

# DETERMINAÇÃO DAS RAZÕES ISOTÓPICAS $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ E $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ POR ESPECTROMETRIA ALFA

João Cristiano Ulrich, Jorge Eduardo de Souza Sarkis e Mauricio Hiromitu Kakazu

IPEN-CNEN/SP  
Caixa Postal 11049 - Pinheiros  
05422-970 - São Paulo, S.P., Brasil

## RESUMO

No presente trabalho, a determinação das razões isotópicas  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  e  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  foi feita por meio da técnica de espectrometria alfa. Padrões de urânio do National Institute of Standards and Technology - NIST, com composições isotópicas variadas, foram analisados utilizando-se um detetor de barreira de superfície. As fontes alfa foram preparadas pela técnica de evaporação direta com agente dispersante tetraetilenoglicol (TEG), sobre suporte cerâmico. As resoluções obtidas (FWHM) foram na faixa de 58 Kev, para o isótopo  $^{234}\text{U}$  (4.77Mev). Para a razão  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  obteve-se uma precisão que variou de 1 a 4% dependendo da composição isotópica da amostra e de 3 a 9% para a razão  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ .

## INTRODUÇÃO

No ciclo do combustível nuclear a determinação da composição isotópica do urânio é necessária por várias razões, tais como: contabilidade de material fissil e fértil, controle das especificações para materiais combustíveis, medida da taxa de queima (burnup), controle de processos de enriquecimento isotópico e controle ambiental.

A técnica mais precisa para a determinação da composição isotópica é a espectrometria de massa, entretanto, é uma técnica demorada e de custo elevado.

Uma técnica alternativa é a espectrometria alfa. A espectrometria alfa é uma técnica sensível, precisa, que permite determinar elementos emissores alfa tanto qualitativa como quantitativamente.

As medidas de razões isotópicas dependem do tipo de detetor utilizado, da eletrônica associada a instrumentação, da pureza da amostra e da metodologia de preparo final da fonte. Para se obter uma boa resolução, a amostra deve ser preparada de forma a produzir uma camada muito fina e homogênea do elemento emissor[1].

Existem diversas técnicas para preparação de fontes para espectrometria alfa, mas as mais utilizadas são: eletrodeposição e evaporação direta (com ou sem uso de agente dispersante). A utilização de cada uma delas irá depender das atividades a que se destinam.

Muitos trabalhos têm sido realizados com o uso da técnica de eletrodeposição de urânio para a determinação das razões isotópicas por espectrometria alfa[2,3,4,5,6,7,8].

Com a técnica de eletrodeposição obtêm-se filmes bastante finos e homogêneos, produzindo espectros com

alta resolução. Sua utilização é especialmente importante na análise de radionuclídeos em amostras ambientais onde o produto tem freqüentemente baixa atividade específica. Em contrapartida, muitos fatores de controle devem ser observados, o que torna esta técnica demorada, trabalhosa e de elevado custo.

A outra técnica citada para preparação de fontes para espectrometria alfa é a técnica de evaporação direta, associada ao uso do agente dispersante TEG (tetraetilenoglicol), a qual permite o preparo de amostras com excelentes resultados. A técnica de preparo de fontes alfa por evaporação consiste na evaporação de uma alíquota da solução do elemento emissor sobre um substrato, utilizando-se geralmente como fonte de calor uma lâmpada de raios infravermelho. Os substratos para o preparo da amostra mais freqüentemente usado para espectrometria alfa são discos de aço inoxidável polidos e espelhados. Estes materiais além de caros são de difícil confecção.

Um tipo de substrato alternativo é a pastilha cerâmica com vidro, utilizada para revestimento de paredes. Tal pastilha mostrou-se comprovadamente adequada não somente devido ao seu baixo custo, facilidade de manipulação e a não necessidade de complicados tratamentos prévios, como também, por permitir a obtenção de filmes homogêneos, aderentes e uniformes[9]. A qualidade das fontes obtidas por esta técnica depende de diversos fatores tais como: volume de solução evaporado, da concentração do elemento na solução, do tempo de evaporação, da uniformidade da superfície do suporte.

A utilização de um agente dispersante evita o acúmulo de material na região periférica do filme ou a presença de partículas sólidas que podem se formar durante a evaporação o que contribui para a qualidade dos filmes.

O objetivo deste trabalho é estabelecer um método para a determinação das razões isotópicas de urânio utilizando-se a técnica de espectrometria alfa e preparação de amostras por evaporação direta com o uso de tetraetilenoglicol, em pastilhas cerâmicas. O intuito é utilizar uma técnica de baixo custo, com curto tempo de preparo de amostras e que forneça resultados comparáveis à eletrodeposição.

## PARTE EXPERIMENTAL

**Reagentes e Materiais.** a) álcool etílico PA; b) tetraetilenoglicol PA; c) pastilha cerâmica vidrada, com dimensões 2,1 cm x 2,1 cm x 0,4cm de espessura; d) esmalte sintético; e) dispositivo para girar pastilha preparado com micromotor e redutor de velocidade ; f) calcinador de amostras Tectrol; g) padrões isotópicos de urânio do NIST (National Institute of Standards and Technology - USA): NBS U950 a, NBS 020, NBS 100, NBS 200.

**Preparação da Amostra para Análise por Espectrometria Alfa.** As amostras de urânio consistiram de padrões isotópicos NBS020, NBS100, NBS200 e NBS 950, do National Institute of Standards and Technology (USA).

O substrato (pastilha cerâmica) utilizado para análise é limpo e desengordurado com álcool etílico P.A. A área de deposição é delimitada, na forma circular, com tinta esmalte.

A deposição da amostra é realizada, com uma micropipeta de 10 uL, de tal modo que a quantidade de urânio total sobre a pastilha cerâmica é igual a 10 µg. Em seguida adiciona-se sobre a amostra igual quantidade de agente dispersante TEG.

A secagem das soluções é realizada por meio de aquecimento com o uso de lâmpada de raios infravermelhos. Para evitar a deposição localizada da amostra, imprime-se ao conjunto um movimento circular suave. Em seguida, calcinam-se as amostras depositadas a 700°C e fazem-se as análises destas amostras no espectrômetro alfa realizando as contagens alfa por 80.000 segundos utilizando-se uma distância detetor-amostra igual a 7.7mm.

Cada amostra foi preparada em triplicata e analisada três vezes consecutivamente.

**Análise dos Espectros.** A contagem de partículas alfa emitidas pelas amostras foi feita com um espectrômetro alfa com detetor de barreira de superfície de 450 mm<sup>2</sup>, Ortec modelo 576, acoplado a um multicanal Ortec, modelo 6240B para armazenamento de contagens e leitura

de espectro. Um exemplo de espectro com a resolução obtida para uma amostra de padrão de urânio pode ser visto na Figura 1.



Figura 1 - NBS U-950

Foram feitas contagens alfa para as energias sobrepostas 4,72 Mev e 4,78 Mev para o radionuclídeo <sup>234</sup>U; para as energias sobrepostas, 4,36 Mev, 4,37 Mev, 4,39 Mev, 4,41 Mev, 4,50 Mev, 4,56 Mev, 4,60 Mev para o radionuclídeo <sup>235</sup>U; e para as energias sobrepostas 4,15 Mev e 4,20 Mev para o radionuclídeo <sup>238</sup>U.

Um fator importante que deve ser levado em consideração no cálculo das áreas dos picos de urânio é que a técnica de medida por espectrometria alfa é afetada por um fenômeno, que é inerente à mesma, chamado de superposição de espectros alfa ("contribution of tail"). Este fenômeno resulta na superposição do espectro alfa de energia maior, <sup>234</sup>U (~ 4.80 Mev), sobre os espectros alfa de energia menor, <sup>235</sup>U (~ 4.40 Mev) e <sup>238</sup>U (~ 4.20 Mev). Sendo portanto um fator limitante da precisão e exatidão da técnica.

Existem muitos métodos de se calcular as contagens (ou áreas) a partir dos dados obtidos [2,10,6]. No presente trabalho, utilizou-se o programa computacional denominado "Origin" para integração das áreas dos picos pelo método do trapézio (cálculo de área do trapézio). O método escolhido consistiu em definir-se a região de interesse nos espectros de tal modo a conter a totalidade das contagens dos isótopos de urânio distintamente. As mesmas regiões foram analisadas em uma prova em branco e em seguida, as contagens nestas áreas (amostras e branco) foram obtidas pelo método de cálculo de área do trapézio. Posteriormente, o valor da área do branco foi descontada da área da amostra respectiva, obtendo assim os valores das contagens líquidas de cada isótopo.

## DESENVOLVIMENTO MATEMÁTICO DA EQUAÇÃO PARA A DETERMINAÇÃO DE RAZÕES ISOTÓPICAS POR ESPECTROMETRIA ALFA

Para se fazer o cálculo de razão isotópica <sup>234</sup>U/<sup>238</sup>U, a partir de medidas de contagens alfa é preciso desenvolver a fórmula adaptada de razão isotópica, uma vez que, por

definição, a razão isotópica é dada pela razão entre o número de átomos de  $^{234}\text{U}$  e o número de átomos de  $^{238}\text{U}$ .

O decaimento radioativo alfa do radionuclídeo  $^{234}\text{U}$  e do radionuclídeo  $^{238}\text{U}$  são regidos pela expressão geral de decaimento exponencial:

$$N_4 = N_{04} (1 - e^{-\lambda_4 t}) \quad (1)$$

$$N_8 = N_{08} (1 - e^{-\lambda_8 t}) \quad (2)$$

onde:

$N_4$  e  $N_8$  = os números de átomos de  $^{234}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ , respectivamente, que decaíram após um tempo de decaimento  $t$

$N_{04}$  e  $N_{08}$  = os números de átomos de  $^{234}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ , respectivamente, antes do decaimento

$\lambda_4$  e  $\lambda_8$  = as constantes de decaimento radioativo do radionuclídeo  $^{234}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$ , respectivamente

Rearranjando as expressões (1) e (2) e dividindo a (1) pela (2), obtemos:

$$\frac{N_{04}}{N_{08}} = \frac{N_4}{N_8} \left( \frac{1 - e^{-\lambda_8 t}}{1 - e^{-\lambda_4 t}} \right) \quad (3)$$

$$1 - e^{-\lambda_8 t} = 1 - \left\{ 1 + (-\lambda_8 t) + \frac{(-\lambda_8 t)^2}{2!} + \frac{(-\lambda_8 t)^3}{3!} + \frac{(-\lambda_8 t)^4}{4!} + \dots \right\}$$

$$1 - e^{-\lambda_4 t} = 1 - \left\{ 1 + (-\lambda_4 t) + \frac{(-\lambda_4 t)^2}{2} + \frac{(-\lambda_4 t)^3}{3} + \frac{(-\lambda_4 t)^4}{4} + \dots \right\}$$

Expandindo as exponenciais, como demonstrado acima, e considerando-se que no caso particular de decaimento radioativo dos radionuclídeos do urânio, os termos da expansão do terceiro ao último termo não são significativos em relação aos dois primeiros termos, uma vez que, os valores de  $\lambda_8$  e  $\lambda_4$  são muito menores que a unidade, e assim na expansão, quando elevados as potências segunda, terceira, quarta, e assim sucessivamente, os termos tendem a zero. Portanto, simplificou-se a equação utilizando somente os dois primeiros termos de cada expansão, obtendo-se a seguinte expressão:

$$\frac{N_{04}}{N_{08}} = \frac{N_4}{N_8} \frac{\lambda_8 t}{\lambda_4 t} \quad (4)$$

O número de átomos dos isótopos  $^{234}\text{U}$  e  $^{238}\text{U}$  é proporcional ao número de contagens de emissões alfa do isótopo  $^{234}\text{U}$  e do isótopo  $^{238}\text{U}$ . As constantes de proporcionalidade envolvendo o parâmetro geométrico, o parâmetro de auto absorção e o parâmetro de eficiência do detector são praticamente iguais para esses isótopos. Assim sendo e considerando-se que as contagens para todos os

isótopos de urânio foram realizadas em igual intervalo de tempo, a expressão da razão isotópica  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  é dada por

$$\frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}} = \frac{n^0 \text{ contagem. alfa } ^{234}\text{U} \lambda_8}{n^0 \text{ contagem. alfa } ^{238}\text{U} \lambda_4} \quad (5)$$

As mesmas considerações valem para o cálculo da razão isotópica  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ , obtendo-se a seguinte expressão

$$\frac{^{235}\text{U}}{^{238}\text{U}} = \frac{n^0 \text{ contagem. alfa } ^{235}\text{U} \lambda_5}{n^0 \text{ contagem. alfa } ^{238}\text{U} \lambda_8} \quad (6)$$

onde:  $\lambda_4 = 2.7726 \times 10^{-6}$   
 $\lambda_5 = 9.9021 \times 10^{-10}$   
 $\lambda_8 = 1.5403 \times 10^{-10}$

Substituindo em (5) e (6), temos:

$$\frac{^{234}\text{U}}{^{238}\text{U}} = \frac{n^0 \text{ contagem. alfa } ^{234}\text{U}}{n^0 \text{ contagem. alfa } ^{238}\text{U}} \cdot 5,56 \times 10^{-5} \quad (7)$$

$$\frac{^{235}\text{U}}{^{238}\text{U}} = \frac{n^0 \text{ contagem. alfa } ^{235}\text{U}}{n^0 \text{ contagem. alfa } ^{238}\text{U}} \cdot 0,156 \quad (8)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das razões isotópicas  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  e  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  nos padrões analisados são apresentados na tabela 1, entendendo-se como precisão externa o valor obtido a partir do preparo de três amostras diferentes.

Estes valores indicam, para as medidas da razão  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ , uma precisão externa de até 9% (no caso do padrão de urânio natural - NBS U-950). Este valor, observado para os resultados do padrão de urânio natural deve-se principalmente ao fato de que a quantidade do isótopo  $^{235}\text{U}$  é muito menor do que a quantidade do isótopo  $^{238}\text{U}$ . Mesmo o isótopo  $^{235}\text{U}$  tendo uma atividade específica uma ordem de grandeza maior do que o  $^{238}\text{U}$ , esta pequena quantidade, em número de átomos, acarreta uma área indefinida para as contagens do isótopo  $^{235}\text{U}$ , devido a baixa contagem em relação à obtida para o isótopo  $^{238}\text{U}$  (as contagens do  $^{235}\text{U}$  correspondem a 5% das contagens do isótopo  $^{238}\text{U}$ ). Cabe ressaltar também que enquanto a emissão alfa total do nuclídeo  $^{238}\text{U}$  tem intensidade distribuída em apenas duas energias (4.15 Mev - 23%; 4.20 Mev - 77%) a emissão total do nuclídeo  $^{235}\text{U}$  é composta por cerca de sete energias próximas, sendo portanto, mais difíceis de serem definidas com precisão.

Nas análises dos demais padrões observou-se que a precisão externa é melhor do que aquela verificada para o padrão de urânio natural, porém, observa-se também variação na precisão. O motivo certamente diz respeito à influência das contagens do isótopo  $^{235}\text{U}$ , conforme discutido acima.

A exatidão dos resultados, tabela 2, foi analisada comparando-se os dados com aqueles obtidos por meio da técnica de espectrometria de massas termiônica na análise de amostras de padrões isotópicos certificados. Para a razão isotópica  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  estes valores foram da ordem de 0.4 a 2.5% e para a razão isotópica  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  foram da ordem de 0.1 a 3%.

O valores obtidos da precisão externa para a razão  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ ; assim, como aqueles obtidos para a razão  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ , estão de acordo com os obtidos por outros

pesquisadores[3,6,7,11,12], conforme pode ser verificado pela tabela 3.

Para padrões contendo baixa porcentagem de átomos de  $^{235}\text{U}$  (urânio natural) ou baixa porcentagem de átomos de  $^{238}\text{U}$ , existe uma grande dificuldade em se obter uma boa estatística de contagem para os espectros dos referidos isótopos. Por esse motivo, adotou-se o tempo de contagem de 80.000 segundos.

TABELA 1. Resultados Obtidos das Razões Isotópicas  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  e  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  nos Padrões NIST, Analisados por Espectrometria Alfa

AMOSTRA	RAZÃO ISOTÓPICA $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	PRECISÃO EXTERNA(%)	RAZÃO ISOTÓPICA $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	PRECISÃO EXTERNA(%)
NBS U-950	$5.52\text{E-}5 \pm 1.3\text{E-}6$	2.37	$7.24\text{E-}3 \pm 6.4\text{E-}4$	8.82
NBS U-020	$1.31\text{E-}4 \pm 1.4\text{E-}6$	1.07	$2.07\text{E-}2 \pm 1.5\text{E-}3$	7.19
NBS U-100	$7.63\text{E-}4 \pm 2.9\text{E-}5$	3.80	$1.11\text{E-}1 \pm 6.4\text{E-}3$	5.76
NBS U-200	$1.56\text{E-}3 \pm 3.2\text{E-}5$	2.07	$2.58\text{E-}1 \pm 7.0\text{E-}3$	2.71

TABELA 2. Resultados Comparativos das Razões Isotópicas Obtidas com Razões Isotópicas Certificadas pelo NIST

AMOSTRA	RAZÃO ISOTÓPICA $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	RAZÃO ISOTÓPICA $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ CERTIFICADA	ERRO (%)	RAZÃO ISOTÓPICA $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$	RAZÃO ISOTÓPICA $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ CERTIFICADA	ERRO (%)
NBS U-950	$5.52\text{E-}5$	$5.54\text{E-}5$	0.36	$7.24\text{E-}3$	$7.25\text{E-}3$	0.14
NBS U-020	$1.31\text{E-}4$	$1.28\text{E-}4$	2.34	$2.07\text{E-}2$	$2.08\text{E-}2$	0.48
NBS U-100	$7.63\text{E-}4$	$7.54\text{E-}4$	1.19	$1.11\text{E-}1$	$1.14\text{E-}1$	2.63
NBS U-200	$1.56\text{E-}3$	$1.56\text{E-}3$	-	$2.58\text{E-}1$	$2.51\text{E-}1$	2.79

TABELA 3 - Comparação dos Resultados de Razões Isotópicas  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  e  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  Obtidas por Meio da Técnica de Espectrometria Alfa com os Dados da Literatura.

AUTOR	AMOSTRA	PRECISÃO $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ (%)	PRECISÃO $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ (%)
Veselsky, J. <sup>(3)</sup>	amostras de águas naturais	5.5	-
Vasconcellos, M.B.A. <sup>(6)</sup>	padrões "COGEMA" (urânio natural)		8.1
	padrão enriquecido a 14% em $^{235}\text{U}$		1.6
Saiki, M. <sup>(7)</sup>	padrões NBS de urânio: 1% enriquecido em $^{235}\text{U}$	10.9	27.3
	20% enriquecido em $^{235}\text{U}$	0.9	1.7
Shah, P.M.* <sup>(11)</sup>	padrões NBS de urânio com 1% enriq. em $^{235}\text{U}$	1.5	
	2% enriq. em $^{235}\text{U}$	0.5	
	5% enriq. em $^{235}\text{U}$	0.5	
Szeles, M.S.F. <sup>(12)</sup>	padrão de urânio : Johnson Matthey Chemicals	5.0	21.00
neste trabalho**	padrões NBS de urânio com enriquecimento em $^{235}\text{U}$ , variando de 0.72% a 20%	1.0 a 4.0	3.0 a 9.0

\* Valores de razão de atividade  $(^{234}\text{U} + ^{235}\text{U})/^{238}\text{U}$

\*\* Neste trabalho adotou-se o método de evaporação para o preparo das fontes alfa. Os demais utilizaram eletrodeposição como método de preparo das fontes. Todos utilizaram detector de barreira de superfície.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho, a técnica de espectrometria alfa foi utilizada para determinação das razões isotópicas de urânio, mostrando ser adequada quando comparada com os resultados certificados (NIST) que foram obtidos pela técnica de espectrometria de massas termoiônica (tabela 2). Algumas vantagens da utilização da técnica de espectrometria alfa podem ser citadas: é uma técnica rápida, de baixo custo e permite a obtenção de medidas de razões isotópicas  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  com precisões próximas a 4%, nas amostras analisadas. Esta determinação pela técnica de espectrometria de massas termoiônica, dotado com um único coletor, é realizada com dificuldade e apresenta uma imprecisão de cerca de 10% em amostras naturais e de baixo enriquecimento. Isto deve-se ao fato de que a razão isotópica  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  nestas amostras é em torno de  $6 \times 10^{-5}$ , que se encontra no limite de detecção do equipamento. A determinação da razão isotópica  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  por espectrometria alfa pode ser utilizada como dado complementar aos dados obtidos pela técnica de espectrometria de massas na obtenção de uma análise isotópica completa de urânio.

Em relação ao método de preparo das amostras, a evaporação direta produziu filmes finos e homogêneos como aqueles obtidos pelo método de eletrodeposição e ainda apresenta as vantagens de ser mais rápida, ter menor custo e ser um método quantitativo.

A concordância de resultados obtidos com a utilização de padrões isotópicos certificados e por comparação com os resultados obtidos por outros pesquisadores permite nos afirmar que o método proposto é aplicável à determinação de razões isotópicas de urânio.

## REFERÊNCIAS

- [1] Lally, A.F.; Glover, K.M. **Source preparation in Alpha Spectrometry**. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, 223 p259-265, 1984
- [2] Umemoto, S. **Determination of  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  of uranium in natural materials**. Radiochimica Acta, vol 8 p107-111, 1967
- [3] Veselsky, J. **An improved method for the determination of the ratio  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  in natural waters**. Radiochimica Acta 21, p151-154, 1974
- [4] Mertzig, W. **Estudo da técnica de eletrodeposição na preparação de amostras para determinação de  $^{233}\text{U}$  por espectrometria alfa**. São Paulo, 1979 (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares).
- [5] Shihomatsu, H.M. **Aplicação das técnicas de diluição isotópica por Espectrometria de Massa e alfa na determinação de urânio e avaliação da sua distribuição em materiais geológicos**. São Paulo, 1987. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares).
- [6] Vasconcellos, M.B.A.; Armelin, M.J.A.; Figueiredo, A.M.G.; Mazzilli, B.P.; Saiki, M. **A comparative study of some nuclear methods for  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  isotopic ratios determination**. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles - vol.113 (2) p357-370, 1987
- [7] Saiki, M. **Determination of  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  and  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  isotopic ratios by alpha spectrometry**. Publicação IPEN 204, 1988
- [8] Duarte, C.L.; Szeles, M.S.M.F. **An improved method for determination of uranium isotopic composition in urine by alpha spectrometry**. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles, vol 177, n° 1: 73-79, 1994.
- [9] Sarkis, J.E. de Souza; Kakazu, M.H.; Leal, M.M.S. **Método de preparo de fontes de  $^{233}\text{U}$  pela técnica de evaporação com tetraetilenoglicol para espectrometria alfa**. 3°CGEN -caderno 5, p80 - 88, 22/27 de abril, 1990
- [10] De Regge, P. **Analysis and Interpretation of gamma and alpha spectra with a small real-time computer**. Nucl.Instrum. and Meth. 102 (1972)269.
- [11] Shah, P.M.; Duggal, R.K.; Aggarwal, S.K. and Jain, H.C. **The determination of  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  activity ratios by alpha spectrometry in isotopic reference materials**. Symposium on Radiochemistry and Radiation Chemistry, Nagpur (India), 5-8 Feb 1990. NC-09-1.
- [12] Szeles, M.S.F. **Determinação de urânio e suas razões isotópicas em amostras ambientais**. São Paulo, 1990. (Dissertação de Mestrado. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares).

## ABSTRACT

In the present work, the isotopic ratios  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  and  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  were determined by alpha spectrometry. Uranium standards of the National Institute of Standards and Technology - NIST, with variable isotopic compositions, were analysed using a surface barrier detector. The alpha sources were prepared by direct evaporation technique on glazed porcelain discs using tetraetilenoglicol (TEG) as a spreading agent. The resolution obtained was 58 Kev (FWHM) for the  $^{234}\text{U}$  alpha peak (4.77MeV). The  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  isotopic ratio was obtained within 1-4% precision and of 3-9% for the  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  isotopic ratio, depending basically on the degree of enrichment.