

## INTEGRAÇÃO DOS DADOS LANDSAT/TM E AEROGAMAESPECTOMETRIA DE K NA DIFERENCIAÇÃO DAS ROCHAS DO SUPERGRUPO RIO DAS VELHAS – MG

SELMA MARIA FERNANDES<sup>1</sup>  
VANDERSONI MONTEIRO VIEIRA DE MORAES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>DEGEO – Universidade Federal de Ouro Preto  
Campus Morro do Cruzeiro  
CEP 35400-000 – Ouro Preto – MG  
{Selma} selma@degeo.ufop.br  
{Vandersoni} vandersoni@aluno.degeo.ufop.br

**Abstract.** The rocks of the Supergroup of the Rio das Velhas are located in the extreme south of the Quadrilátero Ferrífero. It was separate in three distinct groups: Psammitic, Peletic and Mafic by the Landsat / TM and Gammaespectrometric of potassium images. The unit psammitic is rich in potassium and deficient in clay minerals and iron minerals. The second unit has rich and high levels of potassium and also high levels clay minerals. The third unit is characterised by a low level of potassium and presents clay minerals 2:1 iron minerals. Sulfides the iron minerals have a distinct level and division of TM 3/2 bands and clay minerals identified by the TM 5/7 bands.

**Key words:** integration, aerogammaespectrometric of K, Landsat / TM.

### 1 - Introdução

O Quadrilátero Ferrífero representa uma região geológica importante do Precambriano brasileiro, devido às suas mineralizações, principalmente de ouro, ferro manganês e topázio. Por isto tem sido objetivo de estudos sistemáticos desde meados do século XIX.

O presente trabalho apresenta uma contribuição metodológica para melhor esclarecimento da geologia do Supergrupo Rio das Velhas.

### 2 – Objetivos

O principal objetivo deste trabalho foi aplicar o estudo integrado de dados de sensoriamento remoto, aerogeofísica, geologia, petrografia, além de análises de difratometria de raios-X associados aos estudos da porção sul das seqüências do tipo *Greenstone Belt* do Supergrupo Rio das Velhas.

Objetivou-se também definir litounidades dentro do Grupo Nova Lima de acordo com as respostas diferenciadas obtidas com os resultados parciais e integrados das várias técnicas utilizadas.

### 3 – Localização e acesso

A área estudada situa-se na extrema porção sudeste do Quadrilátero Ferrífero – MG, localizada ao norte da cidade de Mariana e a leste da cidade de Ouro Preto. Possui uma extensão aproximada de 100 km<sup>2</sup> dentro dos distritos de Mariana e Ouro Preto, abrangendo parte de três folhas topográficas 1:50.000 do IBGE: Ouro Preto, Mariana e Acuruí. A delimitação da área foi feita de acordo com a subdivisão do Projeto Rio das velhas (*in* Hildebrand, J.D., 1993), correspondendo ao bloco III deste levantamento aerogeofísico.

O acesso mais facilitado ao longo de toda borda oeste da área, é feito através da rodovia MG-356 (Belo Horizonte/Mariana), que faz conexão com estradas vicinais na cidade de Mariana (do bairro São Sebastião em direção à localidade de Catarina Mendes ou no trevo de Saramenha em direção ao distrito de São Bartolomeu), no distrito de Cachoeira do Campo ou nos trevos que levam à mina de Capanema e ao distrito de Acuruí (parte norte).

#### **4 – Aspectos geológicos**

A área em estudo constitui uma seqüência de rochas de idade arqueana pertencentes ao Supergrupo Rio das Velhas, que representa a base da coluna litoestratigráfica do Quadrilátero Ferrífero, que é delineado pelos metassedimentos do Supergrupo Minas – cobertura plataformal do Proterozóico Inferior. Sotoposto ao Supergrupo Rio das Velhas encontra-se o Embasamento que é constituído regionalmente por vários complexos gnáissicos: Bonfim, Caetés, Bação e Congonhas.

Geotectonicamente, o Quadrilátero Ferrífero situa-se na borda sudeste do Cráton São Francisco (Almeida, 1977), cuja região é composta basicamente de terrenos granito-gnáissicos arqueanos e transamazônicos, *greenstone belt* arqueanos e seqüências supracrustais do Proterozóico Inferior, Médio e Superior.

Nalini (1993), estudando a região conclui que a geometria das estruturas é consequência da atuação de dois eventos tectônicos, um de natureza extensional (pré-Brasiliano) e outro compressional (Brasiliano), o que corrobora com os modelos de evolução propostos por Chemale Jr. et al. (1991). Que o evento extensional foi responsável pela compartimentação geral da área, ou seja, a estruturação do Anticlinal de Mariana constitui reflexo de um regime extensional, motivado por soerguimento generalizado de blocos do embasamento. O evento extensional teve importância fundamental no condicionamento dos falhamentos e das estruturas associadas ao evento compressional posterior. Os efeitos das deformações Brasileanas sobre as litologias presentes na área estudada, podem ser englobados em um evento progressivo compressional, com vetores tectônicos dirigidos de leste para oeste.

#### **5 – Metodologia**

##### **5.1 – Sensoriamento Remoto**

O sensoriamento remoto consiste de um conjunto de técnicas e equipamentos que permite obter a distância, informações de alvos na superfície da terra através da captação da radiação eletromagnética emitida ou refletida pelos mesmos. O sol é a principal fonte de energia eletromagnética disponível para o sensoriamento remoto da superfície terrestre.

As imagens multiespectrias Landsat/TM 5, bandas 1, 2, 3, 4, 6 e 7 gravadas em fitas ccts foi um dos materiais básicos utilizados nessa pesquisa. Estas são referentes às órbitas 217.74 e 218.74, obtidas em 08/02/90 (estação úmida) e 25/07/90 (estação seca), respectivamente.

A diferenciação das estações úmida e seca é bem caracterizada nas imagens da área estudada. No período seco as imagens se apresentam mais nítidas, pois é minimizado o problema de cobertura por nuvens e a interferência da vegetação.

Foi necessário confeccionar um mosaico a partir das duas órbitas para melhor representar a área estudada que se dividia nestas duas imagens. A escala usada foi 1:80.000.

Foram utilizadas técnicas de realce de imagens como: aumento de contraste, composição colorida – RGB e razão entre bandas.

## 5.2 – Dados Aerogeofísicos

Os dados geofísicos empregados foram cedidos gentilmente em disquetes pela Rio Tinto Desenvolvidores Minerais Ltda – RTZ, provenientes do levantamento aerogeofísico Projeto Rio das Velhas, realizado em 1992 pela Prospec S.A., na região do Quadrilátero Ferrífero, financiado pelo DNPM e um grupo de empresas mineradoras. As linhas de vôo foram projetadas perpendicularmente à orientação preferencial das litologias para melhor discriminação dos grupos Nova Lima e Maquine, variando de N50E, na porção sul da área a N40W nas porções norte. O espaçamento dos perfis foi fixado em 250 m e altura de vôo em 60 m (Hildebrand, 1993).

As rochas de ocorrência na área de estudo são essencialmente metamórficas, sendo os protólitos de origem ígnea básica a ultrabásica e sedimentar; portanto apresentam baixos teores dos radioisótopos de U e Th, enquanto o K possui altas concentrações.

## 5.3 – Observação direta no campo

Pelo princípio metodológico adotado iniciou-se a etapa de campo após o processamento e interpretação das imagens *Landsat* e geofísicas. No campo confirmou-se a interpretação feita nas imagens e suas relações com a vegetação, geomorfologia e solos.

Não houve mapeamento sistemático de campo numa escala pré-estabelecida; tanto as anomalias aerogeofísicas quanto as informações das imagens de satélite foram localizadas no *ER-Mapper* através das coordenadas UTM e em seguida transferidas para os mapas topográficos na escala 1:50.000, com os quais trabalhou-se no campo para confirmação ou não das observações feitas no processamento digital.

## 5.4 – Petrografia

Para melhor identificação das unidades litológicas confeccionou-se 20 lâminas delgadas de rochas pouco alteradas que ocorrem na área. O estudo petrográfico foi de grande importância e determinou de maneira satisfatória rochas do tipo: hornblenda biotita quartzo granada xisto, hornblenda quartzo biotita xisto, que no campo assemelhavam mais a anfibólitos, porém, o microscópio evidenciou a foliação bem marcante e bandamentos bem diferenciados. Observam-se as biotitas passando a cloritas. Nota-se a presença de dois tipos de clorita a magnésiana (cor acinzentada) e a ferrífera (cor azul). Os anfibólitos muitas vezes estão associados a carbonatos. Interpretam-se estas rochas como xistos, podendo o protólito ser ígneo ou sedimentar, já que tanto a presença de anfibólitos (actinolita e hornblenda) como as de quartzo são marcantes. Há presença secundária de granada, sulfetos (calcopirita e pirita), carbonatos e feldspato potássico.

## 5.5 – Difractometria de Raios-X

Aliada à análise petrológica a difratometria de raios-X é uma excelente ferramenta a ser utilizada na diferenciação e caracterização das rochas do Supergrupo Rio das Velhas

Estas análises foram realizadas no Laboratório de Difractometria de Raios-X do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Ouro Preto.

Foram analisadas 60 amostras de superfície pelo DRX, 35 de rochas alteradas e 25 de solo.

Número da Amostra	Resultado DRX		Número da Amostra	Resultado DRX	
	Pó	Argila		Pó	Argila
M7A	qz,CL,mi	-	K44A	mi,qz,CL	I,CL
M7B	CL,mi,qz	CL,S,I	K46	qz,CL,mi	K,CL,I/S
M3A	mi,qz	-	K15	qz,mi,CL	-
M3B	mi,qz	I,go,I/S	SG	mi,qz-	-
U5	mi,K,feldsK	I,K	SB	CL,mi,qz	-
U15	K,qz	K	MT	CL,mi,qz	-
U18A	CL,mi,qz	-	CM	CL,mi,qz	-
U18B	CL,mi,qz,S	I,K,CL,S	K22	CL,mi,qz	-
U18C	qz,go	-	6A1	mi,qz,K	K,I/S,go
U18D	mi,qz,go	I,CL	6A2	mi,K,qz	K,I,I/S,go
U18E	hor,mi,CL,qz	-	8a	qz,mi,K	I,I/S,K
K14	mi,go,qz	I,K,go	8A	CL,mi,qz	K,CL,gib
K16	K,mi,qz,go	K	8C	CL,qz,K	K,CL,gib,S
K25	K,talco,go	I,K	7A	K,qz	K,go,S
K30A	K,qz	K	7B	K,qz	K,go,S
K30B	go	I,K,go	7C	qz,K	K,go
K30C	mi,K,qz,S	I,K,S	7D	qz,K,mi	K,go,I/S
K40	mi,K,qz	I,K,go	7E	qz,K	K,I,go
K40A	mi,qz	I,CL,go	9	qz,mi	-
K43A	CL,mi,qz,S	CL,K,S	13	K,mi	K,go,gib
K43B	K,qz	K	16	qz,K,mi	K,gib,I/S
K44	mi,qz,CL	I,CL,go	14	mi,feldsK,qz	K,go

Tabela 1 – Resultados das análises de DRX

Abreviaturas	Minerais
qz	quartzo
mi	mica
feldsK	feldspato potássico
go	goethita
gib	gibsitita
hor	hornblenda
K	caolinita
S	esmectita
I	illita
I/S	Interestratificado de illita com esmectita
CL	clorita

Tabela 2 – Abreviações dos minerais identificados pela DRX

## 6 – Obtenção dos Dados e Integração dos resultados

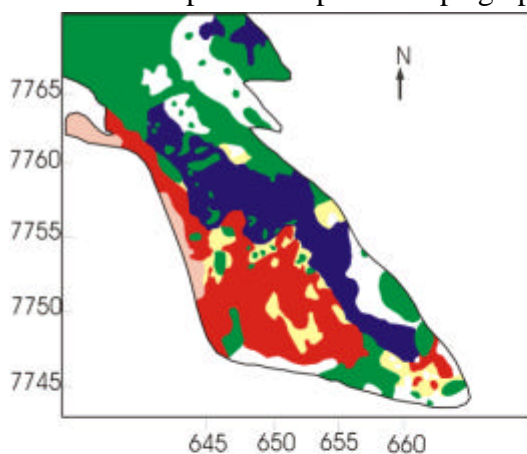
Utilizando-se dos dados obtidos através da razão de bandas das imagens do *Landsat/TM*, junto à sobreposição dos dados aerogeofísicos, tais como, a aerogamaespectrometria, foi possível identificar anomalias as quais, com a utilização de um GPS foram localizadas de forma precisa no campo e descritas petrograficamente, além das análises em difratometria de raios-X.

A gamaespectrometria de K foi a técnica que melhor respondeu dentro da área estudada, por isso foi utilizada para separar as diferentes unidades litológicas que aí

ocorrem com assinaturas geofísicas diferenciadas, constituiu assim uma ferramenta precisa e útil no desenvolvimento do trabalho: permitindo a integração desta com as respostas obtidas pelas razões das imagens de satélite Landsat /TM. A **Figura 1** mostra o mapa com as respostas do canal do K e sua extensão na área estudada

Os maiores valores de radiação da imagem foram registrados na Folha de Mariana e de Acuruí e estão relacionadas à ocorrência das unidades pelíticas (sericita quartzo xistos), unidades psamíticas (metarenitos arcoseanos, quartzitos e tectonitos), destacando aí a presença dos minerais: feldspato K, muscovita e argilominerais do tipo illita. Acredita-se que o protólito da unidade pelítica sejam rochas vulcânicas de caráter intermediário ou sedimentares (folhelhos e/ou filitos carbonosos); e o protólito das unidades psamíticas pode ser de origem sedimentar (arenitos, arcóseos), assim como rochas vulcânicas de caráter ácido.

Assim foi possível separar o Supergrupo Rio das Velhas em 3 unidades litológicas.



■ **Unidade São Bartolomeu** (Cenozóica)

Sedimentos aluvionares e paleoaluvionares.

**Supergrupo Minas-** (Proterozóico Inferior)

Unidade ferrífera- Itabiritos, quartzitos ferríferos e lateritas ferruginosas (Fm. Cauê)

□ Unidade carbonática- mármore e dolomitos (Fm. Gandarela)

Unidade quartzítica (Fm. Moeda)

**Supergrupo Rio das Velhas- Grupo Nova Lima** (Arqueano)

■ Unidade psamítica- Quartzo arenito, arcósios e quartzitos.

■ Unidade pelítica- Muscovita-sericita xisto.

■ Unidade máfica- Hornblenda-biotita-clorita xisto. Presença de esmectita (argilomineral 2:1 expansivo), interestratificado I/S ( argilomineral misto de illita-I e esmectita-S ) e sulfetos (pirita, calcopirita e pirrotita).

**Complexo Bação** (Arqueano)

■ Granitos gnáissicos

**Figura 1** – Mapa de separação litológica a partir da integração dos resultados obtidos das diversas técnicas aplicadas.

## 7 – Conclusões

A tecnologia de processamento digital de imagens de satélite *Landsat/TM* conjugada aos dados aerogeofísicos regionais mostrou-se eficiente na distinção das principais unidades litológicas da área estudada.

Os dados de aerogamaespectrometria de K apresentam resultados bastante positivos principalmente na discriminação de litologias.

A observação direta no campo, assim como os estudos petrográficos associados às análises de difratometria de raios-X tiveram um papel fundamental e decisivo na pesquisa.

A análise conjunta dos dados e sua posterior integração possibilitaram a identificação de três unidades na parte sul do *Greenstone Belt* Rio das Velhas – Grupo Nova Lima – Supergrupo Rio das Velhas.

Estas unidades estão representadas na **Figura 1** e conclusivamente serão descritas abaixo:

UNIDADE PSAMÍTICA (cor verde no mapa) – definida pela presença marcante do potássio. Minerais característicos: muscovita, K-feldspato e quartzo. Localização: norte da área (quartzitos da Formação Maquiné) e centro-sul da área correspondendo às faixas mais arenosas do Grupo Nova Lima

UNIDADE PELÍTICA (cor azul no mapa) – faixa bem definida dentro do Grupo Nova Lima, correspondendo a uma área central de direção N/S, possuindo bastante argilominerais e alto teor de potássio. Minerais característicos: muscovita, sericita, K-feldspato, illita e caulinita.

UNIDADE MÁFICA (cor vermelha no mapa) – distinta pela ausência de potássio e presenças marcantes de argilominerais 2:1 e minerais ferríferos. Concentram-se na porção sudoeste da área. Minerais predominantes: sulfetos (pirita, calcopirita, pirrotita), goethita, clorita, esmectita, anfibólio e biotita. Minerais de ocorrência secundária: quartzo, caulinita, talco, granada, carbonato, interestratificado de illita/esmectita.

## 8 – Agradecimentos

Os autores agradecem ao Prof. Gilberto Amaral (*in memoriam*) pelo apoio dado no início dessa pesquisa.

## 9 – Referências Bibliográficas

- Almeida, F.F.M. 1977. O Craton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*. v.7. p. 349-364.
- Bicho, C.P. - 1994. Processamento digital de imagens aerogeofísicas, Landsat/TM e Radar na Folha Presidente Médice/RO com ênfase na caracterização metalogenética da suíte granítica Rio Pardo. Campinas: Inst. de Geociências da Unicamp, 1994. 93p. (Dissertação de Mestrado).
- Chemale Jr., F.; Rosière, C.A.; Hindu, I 1991. Evolução tectônica do Quadrilátero Ferrífero, MG.- Um modelo. *Rev. Pesquisas*, Porto Alegre, v.18, n.2, p.104-127.
- CPRM , 1995. Projeto Rio das Velhas. Coletânea de Artigos Técnicos. SUREG/BH. Belo Horizonte, outubro/95.
- Crósta, A.P. 1993. Caracterização espectral de minerais de Interesse-prospecção mineral e sua utilização em processamento digital de imagens. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 7, 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: INPE, maio/1993. p.202-209.
- Ferreira Jr., L.G.; Meneses, P.R.; Martins, E.S. 1993. Efeitos do intemperismo sobre o comportamento espectral de produtos de alteração hidrotermal. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 7, 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: INPE, maio/1993. p. 28-35.
- Filho, J.L.S.; Araújo, A.H.; Carvalho Jr.,O.A. 1994. Expresso geofísica da alteração hidrotermal no Greenstone Belt de Guarinos, Goiás. *In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO CENTRO OESTE*, 4, Brasília. *Anais...* Brasília: SBG. p.92-94.
- Filho, R.A.; Vitorello, I. 1993. Uso combinado de imagens Landsat e fotografias áreas de alteração hidrotermal: uma nova abordagem em pesquisa mineral. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 7, 1993, Curitiba. *Anais...* Curitiba: INPE, maio/1993. p. 145-147.
- Hildebrand, J.D. 1993. Projeto Rio das Velhas - O emprego de um multisistema aerogeofísico para prospecção de ouro na região do Quadrilátero Ferrífero-MG. *Coletânea de artigos técnicos- Projeto Rio das Velhas*. DNPM./CPRM. p. 439-444.

Meneses, P.R.; Silva, F.H.F.; Paradella, W.R.; JÚNIOR, L.G.F. 1993. O comportamento espectral e radiométrico dos filitos carbonosos portadores de mineralizações auríferas na faixa Brasília. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba. Anais...* Curitiba: INPE, maio/1993. p.266-274.

Nalini, H.A. 1993- Análise estrutural descritiva e cinemática do flanco sul e terminação periclinal do anticlinal de Mariana e adjacências, região SE do Quadrilátero Ferrífero, MG. Belo Horizonte: UFMG/IGC, 1993. 134p. (Dissertação de Mestrado).