



## **BACKGROUND RADIOATIVO DO GRANITO MADEIRA, NORTE DO AMAZONAS**

**Vanderlei Vilaça de Moura<sup>1,2</sup>, Claúbia Pereira<sup>1</sup>, Agnaldo Kenji Fuzimo Martins<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento 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

<sup>2</sup>Mineração 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 km<sup>2</sup> 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 PAD<sup>2</sup> 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 <sup>-1</sup>	Am <sup>241</sup> : 13500 cps/μSv·h <sup>-1</sup> Cs <sup>137</sup> : 2200 cps/μSv·h <sup>-1</sup> Co <sup>60</sup> : 1200 cps/μSv·h <sup>-1</sup>

<sup>2</sup> Personal digital assistant. Computador de mão.

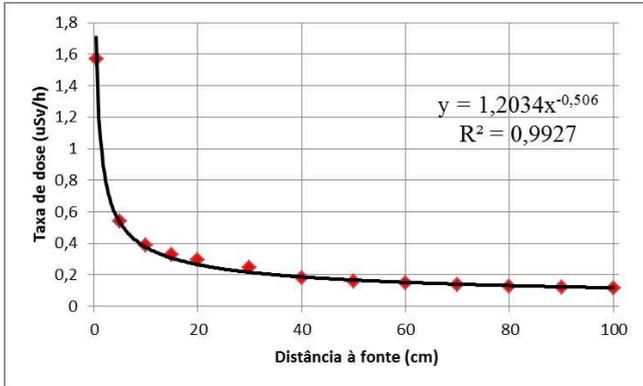


Fig. 3. Curva de aferição do sistema AT6101C



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 dose<sup>3</sup> foram distribuídas no histograma de frequências representado na Fig. 5.

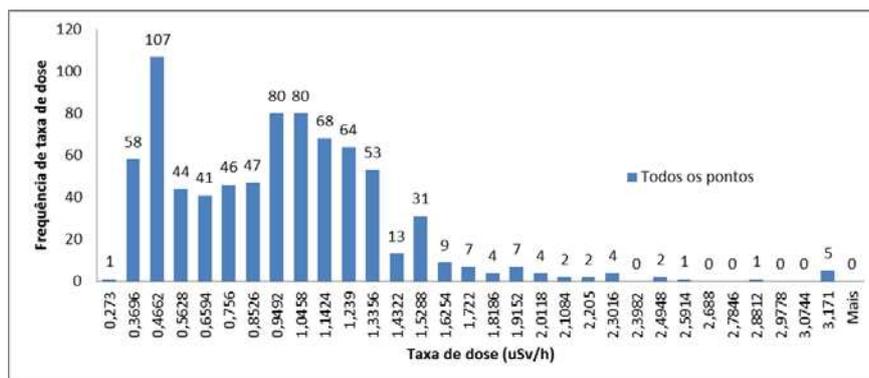


Fig. 5. Histograma de frequência dos valores de taxa de dose considerando todos os pontos monitorados.

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

Tab. 2. Dados da monitoração do Granito Madeira

<b>Média ponderada das taxas de doses (uSv h<sup>-1</sup>)</b>	1,0
<b>Desvio padrão</b>	0,50
<b>Maior leitura registrada</b>	3,171
<b>Menor leitura registrada</b>	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.

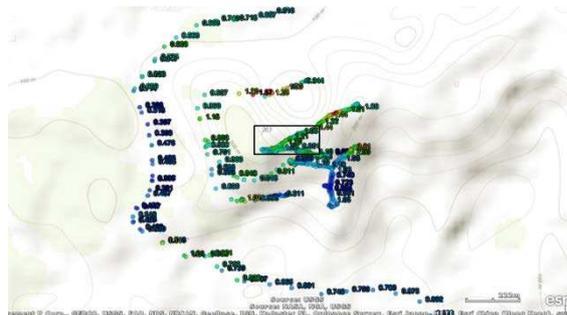


Fig. 7. Detalhe da região central da Fig. 6 – monitoração do Granito Madeira. Datum WGS 84, fuso 21 (folha SA.21-V-A-IV), entre 0° 44min S e 0° 46min S e 60° 6min W e 60° 7min W. Escala 1:223.

<sup>3</sup> 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 UNSCEAR<sup>4</sup> a média da dose efetiva<sup>5</sup> 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.

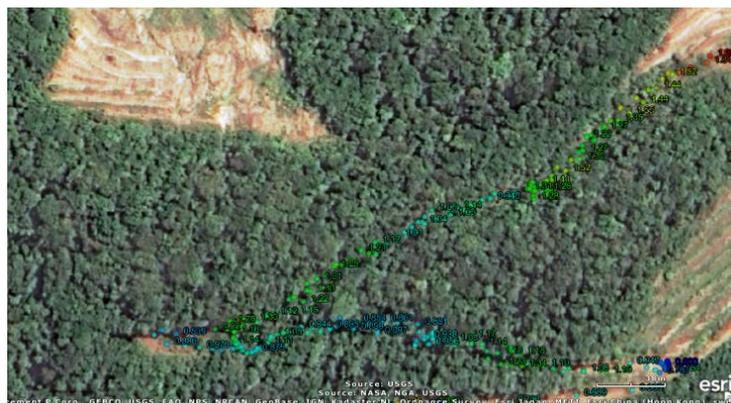


Fig. 8. Detalhe da região central da Fig. 7. Note que a monitoração foi realizada em áreas sem ação antrópica no Granito Madeira. Datum WGS 84, fuso 21 (folha SA.21-V-A-IV), entre  $0^{\circ} 45\text{min S}$  e  $0^{\circ} 46\text{min S}$  e  $60^{\circ} 6\text{min W}$  e  $60^{\circ} 7\text{min W}$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

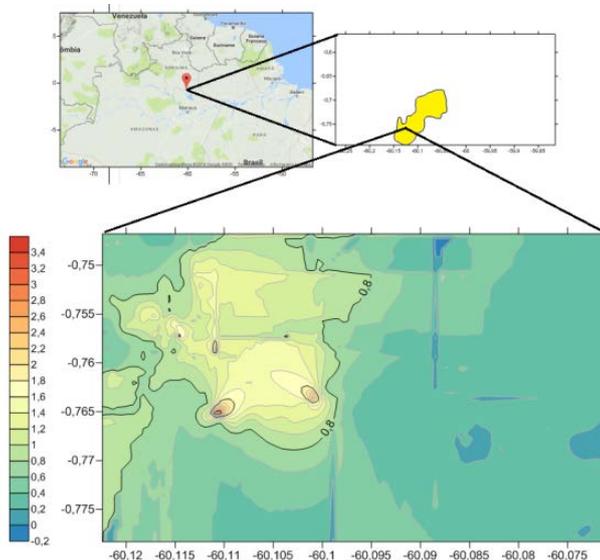


Fig. 9. Curvas de nível apresentando as curvas de isodose para as regiões monitoradas.

<sup>4</sup> United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.

<sup>5</sup> 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.