

# **CAPÍTULO 7**

## **SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AOS ESTUDOS GEOLÓGICOS**

**Stélio Soares Tavares Júnior\***  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE**

---

\* e.mail : [stelio@ltid.inpe.br](mailto:stelio@ltid.inpe.br)



## ÍNDICE

|   |     |
|---|-----|
| 1. FATORES CONSIDERADOS, QUANDO IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO SÃO UTILIZADAS EM APLICAÇÕES GEOLÓGICAS ..... | 7-4 |
| 2. INTEGRAÇÃO DE DADOS.....   | 7-7 |
| 3. FOTOINTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA .....  | 7-7 |
| 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 7-8 |

## **SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AOS ESTUDOS GEOLÓGICOS**

### **1. FATORES CONSIDERADOS, QUANDO IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO SÃO UTILIZADAS EM APLICAÇÕES GEOLÓGICAS:**

- Características do sistema sensor
- Litologia (tipos de rochas)
- Fisiografia da região
- Influência das variações sazonais refletidas na cobertura vegetal
- Influência das variações sazonais refletidas nos ângulos solares de elevação e azimute

- Características do sistema sensor

#### a) Sistemas Ópticos

- Resolução Espacial – imagens com resoluções espaciais adequadas contribuem de forma significativa para detecção de feições menores, que por muitas vezes tornam-se importantes para a fotointerpretação geológica. Ex: cursos de água de ordens inferiores e formas menores de relevo como aquelas produzidas pelos processos erosivos atuais como voçorocas, ravinas e cicatrizes de deslizamentos.
- Resolução Espectral – a posição, largura e quantidade de bandas de um determinado sensor constituem importantes fatores para detecção de características particulares de uma dada região. Por exemplo, algumas razões de bandas como a entre as bandas 5 e 7 do Landsat 5 - TM podem mostrar feições associadas a zonas de alteração hidrotermal, as quais, por sua vez, podem estar relacionadas a processos de enriquecimento mineral.

- Resolução Radiométrica – as variações nos níveis de cinza resultado da sensibilidade com que o sistema registra as mudanças de comportamento dos alvos, podem auxiliar na interpretação da variabilidade litológica.

#### b) Sistema Radar

A existência de sensores SAR com características distintas de comprimento de onda, polarização, resolução espacial e geometria de iluminação favorece a seleção de imagens mais adequadas às aplicações geológicas. Esta seleção também deve levar em consideração aspectos morfológicos do terreno como: rugosidade (macro e superficial), umidade e orientação estrutural. Estes aspectos influenciam diretamente na aparência da imagem, por conseguinte interferem na qualidade e confiabilidade da interpretação. Entre essas características dos sensores, ressalta-se a importância do comprimento de onda e da geometria de iluminação, a qual é composta pelo ângulo de incidência e azimute de visada, e cujo conhecimento é considerado um fator indispensável na interpretação dos dados SAR, pois são importantes para o realce topográfico. Ângulos de incidência menores são adequados para terrenos planos, enquanto os elevados são para áreas de relevo movimentado. Em termos geológicos as feições de maior destaque, geralmente o trend estrutural principal da área, são mais realçadas quando o azimute de visada é ortogonal às suas direções.

Quanto ao comprimento de onda, terrenos planos com vegetação rala podem configurar uma superfície lisa para determinadas faixas de frequência como a da banda L, ocasionando um fraco sinal de retorno da REM à antena, após contato com o terreno. Desse modo na imagem resultante predominam tons de cinza mais escuros. Por outro lado, em áreas de vegetação densa e relevo movimentado o sinal de retorno é mais forte, produzindo uma imagem com melhor variação tonal.

#### - Influência da Litologia

O mapeamento geológico parte do princípio que diferentes tipos de rochas, ou seus derivados do intemperismo, possuem comportamentos espectrais próprios. Os principais minerais de rochas ígneas possuem curvas de reflectâncias lisas, permitindo apenas a diferenciação entre félsicos e máficos. Entre as rochas a reflectância decresce dos termos ácidos (pegmatitos e granitos) para os básicos e

ultrabásicos. Entre as rochas parcialmente alteradas nota-se comportamento semelhante, apenas com um aumento relativo dos valores de reflectância. Em rochas totalmente alteradas considera-se o comportamento dos solos derivados.

- Influência das condições fisiográficas da área

A escolha adequada da banda espectral é fundamental para a obtenção de bons resultados no mapeamento dos tipos de cobertura, inclusive a vegetal. Em regiões de floresta densa, a alta reflectância na banda 4 do TM (0.76-0.9  $\mu\text{m}$ ) e a erosão diferencial contribuem para análise estrutural e a discriminação litológica, pois a parte superior da floresta tende a acompanhar os traços do relevo regional, que por sua vez refletem a organização estrutural.

Nas áreas de savana, outros intervalos espectrais, como o da banda 5 do TM (1.55-1.75  $\mu\text{m}$ ), podem fornecer uma imagem com melhor variação tonal, a qual está diretamente associada às respostas espectrais da litologia e ou do solo, devido ao menor porte e maior espaçamento da distribuição da vegetação.

- Influência das variações sazonais na cobertura vegetal

Este fator influencia na intensidade com que a cobertura vegetal reflete os grandes traços geológicos e contribui para associações geobotânicas. Dessa forma, a vegetação pode servir como parâmetro auxiliar no mapeamento geológico.

Épocas de estações chuvosas, quando a vegetação encontra-se no seu vigor máximo, favorecem tanto a fotointerpretação dos traços estruturais como a análise das associações geobotânicas sobre imagens de sensoriamento remoto, principalmente daquelas na faixa espectral do infravermelho próximo, onde a folhagem apresenta alta reflectância.

Nas imagens de áreas com cobertura vegetal tipo savana, desenvolvida sobre solos de baixa fertilidade, mesmo na estação chuvosa, ela aparece em tons de cinza mais escuros nas bandas espectrais do infravermelho próximo, em relação as do infravermelho médio. Essa diferença torna-se mais evidente nas imagens obtidas em épocas de estiagem, quando a vegetação encontra-se sob estresse hídrico. Nesse caso, as respostas espectrais podem estar diretamente associadas a variabilidade litológica e ou pedológica.

- Influência das variações sazonais decorrentes dos ângulos solares de elevação e azimute

Menores ângulos de elevação solar produzem maior realce do relevo e permitem com maior facilidade a identificação de lineamentos estruturais, porém em regiões equatoriais esse ângulo pouco varia com a sazonalidade. Desse modo outros parâmetros, como o azimute de iluminação solar, devem ser considerados. Assim justifica-se a necessidade de análises multitemporais, as quais visem a seleção de cenas, cuja o azimute solar seja o mais ortogonal possível com as orientações estruturais, a fim de melhor realça-las.

## **2. INTEGRAÇÃO DE DADOS**

As técnicas de fundir dados provenientes de fontes diferentes (multifontes) vêm sendo amplamente utilizadas com intuito de gerar um produto final de boa qualidade visual, para as análises quantitativas e qualitativas e para os procedimentos de interpretação visual em geral, além de colaborar na redução de custos despendidos em trabalhos de campo. Desse modo a utilização dessas técnicas alcançou uma vasta variedade de aplicações dentro do conjunto de disciplinas das Ciências da Terra.

Em geral nas aplicações geológicas procura-se integrar dados de alta resolução espacial que realcem aspectos morfológicos do terreno, como é o caso das imagens SAR, com dados que denotem aspectos do comportamento espectral dos materiais constituintes, ou seja, que estejam relacionados com a variação litológica, como é o caso das imagens geofísicas de gamaespectrometria. Dentro das várias técnicas utilizadas destaca-se o método baseado na transformação para o espaço IHS.

## **3. FOTOINTERPRETAÇÃO GEOLÓGICA**

O primeiro passo seguido na etapa de interpretação geológica consiste no reconhecimento na imagem dos elementos naturais da paisagem (drenagem e relevo). Esses desempenham papel fundamental no desenho da paisagem natural da superfície terrestre, bem como suas disposições refletem a organização estrutural, a qual de uma forma geral exerce controle nas acumulações minerais. A

variação tonal é um outro elemento de imagem que merece destaque, por ser condicionada à reflectância dos alvos da superfície terrestre. Para os produtos integrados multifontes considera-se a variação de matiz, a qual reflete as características (variação litológica) dos dados utilizados na fusão com o SAR ou com um produto derivado das imagens multiespectrais .

O passo seguinte consiste em um exame cuidadoso do padrão de organização desses elementos, através da análise das propriedades de suas formas. A partir desse exame individualiza-se na imagem vários setores com propriedades de textura e estrutura similares, os quais constituem as zonas homólogas. Os limites entre essas zonas podem ser bem definidos e corresponderem a contatos litológicos, isto ocorre quando é marcado por uma quebra negativa de relevo, porém o mais comum é a passagem gradual ou difusa das propriedades dos elementos texturais.

Caracterizadas as diversas formas de arranjo dos elementos texturais de drenagem e relevo juntamente com o exame da variação tonal e ou de matiz, no caso de produtos multifontes, é possível avaliar os significados geológicos, bem como definir unidades fotolíticas e associa-las às litologias descritas em trabalhos anteriores.

#### **4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Almeida Filho, R. Elementos de análise e interpretação de imagens de sensoriamento remoto. [online]. <http://www.inpe.br/obt/dsr/geologia>. Ago. 2001.

Santos, A. R.; Veneziani, P.; Paradella, W. R.; Morais, M. C. **Radar aplicado ao mapeamento geológico e prospecção mineral**: aplicações. São José dos Campos: INPE/ADIMB, 2000b. 103p.

Veneziani, P. & Anjos, C. E. **Metodologia de interpretação de dados de Sensoriamento Remoto e aplicações em Geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982. 54p. (INPE-2227-MD/014).