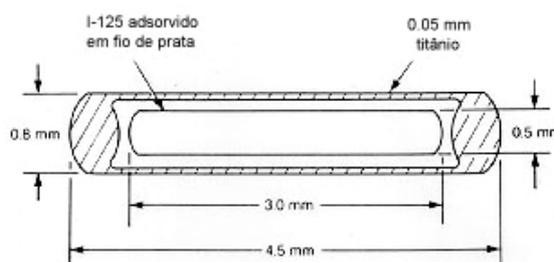


Fig. 1: Desenho esquemático da semente a ser produzida pelo IPEN.

A etapa final da construção das sementes é a soldagem do tubo de titânio, que será realizada com sistema de soldagem a laser. A solda enclausura o radioisótopo e seu substrato, isolando-os do meio externo. Essa condição será verificada ao final do processo de fabricação, através de ensaios de estanqueidade, realizados conforme orienta a norma "International Standard Organization. Radiation protection – leakage test methods ISO 9978"[5].

Os ensaios por imersão utilizam água destilada para retirar as possíveis contaminações superficiais ou material radioativo proveniente do interior da fonte, em caso de vazamento. A atividade da água será então medida. A norma ISO 9978 estabelece o limite de 5 nCi (185 Bq) para a atividade da água. Valores acima deste limite indicam vazamento e a semente será reprovada. Neste caso haverá contaminação das tubulações utilizadas no sistema automático utilizado para os ensaios, necessitando a descontaminação para continuidade do processo.

### 2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi determinar as condições e procedimentos necessários para descontaminação da tubulação de transferência de líquidos quando ocorrer vazamento de material radioativo, permitindo a reutilização das tubulações nos ensaios posteriores. Após o procedimento as medidas de atividade residual no líquido transferido através das tubulações garantem a condição de descontaminação e possibilitam sua reutilização.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

O procedimento experimental consistiu em circular inicialmente 2 ml de solução de iodo-131 (1 mCi) em água destilada, provocando a contaminação da tubulação.

Em seguida foram transportadas várias alíquotas de água destilada para a limpeza da tubulação. Após a limpeza uma alíquota de teste de 2 ml foi transportada e retirada do sistema, sendo medida a atividade dessa alíquota. O iodo-131 foi utilizado por apresentar o mesmo comportamento químico do iodo-125, porém com meia vida de apenas 8 dias, além de ser produzido no IPEN. Dois dispositivos de bombeamento foram utilizados: bomba peristáltica modelo Perista-Mini Pump, ATTO Corporation e bomba de vácuo modelo EM2, Edwards. Dois tipos de tubos foram ensaiados: tubo de borracha de silicone, diâmetro interno 2 mm, utilizado na bomba peristáltica e tubo de PTFE (Teflon), diâmetro interno 1mm, utilizado com o sistema a vácuo. Para medição da atividade no líquido foram utilizados câmara de ionização e detector de poço de cristal de iodeto de sódio, juntamente com módulo eletrônico CRC 15W, CAPINTEC. Ao todo foram realizados cinco ensaios. Os ensaios de nº 1, 2, 3 e 4 utilizaram o arranjo da bomba peristáltica mostrado na Figura 2. O ensaio de nº 5 utilizou o sistema a vácuo representado na Figura 3. Foram ensaiadas variações de volume, fluxo e fracionamento nas rotinas de limpeza das tubulações, utilizando água destilada como agente de limpeza. Foi avaliada a característica de impregnação dos materiais das tubulações utilizadas.

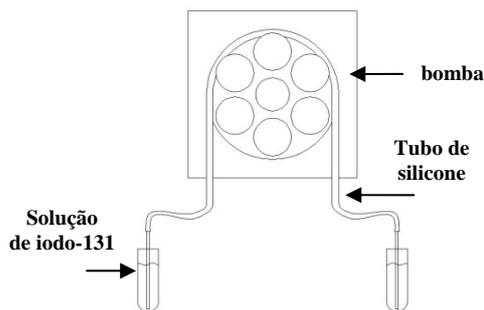


Fig. 2: Sistema de transferência com bomba peristáltica utilizado nos ensaios de nº 1, 2, 3 e 4.

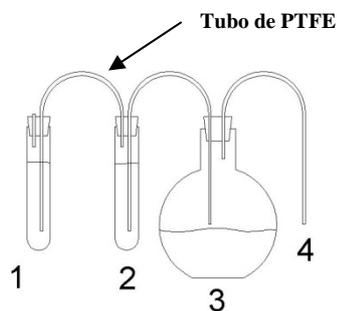


Fig. 3: Sistema de transferência a vácuo utilizado no ensaio de nº 5

1. Recipiente com iodo-131
2. Recipiente intermediário
3. Tubo de contenção de resíduo
4. Sucção a vácuo

Ensaio nº 1: A contaminação da tubulação foi feita transferindo-se 37 MBq (1 mCi) de iodo-131, diluído em 2 ml de água destilada. Na sequência foi transferida uma alíquota de 2 ml de água destilada (lavagem) e a atividade da água foi medida, sendo o líquido segregado. A transferência de alíquota e medição da atividade foram repetidas até a estabilização do valor medido, totalizando 30 ciclos. O valor da vazão do líquido foi de 3 ml/minuto. O ensaio completo foi realizado duas vezes.

Ensaio nº 2: A contaminação da tubulação foi feita transferindo-se 37 MBq (1 mCi) de iodo-131, diluído em 2 ml de água destilada. Posteriormente uma alíquota de 50 ml de água destilada foi transferida (lavagem) e segregada. Outra alíquota, de 2 ml de água destilada, foi transferida e sua atividade foi medida. O valor de vazão utilizado foi de 3,3 ml/minuto. O ensaio foi feito em duas séries de 15 ciclos de contaminação/descontaminação.

Ensaio nº3: Mesmo procedimento do ensaio nº 2, porém com maior valor de vazão (9 ml/minuto).

Ensaio nº4: Mesmo procedimento do ensaio nº 3, porém com maior volume de água de lavagem (75 ml).

Ensaio nº 5: A contaminação da tubulação foi feita transferindo-se 37 MBq (1 mCi) de iodo-131, diluído em 2 ml de água destilada. Em seguida uma alíquota de 75 ml de água destilada foi transferida (lavagem) e segregada. Outra alíquota, de 2 ml de água destilada, foi transferida e sua atividade foi medida. O valor de vazão utilizado foi de 45 ml/minuto. O ensaio consistiu de 90 ciclos de contaminação/descontaminação.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do ensaio nº 1 são mostrados na Tabela 1 e Figura 4.

Tab. Resultados do ensaio nº 1

Primeira série Lavagem nº	Atividade (Bq)	Segunda série Lavagem nº	Atividade (Bq)
1	42920	1	20313
2	702,63	2	1152,55
3	419,21	3	624,93
4	310,06	4	404,78
5	247,9	5	260,48
6	213,12	6	210,16
7	170,57	7	196,47
8	156,88	8	179,45
9	136,16	9	154,66
10	112,85	10	127,65
11	110,26	11	122,47
12	122,84	12	114,7
13	106,56	13	106,56
14	105,45	14	95,46
15	92,13	15	112,85
16	95,46	16	74,37
17	82,14	17	111,74
18	74,37	18	75,11
19	75,48	19	68,08
20	73,63	20	37
21	83,62	21	86,95
22	75,11	22	66,6
23	74,37	23	102,49
24	72,52	24	128,76
25	64,01	25	111
26	68,08	26	66,6
27	62,53	27	63,27
28	64,38	28	73,26
29	63,27	29	79,55
30	62,9	30	67,71

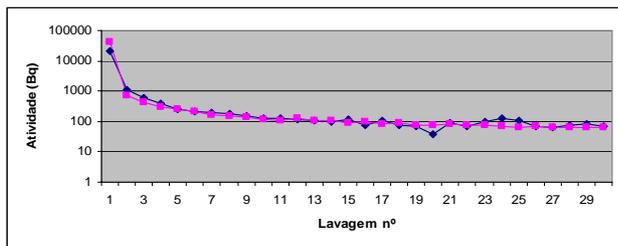


Fig. 4: Resultados do ensaio nº 1.

O método de lavagem utilizado nesse ensaio apresentou pouca eficiência, necessitando vários ciclos de lavagem para atingir o valor mínimo de atividade na água (60 Bq). Esse valor mínimo atingido necessita ser diminuído para que se possa utilizar a mesma tubulação de transferência para vários ensaios de estanqueidade, no processo automático. Os resultados do ensaio nº 2 são mostrados na Tabela 2 e na Figura 5.

Tab. 2: Resultados do ensaio nº 2.

Primeira série Lavagem nº	Atividade (Bq)	Segunda série Lavagem nº	Atividade (Bq)
1	53,28	1	244,2
2	103,6	2	161,69
3	71,41	3	162,8
4	58,83	4	160,21
5	49,58	5	120,99
6	49,95	6	312,28
7	86,95	7	135,42
8	115,81	8	155,77
9	18,87	9	206,83
10	100,64	10	150,22
11	155,77	11	166,87
12	120,99	12	134,68
13	220,15	13	106,93
14	206,83	14	85,1
15	157,25	15	115,07

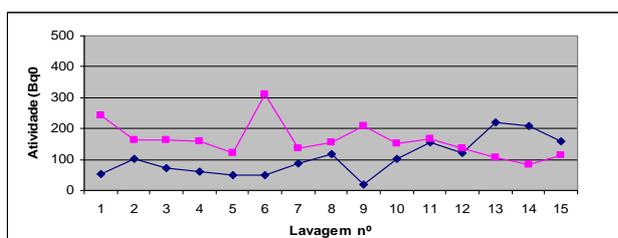


Fig. 5: Resultados do ensaio nº 2.

Esse método de lavagem também não foi eficiente. Os valores atingidos não são suficientemente baixos para permitir sua utilização no sistema automatizado. Os resultados do ensaio nº 3 está mostrado na Tabela 3 e na Figura 6.

Tab.3: Resultados do ensaio nº 3.

Lavagem nº	Atividade (Bq)
1	66,23
2	58,46
3	54,02
4	41,81
5	38,48
6	34,04
7	32,56
8	31,45
9	39,96
10	29,97

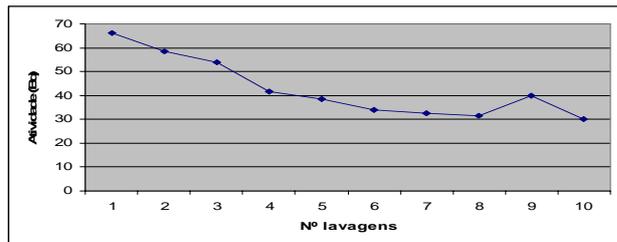


Fig. 6: Resultados do ensaio nº 3.

Os resultados do ensaio nº 4 está mostrado na Tabela 4 e na Figura 7.

Tab. 4: Resultados do ensaio nº 4.

Primeira série Lavagem nº	Atividade (Bq)	Segunda série Lavagem nº	Atividade (Bq)	Terceira série Lavagem nº	Atividade (Bq)
1	22,94	1	13,32	1	29,80
2	22,94	2	14,06	2	25,87
3	26,64	3	10,73	3	35,02
4	28,49	4	6,66	4	27,20
5	25,16	5	16,28	5	42,02
6	23,31	6	22,94	6	52,62
7	25,53	7	19,61	7	60,62
8	19,24	8	11,47	8	70,98
9	29,23	9	12,95	9	95,65
10	21,46	10	15,17	10	114,95

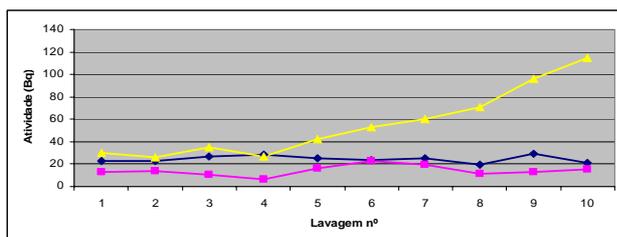


Fig. 7: Resultados do ensaio nº 4.

Os valores iniciais foram baixos, mas houve um aumento gradativo após certo número de repetições (linha amarela). Após uma inspeção no sistema, foi detectada atividade na mangueira de silicone utilizada em conjunto com a bomba peristáltica. Essa atividade não diminuiu após vários ciclos de lavagem com água destilada, inviabilizando a reutilização da mangueira.

Os resultados do ensaio nº 5 são mostrados na Tabela 5 e na Figura 8.

Tab. 5: Resultados do ensaio nº 5.

Ciclo nº	Atividade (Bq)	Ciclo nº	Atividade (Bq)	Ciclo nº	Atividade (Bq)
1	6,29	31	4,44	61	6,29
2	4,44	32	2,59	62	4,44
3	14,8	33	3,33	63	14,8
4	7,03	34	5,55	64	7,03
5	11,1	35	3,33	65	11,1
6	17,02	36	5,18	66	17,02
7	4,44	37	5,55	67	4,44
8	5,92	38	4,81	68	5,92
9	4,44	39	5,55	69	4,44
10	2,96	40	6,29	70	2,96
11	3,33	41	9,25	71	3,33
12	1,85	42	3,33	72	1,85
13	1,85	43	4,81	73	1,85
14	4,07	44	3,7	74	4,07
15	3,7	45	3,33	75	3,7
16	1,85	46	9,25	76	1,85

17	7,4	47	5,18	77	7,4
18	2,22	48	7,77	78	2,22
19	4,44	49	8,51	79	4,44
20	2,59	50	4,44	80	2,59
21	1,85	51	5,55	81	1,85
22	3,33	52	5,18	82	3,33
23	7,03	53	6,29	83	7,03
24	2,59	54	8,88	84	2,59
25	2,59	55	4,44	85	2,59
26	4,44	56	5,92	86	4,44
27	2,59	57	4,44	87	2,59
28	14,43	58	2,96	88	14,43
29	15,91	59	3,33	89	15,91
30	20,35	60	1,85	90	20,35

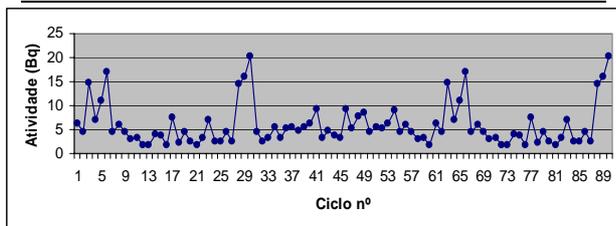


Fig. 8: Resultados do ensaio nº 5.

Esse método apresentou bons resultados, com baixos valores de atividade residual na água após a lavagem do sistema. Os resultados mantiveram-se estáveis após 90 ciclos sem atividade residual na tubulação de PTFE. Com a utilização deste material pode-se aumentar a vazão na transferência do líquido fato que influenciou positivamente os resultados.

## 5. CONCLUSÃO

Na produção de sementes de iodo-125, um sistema automatizado de controle de qualidade realizará os ensaios de estanqueidade. A produção contínua necessita que o sistema esteja sempre limpo para o próximo ensaio. É necessário garantir a descontaminação com baixos valores de atividade residual nas tubulações de transferência de líquidos, no caso de vazamento de material radioativo do interior das sementes. A escolha do material e das dimensões da tubulação foram determinadas e os resultados utilizados nas especificações de engenharia para projetar o dispositivo. O sistema automatizado controlará o posicionamento dos recipientes, tubulações e o percurso dos materiais envolvidos em cada fase dos ensaios de estanqueidade. A bomba peristáltica não deve ser utilizada, pois pode proporcionar contaminação do ambiente interno da *glove-box*. Este fato pode ocorrer devido à fadiga mecânica a que está sujeita a mangueira, podendo romper-se e ocasionar vazamentos. Desta forma, utilizar-se-á o sistema de transporte de líquidos a vácuo com mangueiras de PTFE (Teflon). As condições para descontaminação as tubulações são:

- sucção através de bomba de vácuo com sistema de retenção e filtração de partículas, prevenindo contaminação ambiental;
- a alta velocidade de deslocamento do fluido dentro dessa tubulação arrasta com maior eficiência o material radioativo, facilitando a descontaminação. O fluxo recomendado é de 45 ml/minuto utilizando-se mangueira com diâmetro interno de 1mm;

- o volume de água destilada utilizado para descontaminação da tubulação deverá ser de no mínimo 75 ml.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo suporte financeiro ao projeto.

## REFERÊNCIAS

- [1] S. B. Strum, M. C. Scholz. Implantation of prostate cancer with radioactive isotope – brachytherapy. USA: 1996.
- [2] M. E. C. M. Rostelato., Estudo e desenvolvimento de uma metodologia para confecção de sementes de iodo-125 para aplicação em braquiterapia. 2005. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo.
- [3] A.S. Meigoni. Dosimetric Characterization of Low Energy Brachytherapy Sources: Measurements. In: World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, July, 23-28, 2000, Chicago.
- [4] International Standard Organization. Radiation protection – sealed radioactive sources – General Requirements and Classification. Mar. 08, 1995. (ISO 2919).
- [5] International Standard Organization. Radiation protection – sealed radioactive sources – leakage test methods. Feb. 15. 1992. (ISO 9978).