

Desenvolvimento de fontes radioativas sólidas em resina acrilamida

I. M. Yamazaki¹, M. F. Koskinas¹, M. S. Dias¹, L. G. Andrade e Silva² e J. M. Vieira².

¹Centro do Reator de Pesquisas, ²Centro de Tecnologia das Radiações
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares IPEN - CNEN/SP
Caixa Postal 11049, 05422-970 São Paulo, SP Brasil

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi o desenvolvimento de fontes radioativas de ¹³³Ba em resina equivalente à água, preparadas com solução aquosa de acrilamida. A polimerização da resina foi efetuada por meio de irradiação em fonte intensa de ⁶⁰Co. As características principais da resina foram determinadas, tais como: densidade, número atômico efetivo e uniformidade da distribuição de material radioativo na resina. Os resultados obtidos estão entre 1,08 a 1,16 g cm⁻³, para a densidade; entre 3,7 e 4,0 para o número atômico efetivo e entre 2,8 e 7,2% para a uniformidade. Estes valores estão de acordo com os dados da literatura.

Introdução

Fontes radioativas em resina equivalente à água, estão sendo desenvolvidas no Laboratório de Metrologia Nuclear (LMN) do IPEN, visando suprir a demanda de fontes radioativas sólidas para uso em diversas aplicações, tais como: Medicina Nuclear e Análise Ambiental. Estas fontes em resina devem apresentar parâmetros físicos (volume, densidade, número atômico efetivo e coeficiente de atenuação gama) semelhantes aos das fontes radioativas líquidas. Isto é necessário para que o espectro das radiações emitidas pela fonte em resina seja equivalente ao das líquidas. Por outro lado, por serem sólidas, não estão sujeitas a quebras e conseqüente contaminação.

Uma utilização importante destas fontes está relacionada aos ensaios de exatidão, precisão e reprodutibilidade dos Curiômetros, também denominados Activímetros ou Medidores de Dose, utilizados em clínicas de Medicina Nuclear, em atendimento aos requisitos da Norma CNEN NN 3.05 [CNEN, 1996]. Outra aplicação importante está relacionada ao uso de padrões em análise de amostras líquidas ambientais e contaminação de alimentos. por meio de detetores cintiladores ou semicondutores [Sahagia, 1992].

Neste trabalho são apresentados os resultados preliminares obtidos pelo LMN, no desenvolvimento de fontes radioativas sólidas de ¹³³Ba em resina acrilamida.

Materiais e Métodos

Para a fabricação das fontes em resina equivalente à água, foi seguido o procedimento sugerido por Sahagia [Sahagia, 1992], que consiste em obter uma

matriz sólida de poli(acrilamida), a partir de uma solução aquosa de acrilamida polimerizada, quando exposta a uma alta dose em irradiador de ^{60}Co .

Inicialmente, foram realizados ensaios sem material radioativo para a escolha da dose de radiação. Foram efetuadas irradiações aplicando-se doses de 5, 10 e 20 kGy, em amostras contendo 10 ml de acrilamida líquida. Observou-se que a 5 kGy já ocorre a polimerização da solução. Por esta razão, foi escolhido este valor de dose, para possibilitar uma redução no tempo de irradiação e conseqüentemente nos custos do processo.

Posteriormente, foram preparadas amostras contendo 10 ml de acrilamida e 250 μl de solução radioativa, sendo 10 μl contendo aproximadamente 370 kBq de ^{133}Ba + 240 μl de solução carregadora de HCl 1M. Este procedimento foi seguido com o objetivo de simular o volume de material radioativo total a ser misturado à resina para a fabricação das fontes a serem fornecidas, que devem ter uma atividade da ordem de 9,3 MBq.

As amostras foram irradiadas em um feixe gama de ^{60}Co proveniente de uma fonte "Gammacell-220" da "Atomic Energy of Canada Ltd.". A taxa de dose variou de 4,53 a 4,29 kGy/h, entre a primeira e a última irradiação.

Para eliminar a formação de bolhas, que poderiam ser causadas pelo aquecimento da solução durante a irradiação, as amostras foram irradiadas em banho de gelo picado, uma vez que amostras irradiadas em banho de gelo moído apresentaram maior número de bolhas, indicando que o resfriamento não foi mantido até o final da irradiação.

Após a irradiação, foram determinadas a massa e o volume das amostras, para verificação da densidade final. Posteriormente, as amostras foram cortadas em três partes para verificar a sua uniformidade, medindo-se a atividade específica de cada parte por meio de um espectrômetro gama de HPGe.

Foram irradiadas várias amostras de resina com e sem material radioativo, variando-se a quantidade de H_2O e adicionando-se EDTA para auxiliar na polimerização. Os parâmetros de comparação analisados foram a densidade final e uniformidade das amostras.

As amostras foram irradiadas diretamente em seus invólucros, constituídos de frascos cilíndricos de polietileno de 1,5 cm de diâmetro x 5,0 cm de altura. A densidade foi determinada por meio dos valores de massa e volume da amostra de resina contida no interior do invólucro.

Cada parte da resina teve sua massa determinada por meio de uma balança analítica marca Sartorius, modelo MS21C. O grau de uniformidade foi obtido pela comparação da atividade específica de cada uma, medidas em espectrômetro de HPGe em geometria definida, com relação a média. O espectrômetro foi calibrado previamente, utilizando uma fonte padrão de ^{133}Ba fornecida pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

O número atômico efetivo (Z_{ef}) foi determinado pela seguinte fórmula [Sahagia, 1992]:

$$Z_{\text{ef}} = P_{\text{acr}} Z_{\text{acr}} + P_{\text{H}_2\text{O}} Z_{\text{H}_2\text{O}} \quad (1)$$

Onde:

Z_{acr} e $Z_{\text{H}_2\text{O}}$ são os números atômicos efetivos da acrilamida e da água, iguais a 4,2 e 3,3 respectivamente [Sahagia, 1992].

P_{acr} e $P_{\text{H}_2\text{O}}$ são proporções em volume de acrilamida e água, respectivamente.

Resultados e Discussão

A densidade das amostras preparadas foi determinada tanto para amostras contendo material radioativo como sem material radioativo. A resina antes da polimerização apresentou uma densidade de $1,02 \text{ g cm}^{-3}$. Os valores de densidade para as amostras, após a solidificação, resultaram entre $1,08 \text{ g cm}^{-3}$ e $1,16 \text{ g cm}^{-3}$, dependendo da proporção entre água e acrilamida, conforme mostra a tabela 1. Nesta tabela são apresentados também os valores de número atômico efetivo para a mistura, conforme a equação (1). Estes resultados estão em acordo com Sahagia [Sahagia, 1992], que obteve uma densidade de $1,08 \text{ g.cm}^{-3}$ e Z_{ef} igual a 3,7 para uma proporção de 60% de água para 40% de acrilamida.

Tabela 1 Medidas de densidade da resina

Resina	Acrilamida + EDTA (% em volume)	H ₂ O (% em volume)	Densidade (g.cm^{-3})	Incerteza (%)	Z_{ef}
1A	78	22	1,160	2,0	4.0
1B	78	22	1,078	2,0	4.0
2A	54	46	1,120	2,0	3.8
3A	50	50	1,116	2,0	3.8
3B	50	50	1,115	2,0	3.8
4A	46	54	1,088	2,0	3.7
4B	46	54	1,082	2,0	3.7

O estudo da uniformidade na distribuição de material radioativo na resina foi efetuado em 4 amostras preparadas com aproximadamente 370 kBq de ^{133}Ba , cada uma. Os resultados são apresentados na tabela 2. A última coluna apresenta o valor médio das atividades entre as três partes de cada resina. Nota-se uma diminuição sistemática nas atividades específicas a partir da parte superior à inferior. O grau de uniformidade medido pelo coeficiente de variação em cada caso resultou entre 2,8 a 7,2%. As razões para esta variação estão sendo investigadas. Uma causa provável é a evaporação da água durante o processo de polimerização, que provavelmente é maior na parte superior da resina.

Tabela 2 Medidas de uniformidade de distribuição do material radioativo na resina.

Resina	Atividade Específica (kBq.g ⁻¹)*			
	Parte Superior	Parte Mediana	Parte Inferior	Média
1A	23,28(59)	22,15(58)	21,73(55)	22,39(80)
1B	15,49(39)	15,09(41)	14,65(37)	15,08(42)
4A	26,23(62)	25,23(65)	23,19(62)	24,9(15)
4B	26,70(72)	24,95(64)	22,99(54)	24,9(18)

* Os valores entre parênteses correspondem à incerteza (um desvio padrão) nos últimos dígitos.

Os resultados obtidos até o momento demonstram que a preparação de fontes em resina acrilamida é uma técnica consolidada, uma vez que suas características de densidade e uniformidade são comparáveis aos valores obtidos na literatura [Sahagia, 1992]. Novos ensaios estão previstos para fontes radioativas de atividades mais elevadas e para outros radionuclídeos, tais como ⁵⁷Co e ¹³⁷Cs.

Referências

[CNEN, 1996] CNEN – Comissão Nacional de Energia Nuclear, Brasil. Norma NN-3.05: Requisitos de Radioproteção e Segurança para Serviços de Medicina Nuclear.

[Sahagia, 1992] Sahagia M. and Grigorescu E., L. "Water-equivalent solid standard sources" Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A312 (1992) 236-239.

Abstract

The development of water-equivalent solid sources of ¹³³Ba prepared from an aqueous solution of acrylamide by polymerization by a high dose ⁶⁰Co irradiation is described. The main resin characteristics were measured, such as: density, effective atomic number and uniformity. The variation of these parameters was in the range of 1,08 to 1,16 g.cm⁻³ for density, 3.7 to 4.0 for effective atomic number and 2.8 to 7.2% for the uniformity. These values are in agreement with the literature.