

Gamaespectrometria do Granito Joaquim Murtinho, Complexo Granítico Cunhaporanga (PR)

Allan Fruchting (LPGA-UFPR; PIBIC-CNPq), Gilson B. Guimarães (UEPG-PR), Francisco J. F. Ferreira (LPGA-UFPR), Horstpeter H. G. J. Ulbrich (IG-USP), Silvana B. Riffel (LPGA-UFPR)

Copyright 2003, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society held in Rio de Janeiro, Brazil, 14-18 September 2003.

Contents of this paper was reviewed by The Technical Committee of The 8th International Congress of The Brazilian Geophysical Society and does not necessarily represents any position of the SBGf, its officers or members. Electronic reproduction, or storage of any part of this paper for commercial purposes without the written consent of The Brazilian Geophysical Society is prohibited.

Abstract

The Joaquim Murtinho Granite and surrounding geologic units were studied by a ground radiometric survey (K, eU, and eTh). The radiometric signatures identified show a good correlation with the local geology. The Joaquim Murtinho Granite presents more elevated answers when compared with another granitoid rocks of the Cunhaporanga Complex. However, only the U and Th enrichment must be due by lithochemical differences between the granitoid rock-types, with the higher values of K related with a contrasted pattern of outcropping.

Introdução

O presente estudo envolveu o mapeamento gamaespectrométrico (K, eU, eTh) terrestre do Granito Joaquim Murtinho (GJM). Este representa uma das unidades do Complexo Granítico Cunhaporanga (CGC), gerado ao final do Ciclo Brasileiro e aflorante no centro-leste do estado do Paraná. Este setor do complexo foi investigado dentro de uma estratégia maior dos autores, que têm buscado compreender aspectos geológicos diversos do Complexo Cunhaporanga, em especial seus padrões geofísicos (e.g. Ferreira *et al.*, 2001; Guimarães *et al.*, 2001).

Os dados obtidos, em correspondência à geologia local, permitiram identificar áreas radioanômalas enriquecidas principalmente em urânio e tório no GJM. O trabalho também teve como objetivo mostrar o potencial da gamaespectrometria como ferramenta na cartografia geológica de maciços granitóides em ambientes fortemente intemperizados, situação muito freqüente no território brasileiro, além de auxiliar no estabelecimento de parâmetros que levem à interpretação do comportamento de radionuclídeos na paisagem.

Localização da área

A área de estudo, situada no município de Pirai do Sul (Paraná-Brasil), na localidade de Joaquim Murtinho (Figura 1), faz parte da porção setentrional do Complexo Granítico Cunhaporanga e é limitada pelas coordenadas geográficas 50° 15' e 49° 45' de longitude oeste e 24° 15' e 25° 00' de latitude sul. O GJM encontra-se exposto na forma de lajes, em encostas ou pedreiras, ao lado da rodovia PR-151 e da ferrovia Ponta Grossa-Itararé.

Geologia do Granito Joaquim Murtinho

O Granito Joaquim Murtinho (Figura 2; Guimarães, 1995), é um corpo intrusivo com menos de 10 km² de superfície aflorante, limitado por falhas normais no contato com o Grupo Castro (siltitos, argilitos, arcóseos e conglomerados) e com outros granitóides do Complexo Cunhaporanga, ou então recoberto discordantemente pelos arenitos da Formação Furnas (Bacia do Paraná).

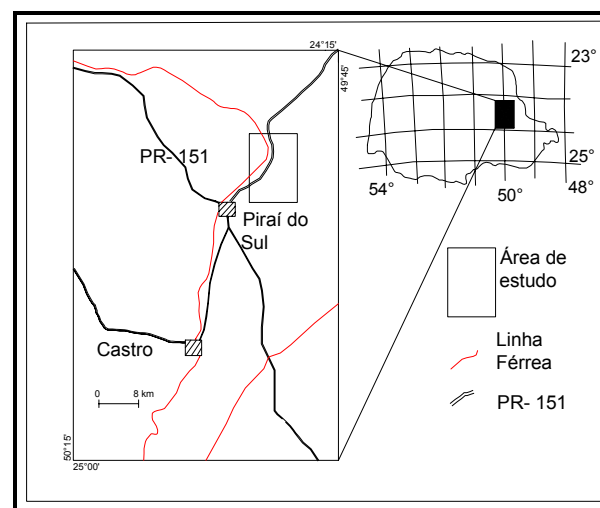


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Os álcali-feldspato granitos das Associações de Fácies IV e V de Guimarães (1995), representam o Granito Joaquim Murtinho típico. São rochas com intensidade variada de cataclase, muitas vezes com os planos de fratura preenchidos por hematita, fluorita e/ou pirita. Ocasionalmente são observados *pods* pegmatóides de quartzo e feldspato.

Os minerais primários são mesopertita, quartzo e biotita (< 5% e substituída por argilominerais e óxidos/hidróxidos de ferro), com cristais quadrangulares de zircão como acessórios.

As feições microscópicas de maior destaque são a deformação cataclástica e as transformações deutérico-hidrotermais. Estas são responsáveis pela modificação parcial (mesopertita) ou total (biotita) de parte dos minerais precoces, reconhecendo-se processos de albitização, muscovitização, argilização e hematitização.

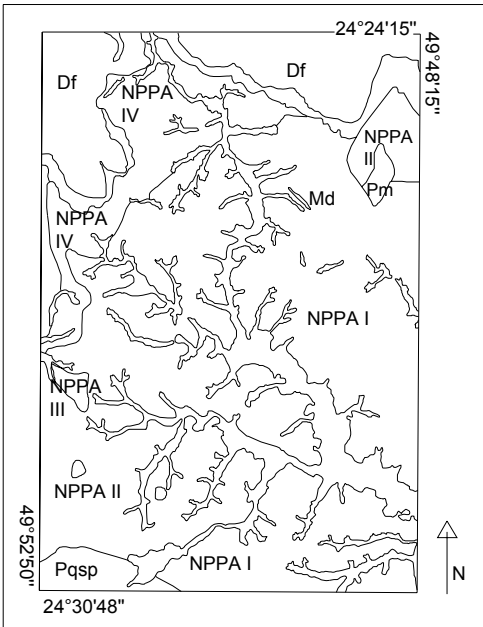


Figura 2 - Mapa geológico da área de estudo (adaptado de Guimarães, 1995): Ca (aluviões); Md (diabásio); Df (Fm. Furnas); Granito Joaquim Murtinho: NPPAV (granitos inequigranulares a porfiríticos) + NPPA IV (álcali-feldspato granitos); NPPA III (granitóides inequigranulares a porfiríticos); NPPA II (monzogranitos a granodioritos); NPPA I (monzogranitos a granodioritos); Pm (milonitos); Pqsp (Quartzito Serra das Pedras).

Métodos

A aquisição dos dados terrestres foi realizada através de um gamaespectrômetro de 512 canais (GS-512), fabricado pela Scintrex/Geofyzika, pertencente ao LPGA/UFPR. Foram levantados 231 pontos espaçados aproximadamente de 500 m, distribuídos ao longo de estradas (Figura 3). Situados preferencialmente no maciço Joaquim Murtinho, alguns pontos localizam-se também nas unidades adjacentes, representadas principalmente por outras rochas do CGC, a fim de se verificar eventuais contrastes entre os litotipos. O posicionamento das estações foi realizado por um GPS (eTrex Summit Garmin), apoiado por fotografias aéreas de 1980, em escala 1:25.000. As leituras gamaespectrométricas foram tomadas em contagens por segundo (cps) e automaticamente transformadas em concentrações de TC (Ueq.), de K (%) e de eU e eTh em ppm, com base em procedimento de calibração realizado pelo próprio fabricante do instrumento.

A partir dos dados foram gerados diversos mapas gamaespectrométricos, pelo método da triangulação (TIN), os quais foram cotejados com o mapa geológico de Guimarães (1995), com o intuito de analisar e interpretar o comportamento geofísico dos litotipos. Os mapas foram também compartimentados em duas unidades (GJM e CGC), com o objetivo de avaliar a distribuição dos teores em cada uma delas.

Resultados Obtidos e Discussão

A gamaespectrometria terrestre mostrou-se bastante eficaz durante o mapeamento, demonstrando contrastes marcantes entre o GJM e o CGC, como discutido a seguir:

Canal do Potássio (K)

A Figura 3 representa o mapa do K de toda a área do estudo. É possível observar no segmento ocupado pelo GJM áreas com altas respostas, reflexo de sua mineralogia e/ou de melhores exposições de rocha sã. No restante da área outros domínios com teores também elevados correspondem às rochas das demais associações graníticas do CGC. Porém, de um modo geral, as áreas referentes aos granitóides que não pertencem ao GJM apresentam índices menores de potássio. Teores baixos a muito baixos relacionam-se a segmentos profundamente alterados nas rochas graníticas, metarenitos do Quartzito Serra das Pedras, arenitos da Formação Furnas, aluviões e colúvios (mais desenvolvidos no sopé da escarpa do arenito Furnas).

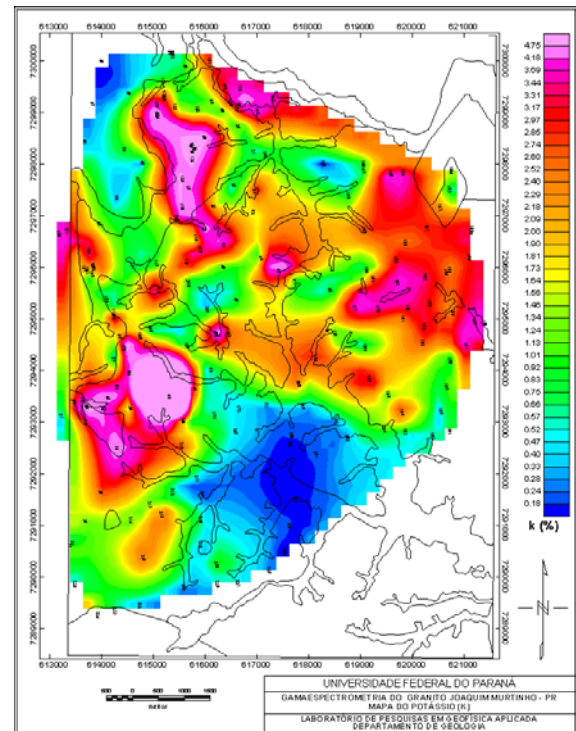


Figura 3 - Mapa do potássio (%) de toda a área do estudo.

Na Figura 4, representativa do GJM, fica evidenciada uma faixa central com altos teores de K, refletindo provavelmente áreas de maior concentração de rocha sã. Os segmentos com menores teores foram interpretados como provenientes de rocha alterada/regolito, indicativos da perda do potássio face ao intemperismo. Para ilustrar tais comportamentos são exibidos dois espectros, com uma medida realizada sobre rocha fresca (Figura 5, K = 5,2%) e outra tomada sobre rocha alterada (Figura 6, K = 0,8%), ambas do GJM.

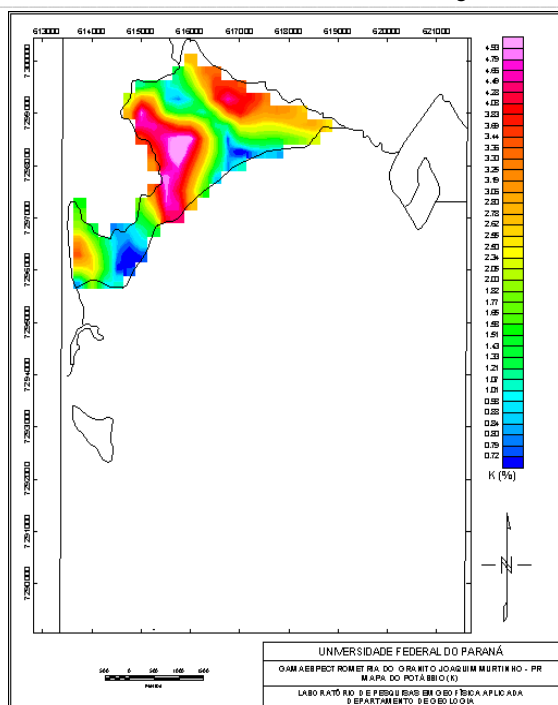


Figura 4 – Mapa do K (%) do GJM.

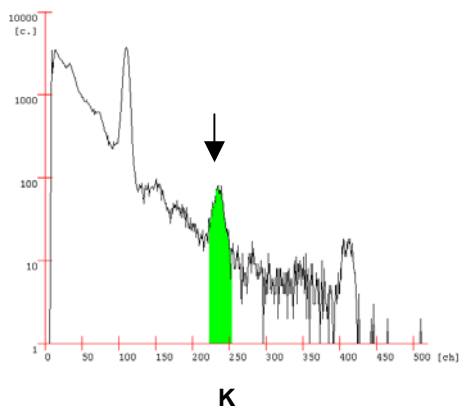


Figura 5 – Espectro do K sobre rocha fresca (GJM).

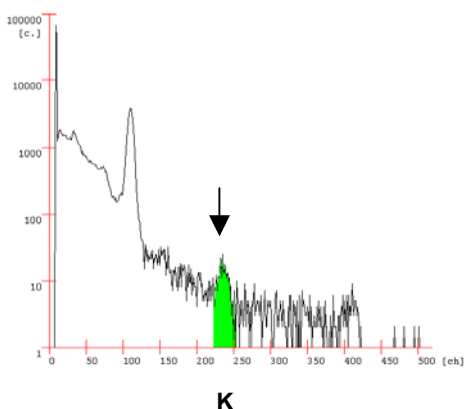


Figura 6 – Espectro do K sobre rocha alterada (GJM).

A Figura 7 apresenta as médias dos teores de K, onde se percebe uma nítida diferença entre a área “externa” ao GJM (1,88%) e a do GJM (2,47%). Esta discrepância (aproximadamente um terço a mais no GJM), certamente não está ligada a contrastes químicos entre as rochas graníticas (as porcentagens de K_2O indicadas por Guimarães 2000 são virtualmente idênticas nos granitóides dos dois conjuntos). A explicação está, em parte, porque na população de valores que exclui o GJM existem materiais (solos, sedimentos e rochas) naturalmente desprovidos de potássio (e.g. unidades Furnas e Serra das Pedras). E, mais significativo, porque o número de exposições sãs (ou menos alteradas) de álcali-feldspato granitos do GJM é comparativamente maior do que o dos granitóides das outras associações (ver Guimarães, 1995).

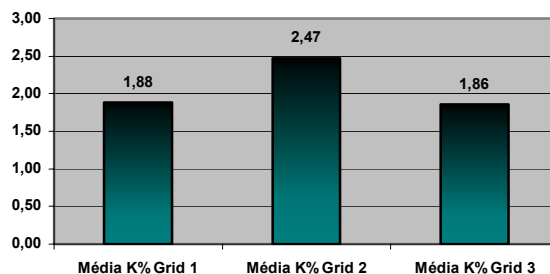


Figura 7 – Valores médios de K em %. Os grids 1, 2 e 3 representam, respectivamente, a área completa do estudo, o GJM e o segmento excluindo o GJM.

Canal do Tório (eTh)

A Figura 8 representa o mapa do tório de toda a área do estudo. Nota-se que o GJM (especialmente o segmento nordeste), destaca-se por respostas elevadas. Quanto às demais associações do CGC, chama a atenção os valores médios a altos de um setor alongado segundo NW-SE, entre os ribeirões Samambaia e Santo André (trecho com rochas fortemente intemperizadas). Este domínio contrasta visivelmente com duas áreas com baixos teores: uma no extremo SW (como um núcleo ovalado), onde existem tanto blocos isolados de granodioritos como exposições de metarenitos; e a outra espalhada do centro para nordeste, numa zona em que as leituras foram efetuadas predominantemente em blocos de rocha inalterada. Assim, as diferenças devem estar ligadas principalmente à heterogeneidade do intemperismo dos granitóides (pertencentes à mesma Associação de Fácies I de Guimarães, 1995), com o Th tendendo a ser concentrado no perfil de alteração (ver discussão em Guimarães *et al.*, 2001).

A Figura 9, representativa do canal do tório no GJM, exhibe uma área central com elevados teores, margeada a leste e sudoeste por índices menores de eTh. Este padrão pode ser resultado de irregularidades na distribuição dos pontos de amostragem ou mesmo verdadeiras diferenças geoquímicas internas ao GJM, como aparentemente acontece no extremo SW do maciço (ali os teores de K não indicam um grau elevado de intemperismo).

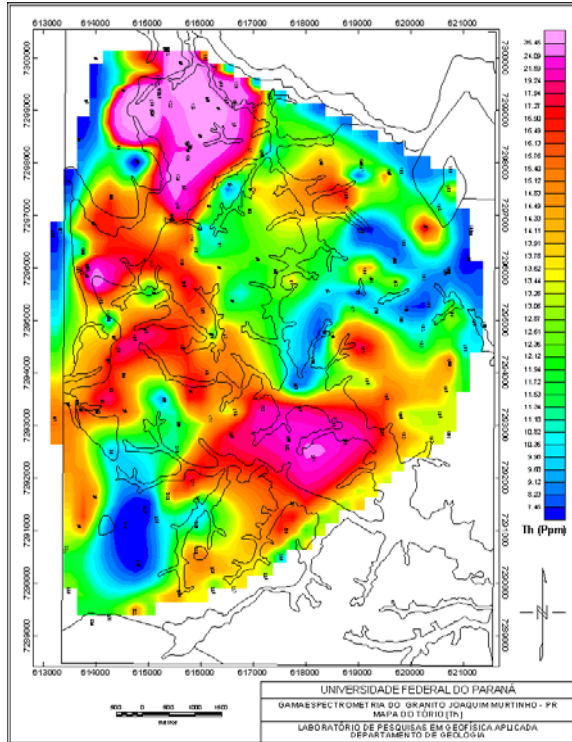


Figura 8 - Mapa do eTh (ppm) de toda a área do estudo.

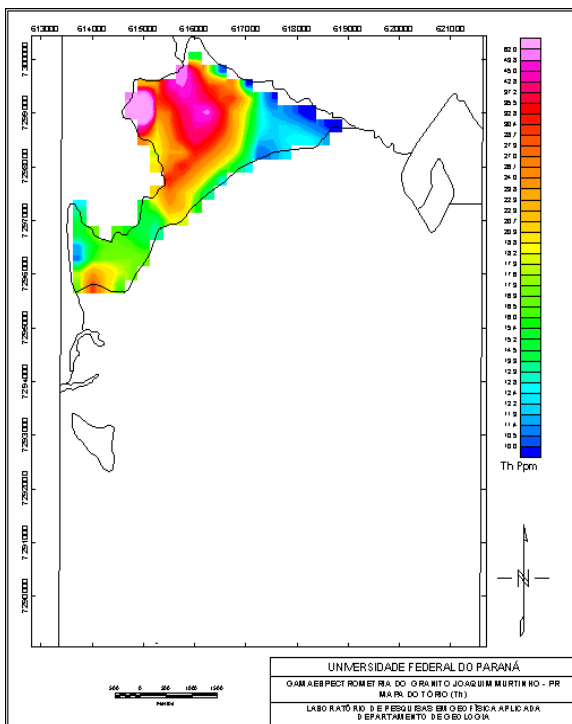


Figura 9 - Mapa do eTh (ppm) do GJM.

A Figura 10 mostra as diferenças entre as médias de eTh. No GJM a média é de 23,99 ppm, em contraste com o segmento que não inclui o GJM (13,32 ppm), denotando o enriquecimento de eTh no maciço (~80%). Ao contrário do K, este comportamento não pode ser vinculado a fenômenos intempéricos, indicando teores realmente distintos entre as rochas dos dois setores. Na verdade isto só não está visualmente mais claro na Figura 8, porque o intemperismo age como um atenuante deste contraste geoquímico (as rochas graníticas externas ao GJM estão preferencialmente mais alteradas, o que tende a elevar o teor de Th nas áreas em que elas se encontram expostas).

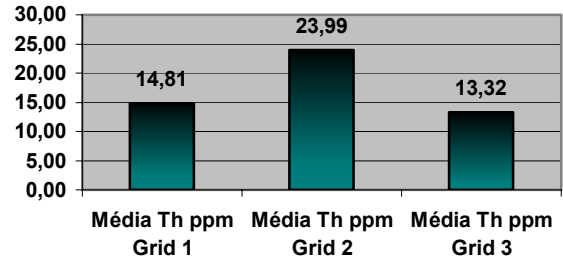


Figura 10 – Valores médios de eTh em ppm. Grids como na Figura 7.

Canal do Urânio (eU)

A Figura 11 representa o mapa do urânio de toda a área do estudo, destacando-se a predominância de elevados valores no GJM. As áreas com teores intermediários de eU no restante do CGC, apesar de mais restritas do que aquelas do eTh (Figura 8), são parcialmente coincidentes e possivelmente originadas da mesma forma. No entanto há valores moderados na região NE, onde afloram rochas miloníticas, num comportamento aparentemente sem equivalência para o eTh. A existência de altos teores na região de ocorrência dos granitóides da Associação de Fácies III (isto também pode ser identificado para o eTh; ver Figura 8), junto ao limite oeste do grid, ao centro, aparentemente confirma o caráter distinto destas rochas (Guimarães, 1995). Estes valores algo mais elevados em eU e eTh (no entanto sem alcançar o padrão do GJM), ao contrário do que ocorre para os granitóides da Associação I, são observados em rochas e não em solos/regolitos. Este enriquecimento poderia ter como causas os processos de deformação (estrutura cataclástica) e mobilização de fluidos (e.g. presença de fluorita), coincidentemente ou não com feições bem desenvolvidas no GJM.

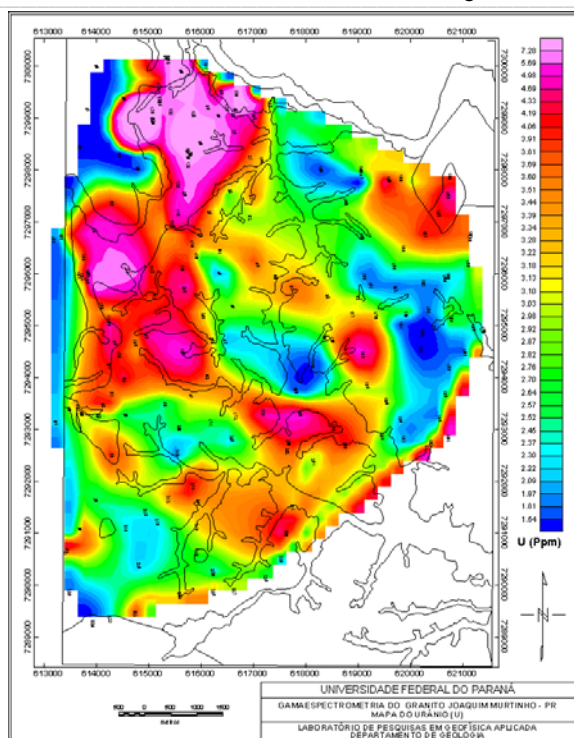


Figura 11 - Mapa do eU (ppm) de toda a área de estudo.

A Figura 12, representativa do canal do eU no GJM, exibe um comportamento semelhante ao do eTh (Figura 9), com uma área central de elevados teores, margeada a leste e sudoeste por índices menores de eU. As considerações a serem aplicadas sobre a origem deste padrão são as mesmas já referidas para o eTh.

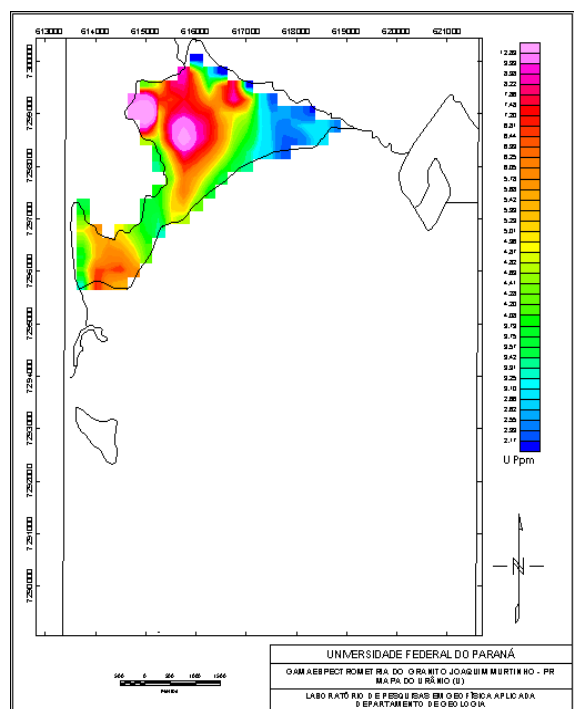


Figura 12 - Mapa do eU (ppm) do GJM.

A Figura 13 indica as diferenças entre as médias de eU. No GJM a média é de 5,46 ppm, em contraste com o segmento à parte do GJM (3,05 ppm), denotando o enriquecimento de urânio no maciço (como no eTh, também de ~80%). Os teores de eU em algumas pedreiras e afloramentos alcançam entre 7 e 10 ppm, registrando-se índices de até 23,6 ppm em veios pegmatíticos centimétricos. Levando-se em conta que na crosta terrestre o urânio apresenta aproximadamente 3 ppm de abundância, o GJM pode ser considerado anômalo (uranífero?).

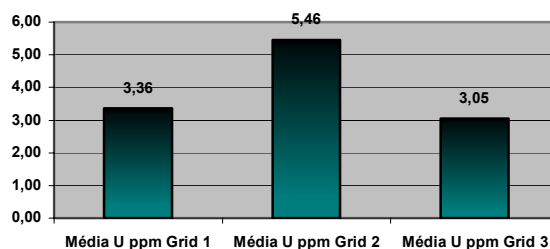


Figura 13 – Valores médios de eU em ppm. Grids como na Figura 7.

A grande variabilidade dos teores de eU pode ser decorrente de fenômenos pedogenéticos. A forma mais reduzida, o U^{+4} , geralmente está contida em minerais insolúveis. Contrariamente, a forma oxidada (U^{+6}) complexa-se com ânions como os carbonatos, sulfatos e fosfatos para formar algumas espécies solúveis. A mobilidade do U^{+6} é modificada pela adsorção a óxidos hidratados de ferro, minerais de argila e colóides, como também pela redução de minerais uraníferos tetravalentes, quando em ambientes redutores. Desta forma o urânio pode migrar, libertado dos minerais primários e retido em óxidos de ferro e minerais de argila.

Os outros litotipos da área, pertencentes ao CGC, apresentam teores moderados de urânio. O Quartzito Serra das Pedras mostra teores baixos de urânio, em função da mineralogia de suas rochas.

A Figura 14 mostra o mapa ternário de K(R)-eTh(G)-eU(B), onde fica claro a delimitação do Granito Joaquim Murtinho. A coloração branca no interior deste maciço indica que os teores dos três radionuclídeos são simultaneamente elevados, em relação ao restante da área. A aureóla azul clara circundante reflete contribuições elevadas de eU e eTh, indicando a migração do potássio por intemperismo.

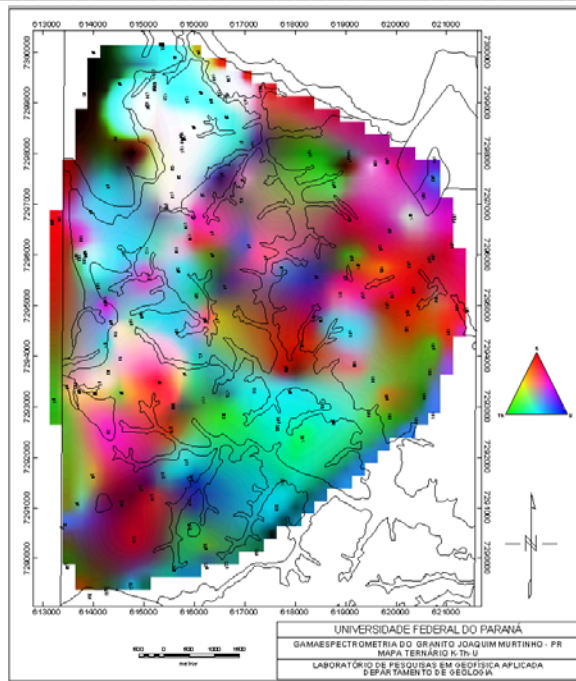


Figura 14 - Mapa ternário do K(R)-eTh(G)-eU(B) de toda a área do estudo.

Conclusões

Considerando-se a caracterização geoquímica dos granitóides do Complexo Cunhaporanga apresentada por Guimarães (2000), identificaram-se na região aqui estudada rochas pertencentes a duas linhagens petrogenéticas distintas. A primeira, de natureza alcali-cálcica de alto potássio, é representada principalmente pelos litotipos menos evoluídos da Associação de Fácies I (NPPA I). Já o GJM possui rochas nitidamente diferentes, integrando uma segunda classe "alásquítica", com estreitas similaridades com granitos do tipo "A". A Figura 15, com dados para todo o Complexo Cunhaporanga, sintetiza as diferenças entre rochas da estirpe alcali-cálcica quando confrontadas com as de filiação "alásquítica" (esta última também inclui o Granito Serra do Carambeí; ver Ferreira *et al.*, 2001 e Riffel *et al.*, 2001).

Sendo assim as diferenças marcantes nos teores de eU e eTh, visíveis na comparação das figuras 7, 10 e 13, devem-se efetivamente a uma tipologia distinta das rochas ígneas. Entretanto para o potássio, como mencionado anteriormente, a discrepância dos valores decorre da atuação diferencial de processos pedogenéticos/geomorfológicos.

Agradecimentos

À FAPESP, pelo custeio das despesas de campo (processo 01/07293-6, beneficiário H. Ulbrich) e ao CNPq, pela concessão de bolsa de iniciação científica à A. Fruchting (PIBIC-CNPq).

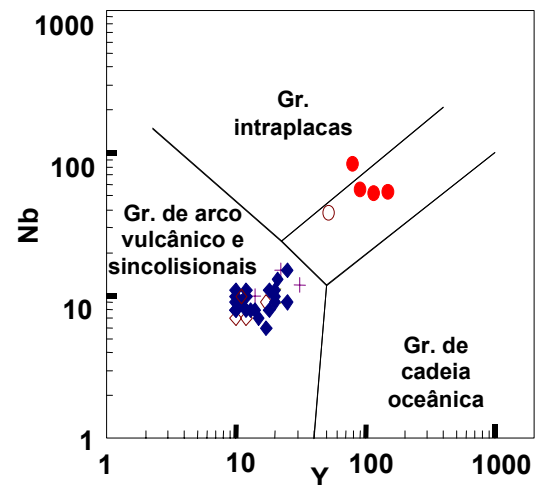


Figura 15 – Diagrama discriminante Y vs Nb (Pearce *et al.*, 1984) para rochas do Complexo Cunhaporanga (adaptado de Guimarães, 2000). Círculos vermelhos para rochas da linhagem "alásquítica" (granitos Joaquim Murtinho e Serra do Carambeí); demais símbolos para a linhagem alcali-cálcica de alto K.

Referências

- Ferreira, F.J.F., Riffel, S.B., Forlin, M., Guimarães, G. B., 2001, Gamaespectrometria do Granito Serra do Carambeí - PR. In: 7th Intern. Congr. Braz. Geoph. Soc., 2001, Salvador. *Expanded Abstracts*. Salvador: SBGf, v. I. p. 478-481 (CD-ROM).
- Guimarães, G.B., 1995, *O Complexo Granítico Cunhaporanga na região de Joaquim Murtinho, Pirai do Sul (PR): caracterização faciológica das rochas granitóides*. Dissertação de Mestrado, IG-USP, São Paulo, 144 f.
- Guimarães, G.B., 2000, *As rochas granitóides do Complexo Granítico Cunhaporanga: aspectos geológicos, geofísicos, geoquímicos e mineralógicos*. Tese de Doutorado, IG-USP, São Paulo, 230 f.
- Guimarães, G.B., Ferreira, F.J.F., Ulbrich, H.H.G.J., Forlin, M., 2001, The Aerogeophysical Project Serra do Mar Sul in the region of the Cunhaporanga Granitic Complex, Paraná, Southern Brazil: analysis of the gamma-ray spectrometric survey. *Revista Brasileira de Geofísica*, **19**(1): 3-17.
- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., Tindle, A.G., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *Journal of Petrology*, **25**: 956-983.
- Riffel, S.B., Ferreira, F.J.F., Forlin, M., Guimarães, G. B., 2001, Aplicação da gamaespectrometria (K, eTh, eU) na caracterização do Granito Serra do Carambeí-PR. In: VIII Congr. Bras. Geol. e I Simp. Geol. Países do Mercosul, 2001, Curitiba. *Anais*. Curitiba: SBGq (CD-ROM).