

# CONFECÇÃO DE OBJETOS SIMULADORES EM POLIESTIRENO PARA DOSIMETRIA DA RADIAÇÃO BETA

Mércia L. Oliveira e Linda V. E. Caldas

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

## ABSTRACT

As fontes de radiação beta de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  devem ser especificadas em termos da taxa de dose absorvida na água, segundo as recomendações internacionais mais recentes. Devido aos altos gradientes de dose próximo à superfície dessas fontes, torna-se de extrema importância a determinação acurada das distâncias envolvidas no processo de calibração delas, uma vez que sua dosimetria deve ser feita a 1 mm de sua superfície, no eixo central de simetria das fontes. Para garantir o posicionamento adequado (e reproduzível) dos detectores em relação às superfícies das fontes a serem calibradas torna-se mais conveniente a utilização de objetos simuladores sólidos. Estudos recentes indicam que o poliestireno é o material mais apropriado como substituto da água para a radiação beta. Foram confeccionados objetos simuladores para acomodar amostras termoluminescentes de LiF,  $\text{CaF}_2:\text{Dy}$  e  $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ . Para a irradiação das amostras utilizou-se um aplicador plano de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ . A variação máxima da resposta das amostras foi de: 4,9% para o LiF; 3,7% para o  $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ ; e 3,3% para  $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ . Os resultados obtidos mostraram a utilidade dos objetos simuladores confeccionados em poliestireno, que possibilitaram o posicionamento reproduzível das amostras em relação à fonte de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ , sendo estes objetos simuladores de fácil manuseio e baixo custo.

## I. INTRODUÇÃO

Fontes emissoras de radiação beta são muito utilizadas em braquiterapia, em procedimentos oftálmicos, dermatológicos, intracraniais e intravasculares, devido ao baixo poder de penetração destas partículas na matéria. Os radioisótopos mais utilizados são:  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ,  $^{106}\text{Ru}+^{106}\text{Rh}$ ,  $^{90}\text{Y}$  e  $^{32}\text{P}$ . As fontes de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  são utilizadas desde a década de 1950 em tratamentos pós-operatórios de pterígio; neste caso a terapia complementar feita com a fonte de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  visa diminuir a taxa de recidiva da doença [1]. Nestes procedimentos, a fonte radioativa é colocada diretamente sobre a área a ser tratada, onde permanece por cerca de 1 min. Os valores típicos de dose observados nestes procedimentos são de 8 a 10 Gy por sessão de radioterapia [1].

Publicações internacionais recentes [2], recomendam que a especificação destas fontes seja feita em termos da taxa de dose absorvida na água. Esta grandeza deve ser determinada a 1mm da superfície da fonte [2]. Esta distância, que reflete a aplicação clínica das fontes, torna a dosimetria delas um procedimento bastante complexo, onde o posicionamento acurado e reproduzível entre a fonte e o detector torna-se de extrema importância, devido aos altos gradientes de dose observados próximo à superfície destas fontes.

Desta forma, torna-se mais apropriado realizar a dosimetria destas fontes em simuladores de água sólidos que fazem diretamente em água. Tradicionalmente, utiliza-se o polimetilmetacrilato (acrílico) para a fabricação dos objetos simuladores utilizados em braquiterapia. No entanto, publicações recentes mostram que o poliestireno é o material mais adequado para substituir a água na dosimetria da radiação beta [3].

Este material simula melhor as características da água no que diz respeito ao retroespalhamento e à transmissão na matéria para a radiação beta, em distâncias pequenas, até 2 mm [3].

Apesar de conhecido desde 1845, o poliestireno tornou-se mais popular depois da segunda guerra mundial, sendo hoje um dos termoplásticos mais utilizados, devido a seu baixo custo, menor peso e suas propriedades elétricas (como baixa condutibilidade) e mecânicas (como alta resistência) [4]. Este polímero é utilizado em artigos industriais, de uso doméstico, de papelaria e descartáveis [4]. As características (composição, densidade e número atômico efetivo) do poliestireno e da água são mostradas na Tabela 1.

**Tabela 1. Características do poliestireno comparadas às da água [5].**

	Poliestireno	Água
H (%)	7,74	11,19
C (%)	92,26	-
O (%)	-	88,81
Densidade (mg/cm <sup>3</sup> )	1,060	1,000
Z <sub>ef</sub>	5,29	6,60

O objetivo deste trabalho é confeccionar objetos simuladores de poliestireno para irradiação de dosímetros termoluminescentes, expostas a uma fonte plana de <sup>90</sup>Sr+<sup>90</sup>Y utilizada em braquiterapia.

## II. MATERIAIS E MÉTODOS

Os objetos simuladores de poliestireno confeccionados serão descritos em detalhes na próxima seção.

Foram utilizados três tipos de dosímetros termoluminescentes: LiF (TLD-100), CaF<sub>2</sub>:Dy (TLD-200) e CaF<sub>2</sub>:Mn (TLD-400), todos fabricados pela Harshaw Chemical Company. As dimensões das amostras são mostradas na Tabela 2.

**Tabela 2. Materiais termoluminescentes utilizados neste trabalho.**

Material	Dimensões (mm <sup>3</sup> )
LiF (TLD-100)	3×3×0,9
CaF <sub>2</sub> :Dy (TLD-200)	3×3×0,9
CaF <sub>2</sub> :Mn (TLD-400)	3×3×0,9

Para a irradiação dos dosímetros termoluminescentes, foi utilizado um aplicador dermatológico de <sup>90</sup>Sr+<sup>90</sup>Y (Amersham), cuja atividade atual é 620 MBq (10/02/2005), com certificado inicial de calibração de 08/11/1969. Este aplicador foi preso a um traçador de alturas, mantendo-se a 1 mm de distância das amostras. Foi utilizada também uma fonte de <sup>90</sup>Sr+<sup>90</sup>Y pertencente ao sistema padrão secundário beta

(Amersham Buchler), calibrada no Laboratório Padrão Primário da Alemanha, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), cuja atividade atual é de 1040 MBq (10/02/2005). Esta fonte possui certificado de calibração para as distâncias de 11, 30 e 50 cm. As pastilhas foram irradiadas em um suporte especial de acrílico, cobertas por uma folha de polietileno tereftalado (Hostaphan), com 15  $\mu\text{m}$  de espessura, sempre à distância de 11 cm.

As pastilhas irradiadas foram medidas utilizando-se o sistema leitor da Harshaw Nuclear Systems, Modelo 2000 A/B. Foi utilizada uma taxa de aquecimento de 10°C/s e a duração do ciclo de leitura foi de 40 s, com um fluxo constante de  $\text{N}_2$  de 5 L/min. O intervalo de integração utilizado foi de 50 a 350°C. Após o procedimento de medida, as pastilhas foram tratadas termicamente a 400°C durante 30 min.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os objetos simuladores foram confeccionados a partir de uma placa de poliestireno comum, de 0,4 mm de espessura. Inicialmente foram cortados discos, com 5 cm de diâmetro. Para se fazer as cavidades no centro destes discos, foram confeccionadas formas em aço com as dimensões exatas dos dosímetros termoluminescentes utilizados. Estas formas foram aquecidas e pressionadas contra os discos de poliestireno. Como, em altas temperaturas (cerca de 100°C), o poliestireno torna-se um líquido viscoso, foi possível imprimir as cavidades desejadas ao material. Foram confeccionados discos com 1 e 4 cavidades; estes discos são mostrados na Figura 1. Os objetos simuladores de poliestireno são compostos por 3 discos sobrepostos, totalizando uma espessura de 12 mm, sendo que apenas o disco superior possui a cavidade central.



**Figura 1. Discos em poliestireno com cavidades nos centros, nas dimensões das amostras termoluminescentes.**

Para verificar o desempenho dos objetos simuladores confeccionados, foram utilizadas as amostras termoluminescentes. Estas amostras foram irradiadas 5 vezes, nas mesmas condições (a 1 mm de distância da fonte), durante 300 s. Os resultados obtidos mostraram uma variação máxima da resposta de: 4,9% para o LiF; 3,7% para o  $\text{CaF}_2:\text{Dy}$ ; e 3,3% para  $\text{CaF}_2:\text{Mn}$ .

Estes resultados (irradiando-se as amostras sobre os objetos simuladores confeccionados) foram comparados aos resultados obtidos nas irradiações feitas com a fonte de  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  do sistema padrão secundário. Neste caso, as amostras foram irradiadas com uma dose absorvida no ar igual a 1 Gy, 5 vezes

repetidas. Neste caso, observou-se uma variação máxima na resposta para cada uma das amostras igual a: 5,1% para o LiF; 9,2% para o CaF<sub>2</sub>:Dy; e 4,5% para CaF<sub>2</sub>:Mn. Estes valores são mais altos que os anteriores, mas muito próximos a eles.

#### IV. CONCLUSÕES

Foram confeccionados objetos simuladores em poliestireno para a irradiação de dosímetros termoluminescentes. Os objetos simuladores confeccionados mostraram-se adequados à dosimetria de uma aplicador plano de <sup>90</sup>Sr+<sup>90</sup>Y, permitindo o posicionamento adequado e reproduzível entre a fonte e as amostras. Este fato é evidenciado quando se observa a variação máxima da resposta TL das amostras irradiadas no sistema desenvolvido neste trabalho, comparada ao resultado obtido irradiando-se as mesmas amostras em um outro arranjo.

Os objetos simuladores de poliestireno desenvolvidos são práticos, de fácil manuseio e de baixo custo.

#### V. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro parcial.

#### REFERÊNCIAS

- [1] I. Monteiro-Grillo, L. Gaspar, M. Monteriro-Grillo, F. Pires, J.M.R Da Silva, "Postoperative irradiation of primary recurrent pterigium: results and sequelae", *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.*, v. **48**, pp. 865-869 (2000).
- [2] International Atomic Energy Agency, *Calibration of photon and beta ray sources used in brachytherapy*, IAEA, Vienna (2002). (IAEA-TECDOC-1274).
- [3] L.A. Buckley, B.R. Thomadsen, L.A. DeWerd, "The water-equivalence of phantom materials for <sup>90</sup>Sr+<sup>90</sup>Y beta particles", *Med. Phys.*, v. **28**, pp. 1010-1015 (2001).
- [4] E. C. Corazza Filho, *Termoplásticos: os materiais e suas transformações*. S.N., São Paulo & Brazil (1995).
- [5] International Commission on Radiation Units and Measurements, *Stopping powers for electrons and positrons*, ICRU Report 37, ICRU, Washington D.C. (1984).