

Gamaespectrometria do Granito Serra do Carambeí – PR

Francisco José Fonseca Ferreira⁽¹⁾; Silvana Bressan Riffel^(1,2); Maximilian Forlin⁽¹⁾; Gilson Burigo Guimarães⁽³⁾

⁽¹⁾ Laboratório de Pesquisas em Geofísica Aplicada, LPGA/UFPR; ⁽²⁾ Curso de Graduação em Geologia-UFPR, Bolsista PIBIC/CNPq; ⁽³⁾ Universidade Estadual de Ponta Grossa, UEPG-PR

Abstract

The present study involves the ground gamma-ray spectrometric mapping of the uraniferous alkali granite Serra do Carambeí - PR (9,9 ppm U_3O_8) placed at the Carambeí, PR. It was observed a good correlation between the ground gamma-ray spectrometric data, obtained in the field, and the airborne gamma-ray spectrometric data of the Serra do Mar Sul project. The field observations corroborated, as well the uranium anomalies of the felsic dykes. Through thorium element grades, it was possible to delimitate the alkali granite Serra do Carambeí and distinguish it from the calcio-alkaline host rocks, Cunhaporanga Granitic Complex.

Introdução

O presente estudo envolve o mapeamento gamaespectrométrico terrestre do granito uranífero Serra do Carambeí-PR (9,9 ppm de U_3O_8). Um dos objetivos do trabalho, além de identificar áreas radioanômalas enriquecidas em urânio, em correspondência com dados geológicos (Pinto-Coelho, 1986), foi comparar os dados obtidos com aqueles oriundos do Projeto Aerogeofísico Serra do Mar Sul (CPRM, 1978), recentemente transformados de contagens por segundo (cps) para % de K e ppm de eTh e eU pelo *Brazil Airborne Radiometric Mapping Project* (BARMP, 1997).

Geologia do Granito Serra do Carambeí

O Granito Serra do Carambeí-PR, situado no município homônimo, dista cerca de 140 km à noroeste de Curitiba e está compreendido entre as coordenadas 25°00' e 24°21' de latitude sul e 50°02' e 49°52' de longitude oeste. Posicionado no Pré-Cambriano Superior e relacionado às rochas granitóides intrusivas pós-tectônicas, está totalmente circunscrito pelo Complexo Granítico Cunhaporanga (sin a tardi-tectônico). Constitui um *stock* estruturalmente homogêneo e alongado, com direção N30E, ocupando uma área aproximada de 33 km² (Pinto-Coelho, 1986).

O mapa geológico de Pinto-Coelho (1986), mostra que os contatos do maciço com o Complexo Granítico Cunhaporanga e os diques máficos mesozóicos do Arco de Ponta Grossa são tectônicos, enquanto com a Formação Furnas são litológicos. A intrusão da Serra do Carambeí é classificada como

um álcali-feldspato granito com um quimismo predominantemente alcalino em contraste com sua encaixante cálcio-alcalina. Uma das particularidades do corpo é a presença de diques félsicos (*elvans*) de pequenas espessuras (máximo de 25 cm), enriquecidos em urânio e dispostos nas porções nordeste e sudoeste (Pinto-Coelho, 1986).

Aquisição dos dados terrestres

A aquisição dos dados terrestres foi realizada através de um gamaespectrômetro de 512 canais (GS-512, fabricado pela Scintrex/Geofyzika). Foram levantados 138 pontos, espaçados entre 250 e 500 m, distribuídos ao longo de estradas, preferencialmente no *stock* granítico mas também nas suas encaixantes imediatas. O posicionamento das estações foi realizado por um GPS (Magellan Trailblazer XL), apoiado por fotografias aéreas de 1980, em escala 1:25.000, cedidas pela Minerais do Paraná S.A. (Mineropar).

As leituras gamaespectrométricas foram tomadas em contagens por segundo (cps) e automaticamente transformadas em concentrações de K em % e de eU e eTh em ppm, com base em procedimento de calibração realizado no Instituto de Radioproteção e Dosimetria – IRD, da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. Diariamente obteve-se os teores do *background* atmosférico para posterior correção dos dados de campo. A medição da radiação cósmica foi realizada na represa dos Alagados, utilizando um barco de madeira sobre uma lâmina d'água com profundidade superior a 2 m. As medidas foram tomadas com tempo de integração de três minutos. Para maior representatividade das leituras, as medições foram repetidas três vezes, posteriormente tomando-se a média. Os valores observados situaram-se próximos de zero ou negativos, sendo aqui desconsiderados.

Dados aéreos utilizados

Os dados aerogeofísicos utilizados (K em %, eTh e eU em ppm) são provenientes do *Brazil Airborne Radiometric Mapping Project* (BARMP, 1997), gentilmente cedidos à UFPR/LPGA pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Os dados originais foram coletados a uma altura média sobre o terreno de 120 m, segundo linhas de vôo orientadas na direção preferencial N30W e separadas de aproximadamente 1 km.

Gamaespectrometria do Granito Serra do Carambeí-PR

Processamento dos dados geofísicos e geográficos

Os dados geofísicos aéreos e terrestres foram processados no pacote *Geosoft OASIS Montaj™* (4.3), interpolados pelo método da mínima curvatura e contornados a partir de células de 500 m. Para facilitar a comparação entre ambos os conjuntos de dados, delimitou-se uma mesma área e foram gerados mapas dos radioelementos K, eTh e eU. Os dados aéreos da contagem total foram transformados em dose (taxa de exposição em $\mu\text{R/h}$) por BARMPI (1997), enquanto para os terrestres utilizou-se a expressão recomendada por Barreto *et al.* (1986).

Para avaliar a eventual migração dos radionuclídeos na paisagem, foi gerado um modelo digital de elevação do terreno (MDE) a partir da digitalização em *Autocad (14)* das curvas de nível e dos pontos cotados oriundos das cartas planialtimétricas da área. Posteriormente, através do pacote *ER Mapper (6.1)*, as imagens gamaespectrométricas ternárias foram sobrepostas ao relevo.

Resultados obtidos e discussão

Os mapas de contorno das figuras 1 a 3 representam os dados radiométricos aéreos, enquanto os das figuras 4 a 6 exibem os terrestres. Nas figuras 1, 2, 4 e 5 são também observados os diques “riolíticos”, as anomalias cintilométricas e os limites do corpo, extraídos de Pinto-Coelho (1986). Já nas figuras 3 e 6 observa-se a distribuição espacial dos dados aéreos e terrestres, respectivamente. Nota-se, em geral, nestas ilustrações, que o corpo granítico é bem diferenciado de suas encaixantes imediatas, principalmente pelos elevados teores de eU e eTh, refletindo o contraste alcalino/cálcio-alcalino.

Observa-se, sobretudo nas figuras 1 e 4, que a porção mais elevada que sustenta a Serra do Carambeí é depletada em potássio como função dos processos pedogenéticos de lixiviação do K, em espessa cobertura de solos. Nestes e nos demais mapas, nota-se que as anomalias de K, eU e eTh são maiores nas extremidades NE e SW do corpo, refletindo tratos de exposição de blocos e lajes graníticas, além dos diques “riolíticos” e das anomalias cintilométricas anteriormente referidas.

Os mapas das figuras 1 a 6 mostram uma certa correlação entre os dados gamaespectrométricos aéreos e terrestres. Com o objetivo de quantificar esta comparação, foram procedidas as médias entre os teores das variáveis K, eTh, eU dos respectivos bancos de dados, as quais são apresentadas na Gráfico 1.

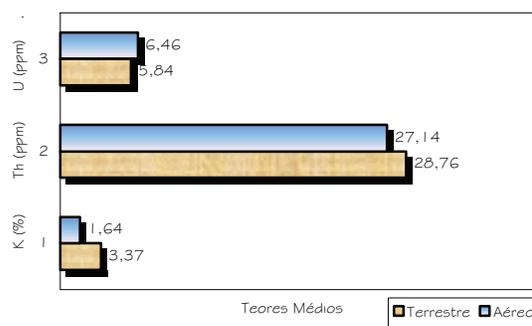


Gráfico 1 – Comparação entre as médias (K,eTh,eU).

Como pode-se notar no Gráfico 1, os teores de potássio e de tório terrestres são maiores do que os aéreos, em cerca de 51 % e 6 %, respectivamente. Porém, o teor médio do urânio aéreo é em torno de 10 % superior ao terrestre. Tais discrepâncias devem-se às diferentes formas de aquisição dos dados. No levantamento aéreo, a informação de cada ponto de leitura representa uma determinada área, a qual é função da altura de voo (Grasty, 1976). Já o dado terrestre reflete apenas o ponto de medição, dificultando, assim, a correlação espacial e estatística.

Uma outra alternativa de comparação entre os dados aéreos e terrestres pode ser visualizada nas figuras 7 e 8, respectivamente, representativas da sobreposição de imagens ternárias de K(R)-eTh(G)-eU(B) ao MDE. Na Figura 7, nota-se claramente a delimitação do granito alcalino da Serra do Carambeí, através do enriquecimento em eTh, em contraste com as encaixantes cálcio-alcalinas, mais enriquecidas relativamente em K e eU, do Complexo Granítico Cunhaporanga. Por outro lado, na Figura 8, pode-se diferenciar as porções enriquecidas em eU, nos extremos NE e SW do corpo principal, as quais estão relacionadas aos diques félsicos, enquanto as encaixantes são mais enriquecidas em K, como esperado.

Os dados de contagem total (CT) convertidos para dose ($\mu\text{R/h}$) também foram comparados, porém só no contexto do *stock* granítico da Serra do Carambeí (figuras 9 e 10). Apesar de uma certa correlação visual, os dados estatísticos mostram grandes discrepâncias como pode-se apreciar na Tabela 1.

	CT aérea	CT terrestre
Valor mínimo	2,85	10,12
Valor máximo	13,96	49,04
Valor médio	7,35	18,30

Tabela 1 – Comparação entre os dados de CT.

Gamaespectrometria do Granito Serra do Carambé-PR

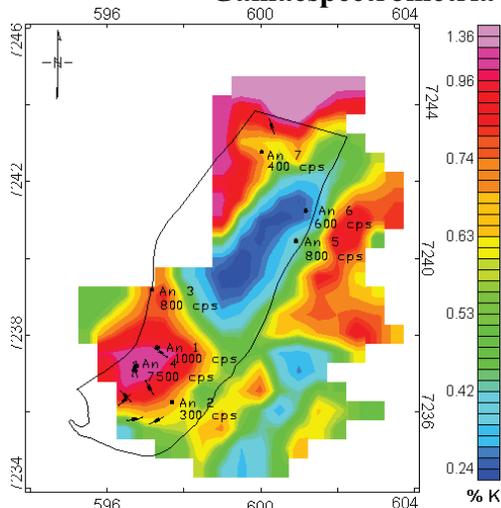


Figura 1 – Mapa de contorno do potássio aéreo.

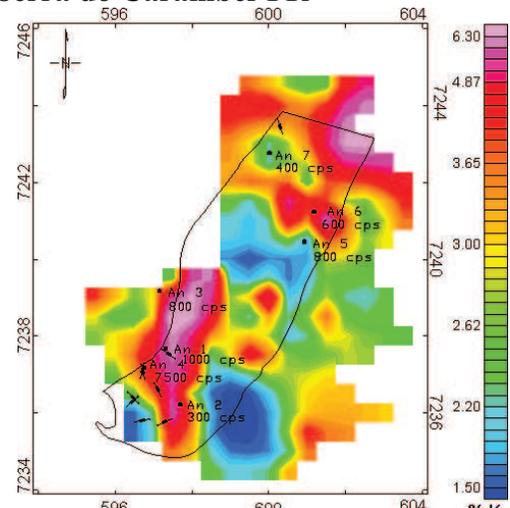


Figura 4 – Mapa de contorno do potássio terrestre.

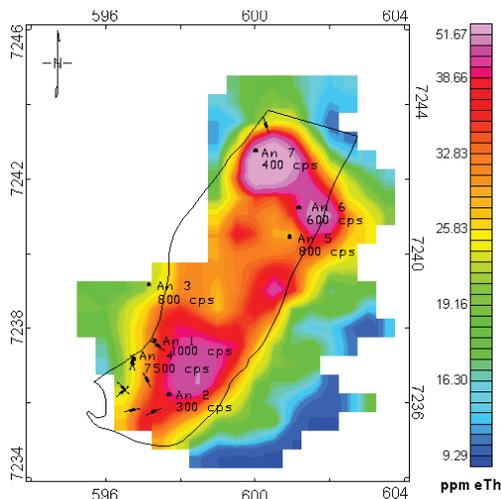


Figura 2 – Mapa de contorno do tório aéreo.

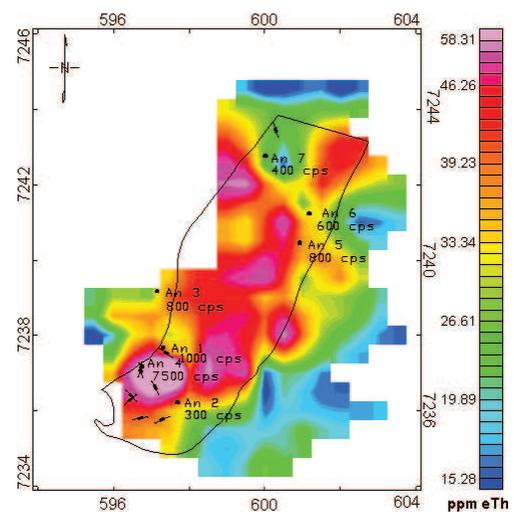


Figura 5 – Mapa de contorno do tório terrestre.

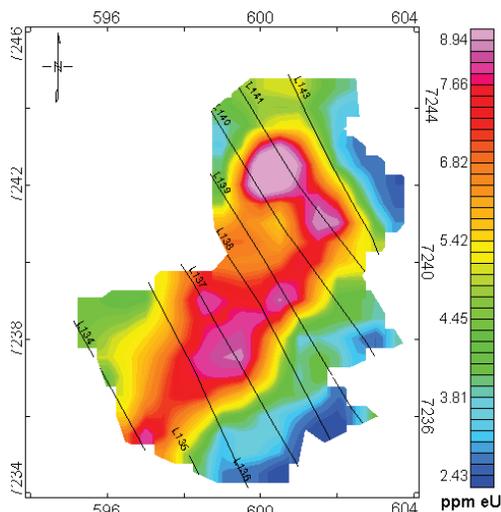


Figura 3 – Mapa de contorno do urânio aéreo.

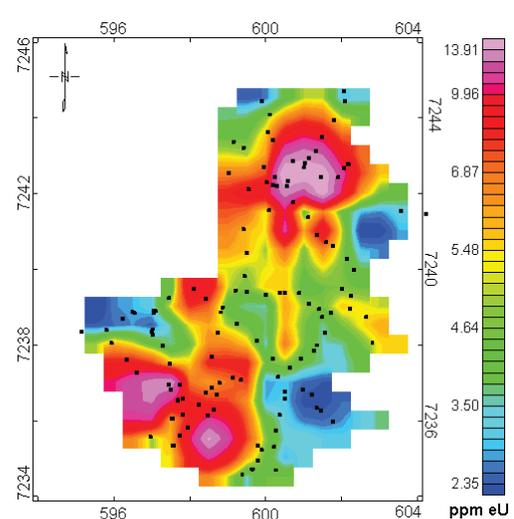


Figura 6 – Mapa de contorno do urânio terrestre.

Gamaespectrometria do Granito Serra do Carambeí-PR

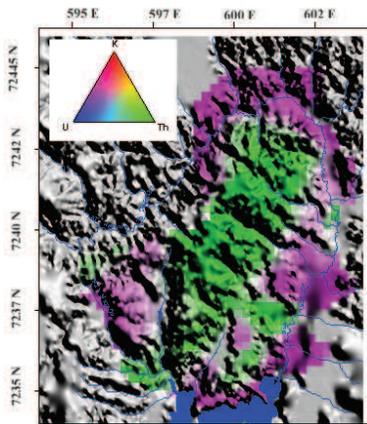


Figura 7 – Imagem RGB aérea sobreposta ao MDE.

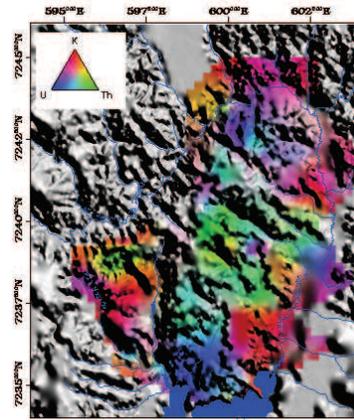


Figura 8 – Imagem RGB terrestre sobreposta ao MDE

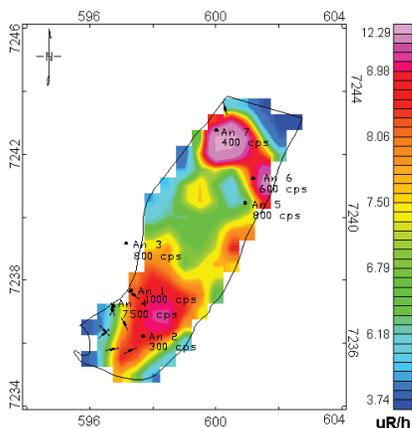


Figura 9 – Mapa da contagem total aérea.

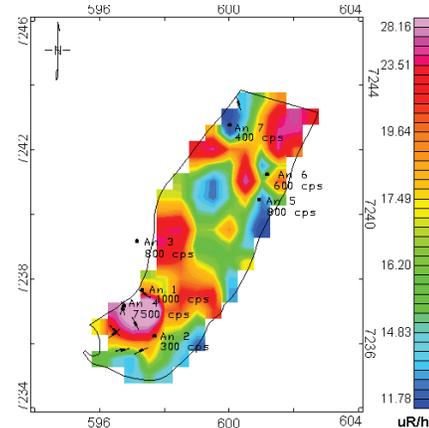


Figura 10 – Mapa da contagem total terrestre.

Conclusões

Observou-se boa correlação entre os dados gamaespectrométricos aéreos e terrestres. Os dados de campo confirmaram as anomalias de urânio em áreas de afloramento de diques “félsicos” uraníferos nas extremidades NE e SW do corpo.

O método radiométrico possibilitou a distinção e a delimitação do granitóide alcalino da Serra do Carambeí de sua encaixante cálcio-alcalina, representada pelo Complexo Granítico Cunhaporanga, em função do enriquecimento em eTh do primeiro. A sobreposição das imagens ternárias geofísicas ao modelo digital de elevação, possibilitou verificar a migração dos radionuclídeos na paisagem.

A partir dos dados de contagem total transformados em dose, estima-se que o corpo não ultrapasse o índice máximo admissível para o ser humano (300 mR/semana, Telford *et al.*, 1990).

Referências Bibliográficas

- BARMP, 1997. Brazil Airborne Radiometric Mapping Project. Technical Report and Survey Atlas. A collaboration between PGW-CPRM, RJ.
- Barreto, P.M.C.; Austerlitz, C.; Malheiros, T.; Lovborg, L. 1986. Radioactive concret sources at IRD/CNEN, Brazil, for the calibration of uranium exploration and environmental field instruments. IRD/DEX-3/CNEN, 66 p. (inédito).
- Grasty, R. L. 1976. The circle of investigation of airborne gamma-ray surveys; *In: Report of activities, Part B, Geol. Survey. Can. Paper 76-1B*, p. 77-79.
- Pinto-Coelho, C.V. 1986. O granito Serra do Carambeí-PR e as anomalias uraníferas associadas, Brasília. Dissertação (Mestrado), Departamento de Geociências, Universidade de Brasília, 308f.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E. 1990. Applied Geophysics. New York: Cambridge University, 770p.