

UTILIZAÇÃO DE SENSORIAMENTO REMOTO PARA A DEFINIÇÃO DE UM ROTEIRO GEOMORFOLÓGICO

Paulo Sérgio de Rezende Nascimento¹

Carlos Frederico De Angelis¹

Maria Eugênia Mazzocato²

¹Rua Paraibuna, 443 apt. 01 - bloco 03

12.245-510 - São José do Campos - SP

psergio@rabico.univap.br

²maria@ltd.inpe.br

Abstract. This paper aims to produce a geomorphological route using remote sensing data, trying to define a minimum number of areas with the maximum of information about the shape and geomorphologic processes of the study area. The study area is located at the Vale do Paraíba, the city of São José do Campos (SP) to Parque Nacional do Itatiaia. The routes shows a didactic way wich could be made according to the time limitation.

Keywords: remote sensing, geomorphological

Introdução

Muitos ramos de pesquisa alegam ser a base essencial na qual se assenta a ocupação humana na superfície da Terra. Para todo pesquisador que trabalha em temas relacionados com os recursos naturais da terra, é importante ter um conhecimento adequado da geomorfologia da área. A geomorfologia é o ramo do conhecimento científico que se propõe a descrever e classificar o modelado terrestre e explicar os processos que lhe deram origem.

Com o surgimento do sensoriamento remoto, os pesquisadores incorporaram esta ferramenta aos seus estudos, não sendo os geomorfólogos a exceção. O fenômeno geomorfológico é de extensão espacial muito variável, podendo ser observado quer a nível orbital quer a nível microscópico (Rossetti, 1970). À medida que aumenta a extensão espacial de uma forma, ou de um conjunto geomorfológico, mais difícil se torna ao observador estudá-la em sua totalidade. O uso da tecnologia de sensoriamento remoto permite a observação global do terreno, possibilitando o estudo das formas e de suas relações com outros fenômenos ambientais. Neste sentido, a integração da geomorfologia com o sensoriamento remoto é de importância fundamental para o fornecimento de produtos confiáveis.

Conforme Fisher et al. (1975), a primeira referência feita ao uso de fotografias aéreas para a confecção de mapas data de 1840. Utilizou-se uma fotografia tirada de um balão para traçar as principais características topomorfológicas dos arredores de Paris. A partir desta época, foi constante o aperfeiçoamento das câmaras fotográficas e filmes. Durante a primeira grande guerra, máquinas especiais foram construídas para serem aero-transportadas. Muitos avanços foram feitos nas técnicas de fotointerpretação e surgiram as primeiras revistas especializadas em fotogrametria e fotointerpretação. Atualmente são inúmeros os trabalhos que têm sido realizados em geomorfologia e que se baseiam na utilização de dados de sensoriamento remoto.

Berma (1978) utilizou fotografias aéreas convencionais para estudo do processo de ravinamento na bacia do rio Serayu, em Java. Munro e Mouginiis-Mark (1990) mapearam 83 fluxos de lava vulcânica da ilha de Fernadina do arquipélago Galápagos, utilizando imagens HRV-SPOT. Através de imagens multitemporais HRV-SPOT, Clorowicz et al. (1992) seguiram a evolução da erupção do vulcão Nevado Sabancaya (Peru), em uma área totalmente coberta por neve. Com o objetivo de obter conhecimentos sobre as feições eólicas, para futuros estudos do planeta Vênus, Lancaster et al. (1992) mostram o emprego de dados de radar

AIRSAR em áreas de dunas na Califórnia. Santos e Crepani (1996) identificaram as áreas críticas, no Mato Grosso do Sul, onde o processo de perda de solo já esteja ocorrendo e as áreas potenciais onde o processo brevemente instalar-se-á, indicando assim a evolução da paisagem, pela análise de imagens TM/Landsat.

Poder-se-ia enumerar várias outras pesquisas que utilizaram sensoriamento remoto no estudo geomorfológico, no entanto, não se adequa à finalidade do presente trabalho.

O objetivo do trabalho é o planejamento adequado de um roteiro de campo geomorfológico, definindo os pontos de maior interesse no Vale do Paraíba, a partir da cidade de São José do Campos (SP) até ao Parque Nacional do Itatiaia. Os pontos de interesse são aqueles que em uma pequena superfície estão concentrados os processos geomorfológicos atuantes na região. A motivação deste trabalho é decorrente das variadas feições de relevo da área inseridas em três grandes compartimentações geomorfológicas, sendo o perfil estudado anualmente como complementação prática dos conceitos adquiridos pelos alunos do curso de geografia da UNIVAP (Universidade do Vale do Paraíba). Este planejamento em muito auxiliará os alunos e professores.

Fundamentação Teórica

As feições geomorfológicas têm um papel relevante nos estudos do meio ambiente através das técnicas de sensoriamento remoto, porque, ao mesmo tempo que tais feições refletem a interação entre os diferentes componentes da paisagem, podem ser identificadas, delimitadas, medidas e interpretadas tanto no campo como através de fotografias aéreas e mais recentemente, de imagens obtidas por satélites (Florenzano e Csordas, 1993).

As imagens produzidas por satélites fornecem dados em formatação de custo econômico e grande eficiência na cobertura de extensas áreas, possibilitando uma visão sinótica e integrada da paisagem. A possibilidade de análise temporal é outro recurso, proporcionado pelos dados de satélites devido à repetitividade de imageamento de uma mesma área, em carácter sistemático num intervalo de tempo conhecido.

O primeiro passo para um estudo de geomorfologia é o reconhecimento das metodologias empregadas. Para Verstappen (1977), a interpretação geomorfológica

compreende: identificação e reconhecimento de formas; análises sistemáticas; e indução e dedução. Segundo o mesmo, as aplicações de fotografias aéreas e imagens orbitais em geomorfologia podem ser de três tipos: aplicações cartográficas (mapeamento de formas de relevo); aplicações topográficas (base para lançamento de informações); interpretação geomorfológica completa.

A interpretação geomorfológica completa não se restringe às características visíveis da imagem, como as redes de drenagem. É importante estabelecer associações entre estas e os fenômenos não visíveis, como os processos.

Dependendo das características do sistema sensor, pode-se obter informações em três níveis diferentes de cartografia geomorfológica. Assim tem-se: cartas gerais, as quais compreendem mapeamento em escalas menores que 1:1.000.000; cartas de detalhe, escalas maiores que 1:100.000 ou 1:50.000 e cartas regionais, escalas maiores 1:1.000.000 e menores que 1:100.000 (Tricart et al., 1973).

Em trabalhos de geomorfologia podem-se utilizar diferentes tipos de dados de sensoriamento remoto, em função do objetivo da pesquisa e das características das áreas em estudo (Ab'Saber, 1969).

Atualmente, existe um grande número de sensores que trabalham em diferentes faixas do espectro, o que tem ampliado as possibilidades de aplicação de sensoriamento remoto, na aquisição de informações dos sistemas geomorfológicos. Na medida que se avança nos estudos e se obtém melhoria dos produtos, como o aumento das resoluções (espacial, espectral, radiométrica e temporal), como também nos recursos tecnológicos (visão estereoscópica de imagens orbitais) tornam-se ferramentas cada vez mais poderosas para diferentes estudos geomorfológicos.

O desempenho e o custo de sensores remotos diferentes dependem de alguns fatores. Dentre eles destacam-se: a disponibilidade e o custo de aquisição de dados; suas resoluções; o tamanho e a fisiografia do terreno e a interferência atmosférica.

Neste contexto, Odeyemi et al. (1993) concluíram que as fotografias aéreas forneceram boa discriminação litológica e as imagens SLAR forneceram boa identificação de lineamentos no mapeamento de estruturas geológicas e

geomorfológicas em uma área da Nigéria. Já o número de lineamentos extraídos das imagens MSS foi muito baixo, devido a sua pequena resolução, agravado pela presença de nuvens. Mussakoski et al. (1993) descrevem que, em uma área de ocorrência de ouro em veios de quartzo no Canadá, as fotografias aéreas apresentaram melhor eficiência de custo comparado com o sensor MSS, que não forneceu muitas informações. No entanto, o sensor TM e o Airbone SAR foram as melhores fontes para o mapeamento geomorfológico.

Ressalta-se ainda a importância de combinar dados multisensores para estudos geomorfológicos. Os resultados preliminares obtidos por Florenzano (1996), a partir da análise das imagens SAR-ERS-1 e TM/SAR indicaram a possibilidade de se obter um bom desempenho desses produtos, particularmente com relação a discriminação dos contatos entre unidades geomorfológicas da Amazônia.

Área de Estudo

A área de estudo situa-se no importante eixo Rio-São Paulo, cujo sistema viário principal é a Rodovia Presidente Dutra. O Vale do Paraíba caracteriza-se por uma superfície muito rebaixada em relação aos terrenos adjacentes. Sua origem está vinculada aos eventos tectônicos (reativação de antigos falhamentos transcorrentes) que geraram falhas normais, as quais por abatimento escalonado vieram a constituir o *graben*, pelo qual ocorre atualmente o Rio Paraíba do Sul, em seu curso médio. Neste domínio geotectônico, o relevo é caracterizado por formas de acumulação de origem fluvial, constituído por terraços modernos e por planícies de inundação (várzeas); e onde meandros abandonados são feições morfológicas comuns nesta unidade.

O Complexo Alcalino de Itatiaia, inserido na Serra da Mantiqueira, caracteriza-se por notáveis escarpas voltadas para o Vale do Paraíba. Sua origem está relacionada à interação entre eventos de arqueamento da superfície de erosão e os de abatimento do *graben* do Paraíba. O relevo é constituído por formas de origem estrutural/denudacional, constituídas por escarpas em anfiteatro e em espigões bastante abruptas, com grandes desníveis, evidenciando estágio imaturo de sua evolução. Entre estes dois grandes domínios geomorfológicos encontra-se feições intermediárias de formas denudacionais

representadas por colinas e morros, com vossorocas se manifestando por toda a área.

Materiais e Método

Para a elaboração do roteiro serão utilizados os seguintes materiais:

- 1) Imagens TM/Landsat (bandas 4, 5 e 7), no formato papel fotográfico preto/branco, na escala 1:100.000;
- 2) Fotografias aéreas pancromáticas na escala 1:60.000;
- 3) Cartas topográficas publicadas pelo IBGE, nas escalas 1:250.000 e 1:50.000;
- 4) Mapas geomorfológico e geológico publicado pelo INPE, na escala 1:250.000.

Este trabalho, o qual tem preocupação essencialmente qualitativa, terá o desenvolvimento de suas etapas baseado numa seqüência genérica, dividida em duas fases.

A primeira fase, já desenvolvida, constituiu na seleção bibliográfica e no trabalho de campo, cuja a finalidade foi adquirir um conhecimento prévio da área de estudo. Foi constatado que as formas de relevo pertencem a três compartimentações geomorfológicas: formas de acumulação; formas estrutural e formas de intemperismo/erosão.

A segunda etapa consistirá na interpretação visual das imagens; no controle de campo e na execução do roteiro propriamente dito. Na interpretação visual das imagens através da análise da forma, tonalidade, textura, tamanho, padrão, associação e contexto e utilizando o método lógico e sistemático de fotointerpretação adaptado para imagens orbitais por Veneziani e Anjos (1982), serão extraídos os elementos de textura de drenagem e relevo. A partir da análise dos mesmos serão determinadas as compartimentações geomorfológicas caracterizadas por processos exógenos, feições estruturais e tipos de material. Posteriormente, serão determinados os pontos específicos, os quais deverão possuir características que definam todo o processo formador de cada compartimentação.

Sendo assim, no domínio de formas de origem estrutural, os pontos específicos deverão possuir alta densidade de drenagem e de feições estruturais. Serão rejeitadas aquelas feições estruturais que mostrarem ser particulares e não representativas dos processos endógenos atuantes

e formadores desta compartimentação e as quais poderão ser bem identificadas devido a visão regional oferecida pelas imagens. Deste modo, serão escolhidas somente aquelas feições estruturais representativas, as quais são planos verticais (escarpas), que evidenciam a movimentação dos blocos.

No domínio das formas de origem de acumulação os pontos específicos deverão localizar-se em áreas planas, baixas, com poucas feições estruturais, apresentando formas de acumulação de sedimentos, próximos a meandros abandonados e a setores de terraços.

No domínio das formas de intemperismo/erosão, por ser uma área intermediária, na sua parte superior, próximos às formas de origem estrutural, predomina o processo de erosão, refletida na imagem por encostas convexo-retilíneo-côncavo. Na parte inferior próximos às formas de origem de acumulação ocorrem processos de erosão e intemperismo, evidenciadas por encostas convexo-côncavas. Sendo assim, estes dois tipos de encostas deverão ser identificadas e discriminadas na imagem.

Devido à melhor resolução espacial (detalhamento) oferecida pelas fotografias aéreas, estas serão posteriormente interpretadas e analisadas visando extrair informações não visíveis nas imagens.

Sempre que necessário, retornará a coleta bibliográfica durante o desenvolvimento do trabalho, uma vez que a literatura, além de constituir a base do conhecimento geomorfológico sobre a área, representa em sensoriamento remoto, importante instrumento para a solução de problemas que poderão surgir.

O trabalho de campo será realizado com dupla finalidade, a de verificar os resultados conseguidos durante a fotointerpretação e a de obter novos dados sobre a área.

Definidos os pontos representativos serão escolhidos aqueles próximos às áreas de fácil acesso, concluindo-se o trabalho com a execução do roteiro mais apropriado.

Comentários finais

O resultado deste trabalho possibilitará aos alunos de geografia da UNIVAP e aos demais interessados um roteiro geomorfológico didático, através de um planejamento adequado, estabelecidas pelos pontos de maior interesse. O

roteiro poderá ser cumprido, de modo a serem respeitadas as limitações de tempo, pois serão necessários poucos pontos com o máximo de informações sobre as formas e os processos geomorfológicos da área.

Referências Bibliográficas

- AB'SABER, A. N. *Problemas do mapeamento geomorfológico no Brasil*. São Paulo, USP, IGEOG., 1969.
- CHOROWICZ, J.; DEFFONTAINES, V.; HUAMAN-RODRIGO, D.; GUILLANDE, R.; LEGUERN, F.; THOURET, J. C. SPOT satellite monitoring of the eruption of Nevado Sabancaya Volcano. *Remote Sensing of Environment*, 42(1): 43-49 Oct. 1992.
- FISHER, W. A. History of remote sensing. In: American Society of Photogrammetry (ASP). *Manual of remote sensing*, Falls Church, 1975. v.1, cap2, p. 27-50.
- FLORENZANO, T. G. F.; CSORDAS, S. M. *Mapa geomorfológico da região do Vale do Paraíba e litoral norte do estado de São Paulo*. São José dos Campos, INPE, 1993, 15 p. (INPE-5531-PRP/179).
- LANCASTER, N.; GADDEIS, L.; GREELEY, R. New Airbone imaging radar observation of sand dunes: Kelso Dunes, California. *Remote Sensing of Environment*, 39(3):233-238, Mar. 1992.
- MALAGNINO, E. C. Paleofformas de origen eólico y sus relaciones con los modelos de inundacion de la Provincia de Buenos Aires. In: Simpósio Latinoamericano de Percepcion Remota, 4. Bariloche, 1989, *Anais* v2, p.611-620.
- MAXIMIANO, G. A. Mapeamento de unidades ambientais do Paraná com base em levantamentos geomorfológicos através de imagens de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 7. Curitiba, 1993, *Anais* v3, p. 263-265.
- MUNRO, D. C.; MOUGINIS-MARK, P. J. Eruptive patterns and structure of Isla Fernandina, Galápagos Island, from SPOT-1 HRV and large camera images. *International Journal of Remote Sensing*, 11(8):1501-1509, Aug. 1990.
- MUSSAKOWSKI, R.; MC TAGGART, G.; HEATHER, K. B.; TROWELL, N. F. An evaluation of the cost-effectiveness of six remote sensing systems for mineral exploration. *ITC Journal*, (3): 288-293, 1993.

- ODEYEMI, I. B. A comparative study of remote sensing images of the structure of the Okemesi Fold Belt, Nigeria. *ITC Journal*, (1): 77-81, 1993.
- ROSSETTI, M. *Manual of photo-interpretation*. Paris, Technip, 1970.
- SANTOS, A. R.; CREPANI, E. Uso de sensoriamento remoto na conservação do solo no Mato Grosso do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 8., Salvador, 14 - 19, abril, 1996. *Anais*. São José dos Campos, INPE, 1996. Documento em CD-ROM.
- TRICART, J.; SILVA, T. C.; VERGNE, O. C. A. Os aspectos do meio natural estudados através das imagens de radar. Um exemplo na Bahia: a região do médio Vale do rio Paraguaçu. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 27., Aracaju, 1973. *Anais*. V.1, 399-406.
- VENEZIANI, P.; ANJOS, C.E. *Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia*. São José dos Campos, INPE, 1982. 61p. (INPE-2227-MD/041).
- VERSTAPPEN, H. T. *Remote sensing geomorphology*. Amsterdam, Elsevier Scientific, 1977. 214p.