

ANÁLISE AUTOMÁTICA DE DADOS MSS/LANDSAT NO ESTUDO DA DISPERSÃO DE
SEDIMENTOS EM SUSPENSÃO EM RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS

T.M. SAUSEN; V.C. DE CARVALHO

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS

CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP - BRASIL

RESUMO

O objetivo deste trabalho é mostrar a utilidade da análise automática de imagens MSS do satélite LANDSAT, para caracterizar a distribuição das partículas sólidas em suspensão na represa de Três Marias e estimar a sua concentração na superfície d'água. Foram utilizadas as imagens e fitas compatíveis com computador (CCT) da passagem de 05/04/78, órbita 164, ponto 25, aliadas a dados de profundidade Secchi coletados durante um trabalho realizado de 31/03/78 a 19/04/78, na própria represa.

1. INTRODUÇÃO

Diversos autores têm demonstrado haver uma alta correlação entre a quantidade de sedimentos em suspensão e os níveis de reflexão da radiação solar, medidos por intermédio de sistemas de sensoriamento remoto, e que estes níveis permitem uma estimativa quantitativa da concentração destes sedimentos.

A vantagem de se utilizar as medidas estimadas por intermédio desses sensores, a bordo de satélites, como os da série LANDSAT, ou de aeronaves, seria a visão sinótica fornecida pelas imagens por eles obtidas.

Este trabalho tem como objetivo mostrar a utilidade da análise automática de imagens MSS do satélite LANDSAT, para caracterizar a distribuição das partículas sólidas em suspensão na superfície da represa de Três Marias e estimar a sua concentração na superfície d'água.

Os resultados aqui apresentados, representam parte de um estudo que está sendo desenvolvido conjuntamente pelo INPE/CODEVASF (Instituto de Pesquisas Espaciais/Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco) na área da represa de Três Marias e seu sistema tributária.

2. MATERIAL E MÉTODO

A represa de Três Marias está localizada na parte central do Estado de Minas Gerais (Figura 1) apresentando uma área inundada de 1052 Km².

As fitas CCT correspondentes à órbita 164, ponto 25, da passagem de 5 de abril de 1978, foram utilizadas para compartimentar a represa em diferentes áreas, cada uma com um nível de cinza, através de um processo automático supervisionado e interativo, no sistema IMAGE-100 (I-100).

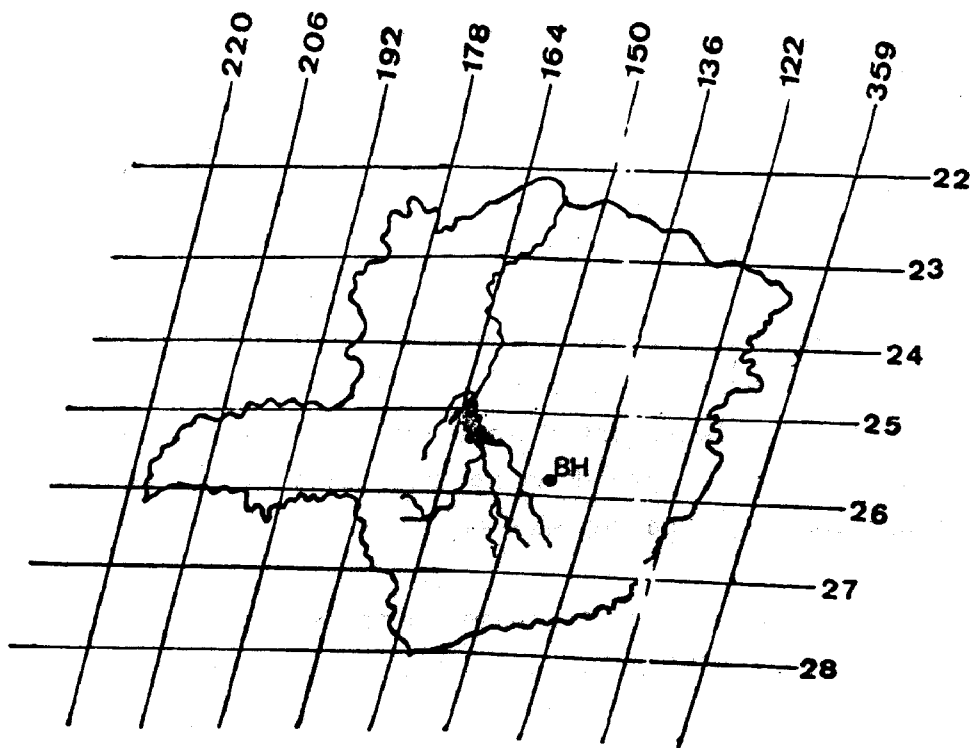


Figura 1 - Localização da represa Três Marias em relação as órbitas do satélite LANDSAT.

A área da imagem correspondente à represa de Três Marias foi ampliada para a escala:

horizontal - 1:356.907
vertical - 1:401.380,

e em seguida fez-se a delimitação da área referente exclusivamente à lâmina d'água da represa, utilizando-se, para isto, o canal MSS7.

Fez-se uma compressão de 256 para 64 níveis de cinza, de modo que se pudesse obter a distribuição das classes no espaço espectral ao se aplicar o programa de máxima verossimilhança (MAXVER).

Em seguida, usou-se o programa "contrast stretch" nos canais MSS4 e 5 para se obter uma melhor visualização na escolha das áreas de treinamento. A seleção das 8 áreas de treinamento foi realizada através do canal MSS5, pelo fato do mesmo possibilitar uma melhor visualização da compartimentação da represa em diferentes níveis de cinza.

Para cada área de treinamento fez-se uma classificação "single cell" nos canais MSS4 e 5, com o objetivo de verificar se a distribuição de frequência dos níveis de cinza era gaussiana, para que se pudesse obter uma boa classificação ao se usar o sistema MAXVER, uma vez que este considera a distribuição das classes como sendo normal.

Após este procedimento aplicou-se o sistema MAXVER, usando como dados básicos as 8 áreas de treinamento previamente escolhidas. A aplicação deste sistema pode ser dividida em duas fases distintas:

- a) treinamento, na qual o usuário escolhe e determina os parâmetros;
- b) classificação propriamente dita.

Os resultados da classificação feita através do sistema MAXVER, foram apresentados em forma gráfica por intermediário da impressora de linhas.

Para complementar esta informação, utilizaram-se alguns resultados preliminares obtidos durante a realização de um trabalho de campo, realizado no período de 31 de março a 19 de abril de 1978, período este próximo à data da passagem do satélite.

Estas informações correspondem à profundidade Secchi, expressa em metros, medidas na superfície da represa em diversos pontos de amostragem.

3. RESULTADOS

A partir da análise automática das fitas CCT, obteve-se um mapa mostrando a compartimentação da represa em oito classes diferenciadas, em termos de níveis de cinza (Figura 2). Estas classes foram definidas pelo sistema MAXVER, a partir dos valores de média e matriz de covariância, calculados com os dados de resposta espectral encontrados nas áreas de treinamento. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

As classes foram ordenadas de acordo com a intensidade da resposta espectral, atribuindo-se, para efeitos visuais, coloração azul para a classe com a resposta espectral mais baixa e o vermelho para a classe com resposta espectral mais alta. As classes intermediárias receberam uma combinação de cores, indo do azul até o vermelho passando pelo verde.

Através da análise do mapa (Figura 2) pode-se observar que as respostas espectrais mais baixas localizaram-se próximo à saída de água e as respostas espectrais mais altas localizaram-se nas entradas de água, principalmente aquelas alimentadas pelos rios Paraopeba, São Francisco e Borrachudo.

Foram localizados, no mapa, os 24 pontos de amostragem onde foram realizadas as medidas de profundidade Secchi e em seguida fez-se uma correlação das respostas espectrais com os valores de profundidade obtidos. (Tabelas 2 e 3).

TABELA 1

AS DIFERENTES CLASSES COM SEUS VALORES DE MÉDIA E MATRIZ DE
COVARIÂNCIA OBTIDOS ATRAVÉS DO MAXVER, REPRESENTADO
AS RESPOSTAS ESPECTRAIS DAS MESMAS

CLASSES	MÉDIA		MATRIZ DE COVARIÂNCIA	
	MSS4	MSS5		
1	16.81	4.72	4.09	0.80
			0.80	2.73
2	20.31	9.24	14.53	5.44
			5.44	5.91
3	22.11	9.20	11.46	3.99
			3.99	4.09
4	26.46	16.47	5.23	0.83
			0.83	3.22
5	30.47	23.69	11.98	6.22
			6.22	9.57
6	33.64	33.17	15.31	10.58
			10.58	22.03
7	35.51	34.02	16.36	9.79
			9.79	18.01
8	36.41	51.66	18.01	0.57
			0.57	20.88

TABELA 2

MEDIDAS DE PROFUNDIDADE SECCHI COLETADAS NA REPRESA

PONTOS	PROFUNDIDADE EM M
1A	2,75
1B	2,75
1C	1,25
2A	4,00
2B	3,50
2C	4,00
3A	2,25
3B	2,00
3C	1,75
4A	1,50
4B	1,75
4C	1,25
5A	1,75
5B	2,00
5C	1,75
6A	0,80
6B	0,50
6C	0,25
7A	1,25
7B	1,00
7C	0,75
8A	1,50
8B	1,25
8C	1,75

TABELA 3

RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE AS RESPOSTAS ESPECTRAIS E

AS MEDIDAS DE PROFUNDIDADE SECCHI

CLASSES	MÉDIAS		PROFUNDIDADE EM M	PONTOS DE AMOS TRAGEM
	MSS4	MSS5		
1	16.81	4.72	4,00	2A, 2C
2	20.31	9.24	1,75 a 3,00	2B, 1B, 4B
3	22.11	9.20	2,25	3A
4	26.46	16.47	1,75 a 2,00	3B, 3C, 5A
5	30.47	23.49	1,25 a 1,50	1C, 4A, 4C, 8A
6	33.64	33.17	1,00 a 1,25	7B, 8B
7	35.51	34.02	1,25	7A
8	36.41	51.66	0,25 a 0,80	6A, 6B, 6C, 7C

Como resultado, obteve-se o agrupamento das classes 2, 3 e 4 numa sã classe, com as seguintes características:

- a) resposta espectral média no canal MSS4, variando de 20.31 a 26.46;
- b) resposta espectral média no canal MSS5, variando de 9,24 a 16.47;
- c) profundidade Secchi variando de 1,75 a 3,00m.

Pode-se fazer também o agrupamento das classes 6 e 7 com as seguintes características:

- a) resposta espectral média no canal MSS4, variando de 33.64 a 35.51;
- b) resposta espectral média no canal MSS5, variando de 33.17 a 34.02;
- c) profundidade Secchi variando de 1.00 a 1.25m.

Este fato pode ser explicado pela localização das áreas de treinamento, selecionadas para representar essas classes, ocorrerem em zonas de transição; sendo portanto, pouco diferenciadas entre si, dificultando a definição de seus limites.

Deve-se salientar que os pontos de amostragem foram estabelecidos a partir de uma análise automática de imagens do final do período seco, e foram mantidos para o período sazonal em que foi realizado este trabalho (período chuvoso), por exigência metodológica do trabalho como um todo.

Devido a este fato, os pontos de amostragem podem não estar localizados precisamente para serem perfeitamente representativos das classes por eles caracterizadas.

Como foi mencionado anteriormente, deve-se observar que este trabalho apresenta resultados parciais de uma pesquisa maior, que está sendo desenvolvida pelo INPE e CODEVASF, envolvendo dois períodos sazonais em três anos diferentes.

O ponto de amostragem mais problemático foi o ponto 1A, que apresentou resultados anormais. Este problema poderá ser resolvido através da sua observação em outros anos, no mesmo período sazonal. Um fator que causou problemas na interpretação automática das fitas CCT, foi a cobertura de nuvens sobre alguns braços da represa.

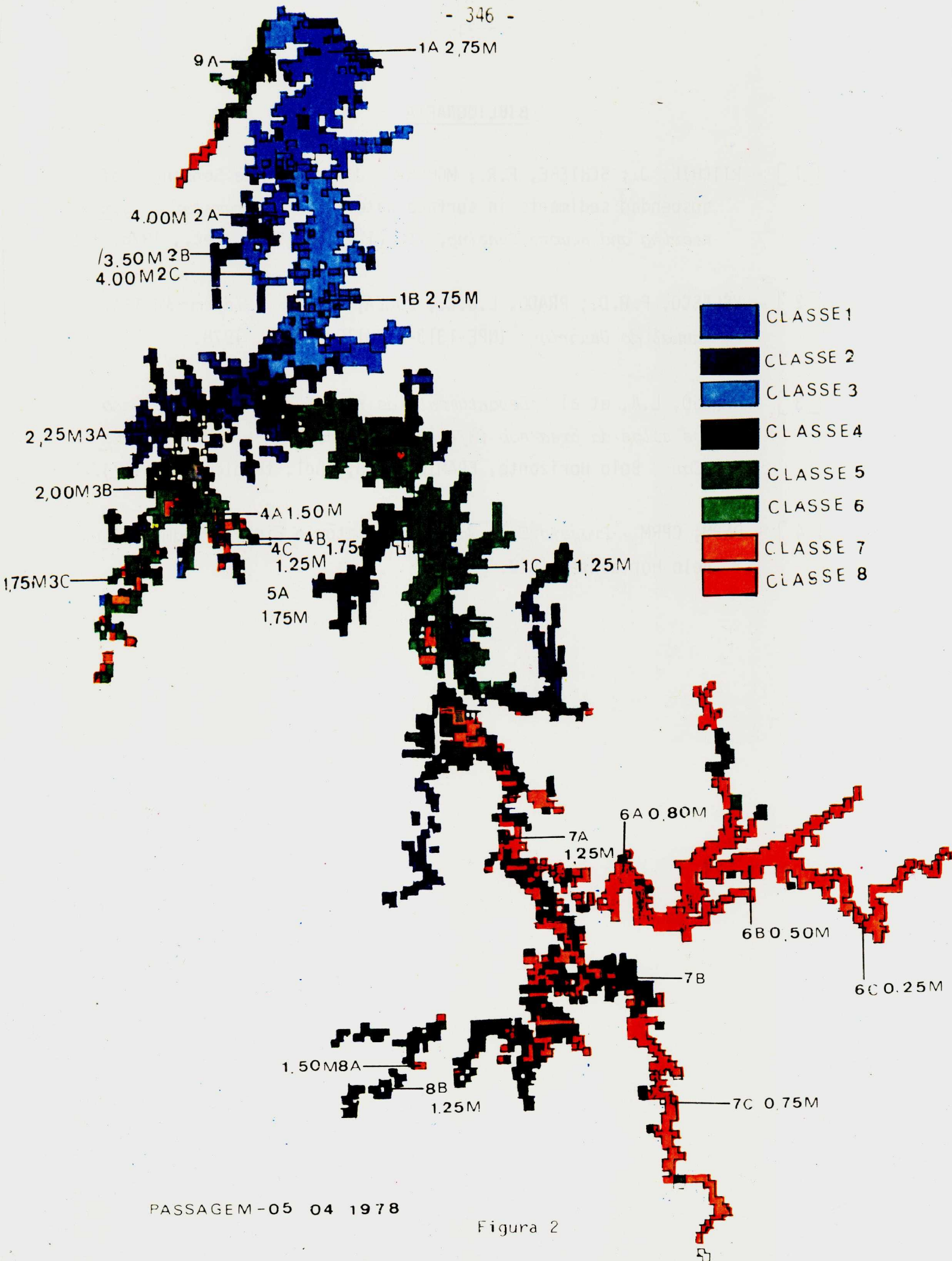
O resultado da comparação desses dados levantados mostrou que os níveis de cinza, que representam as diferentes reflectâncias da água, são inversamente proporcionais à profundidade Secchi, isto é, quanto maior for a reflectância, menor é a profundidade Secchi. Como a profundidade Secchi (SD) está correlacionada ao coeficiente de atenuação da água (α) pela relação:

$$SD = \frac{2,3}{\alpha}$$

e este por sua vez, está correlacionado com a quantidade de partículas em suspensão na água, conclui-se que, conhecendo-se a relação matemática entre a profundidade Secchi e a quantidade de partículas sólidas em suspensão, poder-se-ia estabelecer valores quantitativos da dispersão de sedimentos em suspensão, para as diferentes classes de níveis de cinza.

BIBLIOGRAFIA

- [1] - RITCHIE, J.; SCHIEBE, F.R.; MCHENRY, J.R. Remote Sensing of suspended sediments in surface waters *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 42 (12):1539-1545, Dec., 1976.
- [2] - VELASCO, F.R.D.; PRADO, L.O.C.; SOUZA, R.C.M. *Sistema MAXVER: Manual do Usuário* INPE-1313-NTI/110, Julho, 1978.
- [3] - PANOSO, L.A. et al *Levantamento de reconhecimento detalhado dos solos da área sob influência do reservatório de Três Marias* Belo Horizonte, EPAMIG, 1978, (Bol. tecnico SNLCS,57).
- [4] - DNPM; CPRM *Projeto Três Marias Relatório Final; volume 1;* Belo Horizonte, 1979.



PASSAGEM-05 04 1978

Figura 2