

APLICAÇÃO DO PROGRAMA REALCE PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS
NA REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ-RS

T. Ohara

Instituto de Pesquisas Espaciais
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Caixa Postal 515, 12200 - São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Estudou-se a região das Minas do Camaquã, mineralizada por cobre, através de composições coloridas, ampliadas (1:100.000) de imagens MSS-LANDSAT e obtidas com a aplicação da técnica de realce pelas componentes principais, no Analisador Multiespectral Image-100. Objetivou-se separar espectralmente zonas mineralizadas das não-mineralizadas e individualizar os dois membros (Camadas Guarda Velha e Camadas Varzinha) da Formação Guaritas, nunca antes cartografadas. Com o uso da técnica de realce, conseguiu-se grande destaque na individualização fotogeológica dos dois membros da Formação Guaritas. Entretanto, esta técnica não propiciou a separabilidade entre zonas mineralizadas das não-mineralizadas, devido à relação verificada entre suas dimensões e a resolução do sensor multiespectral, aliada à forte influência espectral do uso do solo por ocupação urbana próxima às áreas de exploração mineira. Concluiu-se que a aplicação do programa realce pelas componentes principais, em imagens MSS-LANDSAT da região das Minas do Camaquã, mostrou-se relativamente eficiente e válida, através de um bom realce e/ou de uma sensível melhora da cena original.

ABSTRACT

The Minas do Camaquã region, mineralized by copper, was studied through color compositions, enlarged (1:100,000) of MSS-LANDSAT images and obtained with the application of the enhancement technique using Principal Components program in the Multispectral Image Analyser (Image-100 System). The emphasis was given in separating spectrally the mineralized of the non-mineralized zones and in individualizing the two members (Guarda Velha and Varzinha Layers) of Guaritas Formation, that had never been cartographed. With this enhancement technique, a large distinction in a photogeologic individualization of the two members of the Guaritas Formation was provided. However, this technique did not propitiate the separability among the mineralized of the non-mineralized zones, due to the relation verified between their dimensions and the resolution of the multispectral sensor, associated with a strong spectral influence of the soil use by urban occupation adjacent the mining exploration areas. In conclusion, the application of the principal components program in MSS-LANDSAT images of the Minas do Camaquã region, exhibited itself relatively efficient and valid through a good enhancement and/or a sensible improvement of the original scene.

1. INTRODUÇÃO

As Minas do Camaquã, conhecidas desde o século passado, são consideradas uma das primeiras reservas economicamente exploráveis do País em minério de cobre, ainda considerado carente. O estudo de possíveis aspectos diferenciais (zonas de alteração e de influência, hálos mineralizados, etc) existentes nas Minas do Camaquã justificou a utilização de técnicas de realce em imagens MSS-LANDSAT, para a identificação de áreas potenciais em novas ocorrências minerais.

A aplicação do programa realce pelas componentes principais na região das Minas do Camaquã (RS), mineralizada por cobre, que abrange uma superfície de aproximadamente 800 km² do chamado Escudo Sul-riograndense, teve por objetivo separar espectralmente zonas minera-

lizadas das não-mineralizadas, e individualizar as Camadas Guarda Velha e as Camadas Varzinha, subdivisão proposta formalmente por Ribeiro e Lichtenberg (1978) para a Formação Guaritas, sem no entanto apresentá-las cartografadas.

O programa realce pelas componentes principais foi desenvolvido por Camara Neto et alii (1980) e obtido através da transformação de Karhunen-Loève, que consiste em um desenvolvimento matemático com aplicações em imagens multiespectrais. Segundo Paradella e Vitorello (1981) esta técnica de realce determina uma transformação linear dos dados originais através da rotação e translação no espaço de atributos espectrais, definidos por quatro eixos ortogonais e correspondentes aos canais MSS-LANDSAT. Esta transformação tende a concentrar todas as informações dos canais originais em um outro conjunto de eixos (canais trans-

formados ou componentes principais), que são não-correlacionados e ortogonais entre si.

Através da análise dos produtos obtidos com a aplicação do programa realce pelas componentes principais em imagens MSS-LANDSAT da região das Minas do Camaquã, verificou-se que os objetivos propostos em relação à individualização dos dois membros da Formação Guaritas foram atingidos, e em relação aos aspectos espectrais entre zonas mineralizadas e não-mineralizadas eles não foram totalmente atingidos, devido principalmente à forte influência espectral do uso do solo por ocupação urbana, localizada próxima à zona de exploração mineira.

2. MATERIAIS E MÉTODO

Os principais materiais utilizados no presente estudo foram cinco composições coloridas, ampliadas (1:100.000) de imagens MSS-LANDSAT (Tabela 1) e obtidas a partir de um conjunto de duas fitas magnéticas CCTs (Computer Compatible Tape), correspondente ao ponto 33 da órbita 206, de 26 de novembro de 1975. Nestas cenas ampliadas, aplicaram-se técnicas de realce e, através de combinações entre os principais componentes (resultantes do uso do programa realce pelas componentes principais) e os diferentes filtros coloridos (azul, verde e vermelho) existentes no Analisador Multiespectral Image-100, obtiveram-se as cinco composições coloridas. AS composições coloridas foram documentadas em diapositivos, identificados pelo número da foto, indicadas na Tabela 1.

A metodologia utilizada consistiu na obtenção de cenas ampliadas a partir de fitas

CCTs, sobre as quais executaram-se processamentos automáticos com a finalidade de realçar e/ou melhorar a cena original, através da aplicação do programa realce pelas componentes principais. Posteriormente, através de combinações entre os principais componentes obtidos com este programa e os diferentes filtros coloridos (azul, verde e vermelho) existentes no sistema, obtiveram-se diversas composições coloridas. Estas composições coloridas foram analisadas visualmente, através da projeção de diapositivos, e as informações fotogeológicas interpretadas foram comparadas com os dados da literatura geológica disponível, para uma melhor caracterização das unidades lito-estratigráficas e das falhas e fraturas, controladoras ou não de mineralizações de cobre.

A base geográfica da área estudada foi obtida diretamente das composições coloridas ampliadas.

3. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Regionalmente, a área estudada pertence a uma bacia intermontana limitada por falhas regionais nordeste, os quais Picada (1971) denominou de Sistema de Falhas Açotéia-Piquiri (N20-35E). Esta bacia intermontana é caracterizada pela presença de sedimentos imaturos, com características de regime de entulhamento rápido (retenção de produtos de erosão durante a época de mudança no seu regime de esforços), acompanhadas de intrusões e derrames de materiais vulcânicos. Almeida (1969, p.30) assinalou que estes "fenômenos caracterizam o chamado estágio de transição, que separa no tempo a etapa geossinclinal da ortoplataformal que lhe segue".

TABELA 1

RELAÇÃO DAS COMBINAÇÕES OBTIDAS ENTRE OS FILTROS E AS PRINCIPAIS COMPONENTES DO PROGRAMA "REALCE" PARA A REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ

FILTROS UTILIZADOS						PRINCIPAL PROGRAMA UTILIZADO	NÚMERO DA FOTO
R	RC	G	GC	B	BC		
PC ₄		PC ₃		PC ₄		REALCE PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS	01-05
PC ₃		PC ₄		PC ₃		REALCE PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS	02-05
PC ₄		PC ₃		PC ₁		REALCE PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS	03-05
PC ₃		PC ₄		PC ₂		REALCE PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS	04-05
PC ₃		PC ₄		PC ₁		REALCE PELAS COMPONENTES PRINCIPAIS	05-05

Obs.: R- filtro vermelho
G- filtro verde
B- filtro azul

C - filtro complementar
PC_i - principal componente, onde i = 1,2,3,4 representam os 4 canais do Image-100.

Estratigraficamente, a área estudada é representada pelos sedimentos imaturos das formações Arroio dos Nobres (Pré-cambriano superior), e Santa Bárbara (Cambro-Ordoviciano), recobertos, localmente, por sedimentos inconsolidados quaternários. As principais características litológicas e os locais de ocorrência das unidades estratigráficas individualizadas, neste estudo, encontram-se resumidas na Tabela 2. A individualização entre unidades estratigráficas foi baseada principalmente em feições características de texturas (impressão visual de rugosidade ou uniformidade apresentadas pelos alvos da superfície imageada), de matizes de cores e de feições morfológicas.

4. AS MINAS DO CAMAQUÃ

As jazidas de cobre das Minas do Camaquã encontram-se em rochas sedimentares do bradas da Formação Arroio dos Nobres, constituída por uma sequência sedimentar de arenitos e siltitos do Membro Mangueirão e de arenitos e conglomerados do Membro Vargas. Tectonicamente, ocorrem aí grandes falhamentos regionais nordeste, paralelos entre si, e ainda uma série de falhas noroeste, perpendiculares àqueles regionais e de pequena extensão (algumas centenas de metros).

As Minas do Camaquã são constituídas, principalmente, pela Mina Uruguai e pela Mina São Luiz, as quais foram descritas por Teixeira et alii (1978) e por Ribeiro (1978), cujas características são descritas a seguir.

Mina Uruguai

- a) o principal controle de mineralização foi o estrutural de falhas e fraturas, seguindo-se o litológico, principalmente para as disseminações. Os filões desta mina preenchem falhas e fraturas N50-70W, com mergulhos altos tanto para nordeste como para sudoeste. O bloco da mina é limitado por falhas, denominadas Principal e Secundária. Ao longo da Falha Principal predomina o minério em veios que chegam, localmente, a atingir até 40 centímetros de espessura; por vezes, no plano da falha o teor é baixo, e próximo a ele o teor em disseminação cresce. Os limites em profundidade da mineralização ao longo da Falha Principal não são conhecidos.
- b) a mineralogia do minério é formada por calcopirita, bornita, calcosina e pirita, em ordem decrescente de abundância. Sabe-se que a quantidade de pirita aumenta em profundidade em relação à calcosina, e que a calcopirita tem uma distribuição mais uniforme, daí ser ela

o mineral primário mais abundante. O minério contém ainda pequenas quantidades de ouro e de prata. Entre os minerais supergênicos aparecem calcosina, malaquita e crisocola, seguidas, em proporções menores, por covelina, antlerita, brochantita, azurita, cuprita e cobre nativo. A ganga do minério é formada por hematita, baritina, quartzo e calcita. Caulinizações, sericitizações, silicificações e cloritizações são descritas como produtos de alteração hidrotermal da rocha encaixante (Bettencourt, 1972).

- c) quanto ao comportamento de cada mineral-minério, verificou-se que a bornita apresenta-se mais comumente em veios, enquanto a calcosina ocorre mais frequentemente disseminada e mais raramente em veios.
- d) na Falha Principal da Mina Uruguai, a bornita é predominante, mas no resto da mina existe uma área central de pirita-calcopirita, com áreas de bornita que aparecem mais a noroeste.

Mina São Luiz

- a) a mineralização deu-se, principalmente no conglomerado denominado Superior, ao longo de falhas e fraturas de tração, predominantemente em torno de N20W e mergulhos de 60 a 80 graus para nordeste. Apenas os filões denominados Esperança, Barnabé e São Júlio fogem deste padrão: o primeiro tem direção aproximadamente N-S, com mergulhos médio de 65 a 70 graus para sudoeste. A mineralização é formada principalmente por calcopirita, com calcosina e bornita em condições subordinadas; a pirita sempre aparece associada à calcopirita. A espessura média destes filões está entre 30 e 50 centímetros. Nos núcleos formados por estes filões principais, onde o conglomerado apresenta-se bastante cloritizado, aparecem filões secundários de calcopirita, pirita e disseminações destes mesmos minerais na matriz do conglomerado.

5. RESULTADOS DO PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO

Procurou-se reunir todas as informações obtidas e analisadas no mapa fotogeológico da região das Minas do Camaquã (Figura 1). Os resultados da discriminação de determinados aspectos contidos na área analisada são apresentados na Tabela 3.

TABELA 2

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS DAS UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS INDIVIDUALIZADAS NA REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ

	UNIDADE ESTRATIGRÁFICA	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS	LOCAL DE OCORRÊNCIA - OBSERVAÇÕES
QUATERNÁRIO	DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS	AREIAS E CASCALHOS INCONSOLIDADOS, COBERTOS DE ARGILAS ESCURAS, RICAS EM MATÉRIA ORGÂNICA	AO LONGO DO ARROIO JOÃO DIAS, NA PORÇÃO CENTRAL DA ÁREA ESTUDADA, RECORRENDO BRINDO ROCHAS CONSTITUINTES DAS FORMAÇÕES ARROLO DOS NOBRES E GUARITAS. PRESENÇA DE MATA-GALERIA.
CÁMERO-EMILIANO	FORMAÇÃO GUARITAS: CAMA DAS VARZINHA (RIBEIRO E LICHTENBERG, 1978)	ARENITOS VERMELHOS, SILTITOS E ARGILITOS INTERCALADOS	PREDOMINANTEMENTE NA PORÇÃO CENTRO-NORTE DA ÁREA ESTUDADA, OCORRENDO EM MANCHAS IRREGULARES E COM DIMENSÕES VARIAVAS. NO CAMPO, POSSUI UM ASPECTO DE CONJUNTO DE TORRES OU DE GRANDES EDIFÍCIOS EM RUÍNAS, REMANESCENTES DA AÇÃO EROSIVA AO LONGO DE JUNTAS E/OU FRATURAS.
	FORMAÇÃO GUARITAS: CAMA DAS GUARDA VELHA (RIBEIRO E LICHTENBERG, 1978)	DETRITOS RUDÁCEOS QUE AVULTAM BENCHAS DE TÁLUS E FANGLOMERADOS QUE GRADUAM LATERALMENTE PARA ARENITOS ARCÓSIOS GROSSEIROS	PREDOMINANTEMENTE NA PORÇÃO CENTRO-NORTE E NO EXTREMO OESTE DA ÁREA ESTUDADA. RELEVO ONDULADO.
	FORMAÇÃO SANTA BÁRBARA: CAMADAS LANCEIROS (RIBEIRO E LICHTENBERG, 1978)	ARENITOS ARCÓSIOS ASSOCIADOS A CONGLOMERADOS, SILTITOS E ARGILITOS.	CENTRO-ORIENTAL DA ÁREA ESTUDADA, NUM ASPECTO GROSSEIRAMENTE ESTRUTURADO PARA NOROESTE. TEXTURA MEDIANAMENTE RUGOSA A LISA.
	FORMAÇÃO SANTA BÁRBARA: MEMBRO RODEIO VELHO (RIBEIRO ET ALII, 1966)	LAVAS DE COMPOSIÇÃO INTERMEDIÁRIA.	A LESTE, A SUDOESTE E AO SUL DAS MINAS DO CAMAQUÃ, INTERCALADAS NAS CAMADAS DE ARENITOS DAS CAMADAS LANCEIROS
PRÉ-CAMBRIANO SUPERIOR	FORMAÇÃO ARROIO DOS NOBRES: MEMBRO VARGAS (TESSARI E PICADA, 1966)	CONGLOMERADOS E ARENITOS CONGLOMERÁTICOS.	MINAS DO CAMAQUÃ E A SUDOESTE DAS MINAS DO CAMAQUÃ. É A UNIDADE ENCALXANTE DOS MINÉRIOS DE COBRE DAS MINAS DO CAMAQUÃ. TEXTURA MEDIANAMENTE RUGOSA.
	FORMAÇÃO ARROIO DOS NOBRES: MEMBRO MANGUEIRÃO (TESSARI E PICADA, 1966)	ARENITOS FELDSPÁTICOS OU MICÁCEOS, ARCÓSIOS, SILTITOS MICÁCEOS E FOSSÍLIS RITMICAMENTE INTERCALADOS.	A SUDESTE DAS MINAS DO CAMAQUÃ. TEXTURA LISA.

Os aspectos planimétricos foram melhor evidenciados nos diapositivos enumerados na Tabela 1 por 01-05, 02-05 e 05-05, sendo que estes dois últimos, em conjunto com o diapositivo 03-05, ressaltaram os aspectos morfológicos, como por exemplo o realce do relevo associado às Camadas Varzinha da Formação Guaritas. Estruturas mais extensas e proeminentes (como por exemplo a Falha Emiliano-Tapeira) foram facilmente identificadas pelos diapositivos 02-05, 03-05, 04-05 e 05-05. Em relação às unidades estratigráficas, verificou-se que tanto o Membro Vargas como o Membro Mangueirão, ambos da Formação Arroio dos Nobres, são evidenciados em todos os diapositivos. O Membro Rodeio Velho e as Camadas Lanceiros da Formação Santa Bárbara, e as Camadas Guarda Velha da Formação Guaritas foram individualizadas somente no diapositivo 03-05 (Figura 2). Entretanto, tanto esta última composição colorida como aquelas enumeradas por 01-05 e 02-05 evidenciaram os depósitos

aluviais. As Camadas Varzinha da Formação Guaritas foram individualizadas tanto na foto 02-05 (Figura 3) como também na 04-05).

6 . DISCUSSÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Em função dos aspectos discriminados e apresentados anteriormente, procedeu-se a uma análise e discussão dos resultados, resumidos a seguir:

- a) em relação à individualização dos dois membros da Formação Guaritas, conforme proposição formal de Ribeiro e Lichtenberg (1978) sem no entanto apresentá-las cartografadas, observou-se um contraste realce das Camadas Varzinha em relação às Camadas Guarda Velha, devido ao próprio realce do relevo apresentado pelo próprio

meiro membro, o qual denotou em imagens multiespectrais do satélite LANDSAT uma textura rugosa.

- b) um bom realce foi conseguido em relação às falhas e às fraturas (controladoras ou não de mineralizações de cobre) existentes na área estudada, o que facilitou sensivelmente a sua identificação. A falha mais extensa e realçada foi a Falha Emiliano-Tapera, enquadrada no Sistema de Falhas Açotéia-Piquiri (Picada, 1971), possivelmente contemporânea à Falha Aberta dos Cerros, que ocorre além dos limites orientais da área estudada.
- c) a Falha Emiliano-Tapera, possivelmente, influenciou a deposição de sedimentos molassóides das formações Arroio dos Nobres, Santa Bárbara e Guaritas, além de indicar ser a possível condutora de intrusões e/ou derrames de lavas de composição intermediária, intercaladas nas camadas de arenito. Ohara (no prelo) considerou estas falhas nordeste (Sistema de Falhas Açotéia-Piquiri) como as responsáveis pela formação de bacias intermontanas, possivelmente após a fase de Dobramentos Porongos e durante o processo de soergimento da cadeia de montanhas.
- d) tanto os falhamentos nordeste como os noroeste sofreram, em geral, diversas reativações durante sua história, o que é comprovado pela presença de diversas fases de brechações e cimentações sucessivas ao longo de seus planos de falhas,

assim como pela continuidade de alguns destes falhamentos em rochas gonduânicas. Naturalmente, durante estas várias reativações ocorridas no decorrer dos tempos geológicos, além de reativações de antigas falhas, surgiram diversas outras falhas com diversas orientações e idades.

- e) quanto à separabilidade espectral entre zonas mineralizadas e não-mineralizadas das Minas do Camaquã, verificou-se que os possíveis aspectos diferenciais entre estas duas zonas não foram observados, devido às restritas dimensões das ocorrências cupríferas em função da resolução do sensor MSS-LANDSAT, aliada à forte influência espectral do uso do solo por ocupação urbana, localizada próxima às áreas de exploração mineira. Consequentemente, não foi possível identificar novas áreas favoráveis às ocorrências de cobre, visto que esta tentativa seria verificada em função dos aspectos observados nessas zonas mineralizadas.
- f) deste estudo, pôde-se concluir que a aplicação do programa realce pelas componentes principais em imagens MSS-LANDSAT da região das Minas do Camaquã mostrou-se relativamente eficiente e válida, através de um bom realce e/ou de uma sensível melhoria da cena original. Após a realização deste estudo, foi desenvolvido um novo programa de realce, denominado PRINCO, para substituir o anterior (realce pelas componentes principais), devido à suposta impossibilidade de combinar as duas primeiras principais componentes com uma das outras duas, também principais, obtidas pelo programa realce.

TABELA 3

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE OS ASPECTOS DISCRIMINADOS E AS COMPOSIÇÕES COLORIDAS ANALISADAS PARA A REGIÃO DAS MINAS DO CAMAQUÃ

ASPECTOS DISCRIMINADOS		NÚMERO DA FOTO				
		01-05	02-05	03-05	04-05	05-05
PLANIMÉTRICOS		§§§§§§§§	§§§§§§			§§§§§§§§
MORFOLÓGICOS			§§§§§§	§§§§§§		§§§§§§§§
ESTRUTURAS FOTOGEOLOGICAS (FALHAS E FRATURAS)			§§§§§§	§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§
UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	DEPÓSITOS ALUVIAIS	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§		
	CAMADAS VARZINHA		§§§§§§§§		§§§§§§§§	
	CAMADAS GUARDA VELLA			§§§§§§§§		
	CAMADAS LANCEIROS			§§§§§§§§		
	MEMBRO RODEIO VELLO			§§§§§§§§		
	MEMBRO VARGAS	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§
	MEMBRO MANGUEIRÃO	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§	§§§§§§§§

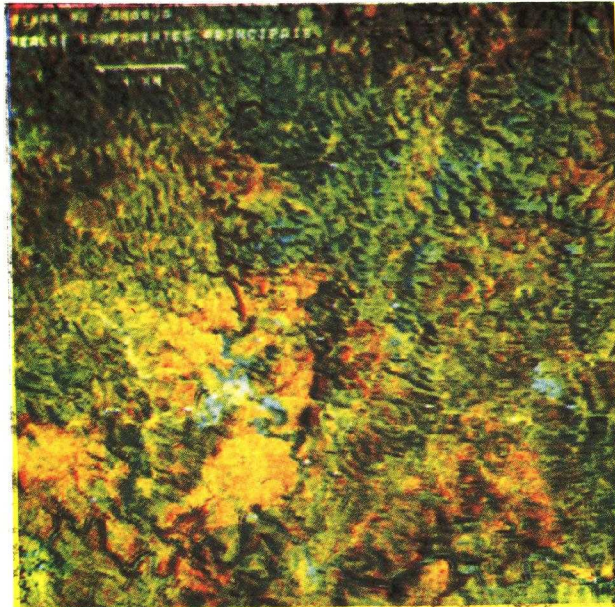


Fig. 2 - Foto da combinação entre principais componentes/ filtros coloridos (PC_1 /azul, PC_3 /verde e PC_4 /vermelho), ampliada e processada, no Image-100, da região das Minas do Camaquã.

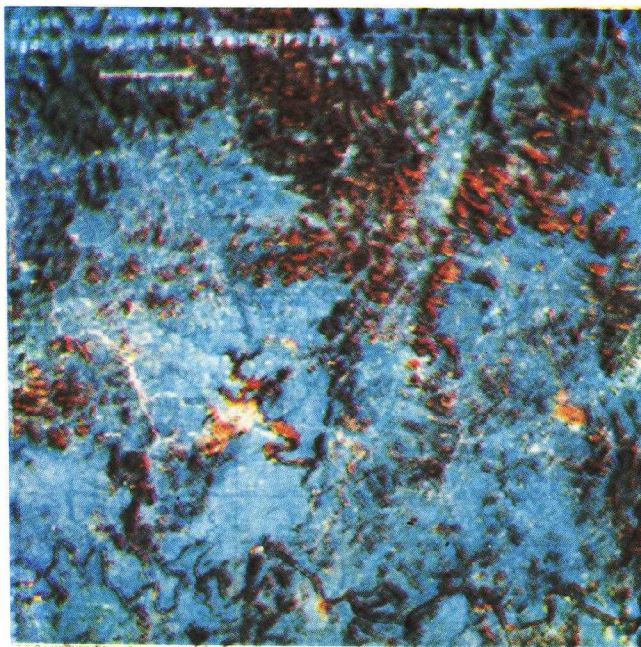


Fig. 3 - Foto da combinação entre principais componentes/ filtros coloridos (PC_3 /azul e vermelho e PC_4 /verde), ampliada e processada, no Image-100, da região das Minas do Camaquã.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. de Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23., Salvador, 1969. *Anais*. Salvador, Sociedade Brasileira de Geologia, 1969, p.29-46.
- BETTENCOURT, J.S. *A mina de cobre de Camaquã, Rio Grande do Sul*. Tese de Doutorado. São Paulo, USP, 1972.
- CAMARA NETO, G.; ARAUJO, E.O.; MASCARENHAS, N.D.A.; SOUZA, R.V.M. de *Realce visual de imagens de recursos naturais: aplicação em geologia*. São José dos Campos, INPE, dez. 1980. 53p. (INPE-1952-RPE/267). Apresentado na 32ª Reunião Anual da SBPC, Rio de Janeiro, de 6 a 12 jul. 1980.
- OHARA, T. *Análise das características apresentadas em imagens multiespectrais do satélite LANDSAT no mapeamento geológico-estrutural da porção centro-oeste do Escudo Sul-riograndense*. Dissertação de mestrado em Sensoriamento Remoto. São José dos Campos INPE. No prelo.
- PARADELLA, W.R.; VITORELLO, I. Application of computerized techniques using LANDSAT MSS images for geological studies. *COGEO DATA IAMG Meeting for South America*, Rio de Janeiro, de 14 a 17 dez. 1981.
- PICADA, R.S. Ensaio sobre a tectônica do Escudo Sul Riograndense: caracterização dos sistemas de falhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25., São Paulo, 1971. *Anais*. São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, 1971, v.1, p.167-191.
- RIBEIRO, M.; LICHTENBERG, E. Síntese da geologia do Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais*. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v.6, p.2451-2463.
- RIBEIRO, M.; BOCCHI, P.R.; FIGUEIREDO FILHO, P.M. de; TESSARI, R.I. *Geologia da quadrícula de Caçapava do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1966. (Boletim, 127).
- RIBEIRO, M.J. *Mapa previsional do cobre no Escudo Sul Riograndense: nota explicativa*. Brasília, Ministério das Minas e Energia, DNPM, 1978. (Geologia Econômica, 1).
- TEIXEIRA, G.; GONZALES, A.P.; GONZALES, M.A.; LICHT, O.A.B. Situação das Minas do Camaquã, Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30., Recife, 1978. *Anais*. Recife, Sociedade Brasileira de Geologia, 1978, v.4, p.1893-1905.
- TESSARI, R.I.; PICADA, R.S. *Geologia da quadrícula de Encruzilhada do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil*. Rio de Janeiro, DNPM, Divisão de Fomento da Produção Mineral, 1966. (Boletim, 124).

