



## International Joint Conference Radio 2019

### Determinação da taxa de exalação do $^{222}\text{Rn}$ no solo do IPEN

Nisti<sup>a</sup> M. B., Campos<sup>a</sup> M. P., Silva<sup>a</sup> G. M., Mazzilli<sup>a</sup> B. P.

IPEN-CNEN/SP, Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, CEP 05508-000, São Paulo, Brazil.

[mbnisti@ipen.br](mailto:mbnisti@ipen.br)

**Introdução :** O  $^{222}\text{Rn}$  é formado pela série radioativa natural do  $^{238}\text{U}$  a partir do decaimento alfa do  $^{226}\text{Ra}$  ; o  $^{222}\text{Rn}$  é um gás nobre radiativo que pode ser encontrado no solo, na água e no ar [1]. O  $^{222}\text{Rn}$  emana do solo e materiais de construção [2,3], é espalhado na atmosfera e decaem em uma série de radionuclídeos de meia vida curta, que são inalados e depositados no pulmão. A exposição do  $^{222}\text{Rn}$  é responsável por mais da metade da dose efetiva anual da radioatividade natural [1], sendo o solo a principal fonte de  $^{222}\text{Rn}$  ao ar livre, portanto, é muito importante estimar o nível de  $^{222}\text{Rn}$  no local.

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) está localizado na cidade de São Paulo, em uma área total aproximadamente 500.000 m<sup>2</sup>, e uma área construída cerca de 85.000 m<sup>2</sup>, com várias instalações nucleares e radioativas [4].

O objetivo deste estudo foi determinar a taxa de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  do solo ao redor das instalações do IPEN. A taxa de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  no ambiente depende da concentração de  $^{226}\text{Ra}$ , fator de emissão, porosidade e densidade do solo [1], a taxa de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  foi determinada pela técnica de adsorção de carvão ativado [5].

**Metodologia :** A taxa de exalação de radônio do solo foi determinada em seis pontos de amostragem em torno das instalações do IPEN, e foram realizadas onze amostragens em cada ponto. Para a determinação das taxas de exalação de radônio no solo foi utilizada a técnica de adsorção em carvão ativado.

Para a confecção dos amostradores de carvão ativado para adsorção de radônio utilizou-se um frasco de polietileno de 100 ml com carvão ativado granulado puro de diâmetro variando de 6 a 10 mm, batoque de polietileno furado e tule. O volume interno do frasco de polietileno foi completamente preenchido com carvão ativado, para garantir a retenção do carvão dentro do frasco sem prejudicar a adsorção do  $^{222}\text{Rn}$  pelo amostrador de carvão, foi colocada uma cobertura de tule presa com o batoque furado. Os amostradores foram acondicionados dentro de um tubo de PVC com diâmetro de 7,2 cm, lacrados com a respectiva tampa do tubo de PVC e instalados nos pontos de amostragem no solo, formando assim um acumulador de radônio. Após a retirada do amostrador do solo, o mesmo foi selado e armazenado por 4 horas (para que fosse atingido o equilíbrio radioativo entre o  $^{222}\text{Rn}$  e seus descendentes) para então ser iniciada a medida no sistema de detecção. O  $^{222}\text{Rn}$  foi determinado utilizando-se as transições gama de 295,2 keV (19,2%) e 351,9 keV (37,1%) do  $^{214}\text{Pb}$  e 609,3 keV (46,1%) do  $^{214}\text{Bi}$  [6]. Os amostradores de carvão ativado foram medidos utilizando a técnica de espectrometria gama num detector de germânio hiperpuro Canberra GX2518 de configuração vertical, 25% de eficiência relativa e resolução efetiva de 1,8 keV relativa os 1332 keV do  $^{60}\text{Co}$ , com eletrônica associada e acoplado a um microcomputador. Os espectros gama obtidos foram analisados com o programa InterWinner 6.0 da *Eurisys Measurements Incorporation* [7]. O tempo de contagem foi determinado a partir do modelo proposto por Nisti [8]. A determinação da concentração mínima detectável (CMD) foi feita a partir do modelo proposto por Currie [9]. A radiação de fundo foi determinada a partir da medida de um recipiente de mesma geometria contendo carvão ativado novo. A incerteza associada às concentrações de cada uma das amostras foi calculada utilizando-se propagação de incerteza. Os resultados foram corrigidos pela data de retirada do amostrador do solo e seu período de exposição [10].

**Resultados :** Os resultados obtidos nas taxas de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  nos seis pontos de amostragem de solo em onze amostragens utilizando os amostradores de carvão ativado variaram entre  $0,008 \pm 0,001 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  a  $0,052 \pm 0,002 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , obtendo uma média de  $0,026 \pm 0,008 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

Nisti [11] determinou a taxa de exalação nos mesmos pontos de amostragem utilizando o modelo proposto por UNSCEAR [1], foram coletadas amostras de solo e acondicionadas em frascos de polietileno denominados F-100, seladas e armazenadas por 30 dias para possibilitar o equilíbrio radioativo entre o  $^{226}\text{Ra}$  e seus produtos de decaimento.

As medidas de concentração de atividade do  $^{226}\text{Ra}$  nas amostras de solo foram feitas por meio da análise de espectrometria gama utilizando-se as transições gama do  $^{214}\text{Pb}$  e  $^{214}\text{Bi}$ , obtendo uma média de  $0,023 \pm 0,003 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ .

**Conclusões:** A média do resultado experimental da taxa de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  é similar ao resultado obtidos por meio do modelo UNSCEAR, sendo  $0,026 \pm 0,008 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  e  $0,023 \pm 0,003 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , respectivamente, demonstrando a confiabilidade da técnica de adsorção de carvão ativado.

O resultado obtido para a taxa de exalação de  $^{222}\text{Rn}$  é da mesma ordem de grandeza da média mundial estimado de  $^{222}\text{Rn}$  que é de  $0,016 \text{ Bq m}^{-2} \text{ s}^{-1}$  [1].

Os resultados obtidos neste estudo poderão contribuir para um banco de dados sobre a taxa de exalação de radônio em solo do município de São Paulo.

### Referências:

1. UNSCEAR - United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, The 2000 Report to the General Assembly with scientific Annexes. New York: United Nations, 2000.
2. Campos, M.P. and Pecequilo, B.R.S. Exposure assessment due to building materials in ordinary houses at São Paulo, Brazil. Rev. Bras. Pesq.Des. v.5, n.2,p. 60-65, 2003.
3. De Jong, P., van Dijk, W., van der Graaf, E.R., de Groot, T.J.H. National survey on the natural radioactivity and  $^{222}\text{Rn}$  exhalation rate of building materials in the Netherlands. Health Phys. 91(3), 200-210, 2006.
4. IPEN. PMRA-IPEN. Programa de Monitoração Radiológica Ambiental do *ipen*, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, Brasil, 2013.
5. Dueñas, C.; Liger, E., Cañete, S., Pérez, M.; Bolivar, J.P. Exhalation of  $^{222}\text{Rn}$  from phosphogypsum piles located at the Southwest of Spain. J. Environ. Radioactivity 95, 63-74, 2007.
6. Browne, E. and Firestone, R.B. Table of Radioactive Isotopes. Ed. John Wiley & Sons, Inc. New York, N.Y., 1986.
7. INTERWINNER. InterWinner (WinnerGamma) Spectroscopy Program Family Version 6.0, 2004.
8. Nisti, M.B., Santos, A.J.G., Pecequilo, B.R.S., Máduar, M.F., Alencar, M.M., Moreira, S.R.D. Fast methodology for time counting optimization in gamma-ray spectrometry based on preset minimum detectable amounts. J. Radioanal. Nucl. Chem. 281, 283-286, 2009.
9. Currie, L.A. Limits for qualitative detection and quantitative determination. Anal. Chem. v.40, p. 586-593, 1968.
10. Jiménez-Ramos, M.C., Manjón, G., Abril, J.M. Influence of sampling air flow rate in the decay correction applied to the determination of  $^7\text{Be}$  and short-lived radionuclides in aerosol samples. Atmospheric Environ. 40, 7215-7221, 2006.
11. Nisti M. B., SAUEIA, C. H. R., MAZZILLI, B. P. Chapter 20. Determination of Radioactivity Levels and  $^{222}\text{Rn}$  Exhalation Rates in Soil Around Ipen Facilities. Special Publications. 1ed.: Royal Society of Chemistry, v. 1, p. 159-163, 2015.