



BACKGROUND RADIOATIVO DO GRANITO MADEIRA, NORTE DO AMAZONAS

Vanderlei Vilaça de Moura^{1,2}, Claúbia Pereira¹, Agnaldo Kenji Fuzimo Martins²

¹Departamento de Engenharia Nuclear - Universidade Federal de Minas Gerais
Av. Antônio Carlos, 6627 campus UFMG
31.270-901, Belo Horizonte, MG
Tel/fax: 55-31-34096662

²Mineração Taboca S.A., Pirapora do Bom Jesus, São Paulo
vandermoura@gmail.com, claubia@nuclear.ufmg.br

Palavras-Chave: *background* radioativo, monitoração, NORM

RESUMO

A determinação do *background* radioativo (BG) de uma região de mineração com possibilidade de existência de material radioativo de ocorrência natural é de extrema importância já que fornece dados para a estimativa da exposição do homem à radiação ionizante, para o descomissionamento dessas instalações e para quantificar a contribuição humana na alteração do meio. Os radionuclídeos de ocorrência natural, como os das cadeias de decaimento do urânio e do tório, estão presentes em rochas, solos, água, etc. Mas sua distribuição não é homogênea: existindo locais como o Granito Madeira, em Presidente Figueiredo, Amazonas, onde sua concentração é maior. Assim, nestes locais as taxas de dose devido à radiação gama emitida por isótopos naturais apresentam valores acima da média mundial. O Granito Madeira é um caso singular, pois localiza-se dentro da Floresta Amazônica, a 350km ao norte de Manaus, e está sob concessão de lavra de uma mineradora de estanho. Deste modo, este trabalho objetiva-se a apresentar a monitoração do BG relativo à radiação gama de uma parte não explorada do Granito Madeira. Para tanto, utilizou-se um cintilador de NaI(Tl) para monitoração das taxas de dose. Estes dados foram geoprocessados para uma distribuição espacial e curvas de isodose.

1. INTRODUÇÃO

O Granito Madeira localiza-se a 350 km ao norte de Manaus, no município de Presidente Figueiredo, no Estado do Amazonas – vide Fig. 1. Trata-se de uma formação granítica de 60 km² de área onde ocorre um dos mais importantes jazimentos de cassiterita (estanho) do mundo. Possui ainda reservas de ETR (elementos de terras raras), zirconita (zircônio), columbita-tantalita (nióbio-tântalo), pirocloro (nióbio, urânio, tório), criolita (alumínio), dentre outros [1]. Estes minerais encontram-se associados à matriz granítica juntamente a radionuclídeos de origem natural das famílias do urânio e do tório. Assim, as rochas encontradas nesta região constituem-se material NORM (*naturally occurring radioactive materials* – material radioativo de ocorrência natural). Deste modo, o Granito Madeira é uma região de anomalia radiológica possuindo *background* de radiação natural superior à média mundial.

Neste trabalho apresentam-se os resultados da monitoração radiológica de uma parte do Granito Madeira com o objetivo de dimensionar o *background* da região. Este estudo é importante para quantificar a exposição do homem à radiação ionizante, para o descomissionamento da instalação e para avaliar a contribuição humana para a alteração do BG.



Fig. 1.

Localização do Granito Madeira: 350km ao norte de Manaus-AM.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a monitoração do *background* do Granito Madeira foi utilizado o sistema AT6101C *Spectrometer* apresentado na Fig. 2. Ele é constituído de um cintilador de iodeto de sódio dopado com tálio (NaI(Tl)), uma eletrônica associada para transmissão dos dados monitorados e um PAD² que pode ser levado a mão. Os dados do equipamento foram resumidos na tabela 1.

O sistema AT6101C foi projetado medir a taxa de dose equivalente da radiação gama, a contagem radioativa por segundo (cps) e o espectro em energia [2]. Estes dados são associados às coordenadas geográficas.

O cintilador é calibrado por um laboratório certificado pela Comissão Nacional de Energia Nuclear [9] que utiliza os radionuclídeos descritos na tabela 1. Para tornar a leitura mais acurada, o sistema foi aferido com uma fonte de material NORM da região: uma fonte de columbita – minério de nióbio e tântalo com urânio e tório associados. O resultado da aferição do equipamento encontra-se na Fig. 3.



Fig. 2. Sistema de monitoração

Tab. 1. Dados radiométrico do sistema AT6101C *Spectrometer* [2].

Tipo de leitura	Faixa de leitura	Sensibilidade
Radiação gama 50keV ~ 3,0MeV	0,01μSv/h ~ 150 μSv·h ⁻¹	Am ²⁴¹ : 13500 cps/μSv·h ⁻¹ Cs ¹³⁷ : 2200 cps/μSv·h ⁻¹ Co ⁶⁰ : 1200 cps/μSv·h ⁻¹

² Personal digital assistant. Computador de mão.

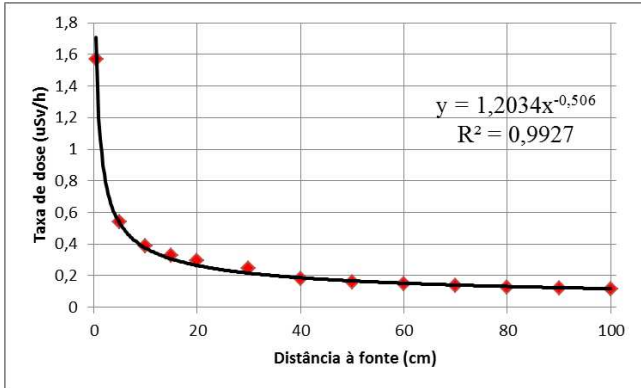


Fig. 3. Curva de aferição do sistema AT6101C



Fig. 4. Aspecto da área monitorada no Granito Madeira

2.1. OBTENÇÃO DOS DADOS

O Granito Madeira encontra-se atualmente em exploração mineral. Assim foram escolhidas áreas sem ação antrópica. O equipamento foi transportado a pé, dentro de uma mochila, em região de mata fechada, conforme Fig. 4.

Para a monitoração, ligou-se o transmissor e o PAD. O software *ATAS Scanner Mobile* [3], responsável pela operação do sistema, é ligado automaticamente. Ele estabelece a conexão com os satélites e associa o ponto monitorado com as coordenadas geográficas.

2.2. TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados da monitoração foram tratados com os softwares abaixo:

i) GARM – *Geolocation Application for Radiation Monitoring* [5]. Este software está associado ao sistema de monitoração. Ele foi instalado no computador para a análise dos dados monitorados. Tem a opção de criação de arquivos para leitura em softwares de geoprocessamento.

ii) Plataforma ArcGis [6]. É um conjunto de softwares de geoprocessamento. Assim, neste contexto, ela faz o geoprocessamento dos dados tratados pelo software GARM e é usada para a visualização da distribuição espacial dos pontos monitorados. Neste trabalho utilizou-se o Datum WGS84 para os mapas e curvas de isovalor.

iii) Microsoft Excel. Tratamento estatístico dos dados para gráficos e inserção na Plataforma ArcGis.



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram monitorados 781 pontos. As taxas de dose³ foram distribuídas no histograma de frequências representado na Fig. 5.

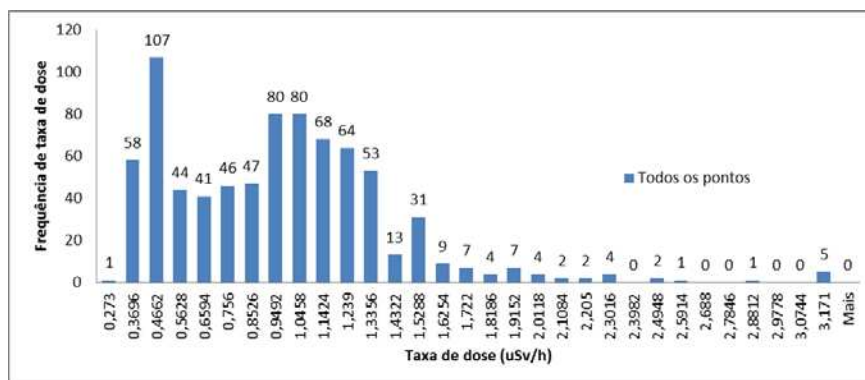


Fig. 5. Histograma de frequência dos valores de taxa de dose considerando todos os pontos monitorados.

Observou-se que a taxa de dose modal é a de 0,466uSv h⁻¹. Outras informações sobre os pontos monitorados foram disponibilizados na Tab. 2.

Tab. 2. Dados da monitoração do Granito Madeira

Média ponderada das taxas de doses (uSv h⁻¹)	1,0
Desvio padrão	0,50
Maior leitura registrada	3,171
Menor leitura registrada	0,273

Os dados foram georeferenciados e tratados com os softwares citados em 2.2. Assim, nas Fig. 6, 7 e 8 apresentam-se croquis com os pontos monitorados.

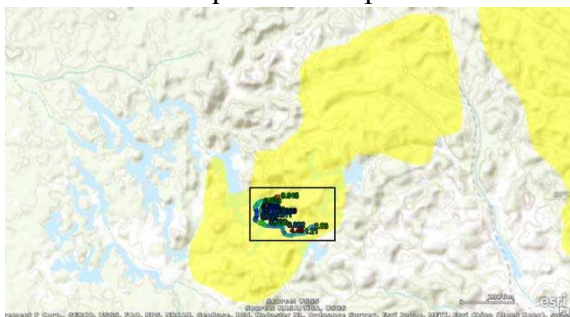


Fig. 6. Croqui do Granito Madeira com a localização dos pontos monitorados. Datum WGS 84, fuso 21 (folha SA.21-V-A-IV). Escala 1:2376.

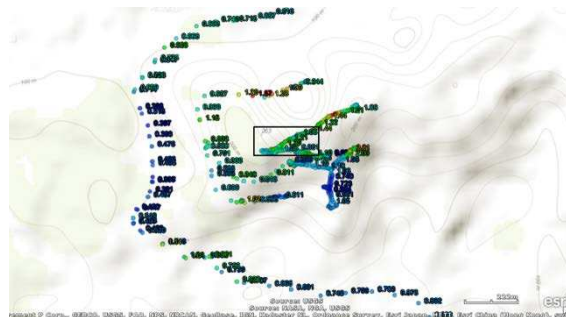


Fig. 7. Detalhe da região central da Fig. 6 – monitoração do Granito Madeira. Datum WGS 84, fuso 21 (folha SA.21-V-A-IV), entre 0° 44min S e 0° 46min S e 60° 6min W e 60° 7min W. Escala 1:223.

³ Utilizou-se no contexto deste trabalho taxa de dose como taxa de dose equivalente da radiação gama.



Na Fig. 9 são mostradas as curvas de isodose para as regiões monitoradas de acordo com as Fig. 6, 7 e 8. De acordo com UNSCEAR⁴ a média da dose efetiva⁵ anual, para a população mundial, considerando fontes de material NORM, é de $2,4\text{mSv ano}^{-1}$ [11]. Assim, considerando que o ano possui 8760 horas chega-se a uma taxa de dose média mundial de $0,27\text{uSvh}^{-1}$. Verifica-se deste modo que o Granito Madeira possui BG superior a média mundial.



Fig. 8. Detalhe da região central da Fig. 7. Note que a monitoração foi realizada em áreas sem ação antrópica no Granito Madeira. Datum WGS 84, fuso 21 (folha SA.21-V-A-IV), entre $0^{\circ} 45\text{min S}$ e $0^{\circ} 46\text{min S}$ e $60^{\circ} 6\text{min W}$ e $60^{\circ} 7\text{min W}$. Escala 1:38.

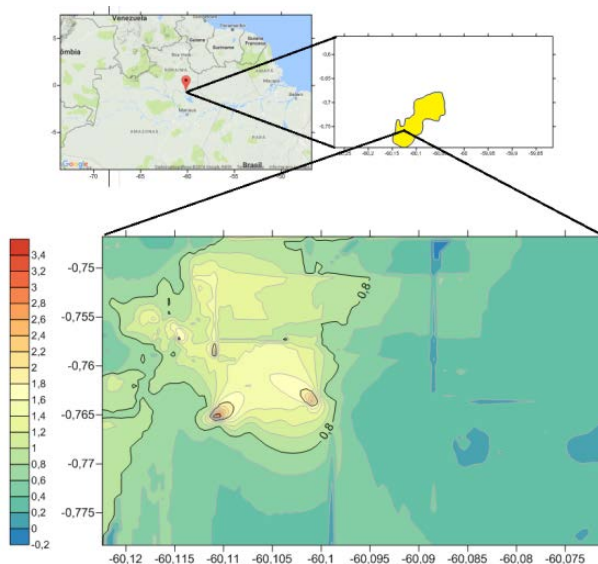


Fig. 9. Curvas de nível apresentando as curvas de isodose para as regiões monitoradas.

⁴ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.

⁵ Dose efetiva é a soma das doses externa, devido a radiação gama, e a dose interna devido a incorporação de radionuclídeos.



4. CONCLUSÃO

Foi realizada a monitoração das taxas de dose de uma região do Granito Madeira localizado no estado do Amazonas para dimensionar o *background* de radiação de uma área com presença de material NORM. Para tanto utilizou-se o sistema de monitoração AT6101C constituído de um cintilador de NaI(Tl) que é calibrado pelas fontes de descritas na tabela 1 e aferido por uma fonte NORM. As taxas de dose foram georeferenciadas e inseridas em mapas disponibilizados nas figuras de 6 a 9. Comparando-se estes dados com os disponíveis na literatura [11] observa-se que o *background* do Granito Madeira é superior à média mundial devido à presença dos radionuclídeos associados à matriz granítica. Portanto, esta anomalia radiológica intrínseca à região deve ser levada em conta nas estimativas de dose efetiva, na influência humana na alteração do *background*. Os próximos passos serão a coleta de mais dados no Granito Madeira, o georeferenciamento destes e a modelagem do *background*. Estes dados poderão ser usados como referência para o descomissionamento da instalação ou no caso de exploração de minerais radioativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] COSTI, H. T., BORGES, R. M. K., DALL'AGNOL, R. D. "Depósitos de Estanho da Mina Pitinga, Estado Amazonas". In: Caracterização de Depósitos Mineraiis em Distritos Mineiros da Amazônia. s.l.:s.n., pp. 391-476, 2011.
- [2] ATOMTEX, Scientific and Production Enterprise. "Spectrometer AT6101C – Spectral Radiation Scanner – User Manual". Minsk, 2010.
- [3] ATOMTEX, Scientific and Production Enterprise. "Atas Scanner Mobile – Software User's Manual". Minsk, 2010.
- [5] ATOMTEX, Scientific and Production Enterprise. "GARM Program – Software User's Manual. Minsk, 2010.
- [6] MACHADO, M. M. M. "Projeto em Geoprocessamento – Aplicação em ambiente ArcView". Belo Horizonte, UFMG, 2005.
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. "Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments - Safety Reports Series No. 16". Viena, 2000.
- [8] ATOMTEX, Scientific and Production Enterprise. "Calibration Certificate". Minsk, 2011.
- [9] METROBRAS, MRA Centro de Ensaio e Pesquisa em Metrologia. "Certificado de Calibração 16-0151. Jardimópolis, 2016.
- [10] KNOLL, G. F. "Radiation Detection and Measurement". Hoboken: John Wiley and Sons, Terceira Edição, 2010.
- [11] UNSCEAR, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. "Sources and Effects of Ionizing Radiation, report to the General Assembly with Scientific Annexes. Nova Iorque, 2010.



Terceira Semana de Engenharia Nuclear e Ciências das Radiações - SENCIR 2016

Belo Horizonte, 4 a 6 de outubro de 2016

Escola de Engenharia - Universidade Federal de Minas Gerais

[12] VASCONCELOS, D. C. et al. “Natural Radioactivity in Sand Beaches of Guarapari, Espírito Santo State, Brazil” in World Journal of Nuclear Science and Technology, 2012.

[13] ALMEIDA, E. S. TAUHATA, L. “Estatística, Teoria de Erros e Processamento de Dados”. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, [200?].

[14] PEREIRA, W. et al. “Atlas de Minerais Radioativos Brasileiros por Espectrometria de Raios Gama com Detector de Germânio – Publicação IPEN 69”. São Paulo: IPEN/CNEN, 1985.