

ESTUDO DA SEPARAÇÃO DO ^{234}Th DE ALGUNS RADIOISÓTOPOS
POR MEIO DE RESINA SATURADA COM TÓRIO(*)

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

Área de Radioquímica

Caixa Postal 11049 - São Paulo - SP.

Brasil



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 dependa do tipo de 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.

(*) Trabalho a ser 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.

Estudo da Separação do ^{234}Th de alguns Radioisótopos

Casimiro J.A. Sepúlveda Munita, 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.

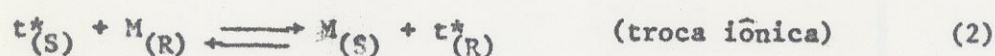
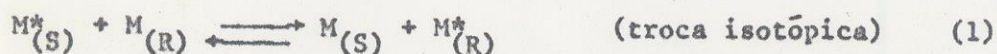
Foram realizados experimentos em copo para determinar o tempo de equilíbrio para a troca isotópica do Th e para determinar o coeficiente de distribuição dos elementos em colunas visando obter a retenção mínima desses radioisótopos na resina.

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

Entre os métodos usados para separações radioquímicas encontra-se a troca isotópica, já usada com sucesso por vários pesquisadores. Meinke et al^(2,3,5,8,11) 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.

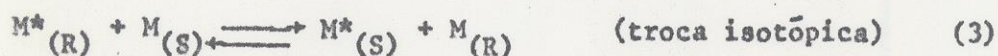
No presente trabalho, propõe-se um método de separação radioquímica do ^{233}Th de radioisótopos que interferem na análise por ativação do tório, utilizando a troca isotópica associada à troca iônica. O método baseia-se no fato de que um radioisótopo M^* em solução e ao nível de traços, é retido por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

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.

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

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

Num trabalho anterior⁽¹⁰⁾, 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⁽⁹⁾ 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^{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^{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 célio.

Embora já tenha sido estudado o comportamento do európio em trabalho anterior⁽¹⁰⁾, achou-se conveniente investigar também o comportamento do lantânio e do itérbio, como representante 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 de do ^{233}Th .

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

Outra interferência é causada pelo ^{239}U , porque este radioisótopo possui uma meia-vida quase igual à do ^{233}Th (23,5 minutos e 22,3 minutos, respectivamente) 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⁽⁹⁾ e, entre os elementos monovalentes, o césio 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 a contagem imediata da amostra. 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 4,4cm, 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 7,5cm.

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

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

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, Mn, Co, Ba, U, Cs, Fe e Zr (como ZrO_2^{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⁽¹⁾, foi usado como traçador de tório. O método baseia-se na percolação de uma solução de nitrato de uranila 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 e ^{134}Cs) foram preparados a partir da irradiação dos respectivos óxidos ou carbonatos num fluxo de $\sim 10^{12} \text{ n cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$, 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 20cm de comprimento e 1cm de diâmetro, contendo resina na forma sódio. A resina foi lavada com água destilada até eliminação do tório intersticial. A saturação da resina foi completada por meio de uma solução de cloreto de tório em HCl

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla

0,5M contendo 0,5 mg Th/ml. A saturação da resina com tório foi controlada por determinação da concentração de tório nas soluções afluente e 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 da 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 ^{234}Th , contido numa solução de 0,5 mg/ml de tório de HCl 0,5 M e a resina na forma tório, usaram-se 10 ml de solução e cerca de 0,5g 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 ^{234}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 se-

Tabela I

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

gurança, foi adotado um tempo de agitação de 30 minutos nos experimentos subseqüentes.

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 0,1; 0,25; 0,50 e 0,75 mg Th/ml em HCl 0,5M. As condições experimentais utilizadas 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 S e R 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.

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

Tabela II
Tabela III

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

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

Figura I

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

EXPERIMENTOS EM COLUNA

Os experimentos em coluna, realizados para tório e európio, foram apresentados em trabalho anterior⁽¹⁰⁾. 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 5,0cm de comprimento e 0,5cm de diâmetro
- Solução - carga: 5,0ml de HCl 0,5 M contendo 0,5 mg Th/ml, 10 μ g/ml de cada elemento em estudo e mais o respectivo traçador.
- Solução de lavagem: 50ml de solução com 0,5 mg Th/ml em HCl 0,5M.
- Vazão: 40 gotas por minuto.

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

Tabela IV
Figura II

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

Os experimentos para verificar a influência dos íons ZrO_2^{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 obtidos nestes experimentos.

Tabela V
Tabela VI

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

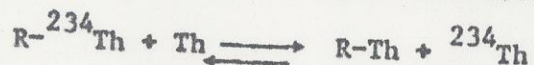
A aplicação da técnica da troca isotópica associada à troca iônica para separações radioquímicas do ^{234}Th ou ^{233}Th é muito favorecida pela grande afinidade dos íons Th^{4+} pela resina.

Observa-se pelos resultados da Tabela II que, aumentando-se a concentração de 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

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

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⁽¹⁰⁾ e concorda também com as concentrações adotadas por Tera e Morrison⁽¹²⁾ e Peters e del Fiore⁽⁶⁾, em experimentos realizados com troca isotópica as sociada à troca iônica. Nesses trabalhos, foram usadas soluções 0,08 N⁽⁸⁾ e 0,10 N⁽⁹⁾ 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 difi- cilmente separáveis do ^{234}Th pela técnica proposta. De todos os lantanídios, 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 de 1,5% de ^{234}Th no efluente, pode-se afirmar que o zircônio, na forma de íons ZrO_2^{2+} não interfere na determinação de tório até uma concentração de 40 µg/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

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

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.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. ABRÃO, A. Chromatographic separation and concentration of thorium and rare earths from uranium using alumina-hydrofluoric acid. Preparation of carrier-free radiothorium and contribution to the fission rare earths. São Paulo, jun. 1970 (IEA - Pub. 217).
02. DE VOE, J.R.; KIM, C.K.; MEINKE, W.W. Radiochemical separation by amalgam exchange. *Talanta*, 3: 298-9, 1960.
03. DE VOE, J.R.; NASS, H.W.; MEINKE, W.W. Radiochemical separation of cadmium by amalgam exchange. *Analyt.Chem.*, 33(12): 1713-5, Nov. 1961.
04. KURODA, R. & OGUMA, K. Separation of strontium-90 and yttrium-90 by isotopic exchange thin layer chromatography. *Analyt.Chem.*, 39(8), 1003-4, jul. 1967.
05. ORBE, F.E.; QURESHI, I.H.; MEINKE, W.W. Radiochemical separation of bismuth by amalgam exchange. *Analyt.Chem.*, 35(10): 1436-8, Sept. 1963.
06. PETERS, J.M. & DEL FIORE, G. Une methode de separation rapide: l'exchange isotopique. *Radiochem. Radioanal. Letters*, 16(3): 109-27, 1974.
07. QURESHI, I.H. & MEINKE, W.W. Radiochemical separation of strontium by amalgam exchange. *Talanta*, 10(II): 737-44, 1963.
08. RUCH, R.R.; DE VOE, J.R.; MEINKE, W.W. Radiochemical separation of indium by amalgam exchange. *Talanta*, 9(I): 33-8, 1962.
09. STRELOW, F.W. An ion exchange selectivity scale of cations based on equilibrium distribution coefficients. *Analyt. Chem.*, 32(9): 1185-8, Agost. 1960.

Estudo da Separação do ^{234}Th de Alguns Radioisótopos ...

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla.

10. SEPÚLVEDA, C.M. E ATALLA, L.T. Troca isotópica entre ^{232}Th e ^{234}Th em resina trocadora de íons e sua aplicação na separação radioquímica de tório e európio. Apresentado no XXI Congresso Brasileiro de Química, Porto Alegre, RS, de 26 a 31 de outubro de 1980. A ser publicado.
11. SUNDERMAN, D.N. & MEINKE, W.W. Evaluation of radiochemical separation procedures. *Analyt. Chem.*, 29(11): 1578-89, Nov. 1957.
12. TERA, F. & MORRISON, G.H. Radiochemical separation by isotopic exchange. *Analyt. Chem.*, 38(8): 959-64, jul. 1966.

Estudo da Separação do ^{234}Th de Alguns Radioisótopos ...

Casimiro Sepúlveda Munita e Laura T. Atalla

Tabela I: Tempo de Equilíbrio para a Troca Isotópica do Tório.

Tempo de Agitação (min.)	Massa R.Th mg	^{234}Th na Resi- na (%)	^{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).

Tabela II: Variação do Coeficiente de Distribuição dos Interferentes t^* 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 $\mu\text{g/ml}$.

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

Estudo da Separação do ^{234}Th de Alguns Radioisótopos ...

Casimiro Sepúlveda Munita e Laura T. Atalla

Tabela IV: Retenção de Th, U, La, Eu, Yb, Ba, Co, Mn e Cs pela 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

Estudo da Separação do ^{234}Th de Alguns Radioisótopos ...
 Casimiro Sepúlveda Munita e Laura T. Atalla

Tabela V: Troca Isotópica do ^{234}Th em Função da Concentração de ZrO_2^{2+} na Solução.

Zr μg/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

Estudo da Separação do ^{234}Th de Alguns Radioisótopos ...

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla

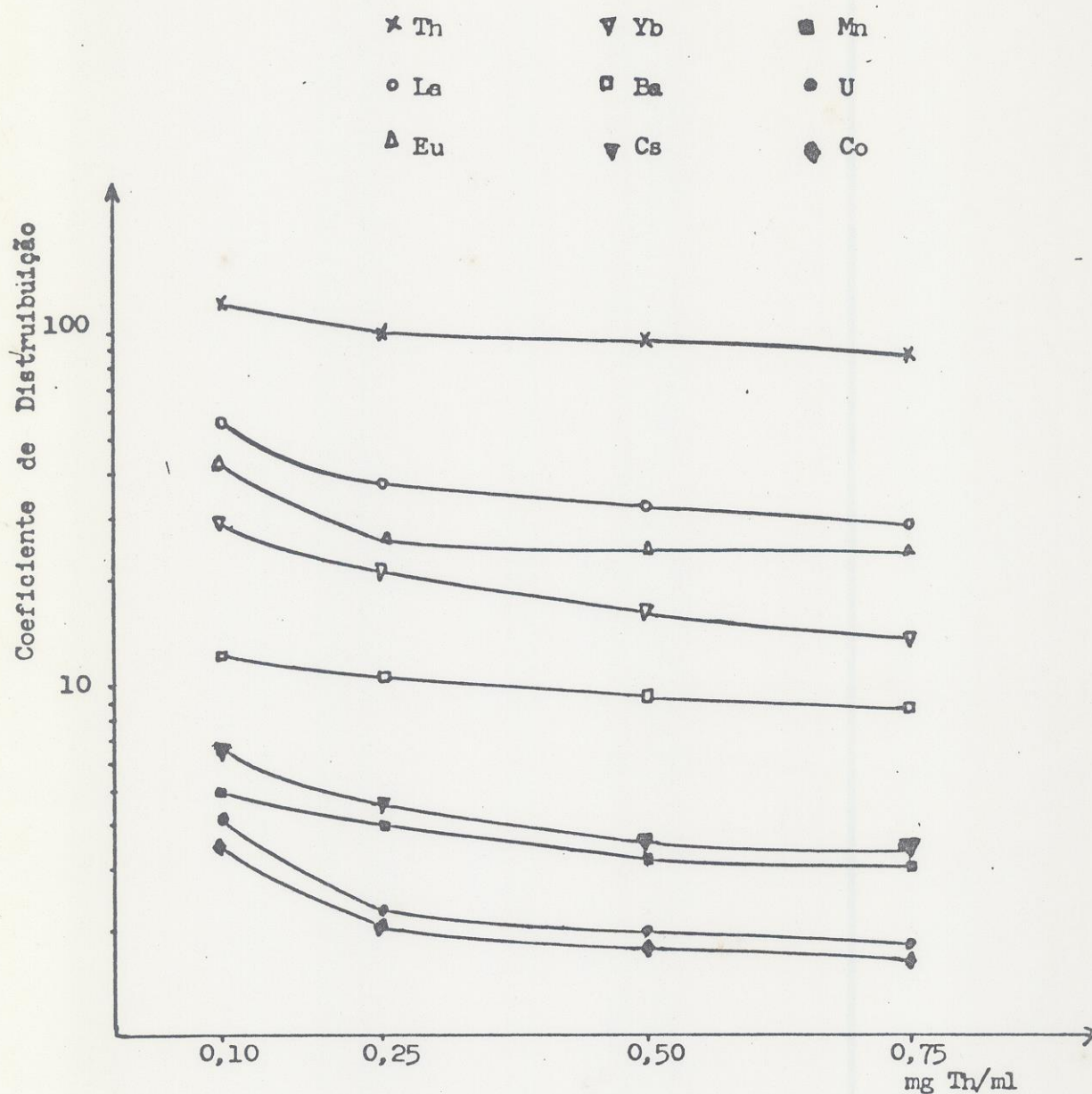


Figura I: Variação do Coeficiente de Distribuição em Função da Concentração de Tório na Solução.

Estudo da Separação do ^{234}Th de Alguns Radioisótopos ...

Casimiro Sepúlveda Munita, Laura Tognoli Atalla

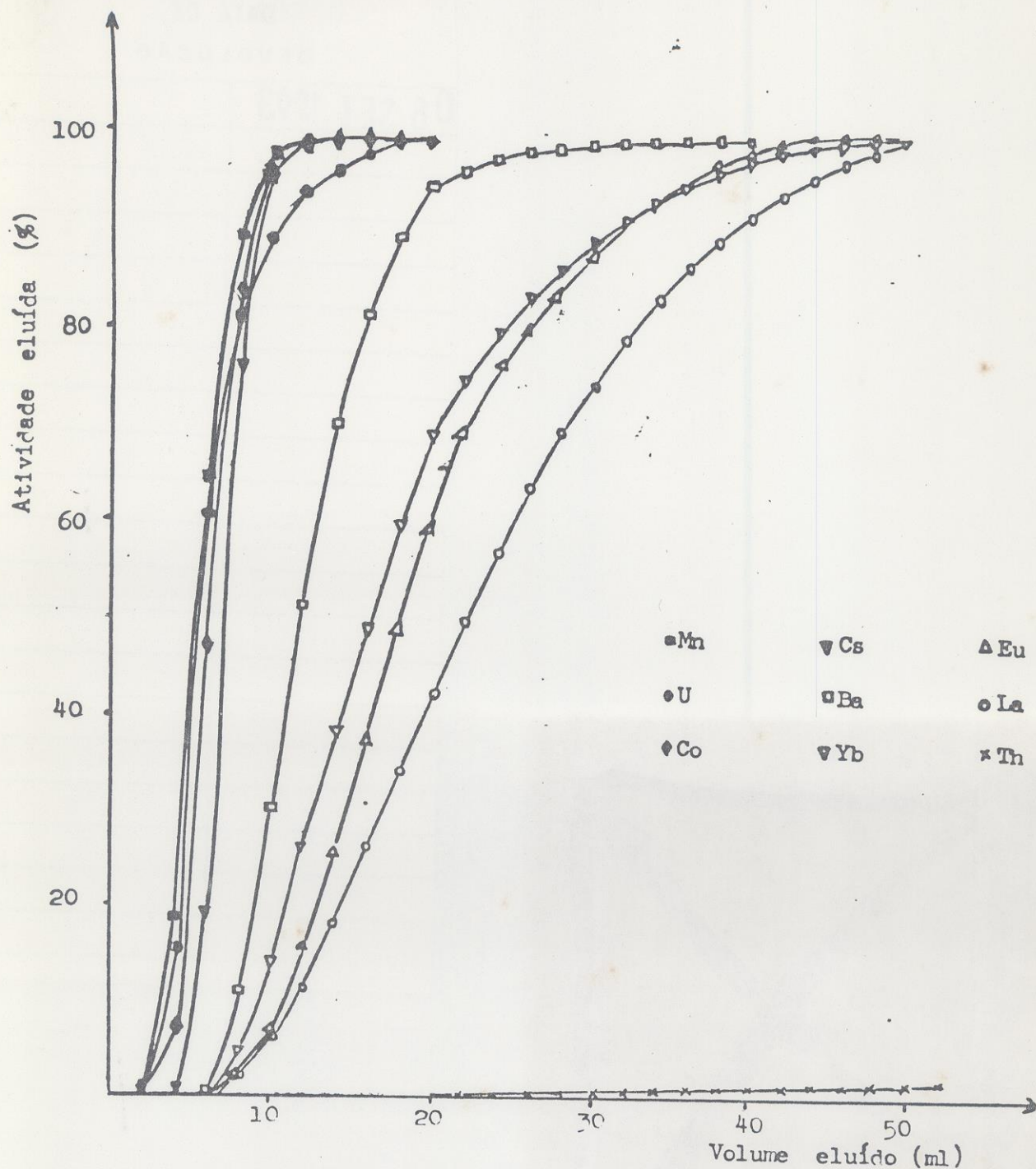


Figura II: Curvas de Eluição do Th, U, La, Eu, Yb, Ba, Co, Mn e Cs na Resina Saturada com Tório. $[\text{Th}]$ na solução: 0,5 mg/ml; $[\text{HCl}]$: 0,5M; Concentração dos demais elementos: 10 $\mu\text{g/ml}$; Vazão: 40 gotas por minuto.