

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE NAZAROFF PARA A DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE FILHOS DE RADÔNIO NO AR.

Nathalia dos Santos Oliveira e Nivaldo Carlos da Silva.
Laboratório de Poços de Caldas - LAPOC

INTRODUÇÃO

O radônio Rn-222 é gás nobre, emissor alfa, produto do decaimento do Ra-226. Possui uma meia vida de 3,8 dias e está presente no ar no interior das residências. A inalação deste radionuclídeo e de seus filhos responde por aproximadamente 50 % da dose de radiação natural a que população mundial está sujeita. Embora os maiores responsáveis pela dose sejam os filhos de radônio, a dosimetria deste radioisótopo é realizada, normalmente, através da medição da concentração de radônio e cálculo da concentração dos filhos utilizando o fator de equilíbrio. Uma vez que o fator de equilíbrio pode variar conforme o ambiente, o procedimento acima descrito pode levar a valores incorretos de doses. Com o objetivo de assegurar a correta dosimetria deste gás é proposta a utilização do procedimento de Nazaroff para dosimetria de filhos de radônio.

OBJETIVOS

Determinar a Concentração de Filhos de Radônio no ar utilizando o método de Nazaroff.

METODOLOGIA

Coleta e Preparação de Amostras.

Foram utilizados filtros que permitem a retenção de filhos de radônio, que foram amostrados por meio de uma bomba de ar calibrada a uma determinada vazão. Após certo tempo de bombeamento, o filtro é levado a um espectrômetro Alfa (Figura 1), para ser analisados em dois intervalos de tempo (t_x a t_1 e t_y a t_2) com uma pausa entre as análises.



Figura 1 – Filtro de ar e espectrômetro alfa

Modelo Físico-Matemático.

$$\begin{aligned} \frac{dA_{11}}{dt} &= V_z C_1 - \lambda_1 A_{11} \\ \frac{dA_{21}}{dt} &= V_z C_2 - \lambda_2 (A_{11} - A_{21}) \\ \frac{dA_{31}}{dt} &= V_z C_3 - \lambda_3 (A_{21} - A_{31}) \end{aligned} \quad \text{Eq. (I)}$$

O aumento na atividade de filhos de radônio no filtro de ar durante o processo de acúmulo é descrito pela Equação 1. Onde: A_{11} , A_{21} , A_{31} = Atividades de Po-218, Pb-214 e Bi-214, respectivamente, no filtro de ar durante o processo de Acúmulo; λ_1 , λ_2 e λ_3 = Constantes de decaimento do Po-218, Pb-214 e Bi-214, respectivamente; C_1 , C_2 , C_3 = Concentrações no ar de Po-218, Pb-214, Bi-214, respectivamente; V_z = vazão da bomba de ar. Após o período de Acúmulo, a bomba de ar é desligada e inicia-se a etapa de redução da atividade de filhos de radônio no filtro de ar que é descrito pela Equação 2:

$$\begin{aligned} \frac{dA_{12}}{dt} &= -\lambda_1 A_{12} \quad \text{onde} \quad A_{12}(t_0) = A_{11}(t_0) \\ \frac{dA_{22}}{dt} &= \lambda_2 A_{12} - \lambda_2 A_{22} \quad \text{onde} \quad A_{22}(t_0) = A_{21}(t_0) \\ \frac{dA_{32}}{dt} &= \lambda_3 A_{22} - \lambda_3 A_{32} \quad \text{onde} \quad A_{32}(t_0) = A_{31}(t_0) \end{aligned} \quad \text{Eq. (II)}$$

Onde:

A_{12} , A_{22} , A_{32} = Atividades de Po-218, Pb-214 e Bi-214 no filtro de ar após o processo de acúmulo. Resolvendo a equação 2 obtém-se o gráfico apresentado na Figura 2.

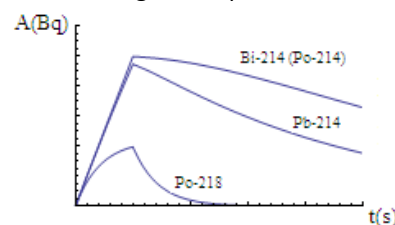


Figura 2 - Acúmulo e Decaimento dos Filhos de Radônio.

Após o processo de acúmulo o filtro de ar é imediatamente levado a um espectrômetro alfa onde são registradas as contagens em determinados intervalos de tempo (t_x - t_1 e t_y - t_2) nas regiões onde são formados os picos referentes ao Po-218 e Po-214 (que possui a mesma atividade do Bi-214), conforme apresentado na Figura 3.

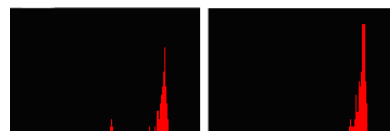


Figura 3 - Espectros obtidos nas análises das amostras.

A contagem corrigida na região de interesse é dada por:

$$N = \int_{t=t_x}^{t=t_1} A \gamma \epsilon dt \quad \text{Eq. (III)}$$

Onde: γ - rendimento de emissão alfa; ε - eficiência de detecção do espectrômetro alfa (Bq/cps). Resolvendo a equação anterior obtém-se um sistema de equações lineares dado por:

$$N = (HC)V_z \varepsilon \quad \text{Eq. (IV)}$$

Sendo C um vetor de três elementos (C_1, C_2, C_3) onde cada termo se refere aos primeiros filhos de radônio (Po-218, Pb-214 e Bi-214). A matriz 3x3 H é obtida através da resolução das equações diferenciais referentes à atividade dos filhos de radônio durante e depois da amostragem. O resultado é então integrado em um determinado intervalo de tempo como mostra a Figura 4.

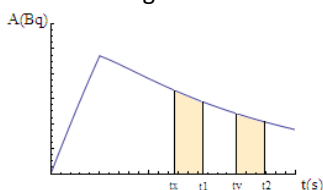


Figura 4 - Intervalos de integração da atividade de filhos de radônio

A equação anterior pode ser invertida para produzir:

$$C = KN/V_z \varepsilon \quad \text{Eq. (V)}$$

Onde: $K = H^{-1}$. A contagem corrigida N é obtida através dos seguintes cálculos:

$$N_1 = d_1 - \theta d_2; N_2 = d_2 (1 + \theta); N_3 = d_3 (1 + \theta) \quad \text{Eq. (VI)}$$

Sendo d_1, d_2, d_3 e d_4 , os valores das contagens de Po-214 e Po-218 analisados por espectrometria alfa:

- d_1 e d_2 = contagens de Po-218 e Po-214, respectivamente, no primeiro intervalo.

- d_3 e d_4 = contagens de Po-214 e Po-218, respectivamente, no segundo intervalo.

θ (Fator de sobreposição de energia) é obtido por:

$$\theta = \frac{d_4 - s d_1}{d_3 - s d_2} \quad \text{Eq. (VII)}$$

Este valor depende de s (razão entre a contagem de Po-218 no primeiro intervalo e a contagem de Po-218 no segundo intervalo) que se obtém por:

$$s = \frac{e^{-\lambda_1 t_y} - e^{-\lambda_1 t_2}}{e^{-\lambda_1 t_x} - e^{-\lambda_1 t_1}} \quad \text{Eq. (VIII)}$$

A calibração da bomba de ar é feita auxílio de um equipamento que mede o tempo que uma bolha leva para percorrer um determinado espaço. Tal equipamento é mostrado na figura 4.

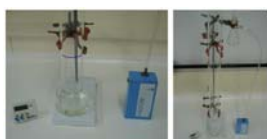


Figura 5 - Aparelho para Calibração da Bomba de Ar.

A eficiência do espectrômetro alfa foi determinada utilizando-se uma fonte com os seguintes radionuclídeos: Am-241, Pu-239, U-234 e U-238, analisada em espectrometria alfa e calculada pela equação:

$$ef = \frac{Cont}{t * A} \quad \text{Eq. (IX)}$$

Onde: ef = eficiência; Cont = contagem; t = tempo de análise; A = atividade.

Obs.: a atividade (A) é resultado da fórmula:

$$A = A_a * e^{(-0,693 t_d / t_{1/2})} \quad \text{Eq. (X)}$$

Onde: A_a = Atividade da amostra; t_d = tempo decorrido desde a fabricação da amostra; $t_{1/2}$ = meia vida do elemento analisado

RESULTADOS

Na Tabela 1 encontram-se os resultados da concentração de filhos de Radônio obtidos das análises de ar.

TABELA 1 – Resultados da concentração de filhos de radônio no ar.

Amostra	Data	Hora	Concentrações (Bq/m ³)		
			Po-218	Pb-214	Bi-214
1	26/4	8:00	31,88	26,80	15,74
2	26/4	8:15	39,98	34,33	25,28
3	26/4	8:45	35,21	23,48	23,13
4	26/4	9:10	31,14	23,55	19,30
5	26/4	9:30	34,96	20,24	20,70
6	28/3	8:45	22,62	13,35	14,32
7	28/3	9:00	26,60	22,22	22,85
8	28/3	9:40	27,21	16,90	15,07
9	29/3	9:10	24,29	20,78	18,17
10	29/3	10:00	22,87	13,79	13,43

CONCLUSÕES

Algumas conclusões práticas podem ser feitas a partir dos resultados preliminares deste estudo:

1) Ao coletar sucessivamente amostras de ar, pode-se verificar uma reprodutibilidade nos resultados adquiridos podendo-se admitir eficácia nos procedimentos executados.

2) Os valores encontrados variam consideravelmente nas análises feitas em dias diferentes, indicando a variação na concentração de filhos de radônio no ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]NAZAROFF, W. W. A Residential Radon Daughter Monitor based on Alpha Spectroscopy, Tese (Doutorado), Universidade da Califórnia – Lawrence Berkeley Laboratory, EUA, 1980.
 [2]NAZAROFF, W. W.; NERO, A.V.; REVZAN, K.L., Alpha Spectroscopic Techniques for Field Measurement of radon Daughters.

APOIO FINANCEIRO

FAPEMIG