

## Interpretação de dados gamaespectrométricos da faixa de Unai-Paracatu-Vazante-Coromandel, Minas Gerais.

Roberto Alexandre Vitória de Moraes e Augusto César Bittencourt Pires UnB/IG-LGA, Gustavo de Assunção Mello e Cláudia Arantes Silva HGeo, e Júlio Coelho Ferreira de Souza CMM

Copyright 2003, SBGF - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation at the 8<sup>th</sup> 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 8<sup>th</sup> 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

Results of an extensive processing, interpretation and geological integration of airborne gamma-ray spectrometric data are presented. It comprised data from 82,113 linear kilometers of profiles, spaced 250 m apart, covering an area of 18,113 km<sup>2</sup> in northwest Minas Gerais State (Programa Área 1, COMIG). Individual and composite images of K, U, and Th data channels (RGB, CMY and their inverses), plus DTM products allowed the interpretation of radiometric units. The integration of geophysical and geological information lead to the detailed mapping of the dolomitic facies of the Vazante Group, where the known Zn and Pb mineralizations occur, and to get a better picture of the lithological units present in the project area.

### Introdução

O uso de dados gamaespectrométricos no mapeamento geológico tem permitido obter informações sobre unidades lito-estruturais aflorantes, fato importante quando se tenta entender o arcabouço geológico de uma determinada área. Infelizmente, estes são afetados pela presença de solos e outras coberturas, além do relevo presente, o que dificulta ou por vezes impede seu uso no mapeamento geológico pretendido. Onde possível, permite uma interpretação de forma sistemática e contínua de assinaturas que possibilitam um melhor discernimento sobre a geologia da área por eles coberta.

A HGeo Tecnologia em Geociências tem procurado aplicar técnicas de processamento, apresentação, interpretação e integração em dados de geofísica, com ênfase no mapeamento geológico e, em especial, na prospecção mineral, desenvolvidas, em grande parte, no Laboratório de Geofísica Aplicada (IG/UnB) de quem recebe apoio e assistência técnico-científica. Estes procedimentos incluem, uma série de processos e procedimentos objetivando a obtenção da melhor imagem possível dos diversos campos geofísicos considerados (micronivelamento e decorrução), suas interpretações qualitativa e quantitativa e suas integrações às demais informações disponíveis. No caso da interpretação gamaespectrométrica, tem-se usado processos de análise numérica e estocástica no fito de melhor entender distribuições e a inter-relações entre os elementos medidos.

O presente estudo foi elaborado para a Companhia Mineira de Metais (CMM) objetivando verificar como informações gamaespectrométricas poderiam ser úteis na caracterização de qualquer assinatura geofísica indicativa de alvos de mineralizações de chumbo e zinco.

### Localização

A área estudada (Figura 1) é conhecida como “Faixa Paracatu-Vazante”, estando localizada na parte externa da Faixa de Dobramentos de Brasília, na margem oeste do Cráton de São Francisco.

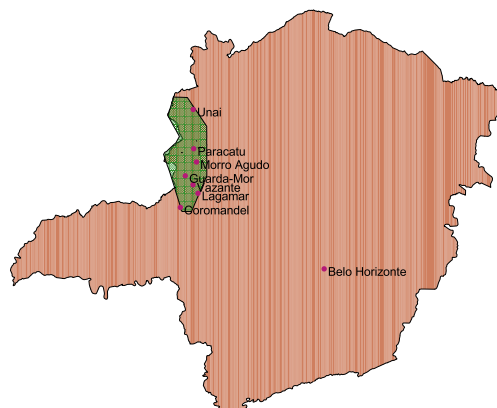


Figura 1 – Mapa mostrando a localização da área estudada, entre Unai e Vazante, no noroeste do Estado de Minas Gerais.

A região aqui abordada é composta por um conjunto de rochas supracrustais relacionadas aos estágios tectono-sedimentares dos Ciclos Paranoá-Canastra-Vazante (Meso - Neoproterozóico) e Araxá / Ibiá - Bambuí (Neoproterozóico). Neste setor encontram-se, de oeste para leste, os grupos Canastra, Vazante e Bambuí, nos quais o padrão da deformação e o grau metamórfico apresentam marcada polaridade que se intensifica para oeste. É sede do maior distrito zincífero brasileiro. Nela localizam-se os depósitos de zinco de Vazante, e de zinco e chumbo de Morro Agudo, Ambrósia e Fagundes e inúmeras outras ocorrências. O principal alvo dos trabalhos de detalhamento em questão é representado pelo Grupo Vazante (Dardenne et al., 1998), uma seqüência metassedimentar do Meso/Neoproterozóico (Bittencourt et al., 2001).

## Dados Gamaespectrométricos

As informações geofísicas usadas neste trabalho fazem parte do projeto Área 1 da Companhia Mineradora de Minas Gerais (COMIG). Cobriu a faixa de interesse no oeste do Estado de Minas Gerais entre as cidades de Unai, Paracatu, Vazante e Coromandel (Figura 1). Compreende 82.113 km de perfis espaçados de 250 m, distribuídos numa área com 18.113 km<sup>2</sup>. Os vôos usados na amostragem acompanharam a topografia local (*drape flight*) a uma altura nominal de 100 m. O controle do posicionamento espacial de cada ponto amostrado foi realizado por satélite artificial, em modo diferencial (DGPS) e a distância da aeronave ao solo (altura), por radar-altímetro (Lasa, 2001a). As medições foram tomadas a cada segundo, usando-se cristais detectores de NaI(Tl) com volume total de 33,6 l.

## Processamento

Foram tidos como definitivos todos os procedimentos de redução de dados usados na obtenção das indicações dos canais do K em porcentagem, do U, e do Th em ppm e daquele da contagem total em mR/h, realizados pela empresa que efetuou a coleta (LASA, 2001).

Todavia, foram seguidas três etapas na preparação dos dados processados. A **primeira** referiu-se a um controle adicional sobre a qualidade destes dados. A **segunda**, à geração das interpolações em malhas regulares depois de ensaiados vários algoritmos interpoladores disponíveis. Entre os algoritmos testados aquele que ofereceu o melhor resultado foi baseado na Curvatura Mínima. A **terceira** tratou da correção das imperfeições notadas, objetivando homogeneizar a representação espacial dos dados interpolados. Foram usadas técnicas de micronivelamento (Minty, 1991) e de decorrugação (Geosoft, 1996).

O processamento em si consistiu da geração de uma série de temas usados na interpretação. Foram estes imagens dos: teores equivalente do potássio (%), do urânio e do tório (ppm), das composições coloridas RGB/KUTh, CMY/KUTh, seus inversos e associações com o modelo digital de terreno (MDT), das razões (U/Th, U/K e Th/K) e do potássio anômalo (Pires, 1995). Análises de modelos e classificação estatística (média K, entre outras) também ajudaram a entender melhor as assinaturas individualizadas. Estes temas permitiram a elaboração do mapa de interpretação dos domínios gamaespectrométricos.

## Interpretação

A metodologia utilizada envolveu basicamente:

- (i) comparação da imagem correspondente a cada canal discriminado (K, U, e Th) com a topografia para estudar a influência do relevo sobre estes dados;

- (ii) análise do canal de contagem total para a definição de grandes domínios gamaespectrométricos, bem como a análise da contribuição relativa de cada um dos outros canais;
- (iii) uso de composições em falsa cor (imagem ternária) do tipo RGB e CMY e seus inversos, com os canais de K, Th e U, usando ou não o modelo digital de terreno como uma quarta componente e seu estudo espacial para definir unidades e/ou domínios com assinaturas gamaespectrométricas semelhantes;
- (iv) uso das razões U/Th, Th/K e U/K na análise da sua correlação com os diversos domínios gamaespectrométricos e com as regiões onde estão mapeadas as mineralizações na região;
- (v) uso do conceito do "Potássio Anômalo" (Pires, 1995) no estudo de possíveis manifestações hidrotermais;
- (i) classificação destes temas na elaboração do mapa interpretativo dos domínios gamaespectrométricos.

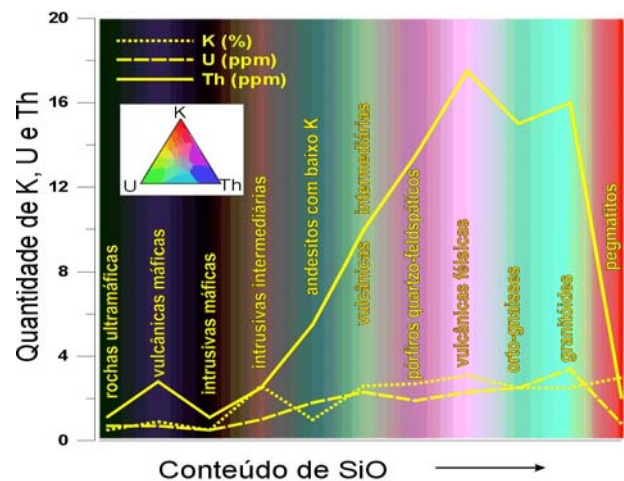


Figura 1 – Variação pela média do conteúdo de K, U, e Th para algumas rochas com o acréscimo de SiO<sub>2</sub> (Blum, 1999)

Na utilização das imagens ternárias, a análise foi baseada na cor final resultante das combinações de cores nas imagens componentes, cor final esta que reflete diretamente os teores de K, U, e Th em cada porção da área ou unidade interpretada. Assim a cor final para uma região com altos teores simultâneos para K, U e Th, numa composição RGB (K:Th:U), mostra-se branca e inversamente outra com baixos teores, apresenta-se com a cor final negra. Esta assinatura composta final é de grande utilidade no discernimento do provável tipo litológico que a produziu (Figura 1, Blum, 1999).

O estudo das imagens quaternárias mostrou que o relevo topográfico influencia as respostas em mapa. Os platôs

existentes na área e dominados por gangas lateríticas retêm o tório, impossibilitam a visualização das assinaturas específicas das formações subjacentes. Drenagens que dissecam a área carreiam os elementos radiogênicos e causam contaminação nas assinaturas radiométricas curso abaixo. Este fato é particularmente notável com relação ao urânio, que pode formar minerais solúveis. Nota-se evidente transporte deste em alguns vales. Essa dispersão provavelmente se deve ao fato de que o U pode ser absorvido por argilo-minerais e se combinar com óxidos de ferro e carbonatos, aumentando sua concentração próximo à superfície.

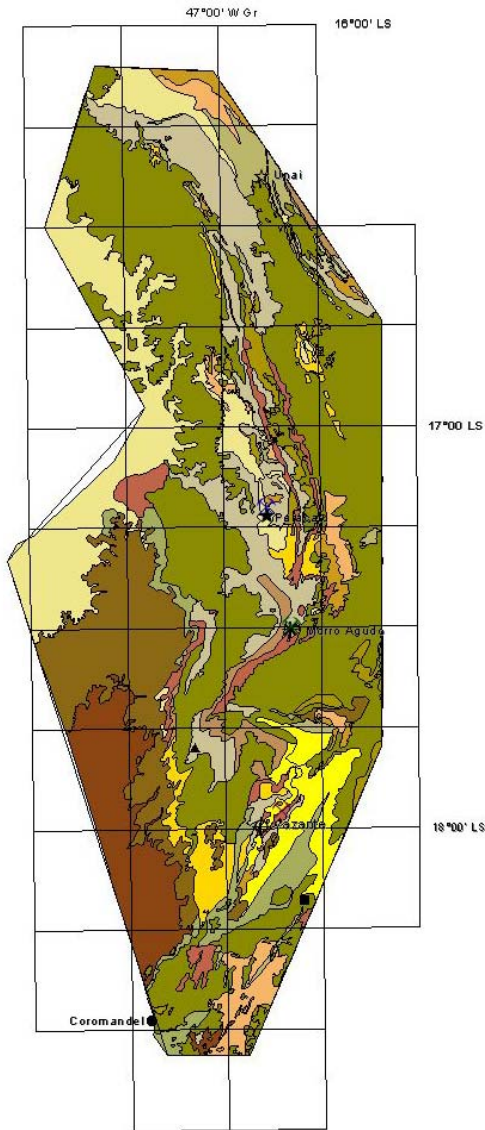


Figura 2 – Mapa das Unidades Gamaespectrométricas interpretadas.

A interpretação qualitativa conjunta de todas as imagens gamaespectrométricas geradas para o projeto foi efetuada em ambiente Sistema de Informações Geográficas (SIG). A técnica que serviu de base foi criada originalmente com o objetivo de classificar polígonos delimitados pela interpretação visual de

imagens georreferenciadas, como fotografias aéreas, imagens TM, etc (Pan e Harris, 2000). Permite elaborar esquemas de classificação eficientes e delinear rapidamente as características dos polígonos/áreas de interesse. Por se tratar de procedimento que pode ser facilmente criado e modificado, pode ser utilizado com vantagens no mapeamento. Baseado nestas premissas, o LGA desenvolveu metodologia de classificação para a interpretação visual de imagens gamaespectrométricas levando em conta a variação dos teores de potássio, urânio e tório, divididos em três categorias, cada qual deles (K, U e Th), em baixo, médio e alto.

Nos canais individuais o teor de K, U, Th foi analisado com base na imagem em falsa cor. Nestas, baixos teores são identificados pela cor azul e os altos, pela cor magenta. Os demais intermediários estão definidos nas suas respectivas escala de cor.

Com isto foram definidas 14 unidades gamaespectrométricas para a região em estudo (Figura 2). As características de cada unidade, em função de seu conteúdo de K, Th e U, estão definidas na Tabela 1.

UNIDADES GAMAESPECTROMÉTRICAS CLASSIFICADAS	K	Th	U
1	alto	baixo	baixo
2	alto	baixo	médio
3	alto	baixo	alto
4	alto	médio	baixo
5	alto	médio	médio
6	alto	médio	alto
9	alto	alto	alto
10	médio	baixo	baixo
11	médio	baixo	médio
14	médio	médio	médio
19	baixo	baixo	baixo
21	baixo	baixo	alto
26	baixo	alto	médio
27	baixo	alto	alto

Tabela 1 – Tabela com a classificação das unidades lito-gamaespectrométricas, classificadas por seus teores de K, U e Th

O mapa obtido (Figura 2) mostra boa correlação entre as unidades interpretadas e informações geológicas conhecidas. Sabe-se da literatura (Freitas-Silva, F. H., e Dardenne, M. A., 1997, entre outros) que há uma variação lateral expressiva nestas unidades. Esta variação está representada nos dados gamaespectrométricos e bem refletida nas unidades radiométricas interpretadas, tanto para o domínio do Grupo Canastra quanto para o domínio do Grupo Vazante. Vale salientar que os corpos dolomíticos retrabalhados da Formação Vazante apresentam baixos teores nos elementos radiométricos medidos. Observou-se que quando esta formação está mineralizada (modelo Vazante), há tendência que sua assinatura

gamaespectrométrica apresenta-se levemente enriquecida em potássio. Regiões expressivas em torno das drenagens, que mostram uma grande dispersão destes elementos, foram individualizadas como uma unidade radiométricas atribuída ao Terciário-Quaternário.

### Sumário e Conclusões

A interpretação de dados gamaespectrométricos em foco mostrou a possibilidade de mapeamento de feições dentro das rochas supracrustais que afloram na região da Faixa Paracatu-Vazante, no NW de Minas Gerais. Suas pertinências às unidades lito-estratigráficas estabelecidas necessitam de maior apoio da geologia. Permitiu, todavia, esboçar um quadro bastante rico em variações nas assinaturas gamaespectrométricas que merecem ser melhor estudadas. Acha-se particularmente interessante a depleção nos valores radiométricos nos dolomitos da Formação Vazante bem como sua associação com aumento no teor do potássio nas ocorrências dolomíticas hospedeiras das mineralizações (modelo Vazante), o que pode contribuir para melhoria no seu delineamento superficial.

### Referências

- Bittencourt, J. S., Monteiro, L. V. S., Bello, R. M. S., Oliveira, T. F., e Juliani, C., 2001, Metalogênese do zinco e Chumbo na região de Vazante – Paracatu, Gerais, *in*: Pinto, C. P. e Martins-Neto, M. A. (Eds.), Bacia do São Francisco, Geologia e Recursos Minerais, SBG/MG, Belo Horizonte, 161-198.
- Blum, M. L. B., 1999, Processamento e interpretação de dados de geofísica aérea no Brasil central e sua aplicação à geologia regional e à prospecção mineral: Tese de Doutorado, UnB.
- Dardenne, M. A., Freitas-Silva, F. H., Souza, J. C. F., e Campo, J. E. G., 1998, Evolução tectono sedimentar do Grupo Vazante no contexto da Faixa de Dobramentos Brasília, *in*: 40<sup>o</sup> Cong. Bras. Geol., SBG, Belo Horizonte, Resumos **26**.
- LASA, 2001a, Projeto SEDEX chumbo-zinco nas regiões de Paracatu e João Pinheiro, Minas Gerais: Brasil, Rio de Janeiro, LASA – Engenharia e Prospecções S.A.: Brasil: Brasil, Rio de Janeiro, Relatório Final do levantamento Processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos, Volume I, Texto Técnico.
- LASA, 2001b, Projeto de depósitos de zinco em Vazante-Paracatu, Minas Gerais: Brasil, Rio de Janeiro, LASA – Engenharia e Prospecções S.A.: Brasil: Brasil, Rio de Janeiro, Relatório Final do levantamento Processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos, Volume I, Texto Técnico.
- GEOSOFT, 1996, MAGMAP 2-D; Frequency domain processing: Canadá, GEOSOFT Inc.
- Minty, B. R. S., 1991, Simple micro-levelling for aeromagnetic data: *Expl. Geoph.*, **22**, 591-592.

Pan, G. e Harris, D. P., 2000, Information synthesis for mineral exploration: EUA (New York) Oxford University Press, 461 p.

Pires, A. C. B., 1995, Identificação geofísica de áreas de alteração hidrotermal, Crixás-Guarinos, Goiás: RBG, **25**, 61-68.

Freitas-Silva, F. H., e Dardenne, M. A., 1997, Pb/Pb Isotopic patterns of galenas from Morro do Ouro (Paracatu Formation), Morro Agudo/Vazante (Vazante Formation) and Bambui Group deposits: South-American Symp. on Isotope Geol., Ext. Abst., 118-120.

### Agradecimentos

Os autores agradecem a CMM e a HGeo a permissão para a apresentação deste trabalho.