

OTIMIZAÇÃO NA TÉCNICA DE DETECÇÃO DE RADÔNIO EM SOLOS POR MEIO DOS DETECTORES DE TRAÇOS: MINIMIZAÇÃO NA DETECÇÃO DO RADÔNIO-220 E AUMENTO DA EFICIÊNCIA DE DETECÇÃO

Recebido para publicação em 30/7/1984

MARCO ANTONIO PROENÇA V. DE MORAIS E MARÍLIA F. CESAR, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Comissão Nacional de Energia Nuclear.

ABSTRACT. *Improvements in the solid state nuclear track detectors technique for radon detection in soils: a negligible radon 220 (thoron) detection and a larger detection efficiency for radon 222.* An improved solid state nuclear track detector technique has been developed for the detection of ^{222}Rn with minimum interferences from ^{220}Rn , with a view to apply this technique for uranium prospection on the ground. Grammakov's unidimensional model for the radon diffusion in soils has been used to obtain the optimum dimension of the film holder tube in order to minimise the ^{220}Rn (Thoron) detection without significant loss in the ^{222}Rn detection. The present measurements show that a good thermal isolation between the film holder tube and the ground is important for the efficient radon detection.

RESUMO. A técnica para a detecção do radônio em solos, pelo seu decaimento por meio de partículas alfa, utilizando os filmes detectores de traços de estado sólido, foi otimizada de modo a minimizar a detecção de radônio-220 (torônio) além de conferir maior eficiência de detecção ao radônio-222. Utilizando o modelo unidimensional de Grammakov para a difusão do radônio, fez-se uma previsão teórica da relação entre o comprimento dos tubos porta-filmes e a quantidade de gás difundida, estabelecendo-se desta forma, as melhores dimensões destes tubos para minimizar a detecção do radônio-220 sem a perda acentuada na detecção do radônio-222. Medidas experimentais mostraram que um melhor isolamento entre os tubos porta-filmes e a superfície terrestre provoca um aumento na eficiência da detecção do radônio.

INTRODUÇÃO

O radônio é um gás inerte, constituído por três isótopos principais, com números de massa 222, 220 e 219, que se formam, respectivamente, nas séries naturais do urânio-238, tório-232 e urânio-235 e decaem pela emissão de partículas alfa (10).

A detecção deste gás pode ser diretamente relacionada a três aplicações distintas: prospecção de urânio/tório; dosimetria pela monitoração do gás em minas de urânio/tório; predições de terremotos (1, 3, 5, 6).

Tendo por finalidade a prospecção de urânio, a detecção deste gás na superfície terrestre pode ser feita por diversos métodos, baseados na detecção de partícula alfa emitida no seu decaimento (7,10).

Ultimamente tem sido muito utilizado o método dos detectores de traços de estado sólido para este fim, devido às muitas vantagens que ele propicia (2, 5, 9). Uma das desvantagens da aplicação deste método é que ele não consegue distinguir entre os sinais provenientes do radônio 222 e do radônio 220, estes últimos geralmente indesejáveis, quando na prospecção do urânio.

Neste trabalho será descrito um procedimento para minimizar a detecção do radônio 220, utilizando os resultados teóricos da aplicação de um modelo de difusão de gases para o radônio, e para conferir maior eficiência de detecção de radônio (resultados experimentais), utilizando a técnica de detecção de radônio em solos por meio dos detectores de traços.

O MÉTODO

O método para a detecção do radônio em solos, por meio dos detectores de traços, tem sido descrito e aplicado por diversos autores (2, 4, 5, 9). Basicamente consiste em se colocar em buracos previamente abertos na superfície terrestre copos invertidos, contendo filmes detectores de traços (filmes especiais, sensíveis às partículas alfa e insensíveis à luz, radiação gama, beta, elétrons (4)), permanecendo assim durante algumas semanas, permitindo que o gás acumulado dentro dos copos decaia, impressionando os filmes. Após o tratamento químico dispensado a estes filmes para tornar os traços (formados pela passagem das

partículas alfa no filme) visíveis em microscópio óptico comum, faz-se a contagem dos filmes, representando-a por número de traços por unidade de área (traços/cm²).

Quando vistos no microscópio, os traços produzidos pelo decaimento do radônio 222 e do radônio 220 são indistinguíveis, porém, aproveitando-se da propriedade física de que a meia-vida do radônio 220 é muito menor que a do radônio 222, e que, portanto, o seu caminho livre médio de difusão nos diversos meios também o é, conforme indicado na Tabela I, pode-se minimizar a detecção do mesmo (1, 11).

Um outro problema que foi observado quando da aplicação do método em medidas de campo (9) foi a presença de gotas de água sobre a superfície dos filmes devido à evaporação e condensação da umidade dos solos, fator este que diminui a eficiência de detecção.

Tabela I

Meio	λ (cm)			D* (cm ² /s)
	Rn-222	Rn-220	Rn-219	
Ar	220	2,85	0,75	10 ⁻¹
Solo poroso	155	2,00	0,53	5 . 10 ⁻²
Água	2,2	0,03	0,008	10 ⁻⁵
Solo poroso Saturado	1,55	0,02	5,3 . 10 ⁻³	5 . 10 ⁻⁶
Vida média	5,5d	80s	5,7 s	

* considerado constante.

$\lambda = (D \cdot \tau)^{0,5}$ com caminho livre médio.

D = coeficiente de difusão.

τ = vida média do gás.

OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO

Comparativamente ao método descrito anteriormente, a técnica usada para a otimização do método consistiu em se aumentar a altura dos copos que contêm os detectores, de modo a não permitir que os sinais do radônio-220 cheguem até os filmes, sem diminuir significativamente os sinais provenientes do radônio 222. Utilizou-se um copo com

30cm de altura de plástico PVC tendo sido mantido o mesmo diâmetro de 5,4cm (anteriormente os copos eram de vidro com 9cm de altura e 5,4cm de diâmetro (9)). Estes copos, em vez de serem colocados diretamente nos buracos feitos no solo, foram colocados dentro de um outro tubo plástico PVC, que acompanha as paredes dos buracos, protegendo os mesmos de eventuais desmoronamentos, possuindo 90cm de altura. Completando o vazio do tubo, foi colocada uma espessura igual a 60cm de isopor, com a finalidade de isolar termicamente os copos da superfície, minimizando os efeitos das condições climáticas, conforme Fig. 1.

Este isolamento térmico serve para evitar que a temperatura do detector caia abaixo do *dew-point*, não permitindo assim a formação de gotas de água sobre os filmes (8).

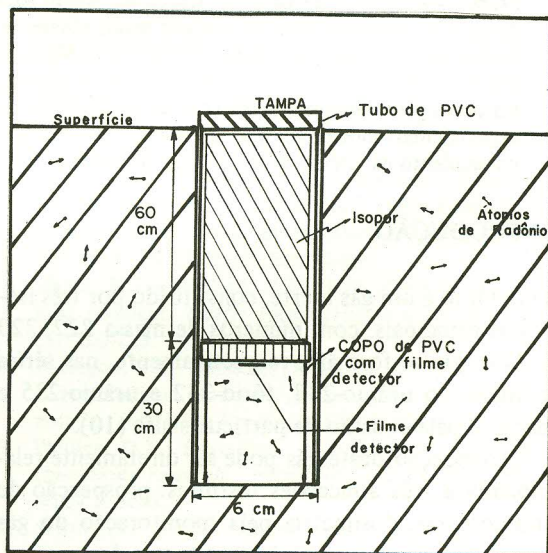


Figura 1. Esquema da colocação dos tubos com os filmes detectores em medidas de campo. A utilização de tubos mais longos e do isopor permitem a minimização de detecção do radônio 220 e o aumento na detecção do radônio-222.

RESULTADOS

Diversos buracos foram abertos em terreno do IPEN-CNEN/SP, onde foram colocados os copos contendo os filmes detectores de traços, permanecendo em exposição por diversos intervalos de tempo, compreendidos entre 10 e 34 dias (O tipo de filme utilizado foi o LR-115 tipo 2 de nitrato

de celulose fabricado pela Kodak-Pathé, França). Utilizou-se tanto copos de vidro como de plástico PVC para se poder fazer uma comparação entre os dois. Após estes tempos os filmes foram retirados e revelados numa solução de NaOH (10% em massa) em água desionizada, a uma temperatura de $(60 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$, com agitação da solução, durante 120 minutos (9).

A densidade de traços para cada um dos filmes foi obtida em microscópio ótico, utilizando um aumento de 140 x, e os dados se encontram no Gráfico 1.

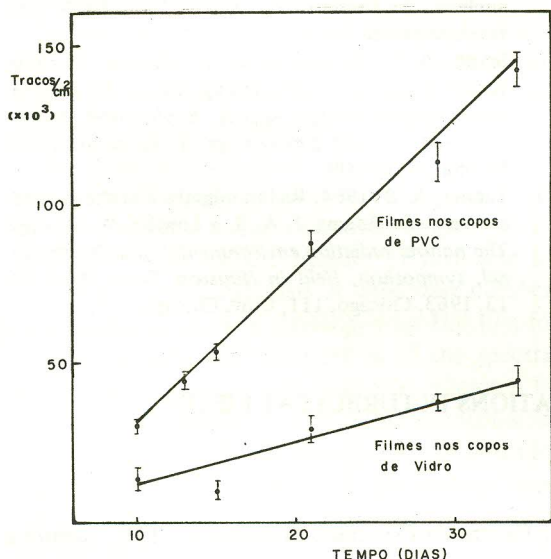


Gráfico 1. Obteve-se uma maior eficiência de detecção do radônio 222 nos filmes colocados nos copos de PVC, provavelmente pela não existência de gotas d'água na superfície dos filmes, observadas nos copos de vidro.

Obteve-se uma maior eficiência de detecção de radônio nos filmes colocados nos copos de PVC, provavelmente pela não formação das gotas de água na superfície dos filmes, fato este observado nos copos de PVC e não observado nos copos de vidro.

Quanto à minimização da detecção do radônio-220, somente considerações teóricas foram feitas. Utilizando o modelo unidimensional de Grammakov (1936) (1), assumindo somente processos de difusão para a migração dos gases dentro dos copos, temos:

$$C_z = C_0 \exp(-Z \lambda / D) = C_0 \exp(-Z / \rho),$$

de modo que C_z representa a concentração do gás após ter percorrido uma distância Z da fonte produtora, onde C_0 é a concentração inicial, λ é a constante de decaimento do gás e D o coeficiente de difusão do gás no meio.

A Tabela II abaixo mostra as concentrações esperadas dos dois gases nos dois tipos de copos utilizados.

Tabela II

	Copos de vidro		Copos PVC	
	Rn 220	Rn 222	Rn 220	Rn 222
Espessura de ar p/a difusão				
Z (cm)	6,5	7,0	27,5	28,0
λ (cm)	2,85	220	2,85	220
C_z (% C_0)	10,22	96,87	$64,5 \cdot 10^{-4}$	88,05

Os copos possuem um "volume sensível" representado pela região sensível dos mesmos, da qual partículas alfa provenientes do radônio e filhos podem alcançar os filmes e produzirem traços. Para o caso do radônio 222 esta região está aproximadamente a 2cm de distância do filmes, enquanto que para o radônio 220 esta distância é próxima de 2,5 cm (9).

Assim, a variação para a detecção de cada um dos isótopos pelos dois métodos, ou seja, a razão de perda de detecção do radônio entre o novo método (copos de PVC) e o antigo (copos de vidro), foi de:

$$\text{Rn 222 } \frac{0,88}{0,97} \sim 10\% \text{ e } \text{Rn 220 } \frac{64,5 \cdot 10^{-4}}{10,22} \sim 99,9\%$$

CONCLUSÕES

As variações introduzidas no método de detecção de radônio em solos por meio dos filmes detectores de traços acrescentaram melhoras significativas em três aspectos da técnica:

* diminuiu-se significativamente a contribuição dos sinais provenientes do radônio 220, sem a interferência considerável aos sinais provenientes do radônio 222;

- * minimizou-se a formação de gotas de água sobre a superfície dos filmes assegurando, portanto, maior eficiência ao método;
- * assegurou-se um melhor isolamento físico e térmico dos detectores em relação à superfície evitando-se, assim, as influências das condições climáticas superficiais.

REFERÊNCIAS

1. Fleischer, R. L. e Mogrocampero, A. 1978 Mapping of integrated radon emanation for detection of long distance migration of gases within the earth techniques and principles. *J. Geophysic Res.*, 83(87): 3539-3548.
2. Fleischer, R. L., Hart Jr., H. R. e Mogrocampero, A. 1980 Radon emanation over an ore body. Search for long distance transport of radon. *Nucl. Instr. Meth.*, 173:169-81.
3. Fleischer, R. L., Giard Jr., Mogrocampero, A., Turner, L. G., Alteritw e Gingrich, J. E. 1980. Dosimetry of environmental radon methods and theory for low dose integrated measurements. *Health Physics*, 39:957-962.
4. Fleischer, R. L., Price, P. B., Walker, R. M. 1975. *Nuclear tracks in solids-principle and applications*. Berkeley, Calif. University of California.
5. Gingrich, J. E. e Fisher, J. C. 1976. Uranium exploration using the track etch method. In International Atomic Energy Agency. *Exploration for uranium ore deposits*, Proceedings of a symposium held in Vienna, 29 march 2 april 1976, pag. 213-25.
6. King, C. Y. 1978. Radon emanation on San Andrea Fault. *Nature*, 271:516-519.
7. Miller, J. M., Ostle, D. 1973. Radon measurement in uranium prospecting. In: International Atomic Energy Agency. *Uranium exploration methods proceeding*. Panel held in Vienna, 10-14 April 1972, Vienna.
8. Monnin, M. Personnel communication.
9. Moraes, M. A. P. V. 1982. Detecção de radônio em solos por meio da técnica dos detectores de traços nucleares de estado sólido. Master Thesis IPEN. Universidade de São Paulo.
10. Smith, A. Y., Barreto, P. M. C., Pournis, C. 1976. Radon methods in uranium exploration. In: International Atomic Energy Agency. *Exploration for uranium ore deposits, proceedings*. Symposium held in Vienna, p. 185-209.
11. Tanner, A. B. 1964. Radon migration in the ground: a review. In Adams, J. A. S. e Lowder, W. M. orgs. *The natural radiation environmental: first international, symposium. Held in Houston*. Texas, April 10-13, 1963. Chicago, 111, Univ. Chicago.

THE STRUCTURE OF CONCENTRATION FLUCTUATIONS IN TURBULENT FIELD*

Recebido para publicação em 31/7/1984.

S. R. PATEL, Departamento de Ciências Atmosféricas, Centro de Ciências e Tecnologia/UFPb, Campina Grande, Pb.

RESUMO. A estrutura das flutuações da concentração no campo turbulento. A estrutura das flutuações de concentração com reação química de primeira ordem é estudada neste artigo através de Hill. Em caso especial, a solução obtida neste artigo é reduzida para a solução obtida por Hill. No caso de mistura pura, e se a concentração é trocada por temperatura, os resultados obtidos são os mesmos dos que foram obtidos por Obukhov, Corrsin, Batchelor, e do modelo de Corrsin-Pao.

ABSTRACT. Following Hill's approach, the structure of concentration fluctuations with first order chemical reaction is studied in this note. In the limiting case the solution obtained here is reduced to the solution obtained by Hill. In the case of pure mixing and concentration replaced by temperature the results obtained are reduced to the results obtained by Oboukhov, Corrsin, Batchelor, Corrsin - Pao model.

INTRODUCTION

In the area of the air pollution meteorology, the complexities of turbulence have long being revealed,

but are far from being completely understood. The difficulties are mainly due to its randomness, nonlinearity, and inherent three dimensionality.

Very recently it has been recognised that neglecting concentration fluctuations, in atmospheric photochemical reactions, is a source of serious error (6). Thus the added complexity of chemical reaction in turbulent flow, the problem of air pollution modeling becomes even more intractable.

* This work was supported by the conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brazil, and the author is pleased to acknowledge this support.