



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

**PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS PARA A
CARACTERIZAÇÃO ESPECTRAL DE MINERAIS DE FERRO NA
REGIÃO NORDESTE DE GOIÁS.**

Jessica Bogossian

Orientadores: Paulo Roberto Meneses & Tati de Almeida

2011

Processamentos como transformação por principais componentes, com a função de determinar a extensão da correlação entre imagens e divisões de bandas, procedimento muito útil em prospecção mineral, foram utilizados para as análises desejadas, além de realces, razões de bandas e decorrelações.

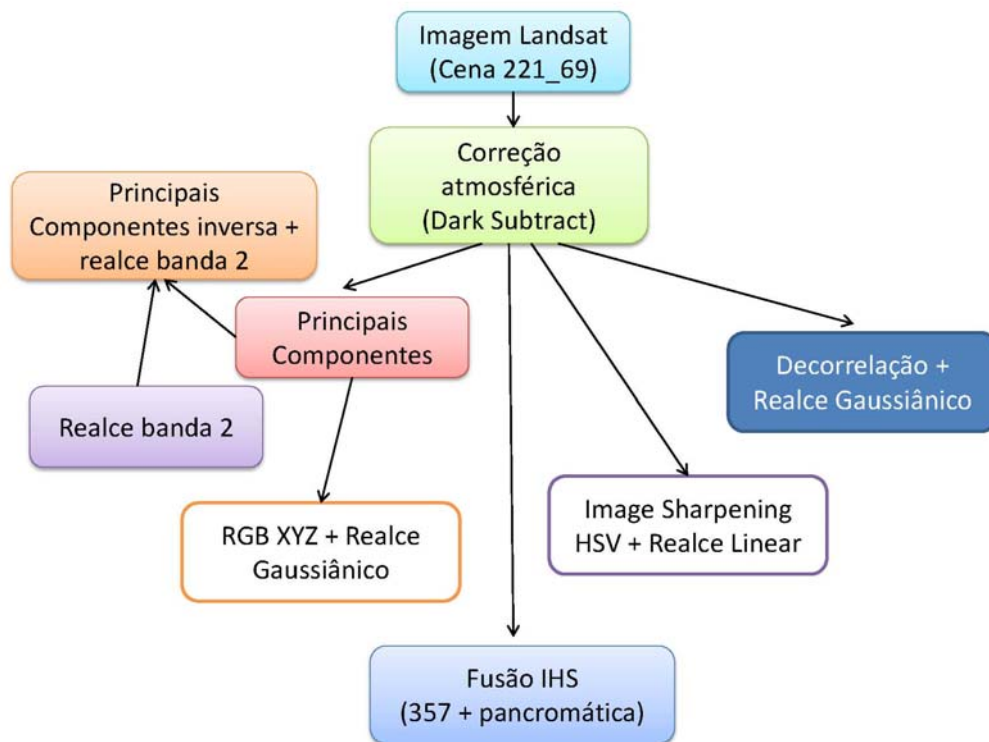


Figura 2. Fluxograma dos processamentos utilizados.

Geologia Regional

A área de estudo se localiza na porção leste da Província Tocantins, no Brasil central (Figura 2). Esta província representa um orógeno Neoproterozóico formado entre os crátons do São Francisco, Amazonas e Paraná e é ramificada em três faixas de dobramentos: Paraguaia, Araguaia e Brasília, na qual se localiza a área em questão.

A Faixa Brasília define um orógeno completo e é composta por um conjunto de terrenos e escamas de empurrão de escala crustal que convergem para leste contra o cráton São Francisco (Marini *et al.*, 1981; Fuck, 1994; Dardenne, 2000). Transversalmente, a faixa pode ser dividida em um segmento meridional (FBM), de orientação NW, e um setentrional (FBS), de orientação NE, que se encontram na altura do paralelo de Brasília, formando a Megaflexura dos Pirineus (Costa & Angeiras, 1971).

O Grupo Araí foi inicialmente proposto por Dyer (1970), na porção setentrional da Chapada dos Veadeiros (GO), como uma sequência metassedimentar apresentando intercalações de rochas vulcânicas na base. Segundo o mesmo autor, este grupo teria na porção basal, em discordância sobre os granitos e gnaisses do embasamento, um conjunto de rochas psamíticas, com ocorrências locais de rochas vulcânicas básicas e ácidas, e intercalações

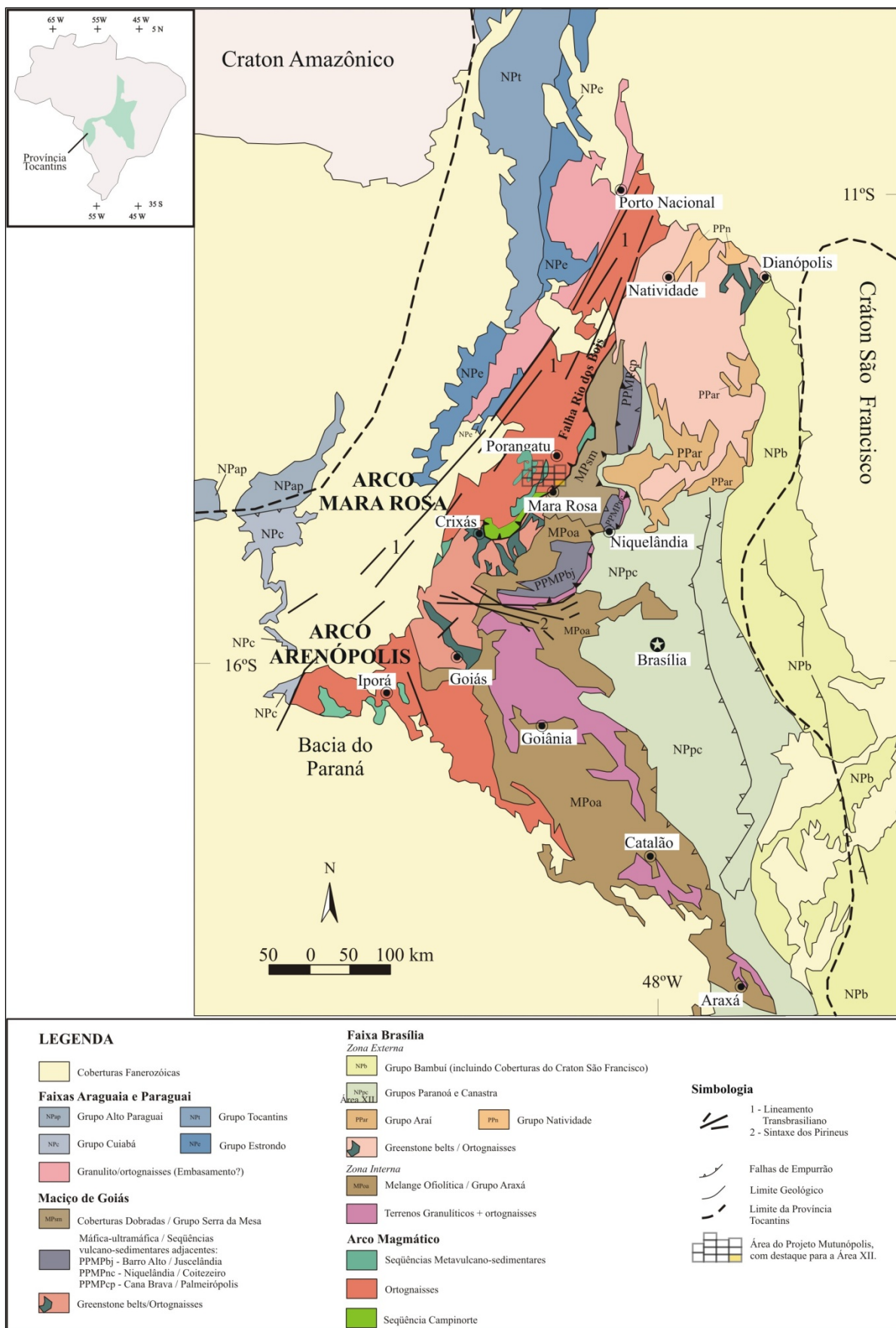


Figura 3. Mapa geológico simplificado da porção centro-leste da Província Tocantins (adaptado de Fuck et al., 1994; Blum, 1995).

de metassiltitos, compondo a Formação Arraias. Sobrepostas à Formação Arraias ocorrem rochas predominantemente carbonáticas, depositadas em ambiente marinho, constituindo um pacote de metassedimentos, denominado Formação Traíras (Figura x).

Pimentel *et al.* (1991) dataram as rochas vulcânicas (basaltos, riolitos e ignimbritos) da Formação Arraias com idade média de $1771 \pm 2\text{Ma}$, obtida por U-Pb em zircão.

Dardenne *et al.* (1999) e Martins (1999) propuseram uma nova interpretação, segundo a qual o Grupo Araí se dividiria, da base para o topo, em:

- i) Megassequência continental (Formação Arraias), composta pela sequência pré-rift, com sedimentação fluvial e eólica e pela sequência rift com sedimentação fluvial-aluvial associada a vulcanismo máfico e ácido;
- ii) Megassequência transicional-marinha (Formação Traíras), uma sequência marinha pós-rifte com sedimentação em plataforma marinha rasa.

O metamorfismo presente nas unidades deste grupo varia de anquimetamorfismo a fácies xisto verde baixo, no qual ainda podem ser reconhecidas estruturas primárias (Dardenne, 2000).

Resultados e discussões

O programa Landsat é o sistema de satélites de observação da Terra mais antigo dos Estados Unidos, com dados adquiridos desde 1972. Iniciado em 1967 pela NASA, o ERTS ("Earth Resource Technology Satellite") resultou no lançamento de sete satélites com distintos sistemas sensores para adquirir informações dos recursos da Terra. Os sensores mais comuns são os de varredura multiespectral ("Landsat Multiespectral Scanners") e os mapeadores temáticos ("Landsat Thematic Mappers").

As imagens utilizadas foram obtidas através do site do INPE, com resoluções espacial de 30 metros, temporal de 16 dias e radiométrica de 8 bits (cena 221_69).

Inicialmente foi realizado um pré-processamento para retirar a interferência atmosférica através do *Dark Subtract*, identificando o valor adicionado aos histogramas de cada banda individual, que depois é subtraído das bandas. O espalhamento causado por esta interferência deixa as imagens com uma aparência desfocada, nevoada. A partir de então os processamentos subseqüentes puderam ser realizados.

Em seguida foi realizada a Transformação por Principais Componentes, técnica muito estudada por Álvaro Penteado Crósta, razão pela qual a função ficou conhecida como Técnica Crósta. Segundo Crósta (1993), a banda TM-7 ($2,08\text{-}2,35\mu\text{m}$) possui reflectância associada a minerais de alteração hidrotermal e com o íon hidroxila (AlOH^+ , MgOH^+), sendo esta bem

eficiente na identificação de minerais de metamorfismo regional ou de produto de alteração intempérica (caolinita, clorita, sericita). Ambientes áridos a semi-áridos com clima (sub)tropical seriam muito favoráveis a estes tipos de ocorrências.

Sendo assim, Crósta criou técnicas de processamento digital de imagens para realçar feições espectrais específicas, como as de minerais de alteração hidrotermal. A aplicação desta transformação se iniciou com a finalidade de processar sinais eletrônicos para a remoção de ruídos. Seus resultados são extremamente dependentes das características espectrais da cena sendo processada (Crósta, 1993). A principal função desta técnica é determinar a extensão da correlação entre imagens e, através de uma transformação matemática apropriada, removê-la. Pode-se dizer que duas imagens são correlacionáveis quando, dada a intensidade de um determinado pixel em uma delas, é possível deduzir com alguma aproximação a intensidade do pixel correspondente à outra imagem. Sendo assim, imagens idênticas teriam total correlação. Esta associação existe em função do sombreamento topográfico e da relação entre o espectro de reflectância dos minerais superficiais e as bandas espectrais do sensor. A correlação entre bandas multiespectrais dificulta a identificação e a distinção de diferenças entre reflectâncias dos materiais superficiais. A mesma implica em uma redundância de dados, considerando que a correlação funciona como se uma imagem pudesse ser inferida a partir de outra.

Como é possível observar nas imagens abaixo, são reconhecíveis feições diagnósticas nas imagens onde são feitos estes processamentos. Os resultados ficam ainda melhores quando é feito um realce histográfico apenas na banda 2, se junta novamente com as outras bandas e se faz as principais componentes inversa (Figura 4).

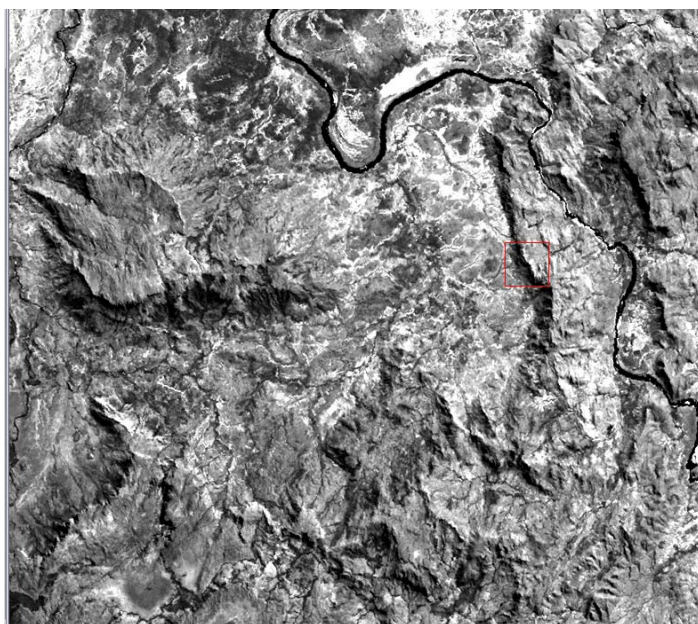
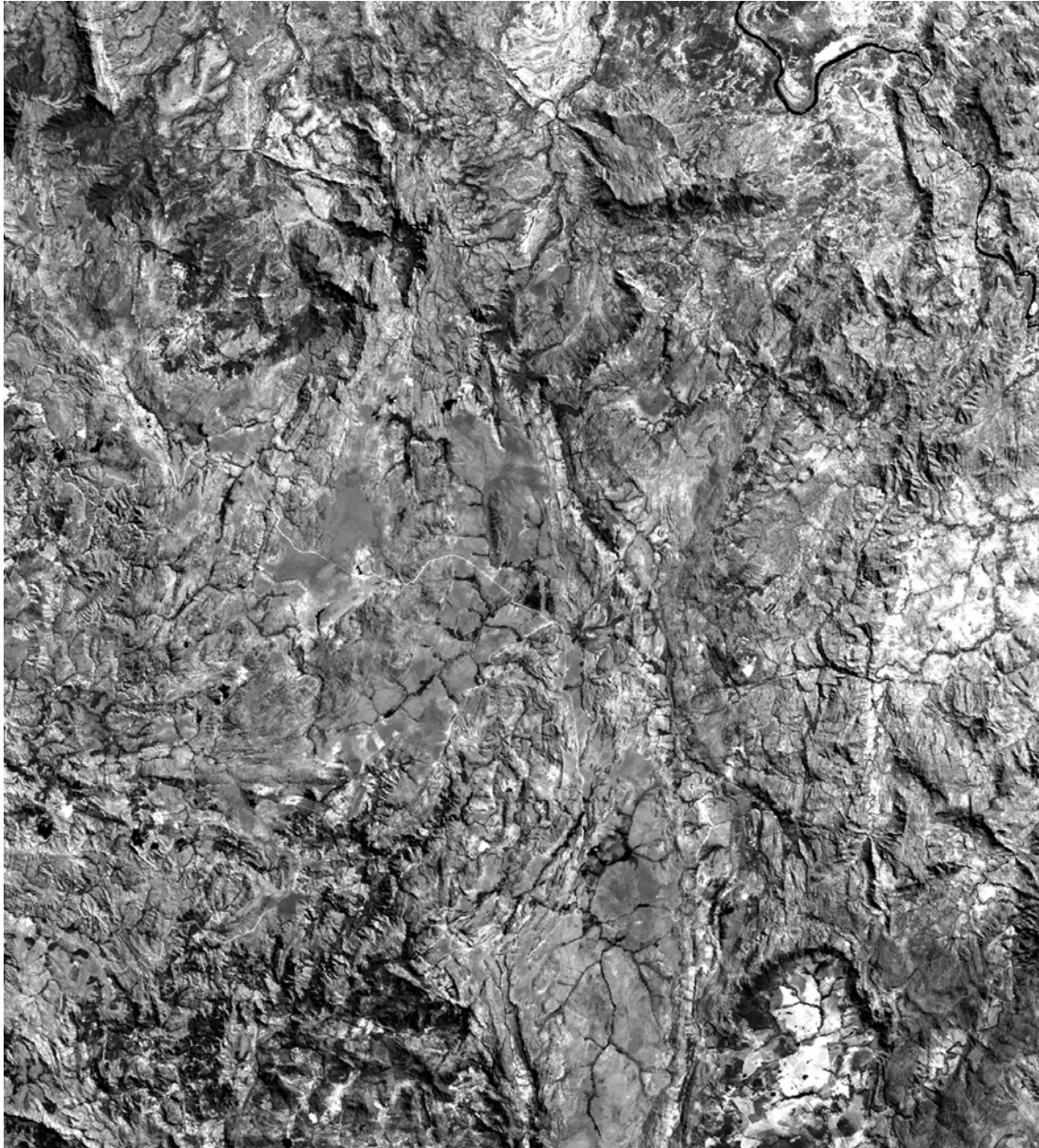


Figura 4. Principais Componentes realizada com um realce apenas da banda 2, com um enfoque abaixo da região estudada.

Outra opção seria fazer uma composição RGB simples desta mesma imagem (123) associada a um realce Gaussiano por exemplo, que também resulta em parâmetros satisfatórios (Figura 5).

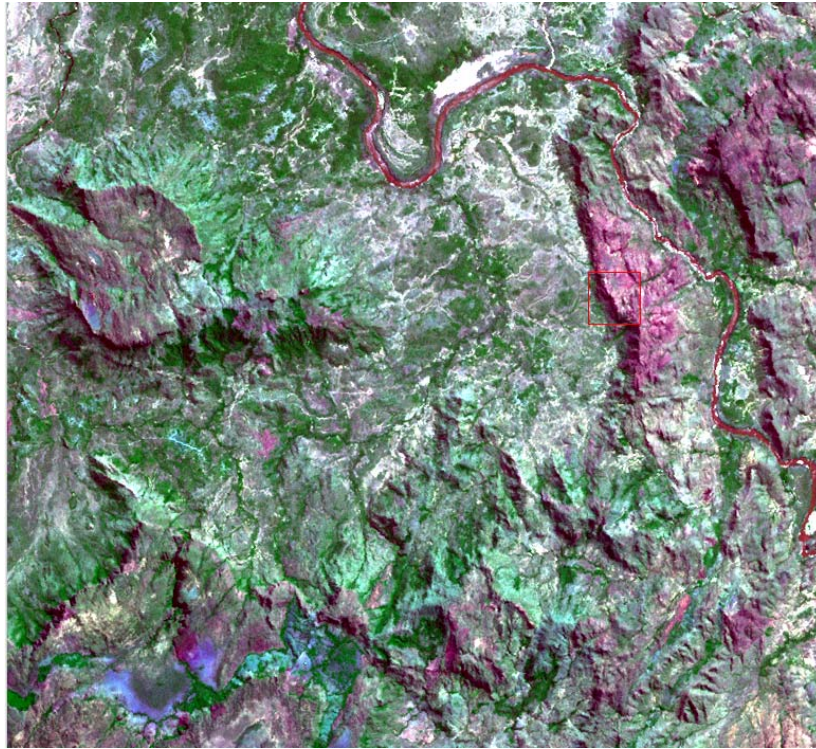


Figura 5. Composição colorida 123 das Principais Componentes Inversa com um realce Gaussiano.

Outro tipo de processamento também utilizado e bem eficiente para estudos de prospecção mineral é a divisão de bandas (Figura 6), que utiliza duas feições espectrais principais:

- feição relacionada à presença de óxidos de ferro (geralmente hematita e/ou goethita), que são encontradas em associação com mineralizações de sulfetos;
- feição correspondente à presença de minerais de alteração hidrotermal.

Estas composições coloridas de razões de bandas aperfeiçoam os contrastes de assinatura espectral entre diversos tipos de materiais superficiais.

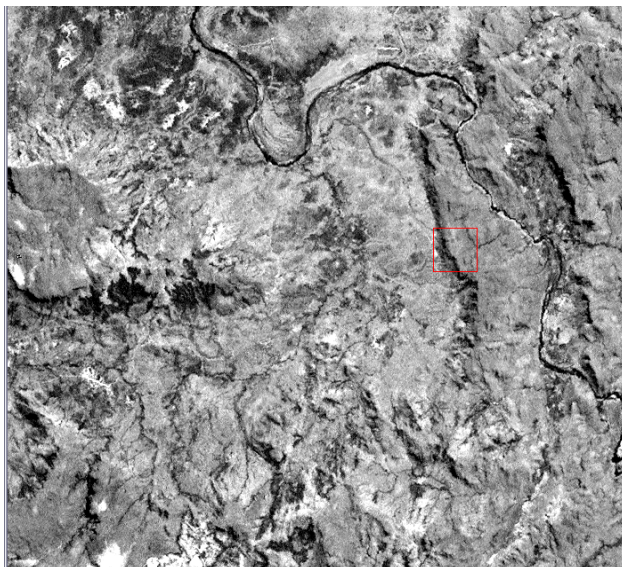
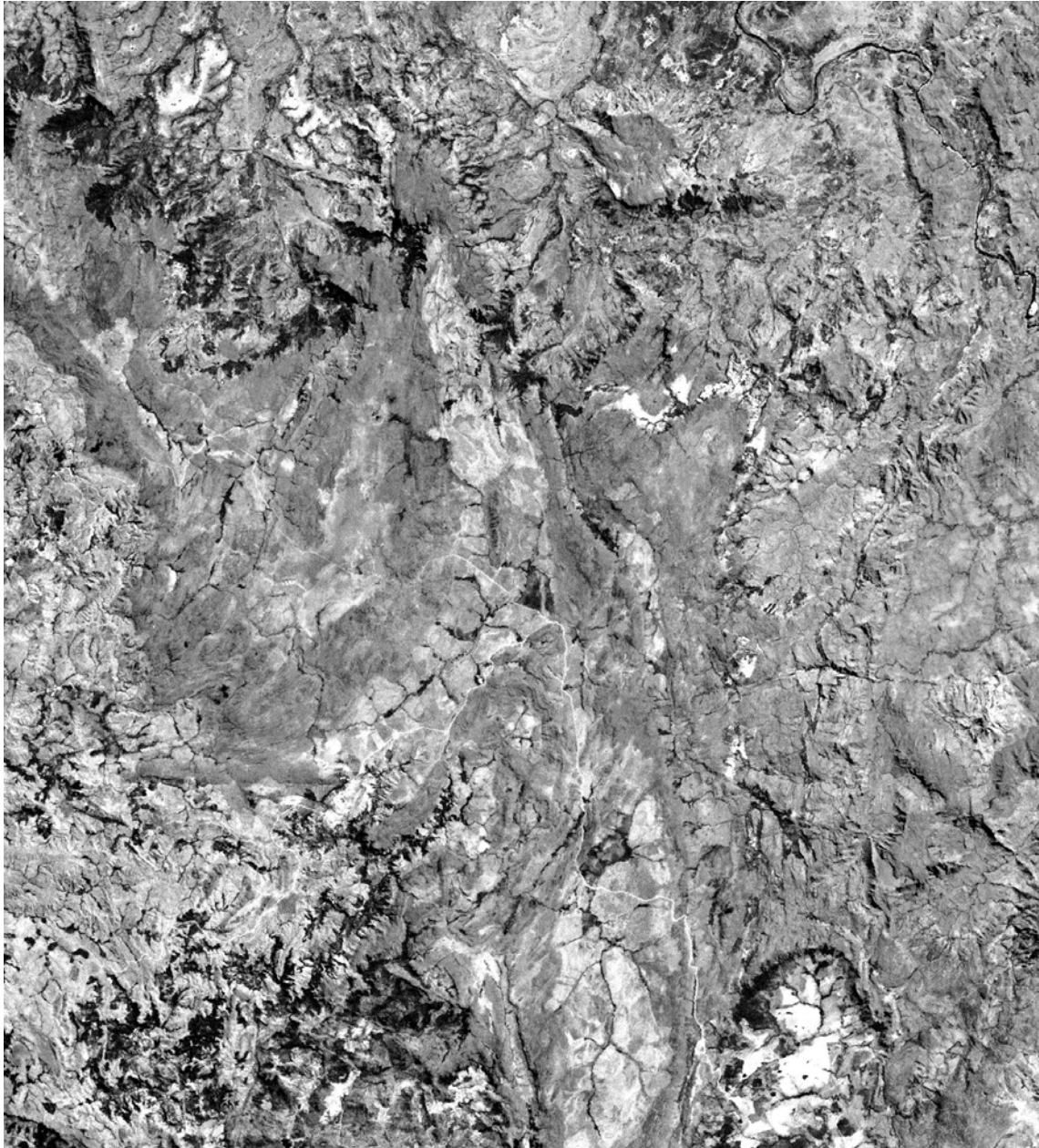


Figura 6. Razão 3/1, com enfoque da região de interesse abaixo.

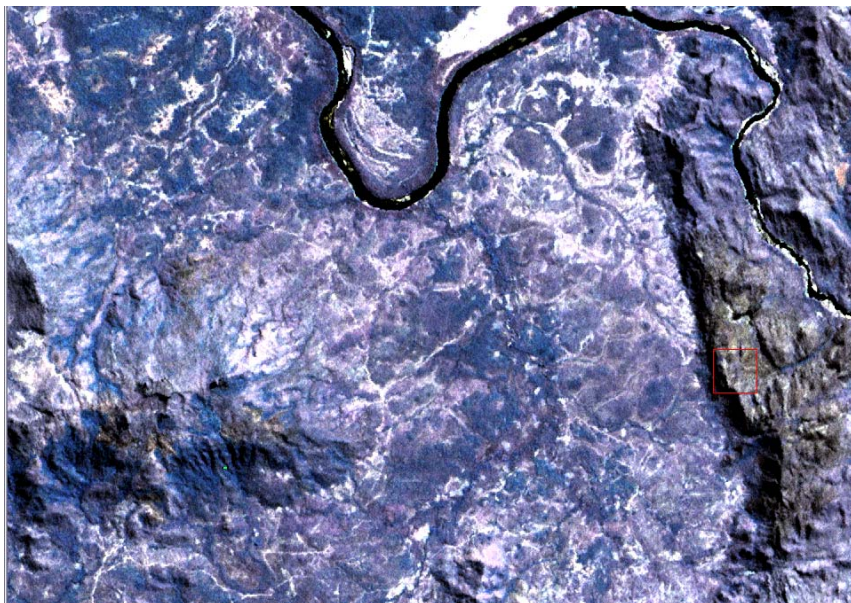


Figura 7. HSV Sharpening em razão 3/1, com detalhe para área em estudo.

Este produto HSV transforma a imagem RGB para uma HIS, reproduzindo os valores de cada banda para os de uma imagem com alta resolução (pancromática). Sendo assim, as imagens de saída ficam com um tamanho de pixel maior. Estes resultados são utilizados para interpretação de estruturas, assim como se pode observar na Figura 7. É possível identificar feições esbranquiçadas na região de interesse. Pode-se realizar também uma transformação Gaussiana ou Linear após este processamento, que também resulta em realces eficientes.

Conclusão

O tratamento dos dados multiespectrais do sensor ETM+ permitiram a escolha de alguns alvos com possível concentração de ferro mais elevado. Os tratamentos utilizados podem ser de grande auxílio para reconhecimentos em campo, assim como para mapeamento geológico em si. Considerando que a região estudada não se encontra muito povoada por se tratar, em boa parte, de uma área de preservação, a vegetação reflete muito as litologias inerentes, facilitando a investigação geológica.

As transformações de principais componentes aparentam ser eficientes para identificar feições geológicas, se considerando que trabalhos posteriores sobre este assunto ainda podem ser realizados para resultados ainda melhores. Da mesma maneira os outros processamentos evidenciaram relativa eficiência em relação ao estudo de caso. Deve-se considerar que, se tratando de uma região tropical, os padrões de intemperismo são favoráveis à formação de solos ferro-aluminosos, motivo pelo qual as imagens podem enfatizar regiões que apresentem grandes quantidades de materiais com estas composições e que não necessariamente refletem alvos de estudo.

Considerando os trabalhos de campo realizados na região, o local onde foram encontradas grandes quantidades de hematita maciça pode servir como base para classificar um tipo de depósito ainda não descrito na literatura do Grupo Araí. Esta ocorrência pode ser correlacionável com depósitos de ferro em ambientes de rifte e classificados como depósitos estratiformes. Os tratamentos de imagens são eficientes para verificação da continuidade destes pacotes, assim como de seus controles.

Referências Bibliográficas

- Blum M.L.B. 1995. *Superfície Curie da região central de Goiás e relações com geologia, geotectônica e recursos minerais*. Dissertação de Mestrado (IG/UnB), 82 pp.
- Costa, L.A.M., Angeiras, A.G. 1971. Geosynclinal Evolution in the Epi – Baikalian Plataform of Central Brasil. *Geol. Rundschau*, v.60, n(2), p. 1024-1050.
- Crósta, A.P. 1993. Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto. Ed. IG/UNICAMP, SP. 170p.
- Dardenne, M.A., Campos, J.E.G., Alvarenga, C.J.S de, Martins, F.A.L., Botelho, N.F. 1999. A sequência sedimentar do Grupo Arai na região da Chapada dos Veadeiros, Goiás. *In: Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, 7, e Simpósio de Geologia de Minas Gerais, 10, Brasília, Atas*, p.100.
- Dardenne, M.A. 2000. The Brasília Fold Belt. *In: U.G. Cordani, E.J. Milani, A. Thomaz Filho, D. A. Campos. Tectonic Evolution of South America. 31st Int. Geol. Congr. Rio de Janeiro*, p. 231-263.
- Dyer, R.C. 1970. Grupo Arai – Um Grupo de Metamorfitos do Centro-Oeste de Goiás. *Revista da Escola de Minas, Ouro Preto*, v.28, (2), p. 55-63.
- Fuck, R.A., Pimentel, M.M., D’el-Rey Silva, L.J.H. 1994. Compartimentação tectônica na porção ocidental da Província Tocantins. 38° Congresso Brasileiro Geologia, Bol. Res. Expandidos, V.1:p. 215-216.
- Jensen, J.R., 2011. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. Ed. Parêntese, 2 ed.; p. 199-212.
- Martins, F.A.L. 1999. Análise faciológica e estratigráfica do paleo-mesoproterozóico: Sequência Arai no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, Goiás. Instituto de Geociências, Universidade de Brasília. Dissertação de Mestrado, 137p.
- Pimentel, M.M., Heaman, L., Fuck, R.A. 1991. U-Pb zircon and sphene geochronology of late Proterozoic volcanic arc rock units from southwestern Goiás, central Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 4:329-339.