

**ESTUDOS DA SEPARAÇÃO DO ^{233}Th DE ALGUNS RADIOISÓTOPOS
POR MEIO DE RESINA SATURADA COM TÓRIO**

Casimiro Sepúlveda Munita e Laura Tognoli Atalla

**PUBLICAÇÃO IPEN 45
IPEN - Pub - 45**

AGOSTO/1982

CONSELHO DELIBERATIVO

MEMBROS

Prof. Dr. Luiz Cintra do Prado – Presidente

Dr. Edgardo Azevedo Soares Júnior – Vice-Presidente

CONSELHEIROS

Dr. Helcio Modesto da Costa

Dr. Ivano Humbert Marchesi

Prof. Dr. Waldyr Muniz O'liveira

Prof. Dr. José Augusto Martins

REPRESENTANTES

Dr. Jacó Charcot Pereira Rios

Dr. Samuel Angarita Ferreira da Silva

SUPERINTENDENTE

Hernani Augusto Lopes de Amorim

**ESTUDO DA SEPARAÇÃO DO ^{233}Th DE ALGUNS RADIOISÓTOPOS
POR MEIO DE RESINA SATURADA COM TÓRIO**

Casimiro Sepúlveda Munita e Laura Tognoli Atalla

**CENTRO DE OPERAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO REATOR DE PESQUISA – COURP
ÁREA DE RADIOQUÍMICA**

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
SÃO PAULO – BRASIL**

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

B11

EUROPIUM
INTERFERING ELEMENTS
ION EXCHANGE
ISOTOPIC EXCHANGE
THORIUM²³³
THORIUM²³⁴

COURP - ARQ

Aprovada para publicação em maio de 1982.

Nota: A redação, ortografia, conceitos e revisão final são de responsabilidade dos Autores.

ESTUDO DA SEPARAÇÃO DO ^{233}Th DE ALGUNS RADIOISÓTOPOS POR MEIO DE RESINA SATURADA COM TÓRIO*

Casimiro Sepúlveda Munita e Laura Tognoli Atalla

RESUMO

A finalidade do trabalho é obter uma separação de ^{233}Th dos radioisótopos formados na irradiação de Mn, U, Ba, Cs, Co, e lantanídeos com nêutrons térmicos. Os radioisótopos formados interferem na análise por ativação do Th, quando se usa a atividade do ^{233}Th .

Os experimentos foram realizados com resina Bio-Rad AG 50W (100 – 200 "Mesh") saturada com tório. A separação do ^{233}Th dos radioisótopos interferentes baseia-se na retenção do ^{233}Th pela resina (troca isotópica) e eluição dos demais radioisótopos por meio de uma solução diluída de Th em HCl 0,5M.

Foram realizados experimentos em copo para determinar o tempo de equilíbrio para a troca isotópica do Th e para determinar o coeficiente de distribuição dos elementos em colunas visando obter a retenção mínima desses radioisótopos na resina.

INTRODUÇÃO

Embora a análise por ativação sem separação química possa ser aplicada atualmente para resolver muitos problemas analíticos, há casos em que existem interferências no espectro de raios gama do radioisótopo de interesse, provocadas pela presença de outros radioisótopos ou pela atividade muito alta da matriz. Quando isto acontece, é preciso estudar um esquema de separação que depende do tipo da amostra e dos elementos que devem ser analisados. Os esquemas de separações radioquímicas são muitas vezes complexos, pois exigem várias etapas para a purificação do radioisótopo em questão. Quando este radioisótopo tem meia-vida relativamente curta, como é o caso do ^{233}Th ($T_{1/2} = 22,3$ minutos), as possibilidades de uma separação química ficam limitadas, pois estaria em jogo a sensibilidade da análise.

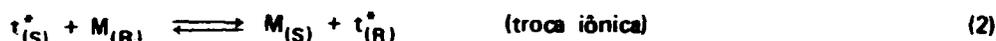
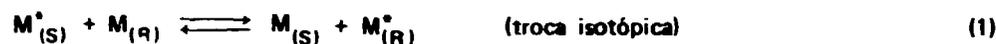
Entre os métodos usados para separações radioquímicas encontra-se a troca isotópica, já usada com sucesso por vários pesquisadores. Meinke et al^(2,3,5,7,8,11) aplicaram essa técnica para a separação de radioisótopos em amalgamas. Kuroda e Oguma⁽⁴⁾ obtiveram a separação do ^{90}Y do ^{90}Sr por meio de troca isotópica. Tera e Morrison⁽¹²⁾ e Peters e del Fiore⁽⁶⁾ aplicaram esta técnica associada à troca iônica para a separação de vários radioisótopos, salientando a simplicidade e rapidez do método.

No presente trabalho, propõe-se um método de separação radioquímica do ^{233}Th de radioisótopos que interferem na análise por ativação do tório, utilizando a troca isotópica associada à troca iônica. O método baseia-se no fato de que um radioisótopo M^a em solução e ao nível de traços, é retido por uma resina previamente saturada com o elemento M, graças ao equilíbrio da troca isotópica. Por outro lado um radioisótopo t^a (interferente), também em nível de traços e existentes na solução de M^a , é retido pela resina por meio de troca iônica.

(*) Trabalho apresentado no XXII Congresso Brasileiro de Química no período de 11 a 17 de Outubro de 1981, Belo Horizonte – MG.

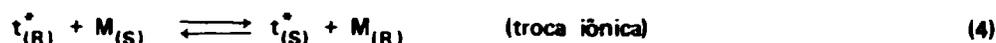
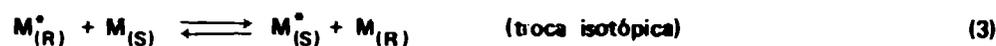
Trabalho parcialmente financiado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear.

As reações que se processam são as seguintes:



onde (S) e (R) representam solução e resina, respectivamente.

Na etapa de eluição ocorrem as seguintes reações:



A concentração de M na solução é crítica, porque, se for alta, favorece a eluição de t^* (reação 4) e prejudica a retenção de M^* pela resina (reação 3), mas se for muito baixa, o radioisótopo interferente t^* pode não ser totalmente eluído.

Por comodidade usou-se nesse estudo o ^{234}Th ($T_{1/2} = 24,1$ dias) como traçador, porque sua meia-vida é bem maior que a do ^{233}Th ($T_{1/2} = 22,3$ minutos).

Num trabalho anterior⁽⁹⁾, estabeleceram-se as melhores condições para a separação do $^{152-154}\text{Eu}$ do ^{234}Th , aplicando a troca isotópica associada à troca iônica. O európio foi o primeiro elemento a ser estudado, como representante dos lantanídeos, porque este grupo de elementos é encontrado muitas vezes associado ao tório. Além disso, de acordo com Strelow⁽¹⁰⁾ os elementos lantanídicos possuem um valor muito alto para o coeficiente de distribuição entre uma resina catiônica forte e HCl diluído. Nas mesmas condições, o coeficiente de distribuição do Th é maior que o dos lantanídeos. Só os íons ZrO^{2+} têm uma afinidade pela resina da mesma ordem de grandeza que os íons Th^{4+} . Embora o zircônio não seja um elemento interferente na análise por ativação do tório, a sua presença na solução pode prejudicar a troca isotópica do tório, considerando a grande afinidade dos íons ZrO^{2+} pela resina. Por este motivo, o comportamento do zircônio foi investigado no presente trabalho.

O ferro também não interfere na análise por ativação do tório, mas como se pretende, posteriormente, usar o ferro como carregador do tório, em separações químicas, estudou-se o efeito provocado pela presença de massas crescentes de ferro na solução, quando se procede a troca isotópica do tório.

Os outros elementos estudados, neste trabalho, são o lantânio, o itérbio, o urânio, o manganês, o bário, o cobalto e o cério.

Embora já tenha sido estudado o comportamento do európio em trabalho anterior⁽⁹⁾, achou-se conveniente investigar também o comportamento do lantânio e do itérbio, como representantes dos lantanídeos leves e pesados, respectivamente, porque como já foi dito, esses elementos constituem uma interferência séria na análise por ativação do tório, quando se mede a atividade do ^{233}Th .

Outra interferência é causada pelo ^{239}U ($T_{1/2} = 23,5$ minutos), porque este radioisótopo possui uma meia-vida quase igual à do ^{233}Th ($T_{1/2} = 22,3$ minutos) e ambos apresentam picos muito próximos no espectro de raios gama (75 keV para o ^{239}U e 87 keV para o ^{233}Th).

Entre os elementos divalentes, o bário é o que possui maior afinidade pela resina, segundo Strelow⁽¹⁰⁾ e, entre os elementos monovalentes, o cério é que tem maior coeficiente de distribuição, entre a resina e a solução, nas condições adotadas neste trabalho. Apesar do manganês e cobalto serem divalentes nas condições experimentais adotadas, o comportamento destes dois elementos foi estudado em particular, porque dão origem ao ^{56}Mn e $^{60\text{m}}\text{Co}$ com 2,56 horas e 10,5 minutos de meia-vida respectivamente. O ^{56}Mn interfere, porque, mesmo em concentrações baixas (alguns ppm), pode conferir à amostra irradiada uma atividade tão alta que impede sua contagem imediata. O $^{60\text{m}}\text{Co}$ apresenta um pico em 59 keV no espectro de raios gama, também bastante próximo ao pico de 87 keV do ^{233}Th e por isso o $^{60\text{m}}\text{Co}$ deve ser completamente eliminado para que a sensibilidade da análise não seja prejudicada.

PARTE EXPERIMENTAL

Equipamento

Foram usados para as medidas da radioatividade um espectrômetro de raios gama monocanal "Nuclear Chicago" modelo 8753, acoplado a um cristal de cintilação de NaI(Tl), tipo poço de 5,1 x 4,4 cm. Usou-se também um multianalisador de 400 canais, "TMC", modelo 404-6, acoplado a um cristal de cintilação de NaI(Tl), tipo poço, marca "Harshaw" de 7,5 x 7,5 cm.

Para a coleta automática das frações que efluem das colunas, utilizou-se o coletor de amostras "Fractomat" da "Buchler Instruments".

Reagentes

Solução de cloreto de tório com cerca de 50 mgTh/ml, preparada a partir de nitrato de tório puro, fornecido pelo Centro de Engenharia Química do IPEN.

Soluções de cloretos de La, Yb, Eu, Mn, Co, Ba, U, Cs, Fe e Zr (como ZrO^{2+}) com 2mg/ml de cada elemento. Todas as soluções foram preparadas a partir de carbonatos ou óxidos de pureza analítica.

A partir das soluções mencionadas, prepararam-se outras de menor concentração por diluições convenientes.

Resina Bio-Rad AG 50 W X-4; 100 – 200 "mesh".

Traçadores

O ^{234}Th , preparado pelo método proposto por Abrão⁽¹¹⁾, foi usado como traçador. O método baseia-se na percolação de uma solução de nitrato de urânio contendo ácido fluorídrico por uma coluna contendo alumina, onde o ^{234}Th é adsorvido.

Os demais traçadores (^{60}Co , ^{56}Mn , ^{169}Yb , ^{140}La , ^{139}Ba , ^{239}U , ^{134}Cs e $^{152-154}\text{Eu}$) foram preparados a partir da irradiação dos respectivos óxidos ou carbonatos num fluxo de $\sim 10^{12} \text{ n. cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, durante períodos de tempo condizentes com a meia-vida do radioisótopo a ser formado.

Preparação da Resina Saturada com Tório

A saturação da resina com tório foi obtida por percolação de solução de cloreto de tório com 50 mg Th/ml através de uma coluna de 20 cm de comprimento de 1 cm de diâmetro, contendo resina na

forma sódica. A resina foi lavada com água destilada até eliminação do tório intersticial. Após a saturação, a resina foi condicionada por meio de uma solução de cloreto de tório em HCl 0,5M contendo 0,5 mg Th/ml. A saturação da resina com tório foi controlada por determinação da concentração de tório na solução de carga e no efluente. A determinação do tório nessas soluções foi feita por análise por ativação, pela atividade do ^{233}Th obtido por irradiação de alíquotas iguais das duas soluções em fluxo de $\sim 10^{12} \text{ n.cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, durante 5 minutos. As alíquotas foram previamente secadas em papel de filtro.

Depois de saturada, parte da resina foi guardada para os experimentos em coluna e outra parte foi lavada com água destilada até eliminação completa do tório intersticial. A seguir, a resina foi secada em estufa a 60°C durante 48 horas e depois foi guardada para ser usada nos experimentos para a determinação dos coeficientes de distribuição.

Uma parte da resina seca foi usada para determinar a capacidade da resina e verificou-se que é de 5,0 miliequivalentes de tório por grama de resina seca.

Determinação do Tempo de Equilíbrio

Para a determinação do tempo de equilíbrio para a troca isotópica do ^{233}Th , contido numa solução de 0,5 mg Th/ml em HCl 0,5 M e a resina na forma tório, usaram-se 10 ml de solução e cerca de 0,5 g de resina seca. As soluções e a resina foram agitadas durante tempos crescentes, por meio de um agitador mecânico. Foi medida a atividade de um mililitro da solução e a atividade da resina depois de lavada com água destilada. Obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela I. A quarta coluna da Tabela I foi calculada teoricamente, admitindo uma distribuição homogênea (equilíbrio) do ^{233}Th no tório total usado no experimento. Admitiu-se também que a saturação da resina com tório não se altera, quando em contato com a solução de tório, isto é, não há deslocamento do tório da resina para a solução. Pelos resultados obtidos, verificou-se que o equilíbrio é alcançado em 20 minutos. Para maior segurança, foi adotado um tempo de agitação de 30 minutos nos experimentos subsequentes.

Tabela I

Tempo de Equilíbrio para a Troca Isotópica do Tório

Tempo de Agitação (min.)	Massa R.Th mg	^{234}Th na Resina (%)	^{234}Th na Resina (% teórica)
1	474,15	62,9	97,7
3	461,41	88,0	97,6
5	455,20	90,0	97,6
10	452,95	93,5	97,6
20	465,50	96,9	97,7
30	477,20	97,2	97,7
45	456,00	97,1	97,6
60	488,35	97,5	97,7
110	479,10	97,1	97,7
140	480,25	97,2	97,7

A quarta coluna foi calculada admitindo uma distribuição homogênea do ^{234}Th no tório total do sistema (equilíbrio).

Volume da Solução : 10 ml
 [Th] na Solução : 0,5 mg/ml
 [HCl] na Solução : 0,5M

Determinação do Coeficiente de Distribuição

Determinou-se o coeficiente de distribuição (K_D) do ^{234}Th e dos elementos Co, Mn, U, Yb, La, Eu, Ba e Cs entre a resina na forma tório e a solução em função da concentração de tório na solução.

a) Tório

Usaram-se soluções de 0,10; 0,25; 0,50; e 0,75 mg Th/ml em HCl 0,5 M. As condições experimentais para determinar os valores dos K_D para o tório foram as mesmas usadas na determinação do tempo de equilíbrio, tendo sido adotado um tempo de agitação de 30 minutos. O valor do K_D foi calculado pela equação:

$$K_{D(\text{th})} = \frac{[\text{Th}]_R}{[\text{Th}]_S} = \frac{[^{234}\text{Th}]_R}{[^{234}\text{Th}]_S}$$

onde os índices R e S representam resina e solução respectivamente.

b) Outros elementos

As condições adotadas foram as mesmas dos experimentos com tório, substituindo-se o ^{234}Th pelos demais traçadores, separadamente. Para esses elementos, genericamente designados por t, usou-se a equação:

$$K_{D(t)} = \frac{[t]_R}{[t]_S} = \frac{[t^*]_R}{[t^*]_S}$$

onde t^* é o radioisótopo do elemento interferente em estudo.

Deve-se notar que, no caso do Th, o coeficiente de distribuição refere-se a uma troca isotópica. Para os demais elementos, o coeficiente de distribuição refere-se a uma troca iônica entre os elementos citados e o tório. Este é um coeficiente de distribuição aparente para um tempo de 30 minutos, já que o processo de troca iônica é mais lento que o processo de troca isotópica. Os valores obtidos nessas condições dão uma idéia do comportamento dos íons no tempo indicado.

Na Tabela II apresentam-se valores dos K_D encontrados e na Tabela III os valores dos fatores de separação (FS) entre o tório e o elemento considerado.

$$F S = \frac{K_{D(\text{Th})}}{K_{D(t)}}$$

As variações dos K_D com a concentração de tório na solução, são apresentadas na Figura 1, para obter uma visão do conjunto.

EXPERIMENTOS EM COLUNA

Os experimentos em coluna, realizados para tório e európio, foram apresentados em trabalho anterior⁽⁹⁾. Apresenta-se aqui o comportamento dos demais elementos já mencionados, nas mesmas condições anteriormente adotadas para tório e európio, a saber:

- Resina Bio-Rad AG 50 W, X-4 saturada com tório

- Coluna com 5,0 cm de comprimento e 0,5 cm de diâmetro (~ 1 ml de resina)
- Solução - carga: 5,0 ml de HCl 0,5 M contendo 0,5 mg Th/ml, 10 µg/ml de cada elemento em estudo e mais o respectivo traçador.
- Solução de lavagem: 50 ml com 0,5 mg Th/ml em HCl 0,5 M.
- Vazão: 40 gotas por minuto. (~ 2 ml/n.in)

Para obter a vazão desejada foi necessário injetar ar comprimido no topo da coluna. O efluente foi coletado em frações de 2,0 ml e a atividade do traçador foi medida em cada fração e comparada com a atividade total usada no experimento. Os resultados obtidos para tório e demais elementos estão na Tabela IV e a Figura 2 mostra as eluições correspondentes.

Tabela II

Varição do Coeficiente de Distribuição dos Interferentes t* e do ^{234}Th em Função da Concentração de Tório na Solução

Solução mg Th/ml	K_D								
	^{234}Th	^{239}U	^{140}La	$^{152-154}\text{Eu}$	^{169}Yb	^{139}Ba	^{60}Co	^{56}Mn	^{134}Cs
0,10	124,7	4,2	56,6	44,0	29,8	12,3	3,6	5,0	6,5
0,25	103,0	2,3	38,1	26,3	22,1	10,8	2,1	4,0	4,5
0,50	96,6	2,0	33,1	25,6	16,8	9,5	1,8	3,3	3,5
0,75	90,3	1,8	29,3	24,0	13,8	8,8	1,7	3,2	3,4

Tempo de agitação = 30 minutos

Concentração de cada elemento na solução: 80 a 120 µg/ml

Volume da solução: 10 ml

Tabela III

Valor do Fator de Separação em Função da Concentração de Tório na Solução

Solução mg Th/ml	FS							
	U	La	Eu	Yb	Ba	Co	Mn	Cs
0,10	29,7	2,2	2,8	4,2	10,1	34,6	24,9	19,2
0,25	44,8	2,7	3,9	4,7	9,5	49,0	25,8	22,9
0,50	48,3	2,9	3,8	5,8	10,2	53,7	29,3	27,6
0,75	50,2	3,1	3,8	6,5	10,2	53,1	28,2	26,5

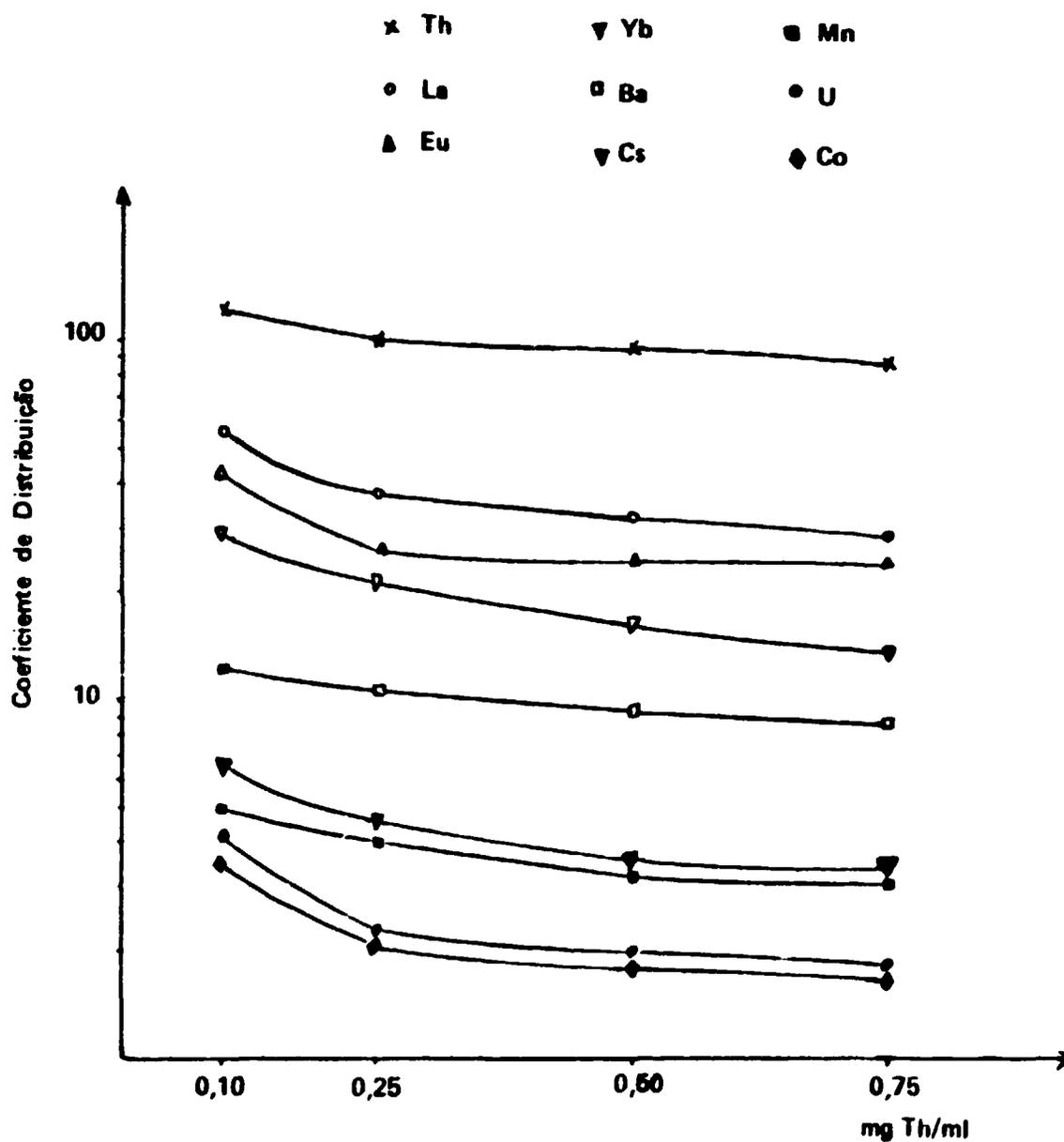


Figura 1 – Variação do Coeficiente de Distribuição em Função da Concentração de Tório na Solução

Os experimentos para verificar a influência dos íons ZrO^{2+} e Fe^{3+} na troca isotópica do tório foram realizados em coluna nas mesmas condições já descritas, com a diferença que foi usado traçador de ^{234}Th e foram adicionadas massas crescentes de zircônio ou de ferro às soluções antes de serem percoladas pela resina. Mediu-se a atividade do ^{234}Th nas frações eluídas e também na resina. Nas Tabelas V e VI apresentam-se os resultados.

Tabela IV

Retenção de Th, U, La, Eu, Yb, Ba, Co, Mn e Cs em Coluna de Resina Saturada com Tório

Traçador	Retenção na Resina (%) (*)
^{234}Th	99,3
^{239}U	0,16
^{140}La	1,34
$^{152/154}\text{Eu}$	0,77
^{169}Yb	0,24
^{139}Ba	0,25
^{60}Co	< 0,1
^{56}Mn	< 0,1
^{134}Cs	< 0,1

(*) Valor correspondente à média de 2 determinações

[Th] na solução: 0,5 mg/ml

[HCl] : 0,5M

Concentração dos demais elementos: 10 $\mu\text{g/ml}$

Vazão: 40 gotas por minuto

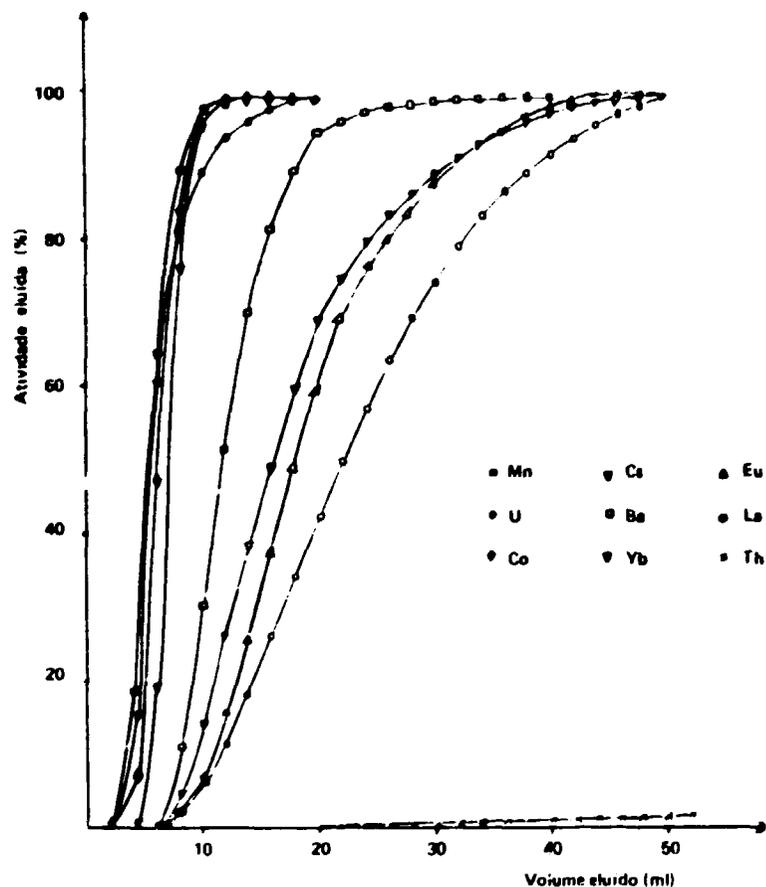


Figura 2 – Eluição do Th, U, La, Eu, Yb, Ba, Co, Mn e Cs na Resina Saturada com Tório. [Th] na solução 0,5 mg/ml; [HCl]: 0,5M; Concentração dos demais elementos: 10 $\mu\text{g/ml}$; Vazão: 40 gotas por minuto.

Tabela V

Troca Isotópica do ^{234}Th em Função da Concentração de ZrO^{2+} na Solução.

Zr $\mu\text{g/ml}$	Retenção de ^{234}Th na Resina (%)
10	99,1
20	98,7
30	98,8
40	98,5

[Th] na solução: 0,5 mg/ml

[HCl] : 0,5M

Vazão : 40 gotas por minuto

Tabela VI

Troca Isotópica do ^{234}Th em Função da Concentração de Fe^{3+} na Solução.

Fe mg/ml	Retenção de ^{234}Th na Resina (%)
0,4	99,0
0,8	99,0
1,2	98,4
1,6	98,6
2,0	98,9
4,0	98,2
6,0	97,6

[Th] na solução: 0,5 mg/ml

[HCl] : 0,5M

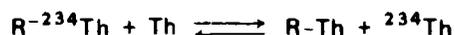
Vazão : 40 gotas por minuto

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A aplicação da técnica da troca isotópica associada à troca iônica para separações radioquímicas do ^{234}Th ou ^{233}Th é muito favorecida pela grande afinidade dos íons Th^{4+} pela resina.

Observa-se pelos resultados da Tabela II que, aumentando-se a concentração do tório na solução, o equilíbrio da troca iônica para todos os íons genéricos t^{n+} é deslocado no sentido da fase líquida. Esse deslocamento é acentuado até uma concentração de tório na solução de 0,50 mg/ml. Com um aumento da concentração de tório de 0,50 para 0,75 mg/ml, a variação no coeficiente de distribuição dos íons t^{n+} é menor e, pelos resultados da Tabela III, verifica-se que os fatores de separação correspondentes não são praticamente alterados. Os coeficientes de distribuição dos íons t^{n+} e o coeficiente de distribuição do ^{234}Th , por efeito da troca isotópica, diminuem aproximadamente na mesma proporção e, conseqüentemente, a relação entre eles não se altera de modo apreciável.

Sendo o fator de separação o parâmetro mais importante neste estudo, é inútil aumentar a concentração de tório na solução, porque, além de não melhorar o fator de separação, existe a possibilidade de haver perda de ^{234}Th pelo equilíbrio de troca isotópica conforme a reação:



Estabeleceu-se então que a concentração ideal de tório na solução seria de 0,50 mg/ml o que corresponde a uma solução 0,09 N em tório. Este resultado concorda com a concentração de tório escolhida para os experimentos em coluna para a separação do $^{152-154}\text{Eu}$ do ^{234}Th , realizados em trabalho anterior⁽⁹⁾ e concorda também com as concentrações adotadas por Tera e Morrison⁽¹²⁾ e Peters e del Fiore⁽⁶⁾, em experimentos realizados com troca isotópica associada à troca iônica. Nesses trabalhos, foram usadas soluções 0,08 N⁽⁸⁾ e 0,10 N⁽¹⁰⁾ dos elementos cuja separação estava sendo estudada.

Pela Tabela III pode-se concluir que os radioisótopos dos elementos lantanídicos, em particular os de menor número atômico, são os mais dificilmente separáveis do ^{234}Th pela técnica proposta. De todos os lantanídicos, o que mais interfere na análise por ativação do tório é o samário que dá origem ao ^{155}Sm de 23 minutos de meia-vida e um pico de 105 keV, no espectro de raios gama.

Os experimentos em coluna (Tabela IV) confirmaram os resultados apresentados na Tabela III, mas pode-se ver que, embora o ^{140}La seja o maior contaminante do ^{234}Th , consegue-se um fator de descontaminação igual a 74. Para o $^{152-154}\text{Eu}$ esse fator já é cerca de 130 o que torna admissível supor que para o ^{155}Sm o fator de descontaminação seja maior que 100.

Admitindo-se uma perda, por troca iônica, de 1,5% de ^{234}Th no efluente, pode-se afirmar que o zircônio, na forma de íons ZrO^{2+} não interfere na determinação de tório até uma concentração de 40 $\mu\text{g/ml}$. Sendo o volume da solução carga de 5,0 ml, pode-se admitir a massa total de zircônio de 200 μg . Isto significa que a amostra em que se pretende determinar o tório só pode conter zircônio em baixa concentração a não ser que se faça uma separação prévia deste elemento.

Quanto à interferência do ferro na troca isotópica do tório pode-se concluir, pelos resultados da Tabela VI, que alguns miligramas de ferro (até 5,0 mg) resultam numa perda de, no máximo 2,5% de ^{234}Th no efluente. Para análises de amostras com traços de tório, esta perda é admissível e, além disso, pode ser levada em conta nos resultados, desde que seja estabelecida a sua reprodutibilidade.

Concluindo, pode-se afirmar, pelos resultados apresentados, que o método pode ser aplicado em determinações de tório em vários tipos de materiais que é o que se pretende demonstrar na continuação deste trabalho.

ABSTRACT

The aim of the present work is to obtain the separation of ^{233}Th from the radioisotopes formed by the irradiation of Mn, U, Ba, Cs, Co and the lanthanide elements with thermal neutrons. The radioisotopes formed may interfere in the neutron activation analysis of Th, when the activity of ^{233}Th is used.

The experiments were performed with the resin Bio-Rad AG 50W X-4 (100 - 200 mesh) in the thorium form. The separation of ^{233}Th from the interfering radioisotopes is based on the retention of ^{233}Th by the resin (isotopic exchange) and the elution of the interfering radioisotopes by a dilute solution of Th in HCl 0,5M.

Batch experiments were made in order to determine the equilibrium time for the isotopic ion exchange of thorium and also to determine the distribution ratio of the interfering elements between the solution and the resin. Experiments were made in column with the aim of obtaining a minimum retention of these radioisotopes in the resin.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. ABRÃO, A. *Chromatographic separation and concentration of thorium and rare earth from uranium alumina-hydrofluoric acid. Preparation of carrier-free radio-thorium and contribution to the fission rare earths.* São Paulo, Instituto de Energia Atômica, Jun. 1970. (IEA-Pub-217).
2. DEVOE, J. R.; KIM, C. K.; MEINKE, W. W. Radiochemical separation by amalgam exchange. *Talanta*, 3:298-9, 1960.
3. DEVOE, J. R.; NASS, H. W.; MEINKE, W. W. Radiochemical separation of cadmium by amalgam exchange. *Analyt. Chem.*, 33(12):1713-5, Nov. 1961.
4. KURODA R. & OGURA, K. Separation of strontium-90 and yttrium-90 by isotopic exchange thin layer chromatography. *Analyt. Chem.*, 39(8):1003-4, Jul. 1967.
5. ORBE, F. E.; QURESHI, I. H.; MEINKE, W. W. Radiochemical separation of bismuth by amalgam exchange. *Analyt. Chem.*, 35(10):1436-8, Sep. 1963.
6. PETERS, J. M. & DEL FIORE, G. Use methode de separation rapide: l'échange isotopique. *Radiochem. Radionalyt. Lett.*, 16(3):109-27, 1974.
7. QURESHI, I. H. & MEINKE, W. W. Radiochemical separation of strontium by amalgam exchange. *Talanta*, 10(2):737-44, 1963.
8. RUCH, R. R.; DEVOE, J. R.; MEINKE, W. W. Radiochemical separation of indium by amalgam exchange. *Talanta*, 9(1):33-8, 1962.
9. SEPULVEDA, C. M. & ATALLA, L. T. Troca isotópica entre ^{232}Th e ^{234}Th em resina trocadora de ions e sua aplicação na separação radioquímica de tório e európio. (Apresentado no XXI Congresso Brasileiro de Química. Porto Alegre, RS, 26-31 out. 1980. A ser publicado).
10. STRELOW, F. W. An ion exchange selectivity scale of cations based on equilibrium distribution coefficients. *Analyt. Chem.*, 32(9):1185-8 Aug. 1960.
11. SUDERMAN, D. N. & MEINKE, W. W. Evaluation of radiochemical separation procedures. *Analyt. Chem.*, 29(11):1578-89, 1957.
12. TERA, F. & MORRISON, G. H. Radiochemical separation by isotopic exchange. *Analyt. Chem.*, 38(8):959-64, Jul, 1966.

(*) As referências bibliográficas relativas a documentos localizados pelo IPEN foram revistas e enquadradas na NB-66 da Associação Brasileira de Normas Técnicas.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Caixa Postal, 11 049 – Pinheiros
CEP 05508
01000 – São Paulo – SP

Telefone: 211-6011
Endereço Telegráfico – IPENUCLEAR
Telex – (011) 23592 -IPEN - BR