

ANÁLISE DO DESEMPENHO DE DIFERENTES SISTEMAS SENSORES APLICADOS  
À PESQUISA MINERAL NA REGIÃO DE VAZANTE, MG

Gilberto Amaral

Instituto de Geociências - USP  
São Paulo, SP, Brasil

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq  
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE  
São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Em 1972, na primeira etapa da missão Vazante, ficou de monstrado a eficiência das fotografias coloridas no infravermelho para a distinção entre zonas mineralizadas e zonas estêreis. Desde 1972 a região vem sendo imageada pelos satélites LANDSAT; em 1973 foi fotografada pela missão SKYLAB e, em 1976, foi imageada por radar de visada lateral do Pro jeto RADAMBRASIL. Com isso, tornou-se possível um estudo comparativo en tre aqueles diferentes sistemas sensores com o objetivo de definir as téc nicas mais adequadas para a prospecção de depósitos similares. Os resul tados obtidos até o momento indicam que o sistema mais adequado e eficien te é, sem dúvida, a fotografia colorida no infravermelho.

## 1. INTRODUÇÃO

Desde 1959 é mencionada a associação entre vegetais e mi  
nério oxidado na região de Vazante, Minas Gerais. O autor, durante traba  
lhos de campo no período de 1965 a 1968, constatou que quatro tipos de ve  
getais se associam ao minério, tendo utilizado essa associação para ma  
peamento da zona mineralizada. Nessa época foi feito um estudo geobotâni  
co com o objetivo de definir a utilidade dessa associação para a prospec  
ção de novos depósitos na região.

Vazante, sede do município de mesmo nome, está localizada  
na porção WNW do Estado de Minas Gerais, a aproximadamente  $46^{\circ} 47' W$  e  
 $17^{\circ} 59' S$ . O acesso é feito por duas estradas de terra, ambas com cerca  
de 120 Km de extensão, que ligam Vazante a Paracatu, ao norte, e Patos de  
Minas, ao Sul. Os depósitos de minério estão distribuídos ao longo de um  
conjunto de elevações, alinhadas segundo NE, denominadas de SW para NE:  
Morro da Lapa Nova, Serra do Poço Verde, Serra do Sucuri, Serra do Ouro  
Podre e Morro das Minas. O Morro da Lapa Nova está situado a cerca de 2  
Km a leste de Vazante e o conjunto de elevações se estende por cerca de  
15 Km.

Geologicamente, a região está totalmente incluída na área  
de afloramento do Grupo Bambuí, constituído por uma alternância de ard  
sias (folhelhos duros) e calcários. Tipos litológicos subordinados, tais  
como filitos, siltitos, arenitos finos, dolomitos e margas, ocorrem em  
diferentes partes da coluna geológica. A estrutura é complexa pois a área  
está incluída na borda leste da Faixa de Dobramentos Brasília. Os calc  
ários são bastante competentes e apresentam-se geralmente em atitudes sub  
horizontal. As rochas pelíticas, mais plásticas, apresentam-se intensa  
mente deformadas. A orientação geral dos dobramentos é N-S, com planos  
axiais mergulhando para oeste. Na região de Vazante ocorrem estruturas  
superpostas, de provável idade Mesozóica, constituídas por "grabens" e  
"horsts" limitados por falhas normais.

A mineralização hipógena está encaixada numa zona de falhas normais, com direção NE, paralela às serras acima mencionadas. Na superfície, o minério primário está oxidado, dando origem a uma mineralização supergena bastante complexa, na qual predominam hidrozinco, hemimorfita e willemita. Ocorrem, ainda, minerais de chumbo, cobre e prata. Esses depósitos constituem-se nas maiores reservas brasileiras de zinco.

A região de Vazante está incluída na zona do cerrado. Entretanto, a associação vegetal típica somente se manifesta nas áreas calcárias onde o solo é do tipo "terra rossa". Nas áreas de ocorrência de rochas pelíticas, o solo é bastante pobre, permitindo, apenas, o desenvolvimento de vegetação de pequeno porte, principalmente gramíneas. A vegetação típica de cerrado, nessas áreas, aparece sob a forma de matas galeira, ao longo dos principais cursos d'água.

AMARAL (1968) conseguiu identificar três tipos de gramíneas e uma amarantácea, na zona mineralizada. As gramíneas são dos gêneros *Heteropogon*, *Paspalum* e *Axonopus* e a amarantácea, do gênero *Gomphrena*. Todas as espécies são típicas do cerrado, o que aumenta a sua importância para a prospecção de depósitos similares na região. Na zona estéril ocorre, predominantemente, uma gramínea do gênero *Panicum*, denominada popularmente "barba de bode". Análises químicas efetuadas em amostras desses vegetais demonstraram a existência de anomalias nos teores de Zn, Pb e Cu, para os espécimes da zona mineralizada.

Com seu envolvimento, em princípios de 1971, nos projetos de Sensoriamento Remoto do Instituto de Pesquisas Espaciais, o autor propôs um projeto de pesquisa objetivando investigar a aplicabilidade das técnicas para a prospecção de depósitos do tipo Vazante. Tal proposta foi fundamentada no fato de que os vegetais têm sua refletividade, no infravermelho, afetada quando submetidos a alterações metabólicas causadas por "stress" geoquímico. Com base nisso, uma missão aerofotográfica foi executada em julho de 1972 com o objetivo principal de testar o comportamento espectral da vegetação através de fotografias coloridas no infravermelho.

## 2. PROCEDIMENTOS

Durante a primeira etapa da Missão Vazante foi utilizado o conjunto de quatro camaras Hasselblad, com a seguinte combinação de fil  
tros e filmes:

Câmara 1 - Filme Panatomic-X Aerial e filtro verde

Câmara 2 - Filme Panatomic-X Aerial e filtro vermelho

Câmara 3 - Filme Ektachrome MS Aerographic e filtro Anti-Haze

Câmara 4 - Filme Aerochrome Infrared e filtro laranja

Os vôos foram executados em quatro altitudes, de modo a se  
rem obtidas fotos nas escalas 1:15.000, 1:30.000, 1:60.000 e 1:90.000,  
com a finalidade de se definir a melhor escala para futuras missões. Devi  
do a problemas de estabilidade, o filme colorido infravermelho, na esca  
la 1:90.000, não pôde ser utilizado.

Durante o ano de 1973 e início de 1974 esteve em operação  
o programa SKYLAB. Em 5 de agosto de 1973 a região de Vazante foi fotogra  
fada pelos sensores S-190 A (conjunto de 6 câmaras multiespectrais) e S-  
190 (câmara de alta resolução) do EREP (Earth Resources Experimental  
Package). A câmara do S-190A possuïam distância focal de 150 mm e opera  
vam com filme 70 mm. A tabela abaixo resume as combinações filtro-filme  
utilizadas e as respectivas resoluções esperadas:

TABELA 1

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA S-1904 PARA AS FOTOS DA REGIÃO DE VAZANTE

CÂMARA	Nº DA CENA	FILME	FILTRO	RESOLUÇÃO ESPERADA
1	19-297	B&P Infravermelho	0.7 - 0.8 $\mu$ m	60 m
2	20-297	B&P Infravermelho	0.8 - 0.9 $\mu$ m	60 m
3	21-297	Colorido Infravermelho	0.5 - 0.9 $\mu$ m	70 m
4	22-297	Colorido normal	0.4 - 0.7 $\mu$ m	25 m
5	23-297	B&P Pancromático	0.6 - 0.7 $\mu$ m	25 m
6	24-297	B&P Pancromático	0.5 - 0.6 $\mu$ m	25 m

A câmara do S-190/B possuía distância focal de 450 mm e operava com filme de 5 polegadas. Para a região de Vazante, ela operou com filme colorido normal e filtro anti-haze. A cena utilizada foi a de número 83-276 e a resolução esperada era de 15 m.

Desde julho de 1972, o território nacional vem sendo imageado pelos satélites da série LANDSAT. O sensor mais utilizado é o imageador multiespectral (MSS) que opera em quatro intervalos espectrais (canais):

Canal 4 - 0.5 - 0.6  $\mu\text{m}$

Canal 5 - 0.6 - 0.7  $\mu\text{m}$

Canal 6 - 0.7 - 0.8  $\mu\text{m}$

Canal 7 - 0.8 - 1.1  $\mu\text{m}$

A resolução teórica do imageador é de 80 m. As imagens podem ser obtidas sob a forma de cópias em papel em diversas escalas ou sob a forma de fitas compatíveis com computador.

Em 1976, na extensão para o sul do Projeto RADAM, a partir de então denominado RADAMBRASIL, a região de Vazante foi imageada com radar de visada lateral GMS 1000, operando na faixa de 3 cm de comprimento de onda e com abertura sintética. As imagens resultantes foram ampliadas para a escala 1:250.000 e reunidas sob a forma de mosaicos não controlados abrangendo uma área de 1° de latitude por 1.5° de longitude. No presente trabalho foi utilizado o mosaico SE-23-V-C.

Tanto as imagens SKYLAB como as LANDSAT foram observadas com auxílio de uma lupa binocular Zeiss Tessovar do Instituto de Geociências da USP, com capacidade de ampliar até 12 vezes. As imagens de radar e as fotos aéreas foram observadas visualmente.

### 3. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

As fotografias aéreas coloridas no infravermelho mostram claramente as diferenças entre a cobertura vegetal da zona mineralizada e a da zona estéril, a primeira apresentando-se com tonalidade azul es verdeada e a segunda com tonalidade verde. Este contraste foi obtido em todas as escalas disponíveis. CARRARO (1972) desenvolveu um estudo detalhado dessas fotografias, incluindo medidas colorimétricas e verificação de campo. Suas principais conclusões, foram:

- 1 - a quase totalidade das anomalias detectadas por fotointerpretação corresponderam a zonas mineralizadas no terreno;
- 2 - a maior parte das anomalias é devida à distribuição da gramínea *Heteropogon villosus*;
- 3 - medidas quantitativas de cor nas transparências permitem separação entre zona mineralizada e zona estéril apenas nas escalas maiores que 1:30.000, devido a problemas de espalhamento atmosférico;
- 4 - a separação entre zona mineralizada e estéril somente foi possível utilizando-se o filme colorido infravermelho, não havendo contrastes sensíveis nas demais fotos.

As fotos SKYLAB foram examinadas até o limite da resolução, onde a granulação do filme já era visível. Em nenhuma das fotos foi observada qualquer anomalia tonal associada à zona mineralizada. Resultados semelhantes foram obtidos na inspeção visual das imagens LANDSAT.

As imagens de radar mostram mais a morfologia do terreno do que contrastes tonais. Além disso, a escala 1:250.000 é muito pequena para estudos desse tipo. O exame dessas imagens permitiu a individualização das principais estruturas presentes, mas não foram observadas anomalias tonais na área mineralizada.

#### 4. CONCLUSÕES

As principais conclusões do presente trabalho podem ser as  
sim sumariadas:

- 1 - existe uma íntima associação entre os depósitos de minério de zinco da região de Vazante e espécies vegetais;
- 2 - essas espécies vegetais, vivendo num ambiente de alta toxidez, apresentam modificações metabólicas que resultam em anomalias na refletividade no infravermelho;
- 3 - utilizando-se fotografias aéreas coloridas no infravermelho foi possível a distinção entre zonas estêreis e zonas mineralizadas;
- 4 - limitações de resolução impedem a utilização de imagens orbi  
tais e imagens de radar para a localização direta de depósi  
tos do tipo e porte dos de Vazante.

## BIBLIOGRAFIA

AMARAL, G. Contribuição ao conhecimento dos depósitos de Zn-Pb-Cu-Ag da Serra do Paço Verde, Estado de Minas Gerais. In: *Congresso Brasileiro de Geologia*, 22., Belo Horizonte, 1968. Anais. p.13-31.

CARRARO, C.C. *Reconhecimento de rocha mineralizada de Vazante nas transparências falsa cor de Vazante - MG.* São José dos Campos, INPE, Jan., 1973. (INPE-282-RI/71).