

## RADIOATIVIDADE AMBIENTAL: EXPOSIÇÃO AO GÁS $^{222}\text{Rn}$ EM MINAS SUBTERRÂNEAS E A CÉU ABERTO

YASMIM MOURAD OSHIRO<sup>1</sup>; MAURIZIO QUADRO<sup>2</sup>; DIULIANA LEANDRO<sup>2</sup>;  
LUCIARA CORREA<sup>2</sup>; ERICO CORREA<sup>2</sup>; WILLIAN CÉZAR NADALETI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – yasmimoshiro@outbok.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – mausq@hotmail.com; diuliana.leandro@gmail.com;  
luciarabc@gmail.com; ericokundecorrea@yahoo.com.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – Williancezarnadaletti@gmail.com

### 1. INTRODUÇÃO

Desde 1955 aferiu-se que 1% dos casos de câncer de pulmão são causados por Radônio, um elemento radioativo, já que as partículas alfa provenientes do decaimento do  $^{222}\text{Rn}$  ao serem inaladas, irradiam o trato respiratório e promovem carcinogênese (DOLL, 1995). No século XVI foi constatado o alto risco de desenvolvimento de câncer de pulmão ao qual os trabalhadores de minas subterrâneas e a céu aberto, estão sujeitos. Dessa forma, iniciou-se uma preocupação crescente relacionada com as doses deste tipo de radiação a qual as pessoas estão expostas (NAZAROFF, 1988).

A radioatividade natural a qual o homem é submetido é derivada da interação da radiação cósmica com a atmosfera, e da crosta terrestre, que possui elementos radioativos em sua composição, como o Potássio-40, Rubídio, Urânio e Tório. Para trabalhadores de minas, sejam subterrâneas ou a céu aberto, a principal forma de exposição a radiação é a presença de tais componentes nas paredes das galerias.

Com base em estatísticas sobre a incidência de câncer pulmonar, o Public Health Service (EUA), definiu que a exposição máxima a filhos do  $^{222}\text{Rn}$  é de  $1,3 \times 10^5$  MEV de energia potencial alfa por litro de ar ambiental para mineiros, e 1 pci/l para população geral, conforme discutiremos nessa revisão.

### 2. METODOLOGIA

Com base na revisão da literatura e abordagem descritiva, será analisada a relação entre a exposição de Radônio em trabalhadores de minas e a incidência de câncer pulmonar, bem como a exposição a Radônio em ambientes fechados.

Segundo dados do Sistema de Informação de Mortalidade do Ministério da Saúde, entre os anos de 1979 a 2005, avaliaram-se os dados sobre a mortalidade de mineradores com base na incidência de câncer pulmonar, utilizando a mortalidade da população geral como referência.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Radônio é um gás incolor, inodoro e sem sabor, originado por meio da emissão de partículas alfa do Rádio, que está presente em todos os lugares da crosta terrestre. O gás gerado no interior dos solos e rochas alcança a superfície terrestre por meio de fissuras, tubulações e lençóis freáticos, de modo que um local pouco ventilado ou fechado, pode apresentar altas concentrações deste gás.

O decaimento radioativo do  $^{222}\text{Rn}$  gera outros elementos radioativos, denominado filhos, que possuem facilidade em estabelecer ligações químicas. A exposição à radiação ocasionada por decaimento de radionuclídeos naturais é

gerada de forma isotrópica, portanto, é possível que somente uma pequena parcela atinja o indivíduo no interior da construção (FERNANDES et al, 2004). Os filhos do  $^{222}\text{Rn}$  podem causar câncer pulmonar se inalados em grandes quantidades, já que essas partículas são depositadas nos pulmões e totalmente absorvidas pelos tecidos pulmonares.

A emanção de Radônio em minas ocorre devido à presença de Urânio, Tório e Rádio nas rochas e paredes das galerias. Esse gás radioativo alastra-se por dois mecanismos, o primeiro é a difusão, em que o gás se move em relação ao fluido que preenche os poros da rocha; o segundo é o movimento do próprio líquido ou ar através do meio poroso (Figura 1). A velocidade na qual o gás se difunde é controlada pela porosidade, permeabilidade, grau de umidade e temperatura. Em minas, o transporte desse gás é influenciado também por forças de compactação e compressão, e operações com explosivos.

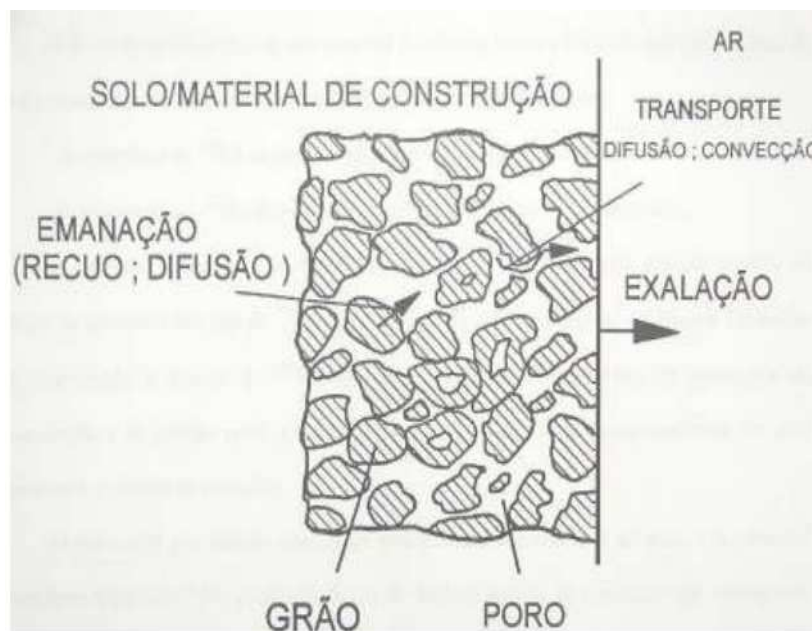


Figura 1. Exalação de Radônio a partir do solo. *Fonte:* Pörsendorfer, 1993.

Devido ao maior número de fraturas e rachaduras geradas pelo uso de explosivos, a exalação de Radônio em rochas das paredes das minas ou blocos de minérios é maior do que a proveniente em afloramentos. A taxa de exalação também cresce com o aumento do tamanho dos blocos ou partículas das rochas ou minérios contendo urânio e ou tório associados (Tolentino Junior 1994; Magalhães, 1999).

A alta concentração de  $^{222}\text{Rn}$  em minas pode ser decorrente da liberação do gás durante explosões e a ventilação ineficiente, visto que a concentração de Rádio nas rochas que compõem ambiente não é tão elevada. De tal modo que em uma região com uma baixa concentração de Rádio em um solo com alta porosidade e permeabilidade, pode apresentar elevadas quantidades de Radônio nas minas, o que não acontece em regiões de solos úmidos e impermeáveis.

Segundo o Sistema de Informação de Mortalidade do Ministério da Saúde, entre os anos de 1979-2005 foram registrados 5.450 mortes de mineradores, sendo que 770 foram ocasionadas por neoplasias, e na população geral 110.777.975 e 1.333.892 respectivamente (Tabela 1):

Tabela 1. Mortalidade de Mineradores no Brasil no período entre 1979-2005

	Mineiros	População Geral
Total	5.450	110.777.975
Neoplasias	770	1.333.892
<b>Região</b>		
Norte	241	448.969
Nordeste	303	2.428.822
Sudeste	1.559	5.732.177
Sul	3.267	1.851.866
Centro-Oeste	80	618.767
<b>Total</b>	<b>5450</b>	<b>11080621</b>

Fonte: Sistema de Informação de Mortalidade do Ministério da Saúde (2005).

Dos 770 casos de mortes por neoplasias em mineiros, 22,5% foram ocasionadas por câncer pulmonar e 16,8% por câncer de estômago, já na população geral os números são de 16,4% e 13,5%, respectivamente. A metade das minas subterrâneas do país se encontra na região Sul, explicando a elevada mortalidade de mineiros na região, já as mortes da população geral são elevadas na região Sudeste.

#### 4. CONCLUSÕES

A exposição ao Radônio aumenta o risco de desenvolvimento de câncer pulmonar a qual todos estão sujeitos, sobretudo quando associada a hábitos nocivos, como, o consumo de tabaco e nicotina. Sabe-se que o Radônio, assim como os seus produtos de decaimento se acumulam em ambientes fechados ou pouco ventilados.

O alto índice de mortalidade causada por câncer de pulmão em mineiros pode ser relacionado às taxas de Radônio a qual esses trabalhadores estão expostos em minas subterrâneas ou a céu aberto.

A fim de diminuir a concentração de  $^{222}\text{Rn}$  em um ambiente subterrâneo pode-se: reduzir o escape de Radônio em áreas já lavradas para áreas ativas, melhorar a distribuição de ar nas minas, assim como a remoção do Radônio e seus produtos de decaimento, e utilização de mão de obra mecanizada em minas com elevado teor de material radioativo.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOLL, R. **Etiology of lung cancer**. In: Greenstein JP, Harrow A, eds. *Advances in cancer research*. Vol 3. New York: Academic Press, 1995

FERNANDES, H.M.; Rio, M. A. P.; Franklin, M.R. **Impactos Radiológicos da Indústria do Fosfato**. Série Estudos & Documentos, n. 56, ISSN 0103-6319, CETEM, 2004.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, IAEA. **Radiation protection against radon in workplaces other than mines**. Viena, 2003.

MAGALHÃES, M. H. **Dinâmica do Radônio no Ar em Ambientes Tropicais**. 1999. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual do Rio de Janeiro. 100 p.

NADALETI, W.C. **Dosimetria Ambiental do Gás  $^{222}\text{Rn}$ : Um Exemplo de estudos das águas da região de Presidente Prudente – SP e considerações sobre abordagem do tema através do Banco Internacional de Objetos Educacionais – BIOE**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) Curso de Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual de São Paulo.

NAZAROFF, W.W. **Predicting the rate of  $^{222}\text{Rn}$  entry from soil into the basement of a dwelling due to pressure-driven air flow**. 1988. *Radiation Protection Dosimetry* 24, n°. 1–4: 199–202.

OLIVEIRA, W. H. A. **Exposição a radônio em ambiente residencial e câncer de pulmão: revisão de literatura**. 2013. Monografia (Graduação em Medicina) Curso de Graduação em Medicina, Universidade Federal da Bahia.

SANTOS, C. E. L. **Determinação dos Processos de Enriquecimento e das Concentrações de Radônio em Minas Subterrâneas de Fluorita e Carvão do Estado de Santa Catarina: Critérios para Avaliação dos Riscos Radiológicos**. 2008. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geociências) Programa de Pós Graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

TOLENTINO, J. J. **Estudo dos Níveis de Radônio e Exposição Externa em uma Mineração Subterrânea**. 1994. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia. 100 p.

VERISSIMO, G. **Cad. saúde colet.** vol.21 no.3 Rio de Janeiro July/Sept. 2013

WHITFIEL J. M. ; Rogers, J. J. W.; Adams J. A. S..**The relationship between the petrology and the thorium and uranium contents of some granitic rocks**. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1959, Cap.17: p.248-271.

YU, K. N. (1993). **The effects of typical covering materials on the radon exhalation rate from concretesurfaces**. 1993. *Radiation Protection Dosimetry*, 48, 367-370