

UM MÉTODO ALTERNATIVO PARA CONTAGEM DE TRAÇOS EM DETECTORES SÓLIDOS DE TRAÇOS NUCLEARES

Simone Alberigi, Brigitte Roxana Soreanu Pecequilo e Marcia Pires de Campos.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN / CNEN - SP)
Av. Professor Lineu Prestes, 2242
05508-000 São Paulo, SP
salberi@ipen.br

RESUMO

Para simplificar e agilizar o procedimento de leitura manual de Detectores Sólidos de Traços Nucleares (SSNTD) expostos a altas concentrações de radônio e torônio, apresentamos um “Fator de leitura de traços”, F_T , relacionado com a densidade e a distribuição dos traços no detector. O método supõe que os traços se distribuem de maneira uniforme no detector e permite a contagem de somente três faixas centrais do detector. Para nosso experimento foi obtido um fator F_T igual a $91,55 \pm 6,67$, determinado como a razão entre a densidade média total dos traços e a densidade média das três faixas para 5 detectores. O procedimento foi validado irradiando um conjunto de 5 detectores numa concentração conhecida de ^{222}Rn e calculando a atividade da fonte usando o fator de traços F_T . O resultado obtido apresenta um desvio normalizado de -0,7 em relação ao “valor verdadeiro”.

1. INTRODUÇÃO

Detectores Sólidos de Traços Nucleares (SSNTD - Solid State Nuclear Tracks Detectors), são materiais com capacidade de registrar danos causados por radiações nucleares de partículas pesadas (alfa, prótons e fragmentos de fissão) [1] e, devido a sua simplicidade e baixo custo, são amplamente utilizados nos mais diversos campos da ciência e tecnologia. Os danos produzidos pela passagem de uma partícula carregada pesada no material plástico, chamados de traços latentes, apresentam dimensões da ordem de $50 \sim 100 \text{ \AA}$. Contudo, com tratamento químico adequado, os traços são ampliados tornando-se visíveis em microscópio óptico comum.

Quando se trabalha com detectores de traços, uma das maiores dificuldades encontradas na determinação das concentrações é a leitura dos traços e quantificação dos mesmos. A leitura dos traços em geral pode ser feita de duas formas: de maneira visual e manual ou utilizando câmara de faíscas [2]. Também, em muitos casos, vários pesquisadores [3] preferem adotar algum tipo de software capaz de contar os traços automaticamente, por meio de programação prévia, desde que sejam definidos parâmetros iniciais, como, por exemplo, tonalidade dos traços; porém, quando o detector apresenta uma grande quantidade de traços, a utilização desse sistema torna-se complicada.

No Laboratório de Radiometria Ambiental do Centro de Metrologia das Radiações do IPEN, detectores de traços são utilizados na técnica de detecção passiva em dosimetria ambiental, para determinação de ^{222}Rn e ^{220}Rn no ar. O detector de traços utilizado é o Makrofol E, fabricado pela empresa alemã Bayer. Para medidas ambientais, os detectores de 1cm^2 são colocados no interior de uma câmara de difusão KFK, que é exposta por um período médio de três meses.

Em trabalhos realizados em ambiente de termas e de cavernas, os resultados obtidos apresentaram altos níveis para concentrações de radônio. Um estudo realizado nas Termas de Araxá entre 2000 e 2002, resultou em concentrações entre 200 Bq.m⁻³ e 1600 Bq.m⁻³ [4].

Atualmente, um trabalho semelhante, iniciado em outubro de 2003, está em andamento em algumas cavernas do Parque Estadual do Alto Ribeira (PETAR), localizado no sul do estado de São Paulo. Os detectores estão distribuídos em onze pontos de medida em seis das cavernas que recebem o maior número de visitantes. Para uma melhor análise estatística dos resultados, em cada ponto de medida foram colocadas três câmaras de difusão KFK contendo um detector cada. O tempo de exposição é de três meses, obedecendo as estações do ano, para avaliar possíveis efeitos de sazonalidade. Os resultados para concentração de radônio até o presente momento apresentam valores entre 500 Bq.m⁻³ e 6000 Bq.m⁻³ [5].

Assim, com os elevados níveis de radônio obtidos nestes ambientes e o grande número de detectores expostos, torna-se necessário buscar um método para simplificação da determinação de densidade de traços, uma vez que, uma leitura completa de um único detector leva em média mais de um dia, e a mesma deve ser repetida no mínimo três vezes resultando em um valor médio, para minimizar o erro de leitura do operador.

2. METODOLOGIA E RESULTADOS

2.1 Procedimento para determinação do fator de leitura de traços F_T

Analisando vários detectores e fazendo a contagem dos traços, observou-se que, de uma maneira geral, os traços distribuem-se homogeneamente em toda a superfície do detector. Supôs-se então existir uma relação entre essa densidade homogênea total de traços no detector e a quantidade de traços medida em regiões aleatórias do detector. Uma vez determinada a relação, esta poderia ser aplicada nos procedimentos de leitura de traços, simplificando e agilizando a leitura dos detectores.

Para a determinação desta relação, que posteriormente foi chamada de “fator de leitura de traços” F_T , foi feita a contagem dos traços na superfície de 1 cm² em 5 detectores de traços Makrofol E, que foram expostos a concentrações conhecidas de ²²²Rn, obtendo-se assim a densidade total de traços. Em seguida foram escolhidas para cada detector três faixas de regiões centrais (para garantir que a área de leitura apresentasse somente traços, evitando as bordas do detector) e foi realizada a contagem de traços nestas regiões. A contagem das faixas resultou em um valor médio de traços na região central. Com o resultado de densidade total de traços nos detectores e os valores médios obtidos nas regiões centrais dos mesmos, foi possível determinar F_T por meio da equação 1.

$$F_T = \frac{D}{n_T} \quad (1)$$

onde:

F_T = fator de leitura de traços;

D = densidade total de traços no detector (tr.cm⁻²);

n_T = quantidade de traços por faixa.

Com este fator é possível determinar a densidade de traços nos detectores, calculando o valor médio obtido da leitura de somente três faixas centrais e multiplicando este valor por F_T , reduzindo significativamente o tempo de contagem de traços nos detectores.

2.2. Procedimento Experimental

Cinco detectores idênticos aos usados em campo foram expostos durante 3 dias a uma concentração conhecida de ^{222}Rn , utilizando-se uma câmara de calibração Pylon Model RN-150, composta por uma fonte sólida de ^{226}Ra que produz concentrações de ^{222}Rn de $15,2 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ [6].

Após a exposição, os detectores sofreram ataque químico com a solução PEW_{40} (15% de hidróxido de potássio, 40% de álcool etílico e 45% de água), em banho-maria a 70°C durante 2 horas, para ampliação dos traços [7].

Uma vez revelados, os detectores foram observados num microscópio óptico ZEISS modelo Axiolab para luz transmitida ligado a uma câmara de vídeo marca JVC TK-600U e acoplado a um microcomputador PENTIUM MMX 233 de 32MB de memória RAM. A visualização dos traços na tela do microcomputador é feita por meio do “software” KS100 versão 3.0 da ZEISS [8].

Para cada detector foi determinado um “fator de leitura de traços”, F_T , usando o procedimento descrito no item 2.1 (equação 1). A partir destes resultados obtivemos o valor médio e respectivo desvio padrão para o “fator de leitura de traços” de $91,55 \pm 6,67$.

2.3 Validação do procedimento para determinação do fator de leitura de traços

O procedimento foi validado usando-se o fator de leitura de traços determinado no item 2.2 para determinar uma atividade conhecida de radônio. Assim, um conjunto de 5 detectores foi exposto durante 3 dias à uma concentração conhecida ($15,2 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$) de ^{222}Rn proveniente da câmara de calibração Pylon Model RN-150, e a densidade de traços foi determinada realizando a leitura de 3 faixas centrais e multiplicando pelo fator de leitura de traços de 91,55. A concentração de radônio foi determinada [9] utilizando a equação 2.

$$C_{\text{Rn}} = \frac{D}{k \cdot t} \quad (2)$$

onde:

C_{Rn} = concentração de radônio ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$);

D = densidade de traços ($\text{tr}\cdot\text{cm}^{-2}$), determinada por meio da equação 1;

k = fator de conversão de densidade de traços para concentração de radônio ($\text{tr}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$);

t = tempo de exposição em dias (d).

O fator de calibração utilizado é $k = 0,029 \pm 0,007 \text{ tr}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{Bq}^{-1}\cdot\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$, determinado em trabalhos anteriores. Este resultado apresenta concordância com resultados encontrados na literatura [9].

A tabela 1 apresenta o valor médio e desvio padrão para a concentração de ^{222}Rn calculados para o conjunto de cinco detectores comparado com a concentração de ^{222}Rn da fonte calibrada.

Tabela 1. Avaliação da concentração calculada de radônio em detectores sólidos de traços nucleares em relação à concentração de radônio da fonte calibrada de ^{226}Ra .

Concentração calculada de ^{222}Rn (kBq.m ⁻³)	Concentração de ^{222}Rn da fonte calibrada de ^{226}Ra (kBq.m ⁻³)	Desvio normalizado D $D = \frac{(14,9 - 15,2)}{\frac{0,7}{\sqrt{3}}}$
14,9 ± 2,6	15,2 ± 0,7	- 0,7

3. CONCLUSÃO

O cálculo do desvio normalizado foi realizado segundo metodologia adotada pelo Programa Nacional de Intercomparação de Resultados de Análise, coordenado pelo Instituto de Radioproteção e Dosimetria do Rio de Janeiro (PNI-IRD/RJ), [10], comparando o valor médio das 5 irradiações realizadas com o valor da fonte calibrada, considerado como “valor verdadeiro”. Nesta metodologia, o valor experimental mostra bom desempenho analítico, se “D” < 2 e quanto mais próximo de **zero**, melhor o desempenho.

O valor de -0.7 confirma que a metodologia proposta para determinar a densidade de traços em detectores sólidos de traços nucleares expostos a altas concentrações de radônio e/ou torônio a partir da determinação prévia de um “fator de leitura de traços”, F_T e posterior leitura de 3 faixas centrais de cada detector é válida e pode ser utilizada como um método simples e relativamente rápido.

O método alternativo proposto é utilizado atualmente para a determinação de radônio e torônio em cavernas [5, 11].

AGRADECIMENTOS

Um dos autores (S. Alberigi) agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

1. Enge, W, “Introduction to plastic nuclear track detectors”, *Nuclear Tracks*, Vol. 4 nº 4, pp.283-308 (1980).

2. Sannappa, J, Chandrashekara, M,S, Sathish, L,A, Paramesh, L, Venkataramaiah, P, “Study of background radiation dose in Mysore city, Karnataka State, India”, *Radiation Measurements*, **Vol. 37**, pp. 55-65 (2003).
3. Da Silva, A,A,R, “Radônio e filhos em residências”, Tese de Doutorado, IFUSP, São Paulo (2005).
4. Campos, M, P, “Assessment of radon exposure at Termas de Araxá spa, Brazil using Makrofol E detectors”, International Conference On Radioativity In The Environment, Monaco, pp. 193-196 (2002).
5. Alberigi, S, Pecequilo, B, R, S, Campos, M, P, “Radon concentration in caves of Parque Estadual do Alto Ribeira (PETAR), SP, Brazil: Preliminary results”, *International Congress Series*, **1276**, pp. 403-404 (2005).
6. Pylon Eletronics Incorporation, Pylon Model RN-150, Calibration Radon Gas Source, **Instruction Manual** (1992).
7. Cesar, M F, Franco, M A R, “Some studies on the registration of particles on Makrofol E”, *Nuclear Tracks*, **Vol. 12 n° 1-6**, pp. 193-196 (1986).
8. ZEISS, C. **KS 100 Imaging System Release 3.0**, 1997.
9. Eappen, K P, Mayya, Y S, “Calibration factors for LR-115 (type-II) based radon thoron discriminating dosimeter”, *Radiation Measurements*, **Vol. 38**, pp. 5-17 (2004).
10. PNI – IRD. Programa Nacional de Intercomparação de Resultados de Análises de Radionuclídeos em Amostras Ambientais. Rodada Dezembro/2004.
11. Campos, M.P., Pecequilo, B.R.S., Alberigi, S. and Mazzilli, B. P. “Thoron Exposure To Tour Guides in Southern Brazilian Show Caves”, 4th INTERNATIONAL CONFERENCE “THE EFFECTS OF LOW AND VERY LOW DOSES OF IONIZING RADIATION ON THE HUMAN HEALTH AND BIOTA”, 25 a 28/6/2005, Hamilton, Canada.