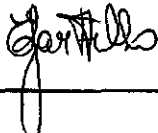


1. Publicação nº INPE-3243-PRE/589	2. Versão	3. Data Agosto, 1984	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem DSR	Programa RECSAT		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) SENSORES REMOTOS GEOLOGIA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS MAPEAMENTO GEOLÓGICO			
7. C.D.U.: 528.711.7:55			
8. Título ANÁLISE INTEGRADA DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO EM LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS		10. Páginas: 11 11. Última página: 09 12. Revisada por Waldin Renato Paradella Waldir Renato Paradella	
9. Autoria Edgar da Silva Fagundes Filho Bolsista CNPq/Programa de Mestrado do INPE.		13. Autorizada por Nelson de Jesus Parada Diretor Geral	
Assinatura responsável 			
14. Resumo/Notas O rápido avanço do Sensoriamento Remoto nos últimos anos tem propiciado o desenvolvimento de várias técnicas de obtenção de informações de imagens. Neste trabalho é analisada a contribuição do Sensoriamento Remoto na aplicação dessas técnicas como ferramenta efetiva no mapeamento geológico. É apresentada uma maneira de otimizar o uso de imagens em levantamentos geológicos básicos abrangendo uma análise integrada de suas informações espaciais, espectrais e temporais, através de técnicas de processamentos fotográficos ("Color Additive Viewers") e computacionais em diferentes escalas, a fim de permitir o mapeamento de extensas áreas de maneira rápida, precisa e econômica.			
15. Observações Submetido para apresentação no XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia.			

ANÁLISE INTEGRADA DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO
REMOTO EM LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS

EDGAR DA SILVA FAGUNDES FILHO
Bolsista CNPq/Programa de Mestrado do INPE

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

RESUMO

O rápido avanço do Sensoriamento Remoto nos últimos anos tem propiciado o desenvolvimento de várias técnicas de obtenção de informações de imagens. Neste trabalho é analisada a contribuição do Sensoriamento Remoto na aplicação dessas técnicas como ferramenta efetiva no mapeamento geológico. É apresentada uma maneira de otimizar o uso de imagens em levantamentos geológicos básicos abrangendo uma análise integrada de suas informações espaciais, espectrais e temporais, através de técnicas de processamentos fotópticos ("Color Additive Viewers") e computacionais em diferentes escalas, a fim de permitir o mapeamento de extensas áreas de maneira rápida, precisa e econômica.

ANÁLISE INTEGRADA DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO
REMOTO EM LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS

EDGAR DA SILVA FAGUNDES FILHO
Bolsista CNPq/Programa de Mestrado do INPE

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

ABSTRACT

Recent advances in Remote Sensing led to the development of several techniques to obtain image information. The present work analyses these techniques as effective tools in geological mapping. A strategy for optimizing the images in basic geological surveying is presented. It embraces as integrated analysis of spatial, spectral and temporal data through photoptic (Colour Additive Viewer) and computer processing at different scales, allowing large areas survey in a fast, precise and low cost manner.

1 - INTRODUÇÃO

Em diversas oportunidades tem sido destacada a importância da retomada dos Levantamentos Geológicos Básicos (LGBs) no Brasil, do qual o mapeamento geológico é uma importante parte, merecedor de uma estratégia nacional específica (Salomão, 1982; Sad, 1982; Braun et alii, 1982; Schobbenhaus Filho et alii, 1982; Fernandes, 1983).

Em todos os debates um ponto é de consenso dentro da classe técnica: há urgente necessidade de retomar e incrementar programas sistemáticos de levantamentos básicos como única maneira de garantir a geração de jazidas e o avanço da ciência geológica.

O Sensoriamento Remoto pode contribuir de duas maneiras aos LGBs, primeiro no planejamento e execução de levantamentos aerofotogramétricos e segundo na aplicação de suas técnicas de extração de informações de imagens como ferramenta efetiva no mapeamento geológico. Neste segundo caso, quando devidamente utilizadas, estas técnicas influirão na etapa de trabalho de coleta de dados de campo, cujos custos são mais elevados.

Berbert (1983), abordando os principais problemas de mapeamento geológico básico, cita entre aqueles de ordem concepcional a metodologia e o desprezo dos técnicos em geral, que na maioria das vezes esquecem totalmente os produtos de levantamentos por processos indiretos, incluindo nestes os meios modernos de Sensoriamento Remoto.

No Brasil o Sensoriamento Remoto obteve um maior avanço nos últimos doze anos quando tornaram-se disponíveis imagens multiespectrais MSS e imagens de radar do Projeto RADAM, além de maior quantidade de coberturas aerofotogramétricas. Também tem sido rápido o desenvolvimento de novos satélites, o que evidencia perspectivas favoráveis para o Sensoriamento Remoto a curto prazo.

Mesmo assim o País ainda carece de uma metodologia bem definida, voltada para as necessidades e peculiaridades de cada região, em função das novas técnicas que tem surgido. Neste sentido Braun (in Schobbenhaus et alii, 1982) aborda a necessidade de "procurar demonstrar a utilidade mais prática possível, com retornado mais rápido possível, dos métodos de Sensoriamento Remoto, aliados aos Levantamentos Geológicos Básicos".

2 - OBJETIVOS

Dentro do contexto acima exposto este trabalho visa discutir uma metodologia adequada que permita a análise de variados produtos de Sensoriamento Remoto como arma poderosa nos LGBs. Espera-se fornecer subsídios para a utilização de técnicas e materiais condizentes com o objetivo de mapeamento geológico que permitam o mapeamento de extensas áreas de maneira rápida, precisa e econômica. Por fim, pretende-se contribuir para a familiarização da comunidade geológica com técnicas de tratamento de imagens de maneira a fomentar o debate em prol dos LGBs no País, visando uma maior contribuição do Sensoriamento Remoto à Geologia nos próximos anos.

3 - ANÁLISE DO SISTEMA FOTOINTERPRETAÇÃO

A definição de sistema como um conjunto de procedimentos, doutrinas, idéias ou princípios, logicamente ordenados e coesos com intensão de explicar ou dirigir o funcionamento de um todo (INPE, 1972), é o que melhor se aplica a fotointerpretação.

Amaral (1983) sugere uma sistemática em mapeamento geológico básico tendo como sistema o mapeamento geológico baseado na utilização de dados de Sensoriamento Remoto e a fotointerpretação como subsistema. Aqui procura-se detalhar o sistema fotointerpretação sugerindo uma análise integrada de diversos produtos das menores para as maiores escalas (figura 1).

De acordo com Vitorello (1982), para cada aumento na escala de mapeamento geológico há necessidade de um ganho equivalente para a melhoria da resolução espacial, espectral e radionétrica dos produtos de Sensoriamento Remoto a serem utilizados, para que haja um aumento equivalente para a contribuição de informações geológicas com estes produtos.

As imagens de radar 1:250.000 estão disponíveis na forma de reproduções em "offset" (papel), reprodução fotográfica e transparências positivas. Estas últimas, embora de menor perda de informação, são de difícil obtenção, enquanto nas reproduções em "offset" há maior perda de informação, não sendo muito aconselhável seu uso em Fotogeologia. As imagens de radar são de difícil interpretação, pois a intensidade da resposta que chega ao sensor depende das propriedades da superfície imageada (constantes dielétricas e rugosidade) e do sistema (polarização, ângulo de depressão e frequência). Devido ao sombreamento provocado pelos baixos ângulos de visada o relevo é realçado nestas imagens, facilitando traçados estruturais.

Nas imagens multiespectrais têm-se informações de um mesmo alvo em diferentes faixas (bandas) do espectro, o que permite uma análise separada e/ou integrada dessas imagens. Pode-se extrair maior quantidade de informações de imagens multiespectrais, quanto melhor for o conhecimento de espectroscopia de campo e laboratório, de modelos de comportamento espectral de alvos naturais e de processamento digital (Vitorello, 1982).

Uma análise global da região a ser estudada deve ser feita nas imagens MSS-5, MSS-7 e de radar, em escala 1:250.000, de onde-se podem obter traçados estruturais e separar unidades maiores. Na escala 1:100.000 dispõe-se das imagens RBV em papel e das imagens MSS ampliadas por computador. As imagens RBV, obtidas através de uma câmara de televisão no LANDSAT-3, possui elementos de resolução no terreno de 40 x 40 metros correspondente ao dobro de informação espacial das imagens MSS, porém com a desvantagem de abranger uma única e larga faixa espectral (0.505 a 0.750 microns).

As fotografias aéreas convencionais possuem boa resolução espacial e geometria, porém com informações espectrais limitadas, além da dificuldade de uma análise multitemporal. No entanto, as fotografias aéreas ganharam uma nova dimensão com os estudos de Sensoriamento Remoto, fazendo com que os levantamentos aerofotogramétricos sejam reestudados em função das novas abordagens de fotointerpretação e dos objetivos do trabalho. Neste sentido, Vitorello (1982) afirma que "a maior parte do território nacional não tem recobrimento adequado em termos de escala, tipo de filme e filtro, qualidade, época e horário.

Uma dessas abordagens é a obtenção de fotografias multiespectrais para posterior análise através de um visor aditivo de cores.

Todos os produtos devem ser analisados levando em consideração seu método de obtenção e sua quantidade de informação.

4 - QUANTIDADE DE INFORMAÇÃO DAS IMAGENS

Uma imagem é formada pelas suas informações espaciais, espectrais e radiométricas. Pode-se afirmar não existir imagem sem estes três tipos de informação. Portanto estão se subutilizando as imagens caso se despreze qualquer um destes três aspectos. Além disso, uma imagem registra informações em um determinado momento. Assim, devido a variações temporais podem-se extrair diferentes informações de imagens de uma mesma área obtida em diferentes épocas.

Do mesmo modo que a escala final de um mapa deve ser condizente com a quantidade de informações, ao se escolher produtos de Sensoriamento Remoto como base para a coleta de dados com fins de mapeamento geológico, tem-se de conhecer a quantidade de informações espaciais, radiométricas, espectrais e temporais que eles podem fornecer.

4.1 - ESCALA E QUANTIDADE DE INFORMAÇÃO ESPACIAL

Embora o conceito de mapeamento básico não defina propriamente sua escala, para a situação particular do Brasil esta deve ser sempre inferior a 1:50.000 (SBG-Núcleo São Paulo, 1980).

As escalas dos produtos de Sensoriamento Remoto devem variar em função da quantidade de informações obtida pelo sistema sensor por unidade de área no terreno (densidade de informação) e dos objetivos do trabalho. Quando esta informação for unicamente espacial sua densidade pode ser medida em número de elementos de resolução por quilômetro quadrado (densidade de informação espacial). Nas imagens orbitais estes elementos são os "pixels", enquanto nas fotografias aéreas são representados pelos grãos de haletos de prata do filme.

Uma imagem orbital MSS do satélite LANDSAT possui uma densidade de informação espacial igual a 222 "pixels" por quilômetro quadrado. Ao ser transferido para o papel é usado um processo fotográfico de maior poder de resolução de maneira que as perdas são pequenas. Assim, nas imagens MSS 1:250.000 têm-se elementos de resolução de aproximadamente 0,23 x 0,32mm.

Esta mesma imagem, quando observada na tela de um analisador multiespectral, conterà a mesma densidade de informação espacial, com as vantagens de poder ser processada de acordo com algoritmos predefinidos, como descrito mais adiante. No entanto, devido ao fato de a tela trabalhar com 512 x 512 pontos em dimensões de 29 x 29cm, observa-se que para escalas menores que 1:139.000 haverá omissão de "pixels" com consequente perda de informação, e para escalas maiores que 1:100.000 haverá repetição de "pixels" com eventuais deformações na imagem e sem aumento de informação. Devido às dimensões retangulares dos "pixels" (57 x 79m) em escalas intermediárias a essas haverá repetição de colunas e omissão de linhas.

Para trabalharmos com escalas maiores no computador é necessário haver maior densidade de informação. Por exemplo, para escala 1:80.000 a densidade de informação espacial deve ser de pelo menos 487 "pixels" por quilômetro quadrado, onde o "pixel" terá 45 x 45 metros. Neste caso pode-se considerar válido interpor valores entre as amostras originais de 57 x 79 metros do MSS.

Estas interpolações podem ser feitas por um programa de computador que utiliza dois interpolares: bilinear, onde a interpolação baseia-se em 16 pontos vizinhos, para regiões de alta densidade de bordas; e o interpolador de Schlien, baseado em 4 pontos vizinhos, para aquelas com baixa densidade de bordas (Câmara Neto, 1982).

Isto permite que as imagens MSS possam ser analisadas em escala 1:70.000 ou maiores, com ganho de informação espacial, embora com alguma perda de informação espectral devido a modificações no nível de cinza original.

4.2 - INFORMAÇÕES RADIOMÉTRICAS E ESPECTRAIS

A quantidade de informação radiométrica de uma imagem pode ser medida pelo número de níveis de sinal discriminados pelo sensor, o que está diretamente relacionado com a identificação de alvos na cena, pois quanto maior esse número, maior será a possibilidade de discriminar alvos, para uma mesma densidade de informação espacial.

A componente espectral da informação relaciona-se com a faixa do espectro eletromagnético sensoriada, e a quantidade de informação obtida depende da abrangência desta faixa e do comportamento espectral dos alvos a serem detectados. Sabe-se que determinados comprimentos de onda são mais úteis para certas aplicações e, de maneira geral, bandas mais estreitas permitem melhor caracterização dos alvos.

A resposta espectral em cada "pixel" da imagem é consequência da média ponderada por área das reflectâncias de cada elemento no terreno. Assim, é vital um conhecimento sobre o comportamento espectral das associações rocha-solo-vegetação a fim de que padrões de cinzas nas imagens possam ser interpretados (Paradella, 1983). Resultados sobre o comportamento espectral de alvos naturais são encontrados em Hunt et alii (1973 e 1974), Stoner e Baumgardner (1980), Siegal e Goetz (1977).

4.3 - INFORMAÇÕES TEMPORAIS

A análise dos atributos temporais dos produtos de Sensoriamento Remoto, apresentados pelas variações sazonais dos alvos, tem sido muito pouco explorada em Geologia no Brasil. O fato de haver imagens orbitais MSS de uma mesma área a cada 16 dias com o LANDSAT 5 e cada 18 dias com os satélites LANDSATs anteriores facilita esta abordagem.

As variações na reflectância do alvo em função do tempo devem-se às mudanças superficiais e às condições de iluminação do alvo. Almeida Filho (1982) cita como variações sazonais mais importantes registradas nos produtos de Sensoriamento Remoto aquelas relacionadas às condições de iluminação da área e ao comportamento da vegetação.

Sabe-se da importância das feições topográficas na aquisição de dados geológicos em imagens, portanto um maior realce da topografia beneficiará esta aquisição. Assim, imagens obtidas sob ângulos de iluminação mais baixos apresentam maior efeito de sombreamento, realçando feições topográficas e estruturais. Esse realce dependerá ainda do ângulo entre a direção de iluminação e a direção destas feições, ou seja, do azimute solar em relação ao "trend" estrutural. Quanto mais próximo de 90° for este ângulo, maior será o realce. Alguns estudos tem demonstrado que fotografias obtidas sob baixo ângulo de iluminação fornecem a mesma quantidade de informação do relevo, ou mais, que radar de visada lateral (Walker and Trexler, 1977).

Por outro lado, quando se analisa a imagem com ênfase nas suas variações tonais, devem-se procurar produtos onde a iluminação tenha sido a mais homogênea possível em sua obtenção. Neste caso, deve-se buscar imagens com alto ângulo de elevação solar e cujo azimute forme um baixo ângulo com o "trend" da área.

A presença da vegetação tanto pode mascarar significativamente a informação proveniente do conjunto solo-rocha como pode auxiliar na análise de informações quando fizer parte de associações geobotânicas específicas (Siegal and Goetz, 1977). Em algumas regiões, na estação chuvosa, estas associações são importantes devido ao crescimento diferenciado da vegetação, o que faz, muitas vezes, que imagens desta época sejam mais ricas em informações espectrais.

Ao longo do ano há variações no azimute e no ângulo de elevação solar. Estas variações aumentam com a latitude, sendo no equador constante o ângulo de elevação solar para uma mesma hora local, variando apenas o azimute simetricamente em relação à direção E-W. Com o aumento da latitude para sul haverá uma tendência a azimutes NNE e maiores elevações solares, para uma mesma hora local e data.

Pelo fato de o satélite LANDSAT passar sempre a mesma hora local em um mesmo ponto, na porção Norte do País (até a latitude de 10° S), o ângulo de elevação solar varia aproximadamente de 34 a 52 graus e o azimute entre 52 e 115 graus, e na porção Sul 37 a 88 graus o azimute e 20 a 55 graus a elevação solar, sendo mais baixos valores para ambos em junho/julho e os mais altos em dezembro/janeiro.

5 - TÉCNICAS DE PROCESSAMENTO DE IMAGENS

Independente das técnicas utilizadas a fotointerpretação final cabe ao geólogo e dependem de diversos fatores como experiência, conhecimento da região, etc. Esta fotointerpretação segue métodos consagrados, porém quase sempre pouco considerados. Para isto sugere-se os trabalhos de Riverau (1970) e Soares e Fiori (1976). No entanto esta tarefa tem de levar em conta as propriedades, vantagens e limitações de cada produto no que se refere a sua quantidade de informação e sua maneira de obtenção.

5.1 - COMPUTACIONAIS

Devido ao fato de as imagens orbitais estarem disponíveis na forma digital uma grande quantidade de técnicas foram desenvolvidas para realces de feições no terreno e para classificação de padrões com base em amostras predefinidas, além de correções geométricas e radiométricas.

No Brasil estas técnicas são pouco utilizadas, principalmente devido à falta de computadores adaptados para estes objetivos. No entanto há perspectivas de, a curto prazo, uma maior difusão destes sistemas de tratamento de imagens com a utilização de microcomputadores de 16 bits, sistema este atualmente em desenvolvimento no INPE.

Técnicas de tratamento de imagens digitais com aplicações em Geologia estão descritas principalmente em Abrams (1978), Taranik (1978), Paradella e Vitorello (1982), Vitorello e Paradella (1984).

Vitorello e Paradella (1984) fazem uma análise das técnicas de tratamento por computador de imagens MSS, sugerindo passos a serem seguidos no processamento de imagens digitais visando discriminações litológicas em ambientes semi-áridos. Estas técnicas incluem realce de contraste, divisão de canais, componentes principais, filtragens digitais e classificações temáticas.

Cabe ainda ressaltar que qualquer tipo de imagem pode ser digitalizada, permitindo que as técnicas acima citadas sejam aplicadas também a fotografias aéreas, desde que viável.

5.2 - FOTOÓPTICOS

Técnicas bem mais simples e mais acessíveis que as computacionais são denominadas fotópticas e compreendem a utilização de instrumentos chamados Visores Aditivos de Cores (Colour Additive Viewers) e Densitômetros.

Os "viewers" foram inicialmente construídos para interpretação de imagens fotográficas multiespectrais e hoje são utilizados também para interpretação de imagens multiespectrais do LANDSAT.

Os "viewers" mais comuns consistem em um projetor ótico de quatro canais com um sistema de controle que permite ao operador tanto projetar na tela uma imagem só, como também superpor duas ou mais imagens espectrais. Na tela as imagens são projetadas nas dimensões de até 23 x 23cm já ampliadas 3,3 vezes, ou menores, de acordo com o ajuste das objetivas.

Cada canal possui uma luz originária de uma lâmpada de alta potência que ilumina as transparências originais que estão posicionadas em uma placa de vidro, e atravessa ou não um filtro especial com uma das três cores primárias: azul, verde ou vermelho. Desta forma, as imagens multiespectrais podem ser analisadas através das composições coloridas que interessam ao usuário.

Através de algumas combinações de transparências positivas e negativas este sistema permite ainda que se obtenham imagens "ratio". Isto leva a uma gama de combinações de filtros e transparências (canais), de maneira a realçar feições do terreno.

O "viewer" permite ainda o registro de imagens de diferentes épocas de maneira mais simples que por computador, devido à correção geométrica prévia das imagens na forma de transparências. Outra vantagem deste sistema é o custo de aquisição, bem menor que sistemas computacionais, o qual fornece informações que substituem em vários níveis a necessidade do processamento digital de imagens.

6 - RESULTADOS PARCIAIS NA REGIÃO DO SERIDÓ

Um teste do uso desta metodologia foi realizado na região do Seridó (RN), mostrando resultados positivos em discriminações litológicas e traçados estruturais.

Os testes, embora em área restrita, fornecem perspectivas favoráveis da análise integrada dos produtos de Sensoriamento Remoto em LGBs na Região Nordeste, por seu ambiente semi-árido, marcada sazonalidade, além de complexidade metamórficas proterozóicas de baixo a alto grau, denominada Grupo Seridó, sobrepostas a um embasamento gnáissico arqueano (Complexo Caicó), ambos cortados por rochas graníticas proterozóicas (Jardim de São, 1984).

Composições coloridas multiespectrais e multisazonais, juntamente com técnicas de realce por computador, permitiram evidenciar contatos litológicos entre unidades com pequenas diferenças de reflectância espectral de superfície. Estas diferenças, embora mostradas em escala 1:100.000 em imagens obtidas no mês de janeiro/82, normalmente só são cartografadas em escalas maiores.

O aumento da quantidade de informação espacial (aumento da escala) pela técnica de reamostragem permitiu delinear corpos granitóides menores em escala 1:70.000. Estudos da metodologia proposta continuam na região do Seridó, incluindo uma análise da relação custo/benefício comparada aos métodos convencionais.

7 - CONCLUSÕES

Com o avanço do Sensoriamento Remoto nos últimos anos é imprescindível o conhecimento e a utilização de suas técnicas de obtenção e extração de informações de seus produtos, a fim de acelerar os levantamentos geológicos, bem como torná-los mais eficientes. Uma melhor abordagem é aquela que analisa os diversos produtos de maneira integrada a partir das menores escalas para as maiores, sempre que necessário e possível com o auxílio de técnicas computacionais ou fotográficas.

O caráter sazonal das imagens e a possibilidade de análise multitemporal exigem que seja levado em consideração, na escolha do produto, a latitude da área, a época do ano, a orientação da topografia e/ou "trend" estrutural, elevação e azimute solar, de acordo com os objetivos do trabalho.

AGRADECIMENTOS

À UFRN (especialmente ao colega E.F. Jardim de Sá) pelo apoio na etapa de campo e ao Dr. W.R. Paradella pela revisão do texto, críticas e sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, M.J.-1978- Computer image processing for geologic applications. Jet. Prop. Lab./NASA, Pub. 78-34, Pasadena, USA, 24p.

ALMEIDA FILHO, R.-1982- Importância das análises de dados multisazonais de Sensoriamento Remoto em Geologia. II Simp. Bras. de Sens. Rem., Anais, 1:11-16.

AMARAL, G.-1983- Sistemática para a utilização de dados de Sensoriamento Remoto em mapeamento geológico básico. IV Simp. Reg. de Geol., Atas, no prelo.

BERBERT, C.O.-1983- Mapeamento geológico básico no Brasil: Problemas e propostas de soluções. Rev. Cienc. da terra, 7:45-46.

BRAUN, O.P.G.; BAPTISTA, M.B.; LOGUÉRCIO, S.O.E.-1982- O mapa da mina. A importância dos levantamentos básicos na pesquisa geológica e prospecção. Rev. Cienc. da Terra. 2:61-70.

CÂMARA NETO, G.-1982- Métodos de interpolação em imagens digitais por meio de técnicas de projeto de filtros F.I.R.. INPE-2663-TDL/120, 121p.

FERNANDES, F.-1983- Serviço Geológico Brasileiro uma necessidade? Rev. Cienc. da Terra, 8:33-34.

HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W.; LENHOFF, C.J.-1974- Visible and near infrared spectra of minerals and rocks: IX basic and ultrabasic igneous rocks. Modern Geology, 5:15-22.

HUNT, G.R.; SALISBURY, J.W.; LENHOFF, C.J.-1973- Visible and near infrared spectra of minerals and rocks: VIII intermediate igneous rocks. Modern Geology, 4:237-244.

INPE (Instituto de Pesquisas Espaciais)-1972- Engenharia de Sistemas: Planejamento e controle de projetos. Ed. Vozes, 307p.

JARDIM DE SÁ, E.F.-1984- Geologia da região do Seridó: reavaliação de dados. XI Simp. de Geol. do Nord., Anais, no prelo.

PARADELLA, W.R.; VITTORELLO, I.-1982- O tratamento por computador de dados de sensoriamento remoto: uma introdução a técnicas que visam aplicações geológicas. XXXII Congr. Bras. de Geol., Anais, 4:1755-1764.

PARADELLA, W.R.-1983- Discriminação de unidades litológicas no baixo vale do Rio Cuaraça (Bahia) através de realces por processamento digital de dados MSS-LANDSAT 3. Inst. Geoc., USP, Tese de Doutorado, 250p.

RIVERAU, J.C.-1970- Curso de fotointerpretação. Univ. de Brasília, Depto de Geoc., Série didática nº 4, 144p.

- SAD, J.H.-1970- Cartografia geológica e pesquisa mineral. Rev.Cienc. da Terra, 2: 36-37.
- SALOMÃO, E.P.-1982- O Serviço Geológico Nacional. Rev. Cienc. da Terra. 2:54-60.
- SBG (Sociedade Brasileira de Geologia) - Núcleo São Paulo-1980- Mapeamento geológico básico (mesa redonda). Jornal do Geólogo, Dez./80.
- SCHOBENHAUS FILHO, C.; SAAD, A.G.; WALDE, D.H.; SALOMÃO, E.P.; CUNHA, F.M.B.; AMARAL, G.; MUHLMANN, H.; VITTORELLO, I.; MARINI, O.J.; BRAUN, O.P.; SOARES, P.C.-1982 Utilização de dados de sensoriamento remoto em mapeamentos geológicos básicos (Sessão plenária) II Simp. Bras. de Sens. Rem., Anais, 1:217-221.
- SIEGAL, B.S.; GOETZ, A.F.H.-1977- Effect of vegetation on rock and soil type discrimination. Photog. Eng. and Rem. Sens., 43:191-196.
- SOARES, P.C.; FIORI, A.P.-1976-Interpretação de fotografias aéreas. Not.Geomorf., Campinas, 16(32) 71-104.
- STORNER, E.R.; BAUNGARDNER, M.F.-1980- Physichemical, site and bidirectional reflectance factor characteristics of uniformly moist soils. West Lafayette,Purdue University, IARS, Tech. Rept. 111679, 94p.
- TARANIK, J.V.-1978- Principles of computer processing of LANDSAT data for geologic applications. United States Geological Survey, Open File Report 78-117, 50p.
- VITTORELLO, I.-1982 - Sensoriamento Remoto de recursos minerais e energéticos na década de oitenta. II Simp. Bras. de Sens. Rem., Anais, 1:83-90.
- VITTORELLO, I.; PARADELLA, W.R.-1984 - Methodological approach in lithological discrimination by digital processing: a case study in the "Serra do Ramalho", State of Bahia. INPE-3108-PRE/507. Presented at the Intern. Soc. for Photog. and Rem. Sens. Cong., Rio de Janeiro
- WALKER, P.M. TREXLER, D.T.-1977- Low-sun-angle photography. Photog. Eng. and Rem. Sens., 43(4): 493-506.

FIG. 1 - FLUXOGRAMA DAS ETAPAS NA ANÁLISE DOS PRODUTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO

- Análise visual dos produtos em escala 1:250.000

- Integração de dados

- Processamento de imagens através de técnicas computacionais ou fotográficas

- Análise multiespectral e multisazonal dos produtos em composições coloridas diversas realçadas

- Integração final de dados

- Resultados

