

**DETERMINAÇÃO DE BISMUTO EM MATERIAL BIOLÓGICO,  
POR ATIVAÇÃO COM NEUTRONS**

*CÉLIA M. SILVA*

**PUBLICAÇÃO IEA N.º 245**  
Julho — 1971

**INSTITUTO DE ENERGIA ATÔMICA**  
Caixa Postal 11049 (Pinheiros)  
CIDADE UNIVERSITÁRIA "ARMANDO DE SALLES OLIVEIRA"  
SÃO PAULO — BRASIL

CNEN - DPCT  
R. Gen. Severiano, 90  
Rio, GB.

06.12.71

DETERMINAÇÃO DE BISMUTO EM MATERIAL BIOLÓGICO,  
POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS

Célia M. Silva

Divisão de Radioquímica  
Instituto de Energia Atômica  
São Paulo - Brasil

Publicação IEA Nº 245

Julho - 1971

Comissão Nacional de Energia Nuclear

Presidente: Prof.Dr. Hervásio Guimarães de Carvalho

Universidade de São Paulo

Reitor: Prof.Dr. Miguel Reale

Instituto de Energia Atômica

Diretor: Prof.Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

Conselho Técnico-Científico do IEA

Prof.Dr. José Moura Gonçalves	}	pela USP		
Prof.Dr. José Augusto Martins				
Prof.Dr. Rui Ribeiro Franco			}	pela CNEN
Prof.Dr. Theodoretto H.I. de Arruda Souto				

Divisões Didático-Científicas

Divisão de Física Nuclear -  
Chefe: Prof.Dr. José Goldenberg

Divisão de Radioquímica -  
Chefe: Prof.Dr. Fausto Walter de Lima

Divisão de Radiobiologia -  
Chefe: Prof.Dr. Rômulo Ribeiro Pieroni

Divisão de Metalurgia Nuclear -  
Chefe: Prof.Dr. Tharcísio D.S. Santos

Divisão de Engenharia Química -  
Chefe: Lic. Alcídio Abrão

Divisão de Engenharia Nuclear -  
Chefe: Engº Pedro Bento de Camargo

Divisão de Operação e Manutenção de Reatores -  
Chefe: Engº Azor Camargo Penteado Filho

Divisão de Física de Reatores -  
Chefe: Prof.Dr. Paulo Saraiva de Toledo

Divisão de Ensino e Formação -  
Chefe: Prof.Dr. Rui Ribeiro Franco

Divisão de Física do Estado Sólido -  
Chefe: Prof.Dr. Shigeeo Watanabe

DETERMINAÇÃO DE BISMUTO EM MATERIAL BIOLÓGICO,  
POR ATIVAÇÃO COM NÊUTRONS (\*)

Célia M. Silva

SUMÁRIO

Bismuto ao nível de partes por milhão foi determinado em amostras biológicas cuja massa era da ordem de alguns miligramas, por meio de ativação com nêutrons térmicos.

Após 32 horas de irradiação foi feita a separação radioquímica, e a atividade do Bi-210 foi medida em contador beta de baixo "background". O método empregado na separação foi o de troca isotópica. O Bi-210 foi incorporado ao amalgama de bismuto, e em seguida dele extraído com íons de cobre. As amostras foram levadas ao contador envolvidas em papel de celofane, o qual absorve os raios alfa do Po-210 formado por emissão beta do Bi-210.

Determinações foram feitas em cabelos e em gengiva obtendo-se valores de 1 a 3 partes por milhão.

INTRODUÇÃO

A determinação de bismuto ao nível de partes por milhão, quando feita por medida espectrofotométrica de absorção de compostos complexos com iodeto de potássio, tioureia<sup>(1)</sup> e outros reagentes<sup>(2,3)</sup>, ou espectrometria de absorção atômica<sup>(4)</sup>, exige quantidade de amostra contendo massa mínima de 0,5 micrograma daquele elemento.

Estes processos utilizam soluções previamente concentradas por meio de troca iônica e eluição ou extração com solventes, e têm sido empregados para determinar bismuto em ligas metálicas.

Yoakum et al.<sup>(5)</sup>, por espectrografia de emissão, detectaram até 0,002 ppm, após concentração por extração com ditizona em tetracloreto de carbono, partindo de 10 gramas de amostra. Os mesmos autores, por método polarográfico, obtiveram reprodutibilidade

(\*) A ser apresentado na XIII Reunión Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, a ser realizada de 4 a 10 de julho de 1971, em Curitiba - Paraná.

de de cerca de 20% para amostras contendo 1 ppm de bismuto.

No caso particular em que se dispõe de massa pequena de amostra, da ordem de miligramas, a determinação de elementos inorgânicos por ativação com nêutrons térmicos apresenta grande vantagem sobre os demais métodos. Esta técnica de análise permite ainda em alguns casos que, a amostra se conserve inalterada depois de ter sido submetida a análise.

Case et al. (6) fizeram a determinação simultânea de 17 elementos ao nível de traços, entre eles o bismuto, em amostras geológicas, por ativação com nêutrons durante 6 dias, e separação radioquímica.

O presente trabalho faz a determinação de bismuto ao nível de ppm, em amostras biológicas, por ativação com nêutrons térmicos e separação radioquímica. A contagem dos raios beta do bismuto-210 é feita em contador de baixo "background". Sendo a seção de choque do bismuto para nêutrons térmicos, muito baixa, 0,019 barn, (Tabela 1), e a meia vida do bismuto-210 de 5 dias, são necessárias 32 horas de irradiação.

Tabela 1

Radioisótopos formados pela irradiação de bismuto com nêutrons térmicos (\*)

Isótopo Estável	% Isotópica	Seção de Choque (barns)	Radioisótopo Formado	Meia-vida
83 Bi-209	100	0,019	83 Bi-210	5 d
83 Bi-209	100	0,014	83 Bi-210	2,6 x 10 <sup>6</sup> a

(\*) Os dados desta tabela foram tirados de. Dados nucleares de alguns radioisótopos úteis em espectrometria de raios gama e em análise por ativação, Laura T. Atalla, Informações IEA nº 10, Agosto 1968.

### SEPARAÇÃO RADIOQUÍMICA DO BISMUTO POR TROCA ISOTÓPICA

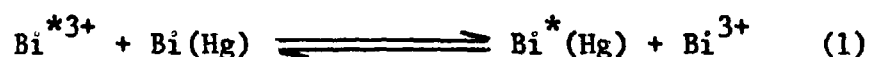
O procedimento da separação radioquímica foi estudado por recuperação de traçador radioativo adicionado a material biológico-

co.

O processo consta de várias fases:

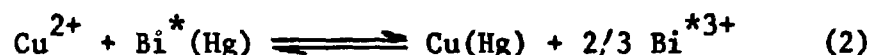
- 1) Solubilização da amostra por aquecimento com mistura de ácidos nítrico e sulfúrico;
- 2) Reação de troca isotópica, para incorporação do bismuto-210 ao amalgama de bismuto;

A solução aquosa ácida contendo o radioisótopo, por agitação com uma gota de amalgama, troca o elemento radioativo com o inativo. A equação pode ser representada como segue:



onde o asterisco indica o radioisótopo do bismuto.

- 3) Reação de troca isotópica por redução, para remoção do bismuto radioativo do amalgama, por agitação da gota de amalgama da fase anterior, com solução aquosa de nitrato de cobre (II), segundo a equação<sup>(9)</sup>:



- 4) Precipitação dos sulfetos de bismuto e cobre com tioacetamida;
- 5) Filtração do precipitado de sulfetos, e acondicionamento em suporte apropriado para contagem de raios beta.

As reações de troca isotópica que ocorrem nas fases 2 e 3, dependem de vários fatores essenciais para uma boa reprodutibilidade de resultados.

Segundo Monnier e Loepfe<sup>(9)</sup> uma solução contendo cátions  $\text{M}^{*+}$  (ver nota de rodapé), em contato com o amalgama do elemento

**NOTA:** Para simplificar indica-se o íon como sendo monovalente; o raciocínio é válido para íons de outras valências. O asterisco indica que se trata de um isótopo radioativo de M.

. 4 .

M, apresenta o equilíbrio:



Pela lei da ação das massas o equilíbrio pode ser representado como segue:

$$\frac{[M^*(Hg)] [M^+]}{[M(Hg)] [M^{*+}]} = K \quad (4)$$

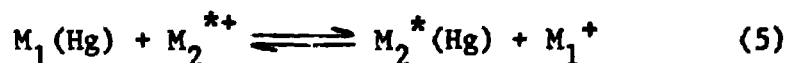
Esta relação indica que um aumento apreciável em  $[M(Hg)]$  em comparação com  $[M^{*+}]$  deslocará o equilíbrio representado em (3) para a direita, e os íons  $M^{*+}$  incorporar-se-ão ao amalgama.

A análise por ativação é aplicada normalmente na resolução de problemas onde as massas dos elementos a serem determinados são muito pequenas, e portanto é sempre possível ter-se a relação:

$$[M(Hg)] \gg [M^{*+}]$$

Outra condição para que o elemento traço se incorpore ao amalgama é o potencial de redução dos elementos.

Na reação entre o amalgama de um elemento  $M_1$  com solução aquosa contendo íons radioativos de outro elemento  $M_2$ , obtém-se o equilíbrio:



Este equilíbrio deslocar-se-á para a direita, se o potencial de redução do elemento  $M_2$  for maior que o do  $M_1$ , isto é:

$$E_o^2 > E_o^1$$

Se  $E_o^2 < E_o^1$ , o equilíbrio deslocar-se-á para a esquerda e os íons  $M_2^{*+}$  serão removidos do amalgama.

Conforme tabela 2, muitos elementos têm potencial de redução menor que o do bismuto e não se incorporam ao amalgama. Des

ta forma uma boa seletividade é conseguida na reação (3). Esta seletividade é aumentada fazendo-se uma extração do bismuto-210 do amalgama com uma solução contendo íons de cobre, cujo potencial de redução é pouco maior que o do bismuto, seguindo a reação (5) para o caso de  $E_{O}^2 < E_{O}^1$ . Os íons de cobre não extraem do amalgama os elementos de potencial de redução maior que o dele, que aí se incorporaram pela reação (3).

Tabela 2  
Potenciais de Redução(\*)

Semi-reação $M^{+n} + ne^{-} \rightleftharpoons M^0$ dos íons	Voltagem	Semi-reação $M^{+n} + ne^{-} \rightleftharpoons M^0$ dos íons	Voltagem
Alcalinos	De -3,03 a -2,92	Pb <sup>II</sup>	-0,13
Alcalino terrosos	De -2,90 a -2,37	Sb <sup>III</sup>	+0,21
Terras raras	De -2,47 a -2,08	As <sup>III</sup>	+0,23
Mn <sup>II</sup>	-1,19	Bi <sup>III</sup>	+0,32
Zn <sup>II</sup>	-0,76	Cu <sup>II</sup>	+0,32
Cr <sup>III</sup>	-0,74	Pd <sup>II</sup>	+0,62
Fe <sup>II</sup>	-0,44	Se <sup>IV</sup>	+0,74
Cd <sup>II</sup>	-0,40	Hg <sup>II</sup>	+0,79
Co <sup>II</sup>	-0,28	Ag <sup>I</sup>	+0,80
Ni <sup>II</sup>	-0,23	Po <sup>I</sup>	+0,80
Mo <sup>III</sup>	-0,20	Pt <sup>IV</sup>	+1,20
Sn <sup>II</sup>	-0,14	Au <sup>III</sup>	+1,45

(\*) Dados tirados de: G. Charlot, Selected Constants Oxido-Reduction Potentials, Pergamon Press, 1958 e de: Michel J. Sienko e R.A. Plane, Química, Editora da Universidade de São Paulo, 1967.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Reagentes e Material

Bismuto metálico p.a.

Ácido nítrico concentrado p.a.  $d = 1,40$



Ácido nítrico N

Nitrato de bismuto - solução em ácido nítrico N- 0,5 mg  
Bi/ml

Ácido sulfúrico concentrado p.a. 98%

Uréia - solução aquosa - 0,5 g/ml - recentemente prepara  
da

Hidróxido de amônio concentrado p.a. 28%

Brometo de amônio p.a.

Amalgama de bismuto-preparado por aquecimento de bismuto  
metálico com mercúrio metálico, sob solução de  
ácido nítrico N, na proporção de 1,4 de bismuto  
para 100 de mercúrio, e conservado sob ácido ní-  
trico 0,5N.

Nitrato de cobre - solução em ácido nítrico N - 25 mg  
Cu/ml

Tioacetamida - solução aquosa a 2% - recentemente prepa-  
rada

Álcool etílico p.a.

Éter etílico p.a.

Papel de alumínio

Aparêlho de vidro<sup>(8)</sup> para aquecimento a refluxo, constan-  
do de balão de 50 ml de capacidade, acoplado a  
condensador a refluxo semelhante ao tipo Friedri-  
chs, de cerca de 35 cm de comprimento, por meio  
de junta 24/40

Tubos para centrífuga de 50 ml de capacidade, com fundo  
redondo de 3 cm de diâmetro por 8 cm de compri-  
mento, possuindo boca esmerilhada, com tampa, de  
2 cm de diâmetro interno.

## Procedimento

### Acondicionamento de amostras e padrões para irradiação

Acondicionar as amostras e bismuto metálico padrão (cêrca de 5 mg) em papel de alumínio. Colocá-los lado a lado no interior de um tubo de alumínio apropriado para irradiações. Irradiar com nêutrons têrmicos durante 32 horas sob fluxo da ordem de  $10^{12}$  nêutrons/cm<sup>2</sup>.seg.

### Procedimento químico

#### 1. Solubilização de amostra e de padrão

Manusear o material irradiado cêrca de 15 horas após o término da irradiação.

Dissolver o bismuto metálico padrão com algumas gôtas de ácido nítrico concentrado e diluir a solução com ácido nítrico N. Fazer diluições de modo a obter solução da ordem de 0,1 µg de bismuto por ml.

Para um balão de 50 ml do aparêlho para aquecimento a refluxo transferir aliquota de 500 lambdas (cêrca de 0,05 µg de bismuto) da solução de bismuto metálico padrão ativado.

Para outros balões de 50 ml do mesmo aparêlho, transferir as amostras de material biológico irradiado.

A cada balão adicionar solução de nitrato de bismuto (200 µg de bismuto) e 4 ml de ácido nítrico concentrado. Aquecer a refluxo por 5 minutos, tempo suficiente para que o material se dissolva. Introduzir pela entrada lateral do condensador 1,5 ml de ácido sulfúrico concentrado e aquecer por 40 minutos.

#### 2. Reação de troca isotópica

Deixar o material solubilizado por digestão esfriar até temperatura ambiente e adicionar: 2 a 3 ml de água desionizada, 1 ml de solução de uréia e 5 ml de hidróxido de amônio concentrado.

Transferir a solução para tubo de centrífuga de 50 ml,

. 8 .

com água, até volume aproximado de 25 ml.

Adicionar 0,5 g de brometo de amônio e 50 µl de amalgama de bismuto. Tampar e agitar em agitador mecânico durante 30 minutos.

Centrifugar, retirar o sobrenadante, lavar a gôta de amalgama 5 vezes com porções de cerca de 20 ml de água desionizada.

### 3. Remoção do bismuto-210 do amalgama

Transferir a gôta de amalgama para outro tubo de centrífuga.

Adicionar 0,5 ml da solução de nitrato de cobre, tampar e agitar por 5 minutos.

Centrifugar e transferir a solução de nitrato de cobre para tubo de fundo redondo de 50 ml de capacidade. Lavar a gôta de amalgama e o tubo, com água desionizada, juntando as águas de lavagem à solução de nitrato de cobre, até volume aproximado de 25 ml.

### 4. Precipitação dos sulfetos de cobre e de bismuto

À solução de nitrato de cobre adicionar 1 ml de ácido sulfúrico concentrado, e aquecer em banho de água quente. Acrescentar, gotejando, cerca de 5 ml de solução de tioacetamida. Homogeneizar a solução agitando com bastão de vidro e manter a quente durante 10 a 15 minutos.

### 5. Filtração, montagem e contagem do precipitado

Filtrar o precipitado de sulfetos através de pequeno papel de filtro, de poros finos, em aparelho de filtração a vácuo com funil tipo chaminé. Lavar com água, álcool etílico, éter etílico e secar no vácuo.

Montar o pequeno círculo de papel com o precipitado em suporte apropriado para contagem de raios beta, isolar o precipitado do ambiente por meio de papel de celofane.

Medir a atividade em contador beta, de baixo "background". Acompanhar a meia vida durante 5 dias.

### RESULTADOS

Este procedimento foi aplicado a algumas amostras biológicas obtendo-se valores entre 0,9 e 3,8 ppm (Tabela 3). A amostra que apresenta o teor de 321 ppm trata-se de feixe de cabelos que após 14 dias de contacto, com nitrato de bismuto (sólido), foi lavado por agitação com água desionizada 2 vezes e com água desionizada a cerca de 80°C 3 vezes; com álcool e com éter.

Tabela 3

Determinação de bismuto em algumas amostras biológicas

Amostra	Massa da amostra	ppm de bismuto
Gengiva	17,1 mg	0,9
Cabelos(*) nº 1	9,9 mg	3,8
Cabelos nº 2	8,3 mg	3,2
Cabelos nº 3	9,4 mg	3,1
Cabelos nº 4	12,2 mg	321,0

(\*) As amostras de cabelos provêm de:

nºs. 1 e 2: 2 crianças que haviam sido medicadas com compostos de bismuto 10 dias atrás;

nº 3: indivíduo que não ingeriu compostos de bismuto;

nº 4: foram artificialmente contaminados com sal de bismuto.

O método foi previamente testado com traçador radio -

ativo adicionado a cabelos. A tabela 4 apresenta os resultados de 5 determinações desta amostra, sendo a média obtida na recuperação do traçador adicionado de 61,2% com desvio padrão de 1,7 e desvio padrão relativo de 2,8%.

Tabela 4

Recuperação de Bi-210 adicionado a cabelos

Nº da determinação	% Bi-210 recuperado
1	61,6
2	59,6
3	62,10
4	59,3
5	63,4
Média	61,2±1,7 $\sigma_r=2,8\%$

Os valores mencionados na Tabela 4 foram obtidos pela adição de traçador com nível baixo de atividade, da ordem de dezenas de impulsos por minuto, correspondendo a massa de 0,05 µg de bismuto.

Inicialmente o processo foi estudado com traçador em níveis mais altos de atividade, superiores a 1000 impulsos por minuto e a recuperação obtida em 8 repetições feitas com 270 µg de bismuto em solução (Tabela 5), foi de 70,7% ± 1,7 e  $\sigma_r = 2,4\%$ .

A Tabela 5 mostra os resultados obtidos para recuperação do bismuto-210 em função da variação da massa do íon de bismuto em solução aquosa, na fase de troca isotópica.

A média da recuperação de bismuto-210 adicionado a várias matrizes encontra-se na tabela 6, tendo a reação de troca isotópica sido feita com 270 µg de bismuto na fase aquosa.

Tabela 5

Variacão da recuperao de Bi-210 em funo da massa de bismuto em soluço na fase de troca isotópica

$\mu\text{g Bi}$ em soluço	% Bi-210 recuperado	$\mu\text{g Bi}$ em soluço	% Bi-210 recuperado	Observaoes
15	73,6	485	69,1	A média entre 15 e 270 $\mu\text{g}$  de: $71,7 \pm 2,2$ $\sigma_r = 3,1\%$
30	72,9	560	68,3	
45	70,7	585	70,0	
60	74,3	685	64,3	
90	68,7	860	71,4	
270	70,7	960	62,3	
360	68,3	1030	65,1	A média entre 360 e 1030 $\mu\text{g}$  de: $67,3 \pm 3,2$ $\sigma_r = 4,8\%$
385	63,4	1060	43,9	
440	70,4	1180	67,3	
		1285	52,2	

Tabela 6

Recuperao de Bi-210 na presença de várias matrizes

N da determinao	Matriz	% Bi-210 recuperado
1	Carne fresca	67,1
2	Carne fresca	71,9
3	Papel de filtro	72,7
4	Papel de filtro	70,7
5	Cabelos	71,7
6	Cabelos	73,1
7	Papel de Alumínio	69,1
Média		$71,0 \pm 2,0$ $\sigma_r = 2,8\%$

A tabela 7 apresenta os resultados obtidos em função da variação do tempo de agitação para a extração do bismuto-210 do amalgama, pela solução de nitrato de cobre.

Tabela 7

Recuperação de Bi-210 adicionado em função do tempo de agitação para a extração do bismuto do amalgama com íons de cobre

Nº da Determinação	% de Recuperação	Tempo de Agitação (min)	Observações
1	70,4	15	Média: 69,7% ± 3,8 $\sigma_r = 5,5\%$
2	65,3	15	
3	75,6	15	
4	69,0	15	
5	68,1	15	
6	72,9	5	Média: 70,5% ± 1,7 $\sigma_r = 2,4\%$
7	68,1	5	
8	69,0	5	
9	70,8	5	
10	71,0	5	
11	71,1	5	
12	25,3	1	
13	20,3	1	

## DISCUSSÃO

Os gráficos de meia vida obtidos dos sulfetos de cobre e bismuto das amostras de gengiva e de cabelos apresentaram nas primeiras 100 horas, uma curva. Após este tempo, com o decaimento das impurezas, as quais não foram identificadas, passaram a acompanhar a reta do bismuto-210, de 120 horas de meia vida.

Foi verificado por meio de traçador radioativo de cobre que, 0,4% do cobre-64 adicionado era incorporado ao amalgama de

bismuto, e extraído junto com o bismuto-210 pela solução de nitrato de cobre.

Qureshi e Nagi<sup>(10)</sup> fizeram a extração de chumbo-212 de amalgama de chumbo com íons de chumbo e de cobre, e obtiveram rendimentos de 72 e 95% respectivamente. Com base nestes resultados não foi estudada a extração do bismuto-210 de amalgama de bismuto com íons deste elemento, mas apenas com íons de cobre, técnica esta que foi usada por Orbe et al.<sup>(11)</sup> com menos de 0,1% de contaminação de outros elementos.

Conforme as tabelas 4 e 5 a recuperação de bismuto-210 quando em níveis de atividade da ordem de 1000 impulsos por minuto, é mais alta do que a obtida para níveis da ordem de 10 impulsos por minuto.

Foi estudada a possibilidade de auto-absorção das partículas beta neste nível de baixa atividade, por precipitação do bismuto-210 nos sulfetos de cobre e bismuto. A recuperação do bismuto-210 para massas de 12,5 mg de cobre adicionada de 1 e de 4 mg de bismuto, foi de 100%.

Pode-se portanto admitir que, quando se trabalha com níveis tão baixos, estas perdas ocorram por absorção nas paredes dos frascos utilizados durante o procedimento químico. Por este motivo fez-se acompanhar o processamento da amostra em análise com o processamento de uma alíquota da solução padrão irradiada, de mesmo nível de atividade.

A tabela 6 apresenta resultados de amostras com traçador adicionado a várias matrizes, que sofreram processamento completo conforme a técnica descrita, sendo a recuperação de  $71,0\% \pm 2,0$ . Na tabela 5, a recuperação é de  $71,7\% \pm 2,2$  para traçador adicionado à solução na fase de troca isotópica, quando em presença de massas de bismuto entre 15 e 270  $\mu\text{g}$ . São portanto idênticos os resultados obtidos a partir de uma solução pura ou quando em presen



ça das matrizes mencionadas na tabela 6.

A reprodutibilidade do método, a qual pode ser examinada através do desvio padrão de várias determinações, mostra que todos os resultados apresentados, inclusive os da tabela 4, que foram obtidos com níveis baixos de atividade, apresentam desvio padrão relativo abaixo de 10%, sendo portanto boa a precisão do método.

A boa reprodutibilidade em processos de troca isotópica depende de condições de técnica analítica, que sejam estabelecidas e reproduzidas. Os resultados da tabela 5 mostram que, na fase de troca isotópica o rendimento é maior quando a reação é procedida com massa de bismuto inferior a 360  $\mu\text{g}$  na fase aquosa. A tabela 7 apresenta desvio padrão maior quando o tempo de agitação é de 15 minutos, embora as médias obtidas com 5 e com 15 minutos sejam bem próximas.

Outros fatores que influenciam a reação de troca isotópica, tais como pH da solução aquosa, presença de ânions, cátions, e gases dissolvidos na solução; relação entre volume da solução aquosa e do amalgama, não foram especificamente estudados neste trabalho. As condições utilizadas foram as mesmas empregadas por Silva e Lima<sup>(7,8)</sup> na separação de Hg-197 em mercúrio metálico.

Este método de determinação de bismuto ao nível de traços foi também aplicado a outros materiais como papéis de filtro e de alumínio, dando resultados da ordem de 1,2 ppm.

#### SUMMARY

Bismuth at level of parts per million, in biological samples of only few milligrams, was determined by activation analysis. Radiochemical separation was made after 32 hours of irradiation, and the activity of bismuth-210 was measured in a low background counting system. Isotopic amalgam exchange to extract bismuth-210 from aqueous solution and redox exchange with copper ions to reextract the radioisotope was used. Alpha rays of polonium-210 are not counted because the samples for counting were involved in cellophane paper. Results from 1 to 3 parts per million were obtained from samples of hair and gum.

#### RÉSUMÉ

On décrit une méthode pour la détermination de bismuth à l'aide de l'analyse par

activation, aux niveaux de parties par million, en échantillons biologiques. On irradie des échantillons pendant 32 heures. Après une séparation radiochimie on mesure l'activité du Bi-210 au compteur beta de bas niveaux. On effectue l'échange isotopique sur l'amalgame de bismuth et une reextraction du Bi-210 pour l'échange redox avec ions de cuivre. Les rayons alpha du polonium-210 sont absorbés par le papier de cellophane qui couvrent les échantillons. On a analysé des échantillons de cheveux et gencive. Les valeurs trouvés sont de 1 à 3 parties par million.

## REFERÊNCIAS

- (1) - Lisicki, N.M., and D.F. Boltz, "Ultraviolet spectrophotometric determination of bismuth by iodide and thiourea methods" Anal. Chem. 27, 1722 (1955).
- (2) - Yamamoto, K., and T. Nishio, "The bismuth chelate of flavonol-2'-sulphonic 2-(3-hydroxy-4-oxo-4H-1-benzopyran-2-yl) benzene sulphonic acid and its photometric application", Anal. Abstr. 19, 180, July (1970).
- (3) - Hargis, L.G., "A spectrophotometric reaction rate method for determination of bismuth using a "dimeric heteropolyolybdate", Anal. Chem. 41, 597 (1969).
- (4) - Headridge, J.B., and J. Richardson, "Determination of trace amounts of bismuth in ferrous alloys by solvent extraction followed by atomic absorption spectrophotometry", Analyst 95, 930-934 (1970).
- (5) - Yoakum, A.M., C. Feldmans, P.F. Thomason, "Determination of bismuth in molten-salt reactor program", ORNL 4449, pg. 96, Feb 1970.
- (6) - Case, D.R., J.C. Laul, M.A. Wechter, F. Schmidt - Bleck and M.E. Lipschutz, "Simultaneous measurement of seventeen trace elements in eight geochemical standards: a novel adaptation of neutron activation analysis", Modern Trends in Activation Analysis, 1969, pg. 409.
- (7) - Silva, Célia Machado "Determinação de traços de mercúrio em vegetais por meio de análise por ativação", Dissertação de mestrado apresentada a EPUSP-1970.

- (8) - Silva, C.M. and F.W. Lima, - "Determinação de traços de mer\_ cúrio em tomates e produtos industrializados de tomate", Re\_ vista Brasileira de Tecnologia, Vol.1, nº 2, dezembro de 1970.
- (9) - Monnier, D. et E. Loepfe, "Activation d'isotopes a courte periode. Separation très rapide par échange sur le mercu- re", Anal. Chim. - Anal. Chim. Acta., 37, 339 (1967).
- (10) - Qureshi, I.H., and F.I. Nagi, "Radiochemical separation of lead by amalgam exchange", Talanta 14, 323 (1967).
- (11) - Orbe, F.E., I.H. Qureshi and W.W. Meinke, "Radiochemical se- paration of bismuth by amalgam exchange", Anal. Chem. 35, 1436 (1963).