

ESBOÇO GEOMORFOLÓGICO DA ÁREA ADJACENTE AO RESERVATÓRIO DE
TRÊS MARIAS, ATRAVÉS DE IMAGENS LANDSAT

T.M. Sausen

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq
Instituto de Pesquisas Espaciais - INPE
12200 - São José dos Campos, S.P., Brasil

SUMÁRIO

Este trabalho tem por objetivo constatar a validade do uso de imagens orbitais para a caracterização e descrição de unidades de relevo e, a partir deste resultado, sugerir uma compartimentação geomorfológica da área adjacente ao reservatório de Três Marias. Foram utilizadas imagens LANDSAT, dos canais MSS 5 e 7, na escala 1:500.000 para se fazer a compartimentação geomorfológica da área. Foram realizados também dois trabalhos de campo para a coleta de informações sobre a geologia, morfologia, vegetação, solo e uso do solo. Para a análise dos dados morfométricos foram utilizados os índices de textura da topografia, frequência de rios, densidade de drenagem, extensão do percurso superficial, amplitude e altitude média. No final do trabalho foi possível obter-se 10 unidades geomorfológicas diferentes, levando em consideração três diferentes categorias de dissecação: colinas, tabuleiros e cristas.

1 - INTRODUÇÃO

A geomorfologia é um campo científico que cuida do entendimento da compartimentação da topografia regional assim como, da caracterização e descrição tão exatas quanto possível das formas de relevo de cada um dos compartimentos estudados [1].

Moraes e Leite [2] constataram que devido ao caráter multiespectral das imagens LANDSAT, diferentes unidades geomorfológicas apresentam diferentes respostas espectrais nas várias faixas do espectro eletromagnético, uma vez que elas são o resultado da interação de vegetação, solo, geologia, clima e ação do homem, sendo pois, facilmente identificáveis.

Além disso, as imagens abrangem grandes áreas, possibilitando uma visão sinótica do relevo regional, evidenciando a distribuição espacial dos grandes compartimentos morfo-estruturais.

Levando em consideração os conceitos acima mencionados, este trabalho tem por objetivo verificar a validade do uso de imagens LANDSAT para a caracterização e descrição de unidades de relevo e, a partir deste resultado, sugerir uma compartimentação geomorfológica da área adjacente ao reservatório de Três Marias.

Este trabalho servirá de informação básica para uma pesquisa mais ampla, relacionada a estudos de dispersão de sedimentos em suspensão, em reservatórios artificiais, que está sendo desenvolvida em convênio entre a Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco-CODEVASF e o Instituto de Pesquisas Espaciais INPE-órgão de Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq.

2 - MATERIAIS E MÉTODO

A área de estudo, compreendida pelo reservatório de Três Marias e região adjacente, está localizada entre as coordenadas de 18°00' a 19°30' de latitude sul e 44°00' a 46°00' de longitude oeste.

Para a compartimentação geomorfológica desta área, foram utilizados:

- dados do sistema LANDSAT:
 - a) imagens LANDSAT nos canais 5 e 7, na escala de 1:500.000;
 - b) mosaicos LANDSAT nos canais 5 e 7, na escala de 1:100.000;
- dados bibliográficos e cartográficos:
 - a) folha de Belo Horizonte, do Atlas do Brasil ao Milionésimo do IBGE, 1972;
 - b) cartas topográficas na escala 1:100.000 do IBGE;
 - c) bibliografia existente sobre a área.

Para a coleta de dados sobre a área de estudos, executou-se as seguintes atividades:

1) Coleta de dados em imagens LANDSAT:

- a) análise preliminar da área através dos mosaicos;
- b) identificação e traçado da rede de drenagem principal pelo canal MSS 7;
- c) identificação e traçado da rede de drenagem secundária pelo canal MSS 5;
- d) identificação e traçado das unidades fotogeomorfológicas, a través do canal MSS 7, levando em consideração a estrutura e os aspectos de textura topográfica.

Para a delimitação destas unidades, levou-se em consideração três principais categorias de dissecação: colinas (C), tabuleiros (T), e cristas (K).

- e) definição da legenda;

Para a montagem do mapa preliminar de compartimentação geomorfológica da área, utilizou-se uma legenda a partir dos índices de

intensidade de dissecação vertical e amplitude lateral, bem como as três categorias de dissecação. Assim, para estas categorias foram atribuídas:

- uma *intensidade de dissecação vertical*, significando o entalhe do arcabouço rochoso, tendo três diferentes índices;

1 - baixa (0 a 50 metros);

2 - média (0 a 100 metros);

3 - alta (+ de 100 metros).

- uma *amplitude de forma*, em termos da distância entre um canal de drenagem e outro, tendo também três diferentes índices:

I - pequena (0 a 1,60 rios/km²);

II - média (1,60 a 3,60 rios/km²);

III - grande (3,60 a 5,60 rios/km²).

Com isto, utilizou-se uma combinação dessas três variáveis para designar uma área.

f) após a definição da legenda, foi feita a identificação, através do canal MSS 5, das diferenças de tonalidades de cinza, indicando assim áreas mais sujeitas a processos erosivos;

g) montagem do mapa de drenagem;

h) montagem do mapa preliminar de compartimentação geomorfológica;

i) coleta de dados morfométricos nas imagens LANDSAT;

Neste trabalho, partiu-se do pressuposto que as diferenças de textura fotográfica corresponderiam a diferenças de textura topográfica, que por sua vez estariam associadas à densidade de drenagem e à dissecação vertical. Os dados morfométricos retirados das imagens para a análise quantitativa foram: textura topográfica, frequência de

rios, densidade de drenagem e extensão do percurso superficial [3], [4], [5] e [6].

2) Coleta de dados em cartas topográficas.

a) coleta de dados em cartas topográficas do IBGE;

Para complementar os dados morfométricos retirados das imagens LANDSAT e obter-se maiores informações sobre a dissecação da área em estudo, foram retiradas das cartas topográficas os dados morfométricos de amplitude média e altitude média [7].

Para a coleta dos dados morfológicos, fez-se uso da amostragem em grade (0,5 x 0,5 cm de lado nas imagens e 2,5 cm de lado nas cartas topográficas), tendo cada unidade um número máximo de seis quadrículas, determinadas aleatoriamente. As quadrículas que se localizam em bordas de unidade foram desprezadas.

3) Coleta de dados no campo.

a) foram realizados dois trabalhos de verificação de campo, onde foram coletados dados de morfologia, geologia, solo, vegetação e dissecação.

4) Análise dos dados coletados.

a) análise qualitativa dos dados obtidos através da interpretação visual;

b) análise quantitativa dos dados morfométricos, retiradas das imagens LANDSAT e das cartas topográficas do IBGE. Para esta análise, fez-se uso de métodos estatísticos de análise de variância, menor diferença significativa (M.D.S.) e coeficiente de correlação de Spearman [8];

c) análise dos dados coletados em campo;

d) revisão do mapa preliminar de compartimentação geomorfológica, a partir dos resultados das análises mencionadas.

5) Montagem do mapa final de compartimentação geomorfológica, da área em estudo.

A escala utilizada para este trabalho foi a de 1:500.000, sendo uma escala para mapeamento de âmbito regional. Assim, o mapeamento não foi a nível detalhado e sim a nível de reconhecimento.

3 - RESULTADOS

Os resultados da análise dos dados, obtidos a partir da interpretação visual das imagens LANDSAT e dos dados morfométricos, permitem a compartimentação da área em estudo, conforme pode ser observado na Figura 1.

A análise visual do canal MSS 7 permitiu a caracterização das principais feições estruturais da área, como falhas, superfícies estruturais e alinhamentos de cristas.

As diferenças de textura fotográfica (mais rugosa, menos rugosa) permitiram que se separasse as diferentes unidades fotogeomológicas. Estas diferenças de textura foram associadas às três categorias de dissecação (tabuleiros, colinas e cristas).

Pela análise visual do canal MSS 5, foi possível identificar-se unidades com diferentes tipos de cobertura vegetal, através das diferenças de tonalidades de cinza.

Levando-se em consideração os dados retirados das imagens, as diferenças de textura fotográfica e a frequência de rios, bem como as categorias de dissecação, pôde-se constatar que:

As colinas - na análise visual das imagens do canal MSS 7, apresentam uma textura fotográfica de rugosidade média, geralmente com

uma presença elevada de canais de drenagem, sendo diferenciada uma unidade de colinas de outra, através do que aparenta ser um maior ou menor entalhe vertical dos canais e, mudanças na frequência de rios. Nestas áreas de colinas pôde-se constatar que a frequência de rios é de média a alta, sendo o comprimento dos canais de tamanho médio. A textura da fotografia sugere que os vales são de largura média, não apresentando vales encaixados, sugerindo, assim, formas de relevo mais arredondadas.

Nas imagens do canal MSS 5, as áreas de colinas estão geralmente associadas às tonalidades de cinza, variando de médio a claro, sugerindo variações no tipo de cobertura vegetal, bem como diferenças na densidade da mesma.

Durante os trabalhos de campo, pode-se constatar que estas unidades de colinas apresentam geralmente vertentes de formas convexas a côncavo-convexas, erosão do tipo linear e cobertura vegetal do tipo cerrado/campo cerrado/campo sujo de cerrado/mata galeria.

Os tabuleiros - na análise visual do canal MSS 7, aparecem como superfícies de textura lisa, homogênea, geralmente com um número pequeno de canais de drenagem, havendo em alguns casos, o que se supõe serem diferenças no entalhamento dos canais e na frequência de rios. Já no canal MSS 5, estas correspondem às tonalidades de cinza escuro, sugerindo uma cobertura vegetal densa e processos erosivos pouco acentuados.

No campo pôde-se verificar que estas áreas correspondem a superfícies planas, com vertentes de forma retilínea a convexa. A vegetação em geral é do tipo cerrado/campo cerrado, com a ocorrência de áreas de reflorestamento.

As cristas - na análise visual das imagens LANDSAT, aparecem no canal MSS 7, sempre associadas às formas colinosas, sendo caracterizadas como uma linha pontiaguda e bem definida, aparecendo sempre de forma esporádica. Estas áreas de associações de colinas com cristas, apresentam sempre um número bastante elevado de canais de drenagem, sendo

em alguns casos difícil de defini-los, mesmo através da mata galeria, no canal MSS 5. A textura fotográfica destas áreas é, em alguns trechos, bastante rugosa.

No canal MSS 5, estas áreas estão associadas às tonalidades de cinza médio a claro.

Durante os trabalhos de campo, pôde-se constatar que estas áreas apresentam um relevo de formas colinosas com ocorrência esporádica de cristas, vertentes de formas convexas a côncavo-convexas e erosão do tipo linear. A vegetação em geral é mista de cerrado/campo sujo de cerrado/mata galeria.

Para verificar a validade e caracterizar de uma forma mais efetiva a compartimentação morfológica feita pela análise visual, fez-se, através da análise quantitativa, a identificação das variáveis morfométricas que fossem discriminatórias, bem como a avaliação do relacionamento entre as mesmas.

Assim, através do teste da análise de variância e da menor diferença significativa, pôde-se constatar que as variáveis mais discriminatórias foram a textura da topografia, frequência de rios e extensão do percurso superficial (significantes a nível de 0,01), retiradas das imagens LANDSAT. As variáveis densidade de drenagem (significante a nível de 0,01) e amplitude média (significante a nível de 0,05), retiradas das imagens e cartas topográficas, respectivamente, apresentaram-se menos discriminatórias que as primeiras.

A análise do coeficiente de correlação de Spearman apresentou resultados significantivos quanto ao relacionamento entre elas, conforme pode ser observado na Tabela 1.

TABELA 1

ÍNDICES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MORFOMÉTRICAS.

	TEX. TOP.	FREQ. RIOS	Dd	ESP	AMPL. MÉDIA
TEXT. TOPOG.		1,0	0,80	-0,84	0,52
FREQ. RIOS	1,0		0,80	-0,84	0,55
Dd	0,80	0,80		-0,94	0,56
ESP	-0,84	-0,84	-0,94		-0,57
AMP. MÉDIA	0,52	0,55	0,56	-0,57	

A análise das variáveis consideradas discriminatórias, aliada à interpretação visual das imagens LANDSAT e aos dados coletados em campo, permitiu chegar-se a uma compartimentação geomorfológica da área.

Inicialmente, pela interpretação visual, haviam sido definidas 12 unidades fotogeomorfológicas. Mas, após a análise quantitativa e os trabalhos de campo, estas unidades foram reduzidas para 10, conforme pode ser observado na Tabela 2.

TABELA 2

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA ADJACENTE AO RESERVATÓRIO DE TRÊS MARIAS

UNIDADE	DESCRIÇÃO
T ₁ III	A textura da topografia (0,66 rios/km) e a frequência de rios (1,06 rios/km ²) dizem que esta é uma unidade de formas tabulares, com superfícies planas e conservadas, apresentando vertentes de formas retilíneas. Os canais apresentam pouca profundidade (32 metros), tendo cursos geralmente longos (0,221 km/km ²), com vertentes também longas (2,436 km/km ²). A altitude média é de 600 metros. Esta unidade é modelada em terrenos de Cobertura Indiferenciadas Pleistocênicas e formação Paraopeba, Pré-cambriano/Cambriano [9].
T ₁ II	A textura da topografia (0,74 rios/km) e a frequência de rios (1,18 rios/km ²) dizem que esta é uma unidade de formas tabulares, com topos planos e vertentes retilíneas à convexas, estando mais dissecada que a unidade anterior. A profundidade dos canais é pequena (54 metros) o comprimento dos cursos varia de médio a longos (0,260 km/km ²) e as vertentes apresentam média extensão (2,007 km/km ²). A altitude média é de 740 me

Tabela 2 (Continuação)

UNIDADE	DESCRIÇÃO
	<p>tros. Esta unidade é modelada em terrenos da formação Paraopeba, Pré-cambriano/Cambriano [9].</p>
T ₁ I	<p>A textura da topografia (0,81 rios/km) e a frequência de rios (1,30 rios/km²) dizem que esta é uma unidade de relevos tabulares, com vertentes retilíneas a convexas, estando num estágio avançado de dissecação. Os canais de drenagem apresentam pequenas profundidades (50 metros) e os cursos têm comprimentos médios a longos (0,238 km/km²), sendo as vertentes de comprimentos pequenos a médios (2,170 km/km²).</p>
T ₃ II	<p>A textura da topografia (0,98 rios/km) e a frequência de rios (1,57 rios/km²) indicam que esta é uma unidade residual de forma tabular, de pequena extensão, com vertentes retilíneas e front abrupto. Os canais de drenagem são bastante profundos (116 metros), os rios principais apresentam cursos longos e os de primeira ordem, cursos pequenos e um número elevado (0,240 km/km²), e as vertentes são de média extensão (2,195 Km/km²). A altitude média é de 1.050 metros e esta unidade é modelada em terrenos da formação Mata da Corda, Turoniano-Senoniano [9].</p>
C ₃ I	<p>Textura da topografia (2,01 rios/km) e a frequência de rios (3,22 rios/km²) indicam que esta é uma unidade de formas colinosas, de relevo vigoroso, com vertentes do tipo convexa. Os canais de drenagem são profundos (113 metros), os vales estreitos, os rios principais apresentam cursos médios e os secundários cursos pequenos (0,450 km/km²), e as vertentes são de pequena extensão (1,21 km/km²). A altitude média é de 676 metros e é modelada em terrenos da formação Três Marias, Pré-cambriano/Cambriano [9].</p>

Tabela 2 (Continuação)

UNIDADE	DESCRIÇÃO
C ₂ I	<p>A textura da topografia (1,68 rios/km) e a frequência de rios (2,69 rios/km²) dizem que esta é uma unidade de relevos colinosos, alguns do tipo mamelonar, com vertentes do tipo convexa à côncavo convexas. Os canais de drenagem são de média profundidade (94 metros), os cursos variam de comprimentos longos até curtos (0,437km/km²), e as vertentes apresentam média extensão(1,255km/km²). Esta unidade é modelada em terrenos das formações Areado, Cretácio Aptiano-Albiano, Três Marias e Coberturas Indiferenciadas Pleistocênicas [9].</p>
C ₁ I	<p>A textura da topografia (1,58 rios/km) e a frequência de rios (2,53 rios/km²) dizem que esta é uma unidade de relevos colinosos, extremamente suaves, com vertentes do tipo côncavo-convexo. A profundidade dos canais é pequena (40 metros), os cursos são de pequeno comprimento (357 km/km²) e as vertentes apresentam pequena extensão (1,425 km/km²). A altitude média é de 633 metros, e esta unidade é modelada em terrenos da formação Três Marias, Pré-cambriano/Cambriano [9].</p>
C _{k3} I	<p>A textura da topografia (2,63 rios/km) e a frequência de rios (4,21 rios/km²) indicam ser esta unidade de relevos colinosos associados à ocorrência esporádica de cristas. O relevo é bastante vigoroso, com vertentes do tipo convexa, sendo observado um grande número de falhas e fraturas. Os vales são encaixados e estreitos, são profundos (110 metros) os cursos são pequenos e em número elevado(0,428 km³/km²), e as vertentes apresentam pouca extensão(1,188 km/km²). É a unidade que apresenta maior extensão em área. A altitude e média é de 800 metros. Esta unidade é modelada em terrenos da formação Mata da Corda, uma faixa de transição entre a formação Paraopeba e formação Três Marias, formação Paraopeba [9].</p>

Tabela 2 (Continuação)

UNIDADE	DESCRIÇÃO
$C_{k^2}I$	<p>A textura da topografia (2,53 rios/km) e a frequência de rios (4,05 rios/km²) indicam que esta é uma área de relevos colinosos, associado à ocorrência esporádica de cristas, com vertentes do tipo convexo à côncavo-convexo. Os vales são mais amplos e menos encaixados que os da unidade anterior, são de profundidade e média (100 metros) e apresentam cursos de comprimentos médio à pequenos (0,361 km/km²), sendo as vertentes de pequena extensão (1,406 km/km²). A altitude média é de 312 metros, e esta unidade é modelada em terrenos da formação Três Marias, Grupo Bambuí, Pré-cambriano/Cambriano [9].</p>
$C_{k^1}I$	<p>A textura da topografia (2,11 rios/km) e a frequência de rios (3,36 rios/km²) indicam que esta é uma unidade de relevos colinosos, extremamente suaves, associados a ocorrência esporádica de linhas de cristas, sendo as vertentes do tipo côncavo-convexo. Os canais de drenagem apresentam pouca profundidade (54 metros), o comprimento dos canais varia de médio à pequeno (0,421 km/km²) e as vertentes apresentam pouca extensão (1,234 km/km²). A altitude média é em torno de 664 metros e esta unidade é modelada em terrenos da formação Parapeba, Pré-cambriano/Cambriano [9].</p>

4 - CONCLUSÕES

Este trabalho permitiu verificar-se que as imagens LANDSAT, quando aliadas a dados morfométricos e a dados coletados em campo, são muito úteis para mapeamentos geomorfológicos a nível regional.

Apesar das imagens LANDSAT não possuírem estereoscopia, impossibilitando a coleta de dados altimétricos das mesmas, elas são de muita utilidade, quando se faz uso de dados morfométricos que tenham por base a rede de drenagem, uma vez que este tipo de informação é constante e fácil de ser definido nas imagens.

A textura fotográfica e as variações nas tonalidades de cinza também foram informações de grande valia, pois elas auxiliaram na definição das formas e dissecação das unidades mapeadas.

BIBLIOGRAFIA

- [1] AB'SABER, A.N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. *Geomorfologia*, N.18, 1969;
- [2] MORAES, E.M.L. de; LEITE, M.A.N.G. *Mapeamento fotogeomorfológico através de imagens do LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, jul., 1975. (INPE-NTE 1017)
- MORAES, E.M.L. de *Análise morfométrica de bacias hidrográficas a través de imagens do LANDSAT-1*. São José dos Campos, INPE, ago., 1975. (INPE-7 28 - NTI/026)
- MORAES, E.M.L. de *Contribuição ao conhecimento geomorfológico da chapada das Mangabeiras e região adjacente, através de imagens ERTS-1*. São José dos Campos, INPE, jan., 1975. (INPE-591-RI/280)
- [7] NASCIMENTO, F.S. do; NASCIMENTO, M.A.L.S. do *Sensoriamento Remoto aplicado a mapeamento geológico, compartimentação geomorfológico e identificação de zona mineralizada em zinco e chumbo na região de Vazante MG*. Tese de mestrado em Sensores Remotos e Aplicações. São José dos Campos, INPE, 1977. (INPE-1157-TPT/072)
- [9] MENEZES, FILHO, N.R. de; MATTOS, G.M.M.; FERRARI, P.G. *Projeto Três Marias: relatório final*. Belo Horizonte, DNPM, 1977. V.1.
- [3] CHRISTOFOLETTI, A. *Análise morfométrica das bacias hidrográficas*. *Notícias Geomorfológica*, 9 (18):35-64, 1969.
- [4] ———. *Geomorfologia*. São Paulo, Edgard Blucher, USP, 1974.
- [6] FREITAS, R.O. *Textura de drenagem e sua aplicação geomorfológica*. *Boletim Paulista de Geografia*, (11).53-57, 1952.
- [5] FRANCA, G.V. *Interpretação fotogrâmica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba*. Tese de Doutorado em Agronomia. Piracicaba, ESALQ, 1968.

- [8] STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. *Principles and procedures of statistics with special reference to the biological science.* New York, N Y) Mac Graw-Hill, 1960.

