



Integração de Dados Geológicos e Aerogeofísicos da Faixa Vulcano-Sedimentar Rio das Mortes, Região de Resende Costa, Porção Meridional do Cráton São Francisco

Marina Marques Dalla Costa¹, Adalene Moreira Silva¹, Catarina Labouré Bemfica Toledo¹

1 – Laboratório de Geofísica Aplicada (LGA) – Instituto de Geociências – Universidade de Brasília (UnB)

Copyright 2009, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

This paper was prepared for presentation during the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil, August 24-28, 2009.

Contents of this paper were reviewed by the Technical Committee of the 11th International Congress of the Brazilian Geophysical Society and do not necessarily represent 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

Airborne geophysical data acquired over the southern portion of the São Francisco Craton, Minas Gerais, Brazil display patterns difficult to be identified by geological field mapping due to poor outcrop and deep weathering. An integrated analysis of gamma-ray spectrometric and magnetic data was conducted to map and analyze such patterns, and highlight the relationships between the main geological units, as well as their inner structures and boundaries. Enhancement and cluster analysis of the gamma-ray spectrometry data showed their effectiveness in mapping subtle compositional variations in the area, which concur with and complement available geological data. The main products are a lithogeophysical map and the individualization and boundaries definition of the five major geological bodies that occur in the area, contributing directly to more effective and efficient geological mapping. They also enable discussions over the relations between these bodies, especially those involving the Resende Costa and Ritópolis granites.

Introdução

Os terrenos arqueanos são alvo de inúmeras pesquisas devido ao grande potencial econômico destas áreas, que possuem diversos depósitos minerais. O estudo de tais áreas é de extrema importância para a compreensão e caracterização dos eventos tectônicos que atuaram na evolução de tais terrenos, assim como os processos de gênese de depósitos minerais. O presente trabalho buscou, através da integração de dados aerogeofísicos e geológicos, um melhor entendimento dos terrenos arqueanos localizados na porção meridional do Cráton São Francisco, mais especificamente na região da Sequência Vulcano-Sedimentar Rio das Mortes. Dados magnéticos foram processados e interpretados de forma a obter um padrão estrutural para a área. A partir dos dados gamaespectrométricos realizaram-se rotinas de classificação não supervisionada Isodata, obtendo-se um mapa litogeofísico e permitindo a individualização dos cinco principais corpos que ocorrem nesta região. São também apresentadas discussões acerca das relações de dois dos corpos identificados, os granitos Resende Costa e Ritópolis.

Contexto Geológico

O Cráton São Francisco constitui extensa região estável localizada na porção centro-leste do continente sul-americano, possuindo terrenos arqueanos, que foram soldados e deformados durante eventos paleo e neoproterozóicos (Pereira, 2007).

O Cinturão Mineiro está inserido no contexto geotectônico da borda meridional do Cráton São Francisco e é resultado de uma colisão com o núcleo arqueano na fase compressional do ciclo Transamazônico (Teixeira, 2000). Ocorrem em suas adjacências, complexos metamórficos gnáissicos parcialmente migmatizados, granitóides, e *Greenstone Belts*, que compõem o substrato cristalino da região de estudo. Uma série de corpos plutônicos intrudem estas unidades e marcam sua evolução, por volta de 2.0 a 2.6 Ga (Ávila, 2000). Coberturas meta-sedimentares como o Supergrupo Minas e Grupo Bambuí, encobrem os litotipos supracitados e, por fim, diques máficos a ultramáficos cortam todas as seqüências pretéritas da região (Figura 01).

Entre os complexos metamórficos, que ocorrem na porção meridional do Cráton São Francisco, podem-se citar: Complexo Bonfim, Belo Horizonte e Bação, que são unidades gnáissicas bandadas por vezes migmatizadas. Seus protólitos possuem idades por volta de 3.3 a 2.6 Ga, determinadas por métodos de datação U/Pb em zircões. (Machado & Carneiro, 1992). As unidades supracrustais são representadas pelo Supergrupo Rio das Velhas, que se subdivide em Grupo Nova Lima e Grupo Maquiné. São seqüências meta-vulcanossedimentares compostas por rochas vulcânicas máficas a ultramáficas e, subordinadamente, vulcânicas félsicas associadas à rochas sedimentares químicas e clásticas, com idade mínima de deposição de 2776 ma (Machado & Schrank, 1996). Os corpos paleoproterozóicos, em destaque neste trabalho, são intrusivos nas rochas do embasamento cristalino e sinalizam a colagem do orógeno Cinturão Mineiro à margem continental. Tais plútons variam de natureza máfica a ultramáfica e félsica a intermediária, e protagonizam uma polêmica história evolutiva. Seu estudo é desenvolvido há pelo menos entorno de quatro décadas, sendo a última marcada por importantes avanços (Ávila, 2000, Noce *et al.*, 2000, Toledo, 2002).

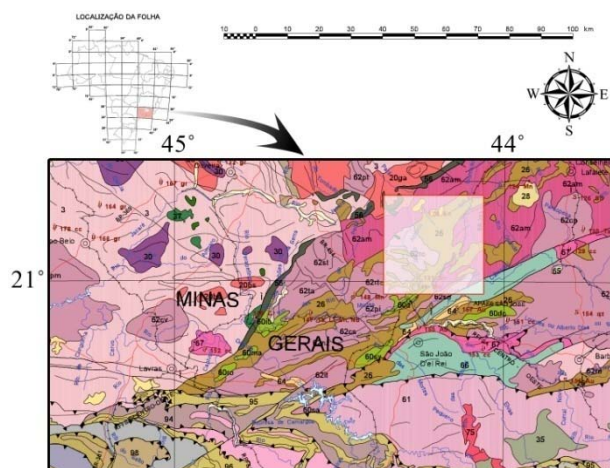


Figura 1: Mapa geológico da região de Resende Costa. A área estudada é representada pelo quadrado branco. (Leite *et al.*, 2004).

Dados Aerogeofísicos e Geológicos

A área estudada é coberta pelos dados aerogeofísicos do Projeto Pitangui – São João Del Rey – Ipatinga, que faz parte do Programa de Levantamento Aerogeofísico do Governo de Minas Gerais. Neste programa, os perfis gamaespectrométricos e magnetométricos foram efetuados com sobrevôo a 100 m de altitude, segundo linhas espaçadas de 250 m e linhas de controle a cada 2.500 m. Os dados deste projeto foram processados pela empresa *Lasa*, reprocessados por Silva *et al.* (2003), utilizando o *software Geosoft – Oasis Montaj 5.1.8*, e novamente reprocessados para este projeto na versão 7.1. Posteriormente, os dados foram cortados na região de interesse, sendo a interpretação das imagens efetuada em ambiente Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Os dados geológicos foram coletados em trabalhos de campo desenvolvidos dentro de um projeto maior de estudos da região, denominado *Estudos da Evolução Crustal em Terrenos Pré-Cambrianos a exemplo da Porção Meridional do Cráton São Francisco: uma investigação com base na Integração de dados Geológicos, Geocronológico e Aerogeofísicos*, no qual o presente trabalho se enquadra. Tais dados consistem em anotações feitas em cadernetas de campo e amostras coletadas, a partir das quais foram confeccionadas lâminas delgadas para análise petrográfica e realizados estudos de datação geocronológica (métodos Sm-Nd e U-Pb). A descrição e a interpretação das lâminas delgadas, associadas às observações realizadas no trabalho de campo serviram como corroboradores da interpretação dos produtos aerogeofísicos. As análises geocronológicas não ficaram prontas até o término do presente trabalho, e seus resultados serão posteriormente incorporadas aos aqui apresentados.

Materiais e Métodos

A análise dos dados magnetométricos foi feita com auxílio do mapa do campo magnético anômalo, a partir do qual foram derivados dois produtos: a amplitude do

sinal analítico (ASA) (Figura 2.a) e a derivada vertical de primeira ordem (Dv). Estes dados foram utilizados na definição e interpretação de possíveis diques máficos e de domínios e feições estruturais. A interpretação dos dados gamaespectrométricos teve por base um mapa de composição em falsa cor do tipo RGB (imagem ternária), com os canais K, U e Th (Figura 2.b). Através da análise da distribuição espacial destes elementos, objetivou-se definir domínios com assinaturas gamaespectrométricas semelhantes (quantidades relativas dos três radioelementos). Para tanto, foi confeccionado um mapa litogeofísico a partir da imagem RGB utilizando o classificador não supervisionado ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) e com auxílio do programa *ENVI 4.3*. Na classificação Isodata, o algoritmo baseia-se na análise de agrupamentos onde são identificadas no espaço de atributos as nuvens (clusters) formadas por “pixels” com características similares. Neste tipo de classificador, é comum especificar o número destes clusters, isto é, o número de classes possíveis de serem encontradas na área de estudo, mesmo não sendo este o número ideal destas classes (Venturieri e Santos, 1998). Além disso, deve-se determinar o número máximo de iterações, que é o número de vezes que o classificador Isodata pode reagrupar – rearranjar os dados (pixels), evitando que o sistema deixe de alcançar o ponto inicial de convergência (*Change Threshold*), que é o percentual máximo de pixels que podem mudar de classes durante as iterações, e que também deve ser definido. Neste trabalho, foram testadas diversas combinações com os parâmetros supracitados, e a que surtiu os melhores resultados possui oito classes, oito iterações e *change threshold* de 5% (Figura 2.c). A Tabela 1 lista as especificidades de cada uma das classes geradas.

Para a descrição e análise petrográfica, foram selecionadas oito lâminas delgadas que foram descritas com auxílio de microscópios de luz transmitida.

Tabela 1 - Classes geradas a partir do classificador ISODATA, realizada no programa *ENVI 4.3* e suas relações com os três radioelementos.

Classes	K (R)	Th (G)	U (B)
1	baixo	baixo	baixo
2	alto	baixo	alto
3	alto	baixo	baixo
4	baixo	alto	baixo
5	baixo	baixo	alto
6	baixo	alto	alto
7	alto	alto	alto
8	alto	alto	baixo

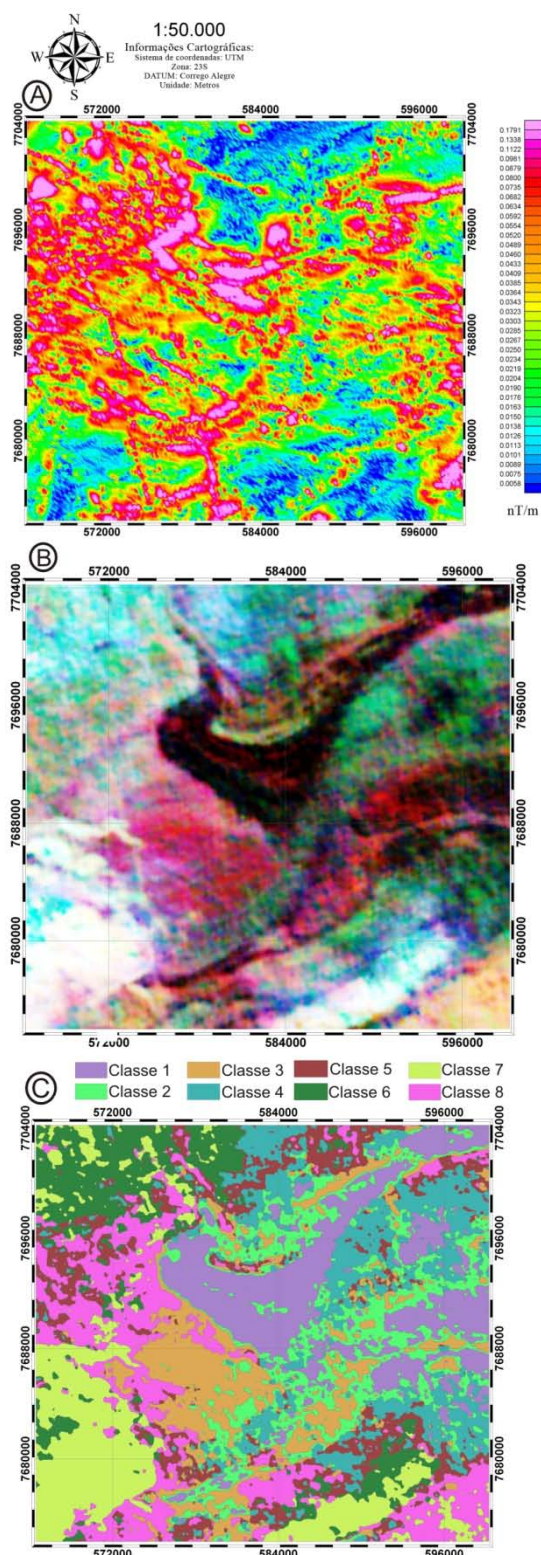


Figura 2 - a. Amplitude do Sinal Analítico. b. Composição ternária RGB (K, U, Th). c. Mapa litogeofísico gerado a partir de classificador não supervisionado ISODATA com oito classes especificadas na Tabela 1.

Análise e Discussão de Dados

A integração dos dados gamaespectrométricos, petrográficos e aqueles obtidos na literatura possibilitou a identificação de cinco corpos distintos, sendo eles: Granito Resende Costa (C1), pertencente à classe 3, dois corpos graníticos leucocráticos, inseridos na classe 7, que correspondem aos Granitos Ritópolis (C2) e Fé (C3), porção da Seqüência Vulcano-Sedimentar Rio das Mortes (C4), enquadrada na classe 1, e uma faixa composta por formações ferríferas manganíferas (gonditos) intrudida por corpos graníticos (C5), englobando as classes 1, 2 e 3 (Figura 3).

O Granito Resende Costa (C1) possui assinatura gamaespectrométrica diferente dos demais corpos graníticos individualizados. Apesar de este corpo possuir composição tonalítica a granodiorítica, sua resposta na imagem RGB caracteriza-se por tom avermelhado, indicando altos teores de K, fato que pode ser explicado pela mineralogia das amostras analisadas, caracterizadas por forte processo de sericitização e pela presença de mais de 10% de biotita, sendo esta tanto de origem ígnea como metamórfica. Outro fator que contribui para que o Resende Costa tenha aspecto distinto é a ocorrência de hornblenda com intenso processo de epidotização, enquanto que os demais corpos graníticos individualizados (Ritópolis – C2 e Fé – C3) consistem em biotita-leucogranitos, por vezes porfíricos.

A porção da Seqüência Vulcano-sedimentar Rio das Mortes (C4) é caracterizada por baixos valores nos três radioelementos, conforme esperado, devido ao caráter máfico e ultramáfico das rochas que a compõe. No campo, foram identificados os seguintes litotipos: actinolita xisto (por vezes hornblenda-actinolita xisto), intercalados com rochas máficas alteradas (com coloração ocre) e formações ferríferas manganíferas (Gonditos associados à BIFS).

O corpo denominado C5 possui assinatura semelhante à da seqüência vulcano-sedimentar, pois também nele ocorrem rochas máficas associadas a gonditos, podendo representar uma continuidade da Seqüência Vulcano-sedimentar Rio das Mortes. No entanto, a resposta do corpo C5 indica um alto K, que pode estar associado a ocorrência de granada-biotita gnaisses e biotita granitos observados em campo. Embora não tenham sido observadas relações de campo, tais corpos graníticos parecem representar intrusões no corpo máfico.

Os resultados da análise dos lineamentos, extraídos do mapa da derivada vertical e da ASA, mostram que estes têm direção preferencial NW-SE, que pode ser correlacionada à direção de esforços do ciclo Transamazônico (1.8 a 2.1 Ga), atribuindo-lhes idade paleoproterozóica.

Percebe-se também fraca estruturação nos corpos leucograníticos (C2 e C3), que são pouco afetados pelos diques máficos presentes na área. Isto pode indicar um caráter tardio destes corpos em relação aos demais.

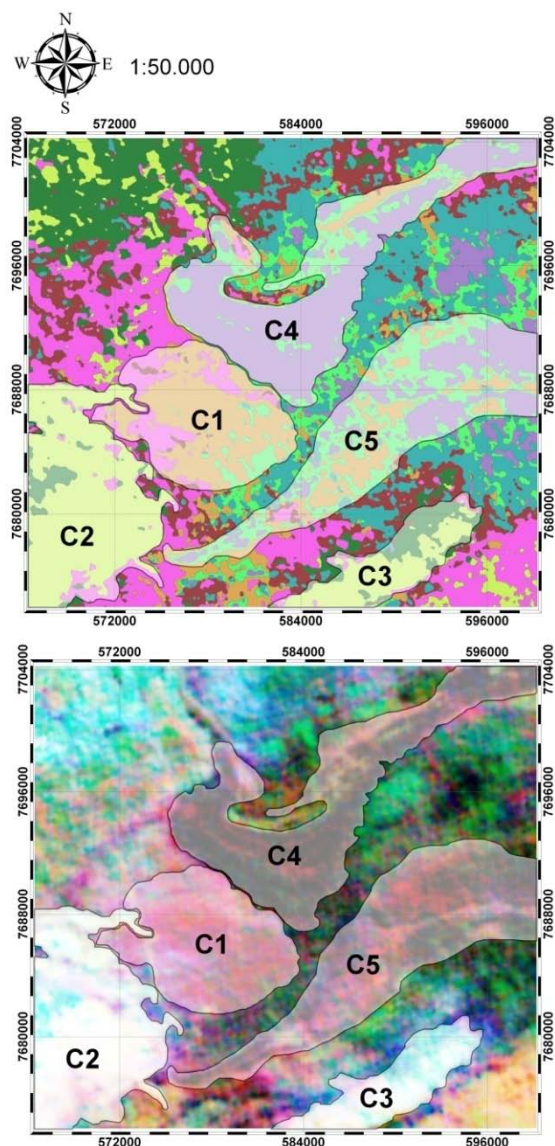


Figura 3: Corpos individualizados a partir da integração dos dados sobre mapa litogeofísico e sobre composição ternária RGB, sendo: C1 - Granito Resende Costa, C2 - Granitos Ritápolis, C3 - Granito Fé, C4 - Sequência Vulcano-sedimentar Rio das Mortes, C5 - Sequência Vulcano-sedimentar intrudida por corpos graníticos.

Conclusões

Os dados aerogeofísicos representam uma ferramenta de extrema importância ao trabalhar-se em áreas onde a cartografia geológica é dificultada pela escassez de afloramentos. A possibilidade de identificação e individualização de corpos extensos a partir de tais dados e de integrá-los com aqueles coletados em campo, conferiu maior acurácia ao trabalho.

A análise conjunta dos produtos obtidos permitiu a identificação de cinco corpos na área estudada: C1 (Granito Resende Costa), C2 (Granito Ritápolis), C3 (Granito Fé), C4 (porção da Sequência Vulcano-sedimentar Rio das Mortes) e C5 (sequência vulcano-sedimentar intrudida por corpos graníticos), assim como

a determinação de algumas relações de contato entre estes.

Ressalta-se o intenso processo de potassificação que ocorre no Granito Resende Costa, conferindo-lhe uma assinatura avermelhada. Este fato pode estar relacionado a um processo metassomático ligado à intrusão do Granito Ritápolis, que, a partir da análise do mapa da ASA, foi considerado uma intrusão tardia em relação ao Resende Costa.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto de Geociências da Universidade de Brasília pelo apoio e infra-estrutura oferecidos. Também são prestados agradecimentos ao geólogo Átilas Meneses da Silva e à geógrafa Kate Tomé de Souza pelo auxílio prestado.

Referências

Ávila, C. A., 2000. Geologia, petrografia e geocronologia de corpos plutônicos da borda meridional do Cráton São Francisco, região de São João Del Rei, Minas Gerais. Rio de Janeiro. 401p. Tese (Doutorado em Geologia), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Leite, C. A. S., Perrotta, M.M., Silva, L. C., Silva, M.A., Heineck, C.A., Salvador, E. D., Vieira, V.S., Lopes, R.C., Silva, M.G.M., Drumond, J. B. V., Malouf, R.F., Lacerda Filho, J. V., Valente, C. R., Gomes, S.D., Sachs, L.L.B., Oliveira, I.W.B., Ramgrab, G.E., Netto, C., Junqueira, P.A., Paes, V.J.C., 2004. Folha SF.23 - Rio de Janeiro. In: Schobbenhaus, C., Gonçalves, J.H., Santos, J.O.S., Abram, M.B., Leão Neto, R., Matos, G.M.M., Vidotti, R.M., Ramos, M.A.B., Jesus, J.D.A., de. (eds.). Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo, Sistema de Informações Geográficas. Programa Geologia do Brasil. CPRM, Brasília. CD-ROM.

Machado, N.; Carneiro, M.A. 1992. U-Pb Evidence of Late Archeantectono-thermal Activity in the Southern São Francisco Shield, Brazil. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 29:2341-2346

Machado, N.; Schrank, A.; Noce, C.M.; Gauthier, G. 1996. Ages of detrital zircon from Archean-Paleoproterozoic sequences: Implications for Greenstone Belt setting and evolution of a Transamazonian foreland basin in Quadrilitero Ferrifero, southeast Brazil. *Earth and Planetary Science Letter* 141, pág. 259-276.

Noce M.N., Teixeira W., Quémenéur J.J.G., Martins V.T.S., Bolzachini E. 2000. Isotopic signatures of Paleoproterozoic granitoids from the southern São Francisco Cráton and implications for the evolution of the Transamazonian Orogeny. *Journal of South American Earth Sciences*, 13:225-239.

Pereira, S. R., 2007. Cráton do São Francisco, Kimberlitos e Diamantes. Ph.D. Thesis. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasil.

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. 31 th International Geological Congress, Rio de Janeiro. p. 101-137.

Toledo, C.L.B. 2002 Evolução Geológica das Rochas Máficas e Ultramáficas no *Greenstone Belt* Barbacena, Região de Nazareno, MG. Ph.D. Thesis, Universidade Estadual de Campinas, Brasil 308 p.

Venturieri, A.; Santos, J. R., 1998. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: **Assad, E. D.; Sano, E. E.** Sistema de Informações Geográficas, Aplicações na Agricultura. Brasília, EMBRAPASPI/EMBRAPA-CPAC, Parte III, Capítulo 18, 434 p.