

seqüências supracrustais arqueanas e/ou proterozóicas do Quadrilátero Ferrífero.

As rochas gnáissicas têm predominância no Complexo, e variam, petrograficamente, de tonalito a granito (Fernandes & Carneiro, 2000). Os terrenos gnáissicos são divididos em função de sua composição e coloração. Já foram discriminados, entre outros, os gnaisses Candeias, Itapecerica e Cláudio. Os gnaisses da unidade Cláudio são cinza, com composição predominantemente granodiorítica. A unidade Itapecerica é rosada, com composição granítica, e a unidade Candeias é verde com a composição variando de granítica a granodiorítica (Oliveira & Carneiro, 2001). Ocorrências de anfíbolitos são comuns, e encontradas na forma de diques deformados, *boudins* e enclaves encaixados nos gnaisses, paralelos ao bandamento (Fernandes & Carneiro, 2000). Rochas metaltramáficas acamadadas (seqüência acamadada Ribeirão dos Motas) são amplamente distribuídas, e há ocorrência, de forma esparsa, de uma unidade quartzítica, composta por um granada-sillimanita-quartzito. Todo o conjunto encontra-se cortado por diques máficos gabronoríticos. Uma unidade granítica ocorre na forma de diques de variadas dimensões, ou como grandes corpos intrusivos (Fernandes & Carneiro, 2000).

Com relação ao metamorfismo, a maioria das rochas do Complexo Campo Belo foi gerada ou submetida a condições metamórficas de fácies granulito, com exceção das rochas gabronoríticas, gabróicas e graníticas, que apresentam suas texturas ígneas originais preservadas e desenvolveram apenas paragêneses secundárias de fácies xisto verde (Fernandes & Carneiro, 2000).

Materiais e Métodos

Neste trabalho são utilizados dados aerogeofísicos (gamaespectrometria e magnetometria) visando auxiliar a caracterização das anomalias elípticas da região de Itapecerica. A área de trabalho é coberta pelos dados do Projeto Pitangui - São João Del Rey -Ipatinga e faz parte do Programa de Levantamento Aerogeofísico do Governo de Minas Gerais, recobrando toda a área do Quadrilátero Ferrífero e adjacências. O levantamento aerogeofísico foi efetuado pela empresa Lasa, a encargo da SEME (Secretaria de Estado de Minas e Energia do Estado de Minas Gerais), e seus resultados foram disponibilizados em um relatório final (Lasa, 2001). Os métodos empregados neste levantamento foram o magnetométrico e o gamaespectrométrico, com sobrevôo a 100m de altitude segundo linhas espaçadas de 250 m, e linhas de controle a cada 2.500 m. A área coberta é de 36.385 km², equivalentes a 160.271 km lineares de vôo, com direções de linha de vôo de N30W e N30E e linhas de controle perpendiculares a estas.

Os produtos derivados a partir do campo magnético anômalo foram produzidos para interpretação na área em apreço. As etapas encontram-se ilustradas na figura 02. A partir do mapa do campo magnético anômalo foram derivados o de amplitude do sinal analítico (ASA), e três derivadas, sendo uma vertical e duas horizontais (Dz, Dx e Dy). A combinação das duas últimas gerou o gradiente horizontal total (GHT) (Figura 02).

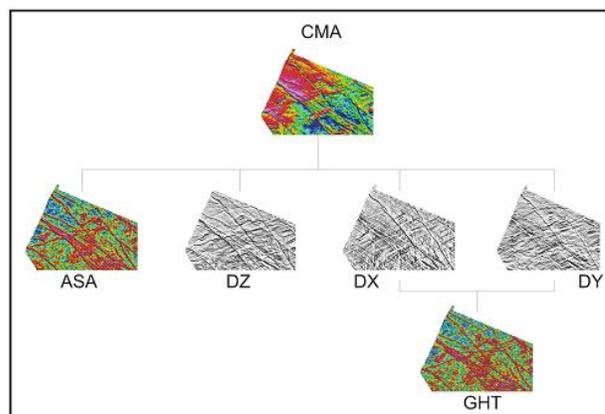


Figura 02 – Etapas do processamento dos dados aeromagnéticos. CMA – Campo Magnético Anômalo (unidade em nT= nanoTesla); ASA – Amplitude do Sinal Analítico (unidade em nT/m); DZ – Primeira Derivada Vertical em Z (unidade em nT/m); DX – Primeira Derivada Horizontal em X (unidade em nT/m); DY – Primeira Derivada Horizontal em Y (unidade em nT/m); GHT – Gradiente Horizontal Total (unidade em nT/m).

Na figura 03 observa-se as etapas utilizadas no processamento dos dados gamaespectrométricos. Os mapas gamaespectrométricos correspondentes aos canais de K, U, Th e de contagem total foram gerados utilizando-se pseudocor. Da combinação dos três canais (K, U e Th) foram obtidas as composições ternárias RGB e CMY. Também foi elaborado um modelo digital de terreno (MDT), utilizado como uma quarta componente (canal de intensidade) nas combinações RGB e CMY.

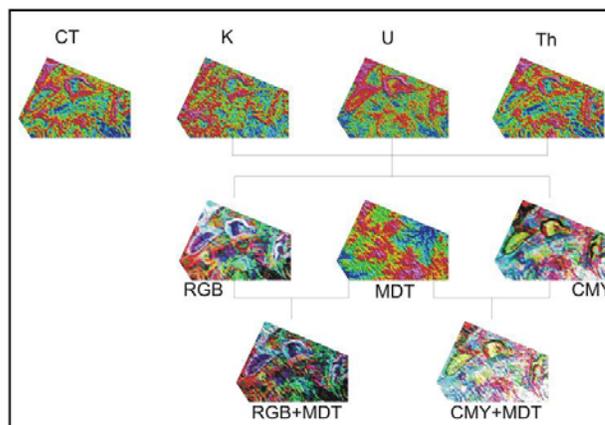


Figura 03 – Etapas do processamento dos dados aerogamaespectrométricos. CT – Contagem Total (concentração em $\mu R/h$, onde μ = coeficiente de atenuação atmosférica; R= Roentgen; h= hora); K – Canal de potássio (concentração em %); U – Canal de urânio (concentração em ppm); Th – Canal de tório (concentração em ppm); RGB – Composição ternária a partir dos canais de radioelementos (Red=K; Green=Th; Blue=U); MDT – Modelo Digital de Terreno (unidade em metros); CMY – Composição ternária a partir dos canais de radioelementos (Cyan=K; Magenta=Th; Yellow=U).

A interpretação das imagens foi efetuada em ambiente Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando-se a extensão *habitat digitizer* (ESRI). Esta extensão permite classificar hierarquicamente polígonos delineados pela interpretação visual. Estas classificações podem ser criadas e modificadas facilmente, o que representa grande vantagem no trabalho de mapeamento geológico. A interpretação qualitativa dos dados gamaespectrométricos foi efetuada, principalmente, através de composições ternárias do tipo RGB (*Red*,

Green e Blue - Figura 04) e do tipo CMY (Cyan, Magenta e Yellow – Figura 05), geradas a partir dos canais de K, U e Th. Tal análise possibilitou a definição de domínios com assinaturas gamaespectrométricas semelhantes, que foram classificadas na elaboração do mapa litogeofísico.

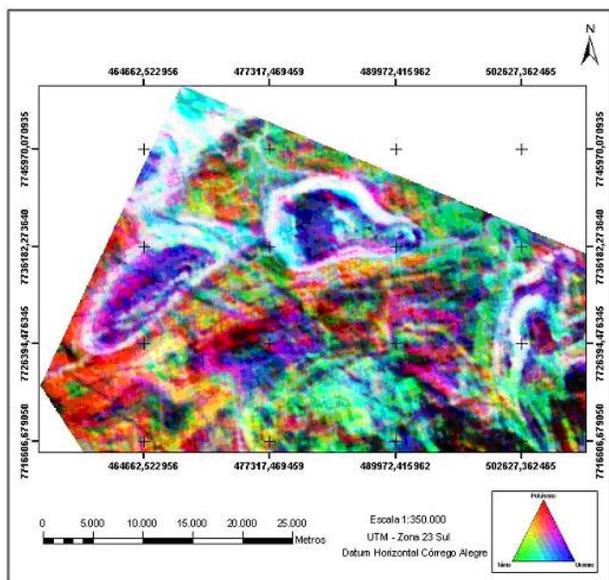


Figura 04 – Composição ternária RGB obtida a partir dos canais de radioelementos (K, Th e U), onde se destacam as anomalias elípticas em estudo.

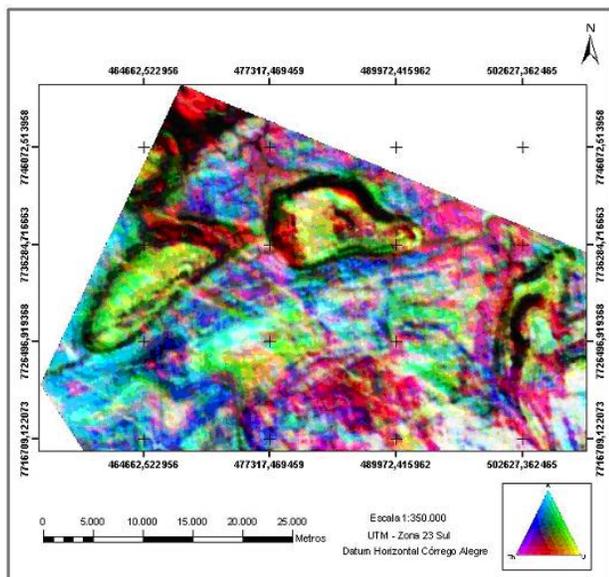


Figura 05 – Composição ternária CMY obtida a partir dos canais de radioelementos (K, Th e U), utilizada como ferramenta auxiliar no mapeamento das anomalias elípticas em estudo.

Buscando mapear a influência da topografia na dispersão de radioelementos foi gerada uma imagem em 2,5D da área com o programa ENVI 4.0 (SULSOFT), utilizando-se da composição ternária RGB e o modelo digital de terreno (MDT) no canal de intensidade. Para melhor caracterização das anomalias estudadas foram produzidas então imagens 2,5D específicas, as quais se associou a imagem da amplitude do sinal analítico (Figura 06), em busca de reflexos da topografia na

magnetometria. Por se tratar de um terreno predominantemente arqueano, exposto a longo período intempérico, não houve a preservação de estruturas de destaque no relevo. Por esse motivo foi utilizado exagero vertical de cinco vezes, na tentativa de ressaltar algumas feições na topografia.

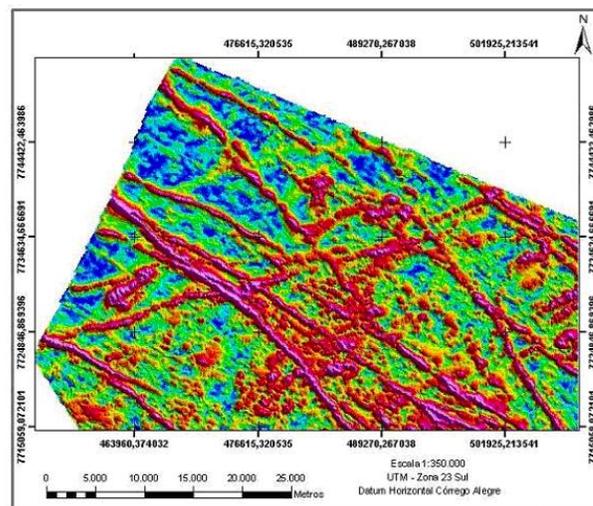


Figura 06 - Imagem da Amplitude do Sinal Analítico (ASA), onde se destacam os enxames de diques da região de Itapeçerica, MG. Imagem em pseudocor, os baixos valores em azul e os altos valores em magenta.

Também foi empregada a primeira derivada vertical do campo magnético anômalo (Figura 07) na tentativa de delinear feições estruturais (como contatos, descontinuidades ou lineamentos), não necessariamente relacionadas à intrusão de diques, e difíceis de serem realçadas em mapas de campo magnético anômalo, ou em outros produtos como sensores remotos.

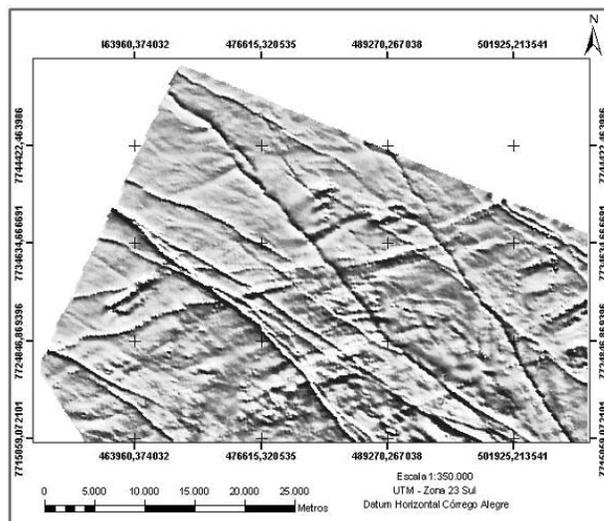


Figura 07 – Imagem da primeira derivada vertical (DZ), utilizada no mapeamento de feições lineares nas proximidades das anomalias estudadas.

Resultados e Conclusões

Na interpretação dos dados gamaespectrométricos o esquema de classificação adotado levou em conta a variação na concentração dos teores de potássio, urânio

e tório, sendo cada um dos canais dividido em três categorias: alto, médio e baixo, o que gerou 27 possibilidades de classificação diferentes. Com base nessa metodologia foram definidas 18 unidades gamaespectrométricas para a região em estudo, que estão representadas no mapa litogeofísico elaborado na escala 1: 50.000 (Figura 08).

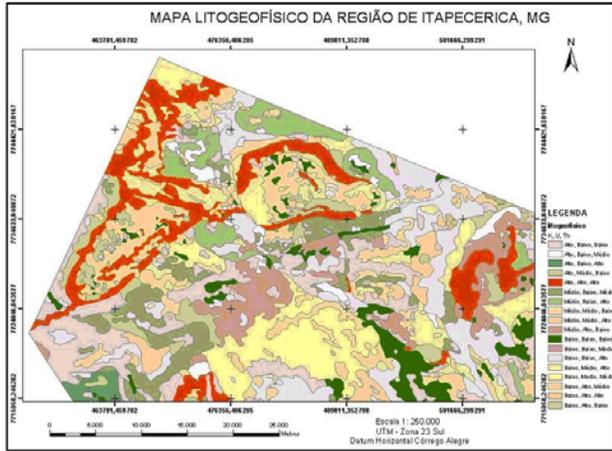


Figura 08 – Mapa litogeofísico da região de Itapeçerica, MG, gerado a partir da interpretação em ambiente SIG das composições ternárias RGB e CMY.

O mapa de feições estruturais indica que no caso da área em estudo a maior parte dos lineamentos observados apresenta coerência com um enxame de diques ressaltado pela amplitude do sinal analítico, com exceção de um grande lineamento na porção noroeste, próximo às anomalias elípticas registradas na composição RGB, que não apresenta assinatura com elevado valor magnético (Figura 09).

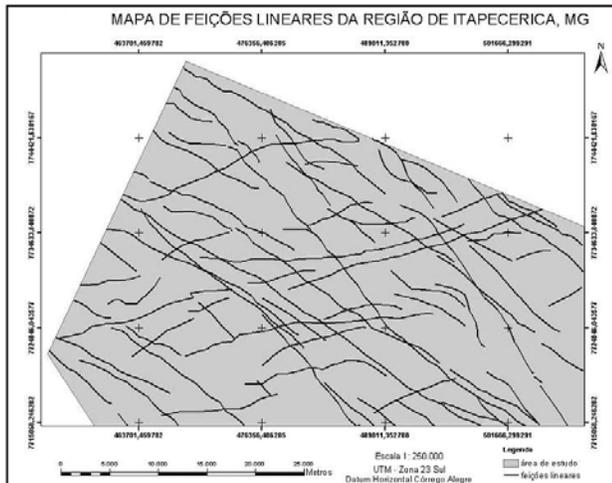


Figura 09 – Mapa de feições lineares da região de Itapeçerica, MG, gerado a partir da imagem da primeira derivada vertical.

Já com relação à modelagem de terreno em 2,5D, gerada a partir da composição RGB associada ao modelo digital de terreno, foi possível notar que as aureolas com elevada concentração de radioelementos (coloração branca) nas anomalias elípticas são mais pronunciadas, indicando rochas mais resistentes ao intemperismo (Figura 10).

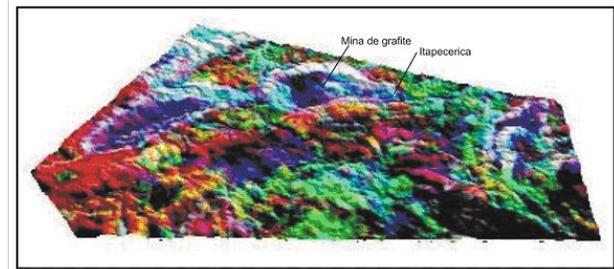


Figura 10 – Modelagem 2,5D a partir da composição RGB com o Modelo Digital de Terreno (MDT). Exagero: 5m.

Para uma análise mais detalhada foram então gerados modelos específicos para as anomalias, sendo um para aquela onde está localizada a mineração de grafita (Figura 11a), e outro para a localizada na porção noroeste (Figura 12a). Na anomalia em que se encontra a mina destaca-se uma forma dômica no seu interior, o que levou à geração de mais um modelo, a partir da imagem ASA. A correspondência entre a forma dômica mapeada pela composição ternária RGB e um corpo de elevado valor magnético, foi satisfatória (Figura 11b). Com relação a segunda anomalia, apesar de aparentemente mais afetada pelo intemperismo, também é possível reconhecer pequenos domos em seu interior, e a magnetometria também indica a presença de uma feição dômica em seu interior (Figura 12b).

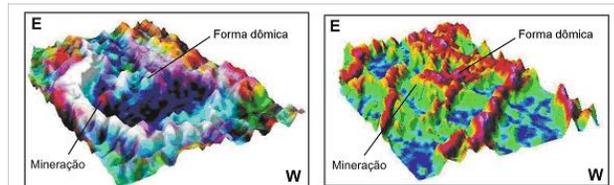


Figura 11a e Figura 11b – Modelagem 2,5D da anomalia em que se localiza a mineração de grafita, gerada a partir da composição ternária RGB (a) e imagem ASA (b).

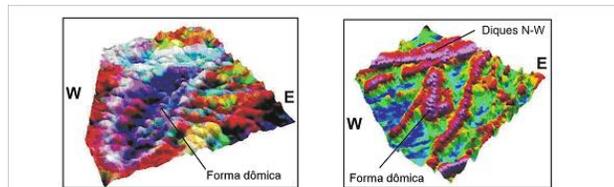


Figura 12a e Figura 12b - Modelagem 3D da anomalia na porção noroeste da área de estudo, a partir da composição ternária RGB (a) e imagem ASA (b).

O trabalho de campo foi efetuado para validação do padrão das anomalias analisadas através dos dados gamaespectrométricos. O trabalho de campo é necessário, pois, embora se aceite que os teores de radionuclídeos em rochas ácidas sejam maiores que em rochas ultrabásicas (Ferreira & Souza, 2002), dentro de um dado tipo de rocha pode existir uma ampla variação de concentrações, o que impossibilita uma classificação petrográfica com base apenas nas unidades gamaespectrométricas definidas.

Referências Bibliográficas

- Alkmim, F. F.; 2004. O que faz de um cráton um cráton? O cráton do São Francisco e as revelações almeidianas ao delimitá-lo. In: Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida, São Paulo; Editora Beca. p. 17-35.
- Fernandes, R.A.; 2001. Etapas da formação da crosta continental (do Mesoarqueano ao Mesoproterozóico) no Cráton São Francisco Meridional. Tese de Mestrado. UFOP/ Instituto de Geociências. p. 128.
- Fernandes, R. A.; Carneiro, M. A.; 2000. O Complexo Metamórfico Campo Belo (Cráton São Francisco Meridional): unidades litodêmicas e evolução tectônica. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**, (4); 671-678.
- Ferreira, F.J.F.; Souza, J.L.; 2002. Gamaespectrometria – Fundamentos, Geoquímica e Distribuição dos Radioelementos em rochas e solos. UFPR/ Departamento de Geologia.
- Isles, D. J., Harman, P. G. & Cunnem, J. P., 1989. The Contribution of High Resolution Aeromagnetics to Archaean Gold Exploration in the Region. Western Australia. *Economic Geology, Monography 6*, p. 389-397.
- Jacques, A. L. 1997. High – Resolution Geophysics in Modern Geological Mapping. *AGSO Journal of Australian Geology & Geographic 17* (2), p.159-173.
- Lasa Engenharia e Prospecções S.A., 2001. *Relatório final do levantamento e processamento dos dados magnetométricos e gamaespectrométricos*. Levantamento Aerogeofísico de Minas Gerais, Área 2. Projeto Pitangui – São João Del Rey – Ipatinga. Volume I, Texto técnico.
- Noce C.M., Machado N., Teixeira W. 1998. U-Pb Geochronology of gneisses and granitoids in the Quadrilátero Ferrífero (Southern São Francisco Craton): age constraints for Archean and Paleoproterozoic magmatism and metamorphism. *Rev. Bras. Geoc.*, **28**:95-102.
- Oliveira, A.H.; Carneiro, M.A.; 2001. Campo Belo Metamorphic Complex: Tectonic Evolution of an Archean sialic crust of the southern São Francisco Craton in Minas Gerais (Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **73**, (3); 397-414.
- Silva, A. A. C. 2003. Processamento, Interpretação e integração de Dados Geológicos e Geofísicos da Província Mineral Tapajós, UnB/ Instituto de Geociências, 137p.
- Silva, A. M.; de Sousa Filho, C. R.; Toledo, C.L.B. & Dantas, E.L. 2003. Amalgamation of Different Crustal Blocks in Southernmost Part of the São Francisco Craton Costrained by Airborne Geophysical Data, Brazil. *Proceedings of the 8th International Congress of the Brazilian Geophysical Society*.
- Teixeira, A. A. 2003. Integração de Dados Multifontes para Exploração de Ouro no Greenstone Belt Rio das Velhas, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, UnB/ Instituto de Geociências, 157p.
- Teixeira N.A., Franke N.D., Brenner T.L., Marchetto C.; 1996. Polymetallic sulfides and manganese deposits of Itumirim-Nazareno greenstone belt. An example of sub-seafloor geothermal system. In: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 39, Salvador, *Anais*:326-328.
- Teixeira, W.; Sabaté, P. ; Barbosa, J.; Noce, C. M. ; Carneiro, M. A.; 2000. Archean and Paleoproterozoic tectonic evolution of the São Francisco craton, Brasil. In: Tectonic Evolution of South America. 31th International Geological Congress, Rio de Janeiro. p. 101-137.
- Wilford, J. R.; Bierwirth, P. N.; Craig M. A. 1997. Application of Airborne Gamma-ray Spectrometry in Sailregolith Mapping and Applied Geomorphology. *AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics*. 17 (21) - 2001, p. 216.