

Influência das características tecnológicas de rochas ornamentais na emanação de gases radioativos

Yasmin Soares Gavioli

Bolsista de Iniciação Científica, Eng. Química, UFRJ

Julio Cesar Guedes Correia

Orientador, Químico Industrial, D. Sc.

Resumo

Devido à preocupação internacional com relação à radioatividade em rochas ornamentais, foi requisitado o auxílio do Centro de Tecnologia Mineral (CETEM), juntamente, ao Instituto de Radioproteção e Dosimetria (IRD) para realizar a avaliação dos níveis de radiação em rochas ornamentais brasileiras utilizadas como material de revestimento. Esse anseio se deve a supostas exposições indevidas a gases radioativos, provocadas pela exalação de Radônio (^{222}Rn) proveniente de granitos aumentando o risco a saúde dos seres vivos. Baseado nisto, o objetivo desse trabalho é avaliar a taxa de exalação de gases radioativos nas placas de revestimento, através de técnicas nucleares consagradas internacionalmente e uso de modelos de cálculos conceituados. Para tanto foram realizadas a caracterização radiométrica e mineralógica de diferentes tipos de rochas silicáticas utilizadas para revestimento, determinando as taxas de exalação e concentração de atividade do radônio e do potássio nos materiais escolhidos e estas foram correlacionadas com os índices físicos da literatura.

Palavras-chave: Rochas Ornamentais; Emissões Radioativas; Radônio.

1. Introdução

O setor industrial de rochas ornamentais do Brasil produz uma grande variedade de granitos, mármore, quartzitos etc., atingindo ao todo cerca de 500 tipos diferentes de rochas. As rochas ornamentais são normalmente classificadas da seguinte forma: por nomes comerciais, pelo estado produtor, pelas origens geológicas e composição mineralógica; entretanto, não são classificadas quanto à concentração de substâncias radioativas. O estudo das concentrações de radioelementos em rochas graníticas é importante devido a dois motivos: por se tratar de uma importante ferramenta técnica, visto que estas concentrações podem ser usadas para a classificação petrográfica de granitos, e devido a problemas radiológicos, uma vez que a presença de elementos radioativos proporciona aumento nos níveis de radiação presente na construção civil (Whitfiel *et al.* 1959).

Radioatividade em materiais de construção

Pode-se afirmar que o campo de radiação gama existente no interior de uma residência, proveniente dos materiais de construção, é originado, principalmente, pelo decaimento dos radionuclídeos pertencentes às cadeias do ^{238}U e do ^{232}Th , além do ^{40}K (Rosa, 1997). A radiação gama, que decorre do decaimento dos radionuclídeos naturais que estão presentes nos materiais utilizados em construção, é gerada de forma isotrópica e, conseqüentemente, com isso, apenas uma fração das emissões originais provavelmente devem atingir o indivíduo exposto no interior da construção (Fernandes *et al.* 2004).

Radônio

Radônio (Rn) é um gás incolor, inodoro e insípido, além de 7,58 vezes mais pesado que o ar e mais de cem vezes mais pesado que o hidrogênio natural, se origina do rádio, um membro das séries de decaimento do urânio e tório. Está presente em praticamente todos os lugares da crosta terrestre, e por ser um gás, tem a propriedade de se acumular em ambientes fechados como residências, construções, cavernas, minas e túneis.

Radônio - 222

O isótopo ^{222}Rn é um emissor alfa ($T_{1/2} = 3,82$ dias) e, juntamente com seus filhos não gasosos ^{218}Po e ^{214}Po , são responsáveis por aproximadamente 50% da dose efetiva equivalente produzida pela radiação ionizante natural. O gás radônio-222 é totalmente natural e se forma durante o decaimento do urânio-238 (Craig, 2008).

Radônio – 219 e Radônio - 220

Existe também o ^{219}Rn e o ^{220}Rn , que são produtos da série de decaimento do ^{235}U e ^{232}Th , respectivamente. Eles têm o tempo de meia-vida muito pequeno quando comparado ao ^{222}Rn , sendo o do ^{219}Rn de 3,96 segundos e o do ^{220}Rn de 55,6 segundos, assim, o radônio-219 e radônio-220 não são capazes de migrar para dentro das casas e gerar preocupações na área da saúde, diferentemente do radônio-222 (Chyi, 2008).

Neste trabalho, não há a avaliação da taxa de emanção do radônio-219, pela dificuldade de obtenção de dados precisos já que seu tempo de meia-vida é muito pequeno, comparado com os outros isótopos do radônio. Sendo então, avaliados somente o radônio-222, mais prejudicial, e o radônio-220, que mesmo tendo um tempo de meia-vida curto ainda pode ser considerado perigoso.

Potássio

É importante ressaltar que o potássio natural é uma mistura de três isótopos, o ^{39}K , ^{40}K e o ^{41}K . Dos três isótopos naturais, somente o potássio 40 (^{40}K) é radioativo, isto é, apresenta um núcleo instável, e ocorre numa proporção de 0,0118% (em gramas) em relação à massa total de potássio. As características físico-químicas e as propriedades de emissão radioativa do ^{40}K permitem sua determinação através de técnicas de medidas diretas em unidades denominadas de contadores de corpo inteiro, unidades estas equipadas com instrumentação capaz de detectar a presença de elementos radioativos em seres vivos (Campos, 2003).

Atividade de uma Amostra

Os núcleos instáveis de uma mesma espécie (mesmo elemento químico) e de massas diferentes, denominados radioisótopos, não realizam todas as mudanças ao mesmo tempo. As emissões de radiação são feitas de modo imprevisível e não se pode adivinhar o momento em que um determinado núcleo irá emitir radiação. Entretanto, para a grande quantidade de átomos existente em uma amostra é razoável esperar-se certo número de emissões ou transformações em cada segundo. Essa “taxa” de transformações é denominada atividade da amostra.

A atividade de uma amostra com átomos radioativos (ou fonte radioativa) é medida em Bq - Becquerel (uma desintegração por segundo) ou em Ci (Curie), que equivale a $3,7 \times 10^{10}$ Bq.

Os índices de atividades servem para referendar os materiais de construção em termos de segurança em relação a atividade, para uso na construção civil, em estradas, edifícios e pontes. Esses índices são calculados em base nas concentrações dos elementos ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , segundo a expressão (*Stuk/ST-Guide* 12.2, 1993):

Para materiais de construção é usado a equação 1:

$$I = \frac{C_{\text{Th}}}{200} + \frac{C_{\text{Rn}}}{300} + \frac{C_{\text{K}}}{3000} \quad (1)$$

sendo o produto final expresso em Bq.Kg⁻¹.

Onde os valores do índice de atividade dada pela equação 5 for $I \leq 2$ (correspondem a uma dose anual de 0.3 mSv), enquanto que $I \leq 6$ (correspondem a uma dose de até 1 mSv/ano). Desta forma, este índice de atividade pode ser usado como uma ferramenta para identificar materiais que podem produzir alterações no nível de radiação de fundo. De acordo com esse critério de dose, materiais com $I > 6$ devem ser evitados, uma vez que esses valores provocariam uma elevação da taxa de dose anual, acima do nível de radiação de fundo, superior a 1 mSv. Este é o valor limite, internacionalmente recomendado, para a população em geral (UNSCEAR, 1993).

Índices físicos

Os índices físicos são ferramentas importantes que proporcionam uma noção das microdescontinuidades presentes na rocha, permitindo avaliar, indiretamente, o estado de alteração e de coesão das rochas, podendo ser interpretadas de acordo com a densidade (alta densidade, alta porosidade, alta absorção e aumento da saturação).

Porosidade é a porcentagem de espaços entre os clastos ou microfaturas de uma rocha ou sedimento. E é dada pela razão entre volume de poros (ou volume de vazios) pelo volume total de rocha. A porosidade pode ser intergranular primária e secundária, fratura em grão e fratura em rocha. A porosidade está diretamente ligada a emanção de gases radioativos, sendo quanto maior a porosidade, maior a taxa de emanção do gás nas rochas.

2. Objetivo

Desta forma, o trabalho visa à avaliação da taxa de emissão de gases radioativos: radônio e potássio, em rochas ornamentais brasileiras. Também, foram calculados o índice de atividade radioativa em ambientes fechados, que possibilitou identificar o real ameaça das amostras tendo em vista, a grande importância desses resultados para a saúde dos seres vivos.

3. Materiais e Métodos

Neste trabalho, foram analisados três tipos de amostras granitos, conhecidos comercialmente como: *Crema Bordeaux*, *Mombassa* e *Golden*. Estes foram selecionados devido à alta taxa de exportação para a utilização desses granitos na construção civil internacional. As amostras encontravam-se na forma de placas (15 cm x 30 cm x 0,2 cm) polidas e sem resina. Todas as amostras vieram da Região de Cachoeiro de Itapemirim, Espírito Santo. Foram feitos dois tipos de estudos para avaliar a taxa de emissão de gases radioativos nestas, sendo um necessário o preparo das amostras e outro utilizando as rochas no seu estado natural.

Rochas no Estado Natural

O estudo em que não foi necessário qualquer tipo de preparação da amostra consistiu de uma câmara de aço inox com 20L e tampas removíveis seladas para retenção do gás. As tampas foram previamente testadas para que houvesse a constatação de nenhum vazamento. Neste trabalho, foram postas, juntamente, duas placas de rochas ornamentais, com as medidas já mencionadas anteriormente, que foram deixadas neste sistema durante sete a oito dias. O gás formado foi injetado em um analisador de gás radônio *Alpha Guard 2000 PRQ (Genitron Instruments)* em ciclos de uma e duas horas. Durante o período de avaliação, acionou-se um microventilador, que se encontrava dentro da câmara, para que houvesse a circulação do ar interno e assim uma melhor constatação na medida do gás pelo aparelho utilizado. O crescimento da atividade do radônio na câmara permitiu estimar o valor da atividade final para um período correspondente a sete meias-vidas do radônio.

Rochas no Estado Pulverizadas

Para o estudo em que foi necessário o preparo das amostras utilizou-se uma análise de espectro-gama. Para tal, foi feita a britagem, moagem e peneiramento a seco.

Neste trabalho, as placas das amostras foram britadas e levadas para a moagem, tendo a conversão a pó ou a pulverização com o auxílio de um pulverizador (*Fritsch*). O pulverizador foi utilizado com cautela, pois as amostras deveriam, na sua maioria, ficar entre 0,177 mm e 0,149 mm após o peneiramento para se obter um melhor rendimento na análise espectro gama. Logo, foram postas pequenas quantidades de amostra no recipiente do pulverizador (feito de titânio para evitar qualquer tipo de contaminação das amostras), em 400 r.p.m. durante 2 minutos. Depois de retiradas, as amostras moídas eram postas numa pilha de peneiras de 2,360 mm (para retirar as bolas de titânio do pulverizador), 0,177 mm e 0,149 mm, respectivamente, e levadas para o Ro-tap, aparelho de agitação, onde ficaram por cerca de 10 minutos, para que houvesse a total separação da amostra nas peneiras. Apesar da preferência de amostras entre 0,177 mm e 0,149 mm, também foram utilizadas outras amostras que se encontravam abaixo de 0,149 mm. Antes de misturar e homogeneizar estas, foi feita a análise granulométrica, em que se calculou a porcentagem de quanto estava acima ou abaixo de 0,149 mm. Após o peneiramento, as amostras estavam prontas para a análise espectro-gama. Estas foram acondicionadas em recipientes, onde permaneceram em repouso por 30 dias antes de serem medidas no detector (necessário para atingir o equilíbrio secular). Foram empregados detectores de espectrometria gama de alta pureza (Germânio HPGe), que permitiu a identificação da emissão gama do ⁴⁰K e dos filhos das séries do U e Th. O tempo de contagem para determinação da concentração de atividade desses núclídeos, em Bq/g, varia de oito a

16 horas, de acordo com a atividade do material. Assim, foi possível comparar os resultados obtidos com o limite de exclusão preconizado pela Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA).

4. Resultados e Discussões

4.1 Análise Granulométrica por Peneiramento

A tabela 1 indica o resultado da análise granulométrica feitas nas amostras de *Crema Bordeaux*, *Mombassa* e *Golden*, respectivamente. Devido à dificuldade de controle do grau de pulverização das rochas observou-se que a maior parte da fração granulométrica ficou abaixo de 0,149 mm em todas as amostras.

Tabela 1: Análise Granulométrica das Amostras

Fração	<i>Crema Bordeaux</i>	<i>Mombassa</i>	<i>Golden</i>
Granulométrica (mm)	Massa (%)	Massa (%)	Massa (%)
+ 0,177	0	0	
- 0,177 + 0,149	10,29	16,52	10,59
-0,149	89,71	83,48	89,41
Total	100	100	100

Taxa de Emissão de Gás ^{222}Rn

A Figura 1 representa os resultados do teste de avaliação da taxa de emissão de gás radônio nas amostras em seu estado natural, podendo-se observar que as taxas para as amostras *Crema Bordeaux*, *Mombassa* e *Golden* foram muito baixas, $3,10\text{E-}3$ ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$), $1,60\text{E-}3$ ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$), $6,84\text{E-}4$ ($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}$), respectivamente.

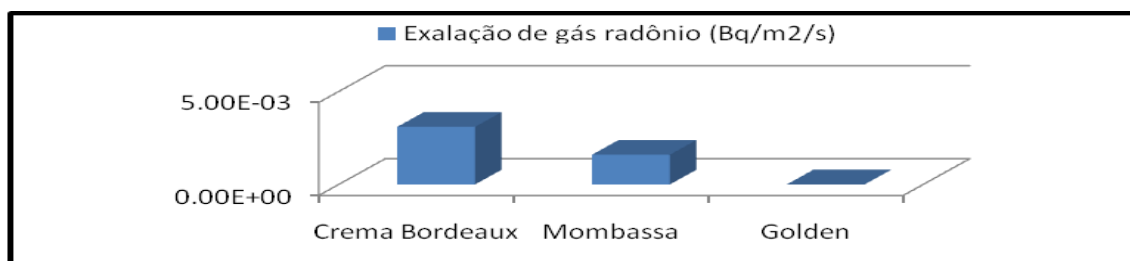


Figura 1: Taxa de emissão de radônio em cada amostra no seu estado natural

Análise Radiométrica / Radioquímica

As determinações de ^{226}Ra , ^{40}K , ^{232}Th e Gama foram realizadas após o equilíbrio dos radionuclídeos (30 dias) e com um detector de germânio, conforme dito anteriormente na metodologia. As determinações foram feitas por contagens alfa e beta, em um detector proporcional de baixo background, após separações químicas e as medidas de Tório-232 por espectrometria com arsenazo III. Todos os resultados encontram-se na unidade $\text{Bq}\cdot\text{Kg}^{-1}$.

A exposição à radiação se deve, principalmente, aos seguintes radionuclídeos determinados na figura 2. Onde, dos elementos de ^{232}Th e ^{226}Ra são formados, por suas séries de decaimento, os gases radioativos ^{220}Rn , ^{222}Rn , respectivamente. É importante lembrar que o ^{40}K , maior taxa de emissão de raios gama em todas as amostras analisadas, não pertence a série de decaimento de nenhuma espécie de radônio.

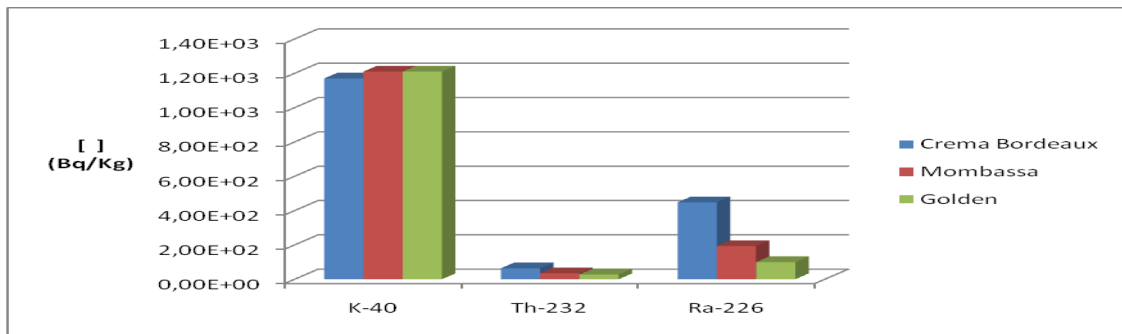


Figura 2. Principais Radionuclídeo

4.2 Índices de Atividade

Foi possível se calcular o índice de atividade das amostras com o auxílio da equação 3, descrita na introdução.

- Para a amostra de *Crema Bordeaux*:

Sabe-se que as concentrações de ^{232}Th (C_{Th}), ^{226}Ra (C_{Ra}), ^{40}K (C_{K}) são, respectivamente, iguais a $6,38\text{E}1$, $4,48\text{E}2$ e $1,14\text{E}3$. Então, pode o índice de atividade (I) será igual à:

$$I = 6,38\text{E}1/200 + 4,48\text{E}2/300 + 1,14\text{E}3/3000$$

$$I = 3,19\text{E}-1 + 1,493\text{E}0 + 3,80\text{E}-1$$

$$I = 2,189\text{E}0$$

- Para a amostra de *Mombassa*:

Sabe-se que as concentrações de ^{232}Th (C_{Th}), ^{226}Ra (C_{Ra}), ^{40}K (C_{K}) são, respectivamente, iguais a $3,44\text{E}1$, $1,93\text{E}2$ e $1,181\text{E}3$. Então, pode o índice de atividade (I) será igual à:

$$I = 3,44\text{E}1/200 + 1,93\text{E}2/300 + 1,181\text{E}3/3000$$

$$I = 1,72\text{E}-1 + 6,43\text{E}-1 + 3,936\text{E}-1$$

$$I = 1,209\text{E}0$$

- Para a amostra de *Golden*:

Sabe-se que as concentrações de ^{232}Th (C_{Th}), ^{226}Ra (C_{Ra}), ^{40}K (C_{K}) são, respectivamente, iguais a $2,77\text{E}1$, $9,96\text{E}1$ e $1,19\text{E}3$. Então, pode o índice de atividade (I) será igual à:

$$I = 2,77\text{E}1/200 + 9,96\text{E}1/300 + 1,19\text{E}3/3000$$

$$I = 1,385\text{E}-1 + 3,32\text{E}-1 + 3,967\text{E}-1$$

$$I = 8,672\text{E}-1$$

5. Conclusão

De acordo com os resultados desse trabalho, observou-se que a taxa de exalação de gás radônio nas amostras analisadas foi muito pequena. Tendo o ^{222}Rn , radionuclídeo mais perigoso para a saúde humana, apresentado

menores taxas de exalação de todos os tipos de radônio. Já o ^{40}K , apresentou a maior taxa de emissão de raios gama em todas as amostras analisadas, ou seja, ele é o elemento que tem o maior pico de energia. Sendo assim, o mais perigoso para a saúde humana, já que é esta energia que poderá causar danos e/ou mutações em células do interior do organismo humano. Também se pode observar que o parâmetro físico como porosidade, não interfere significativamente na taxa de exalação entre os granitos, já que esta é muito baixa para este tipo de rochas. Aparentemente, o granito *Mombassa* foi o que apresentou discrepância no parâmetro das correlações quando comparado com os outros estudados. Assim, pôde-se concluir que os granitos analisados nesse estudo não apresentaram índices preocupantes no que tange a exalação de gás radônio e potássio.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CETEM e ao IRD pelo auxílio tecnológico, e também, ao CNPq pelo suporte financeiro.

7. Referências Bibliográficas

CAMPOS, S. DE. ,2003. <http://www.drashirleydecampos.com.br/noticias/22954>, acessado em 5 de maio de 2010.

CHYI, L. L., 2008. Radon Testing of Varius Countertop Materials Final Report.

CRAIG, F. e MARSHALL BRAIN, <http://ciencia.hsw.uol.com.br/radonio1.htm>, acessado em 12 de dezembro de 2009.

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.

ROSA, R., Exposição Potencial a Radiação Natural no Interior de Residências Devido ao Uso do Fosfogesso na Indústria da Construção Civil. Tese de Mestrado. Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade de Federal do Rio de Janeiro. 122p. (1997).

STUK/ST-GUIDE, 12.2, the radioactivity of construction materials, fuel peat and peat ash, Finnish centre for radiation and nuclear safety st 12.2, 1993.

UNSCEAR, 1993. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, United Nations, New York.

WHITFIEL J. M., ROGERS J. J. W. AND ADAMS J. A. S., 1959, the relationship between the petrology and the thorium and uranium contents of some granitic rocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 17.