

## Identificação do ecossistema mangue na Ilha do Maranhão através de técnicas de classificação utilizando imagens do sensor CCD-CBERS-2

Silvana Andreoli Espig<sup>1</sup>

Ilka Afonso Reis<sup>1,2</sup>

Eliênê Pontes de Araújo<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Pós-graduação em Sensoriamento Remoto  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{andreoli, ilka, eliene}@itid.inpe.br

<sup>2</sup>Departamento de Estatística  
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG  
Caixa Postal 702 – 30000-970 - Belo Horizonte - MG, Brasil

<sup>3</sup>Núcleo Geoambiental/Laboratório de Geoprocessamento  
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA  
Caixa Postal 09 CEP: 65054-970 - São Luís - MA, Brasil

**Abstract.** The mangroves are typical formations of coast under direct action of the tides, with oozy soils of estuaries areas. The need of preservation of mangrove areas has been encouraging a larger use of the remote sensing to monitor this ecosystem, through the analysis of satellite images. The main goal of this work is to evaluate different types of fraction digital processing applied into images of the sensor CCD (CBERS-2), considering the classification of the mangroves ecosystem in the Island of Maranhão-Brazil. The three original bands "RGB" composition, as well as the shadow fraction produced by Linear Spectral Mixture Model, were classified by non supervised processes (K-means and Iseseg) and supervised processes (Bhattacharyya, MaxVer and MaxVer ICM). Considering the bands, the methods and the mangroves areas we have evaluated, we have concluded the non supervised classification using the Iseseg method applied to the fraction shadow has had the best performance. This procedure has had success of 91,5% and an inclusion error of 11,2%. The classifier MaxVer-ICM applied to the shadow fraction has had a performance similar to the classifier Iseseg. However, MaxVer-ICM needs training samples, whereas Iseseg does not.

**Palavras-chave:** Digital Classification, mangrove, CBERS-2, image processing, processamento de imagens, mangue .

### 1. Introdução

Os manguezais são formações típicas de litoral sob ação direta das marés, com solos limosos de regiões estuárias, apresentam uma vegetação com um único estrato, de porte arbóreo e diversidade muito restrita. O mangue abriga grande variedade de espécies da fauna brasileira, como tapicuru, guará, crustáceos, sapos, insetos, garça, entre outros. O mangue garante alimento e proteção para a reprodução de inúmeras espécies marinhas e terrestres, devido ao acúmulo de material orgânico, característica importante desse ambiente. O manguezal alcança seu máximo desenvolvimento em áreas onde o relevo é suave e ocorrem grandes amplitudes de maré. Os manguezais apresentam distribuição global, entre os Trópicos de Câncer e Capricórnio.

No Brasil, os mangues são protegidos por legislação federal, devido à sua importância na manutenção da produtividade pesqueira, retendo e exportando nutrientes para o mar, como

berçário de organismos e áreas de alimentação de aves migratórias. Além disso, os manguezais são elementos importantes de estabilização da linha da costa, ocupando uma área total de aproximadamente 13.000 km<sup>2</sup>. Os estados do Maranhão, Pará e Amapá, inseridos na Amazônia Legal Brasileira, detêm cerca de 50% da área de manguezais do país (Mochel, 2002). Três espécies predominam nas florestas de mangue do litoral maranhense: o mangue vermelho ou bravo, o mangue branco e o mangue seriba.

A necessidade de preservação de áreas de mangue tem promovido uma maior utilização do sensoriamento remoto no monitoramento da dinâmica deste ecossistema, através da análise de imagens de satélite (Mochel, 2002; Rangel, 2000).

O processamento digital de imagens facilita a obtenção de informações para a melhor identificação das áreas de mangue, através da composição colorida, das técnicas de realce, da classificação, dentre outros.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar diferentes tipos de processamentos digitais aplicados em imagens geradas pelo sensor CCD (CBERS-2), visando uma melhor classificação do ecossistema de manguezal, na Ilha do Maranhão.

## **2. Material e Método**

### **Área de estudo**

A área de estudo foi a Ilha do Maranhão, situada ao norte do estado do Maranhão, região nordeste do Brasil. Está enquadrada pelas coordenadas geográficas 2° 24' 10" e 2° 46' 37" de latitude Sul e 44° 24' 30" e 43° 59' 43" de longitude Oeste, com área total de aproximadamente 831,7 Km<sup>2</sup>. A ilha é composta pelos seguintes municípios: São Luís (capital), São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa.

### **Materiais**

Para a realização do trabalho, utilizaram-se imagens do satélite CBERS-2, do sensor CCD, órbita/ponto 156 / 103, bandas 2, 3 e 4, de 30/05/2004, fornecidas pela DGI-INPE, através do catálogo CBERS.

Utilizou-se o modelo 5S (Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum) (Tanre, 1990), adaptado por Zullo Junior (2004), para a transformação das imagens originais (ND) em imagens reflectância de superfície, tanto para aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), quanto para os demais processamentos realizados nas imagens.

No processamento das imagens, utilizou-se o programa SPRING, versão 4.1. Para registrar as imagens, utilizou-se como referência as imagens Mr.SID, fornecidas pela National Aeronautics Space Agency (NASA, 2004).

### **Método**

As imagens originais (ND) foram transformadas em imagens de reflectância de superfície utilizando-se o modelo 5S. Posteriormente, estas imagens foram registradas e recortadas, ajustando-se na área de estudo, a Ilha do Maranhão.

O primeiro passo foi aplicar um contraste linear sobre a composição colorida 4(R)2(G)3(B), para melhor visualização das áreas de mangue. Estas áreas foram identificadas e fez-se sobre elas uma edição vetorial. Posteriormente, transformou-a em matriz e gerou-se um mapa temático com as classes de mangue e não mangue (**Figura 1**). Este mapa foi considerado como verdade de campo e utilizado no cruzamento final entre os mapas gerados a partir dos processos empregados.

A composição das três bandas originais "RGB", assim como a fração sombra gerada pelo MLME, foram classificadas utilizando-se o processo não-supervisionado, métodos K-means e

Isoseg; e o processo supervisionado, métodos Bhattacharyya, MaxVer e MaxVer ICM (Mather, 1999). No caso dos métodos Isoseg e Bhattacharyya, foi realizada a segmentação das imagens. Os parâmetros utilizados (similaridade, área, número de classes e iterações), foram estabelecidos a partir de vários testes sobre as imagens.



Figura 1 - Mapa do Manguetal na Ilha do Maranhão

As classificações produziram 10 (dez) mapas temáticos. Estes foram cruzados com o mapa temático das áreas de mangue (verdade de campo), utilizando a tabulação cruzada (MARANHÃO, 2003).

As análises foram feitas sobre as matrizes de confusão geradas. Para isto, agruparam-se as classes que não eram mangue e foram calculados o coeficiente Kappa (Cohen, 1960), porcentagem de acertos nas áreas de mangue, erro de omissão e inclusão na classe mangue (em porcentagem).

### 3. Resultados e Discussão

A composição colorida RGB é apresentada na **Figura 2**. As imagens geradas no MLME, fração sombra, solo e vegetação, são apresentadas na **Figura 3**. Observou-se que a imagem fração sombra foi a que melhor permitiu a distinção visual das áreas de mangue. Por isto, optou-se pela fração sombra nos processamentos subseqüentes.

As **Figuras 4 e 5** apresentam os mapas temáticos resultantes das classificações não-supervisionada e supervisionada, respectivamente.

A **Tabela 1** apresenta as medidas de desempenho das classificações empregadas neste trabalho. Analisando a medida de concordância geral (coeficiente Kappa), o classificador de melhor desempenho foi o Bhattacharyya, seguido do MaxVer ICM, ambos aplicados sobre composição das três bandas “RGB”. Por outro lado, analisando o percentual de acerto nas áreas de mangue, percebe-se que o método que melhor estimou estas áreas foi o Isoseg, seguido pelo MaxVer ICM e MaxVer, todos aplicados à fração sombra.

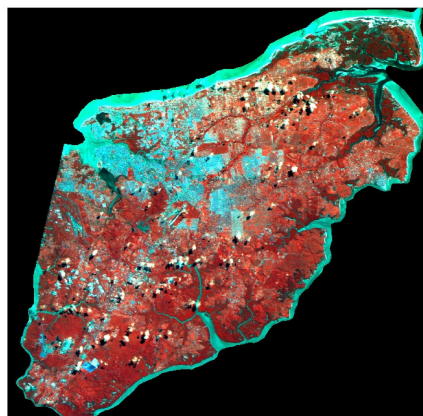
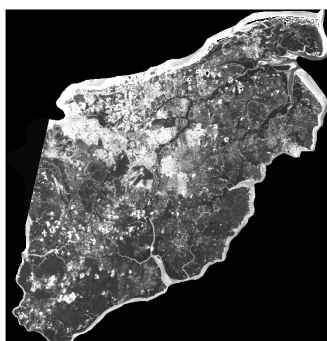
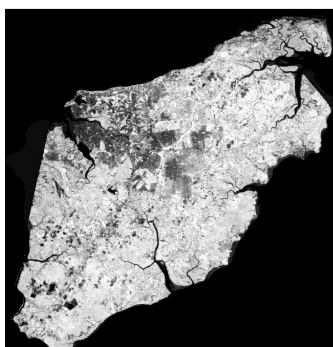


Figura 2 - Composição R(4)G(2)B(3)



Fração Solo



Fração Vegetação



Fração Sombra

Figura 3 - Imagens Fração resultante do MLME.

Analisando o erro de inclusão, ou seja, áreas de outras classes no mapa “verdade de campo” que são incluídas na classe mangue pelo classificador, nota-se que os classificadores com maior percentual de acerto nas áreas de mangue são também os que possuem os maiores erros de inclusão. No caso de manguezais, que ocorrem num espaço geográfico restrito, o erro de inclusão é mais facilmente identificável do que o erro de omissão. Por exemplo, uma área classificada como mangue no interior da ilha, distante dos cursos d’água, é obviamente um erro de inclusão. No entanto, não é tão óbvio que uma área adjacente ao manguezal, não classificada como mangue, seja um caso de omissão, pois esta área pode ter realmente desaparecido ao longo do tempo.

Neste sentido, analisando o processamento na fração sombra, o classificador Iseseg apresentou o melhor desempenho. Os classificadores MaxVer e MaxVer ICM comportaram-se de maneira bem próxima ao Iseseg. Contudo, apresentam desvantagem no custo operacional, por requererem as amostras de treinamento.

Comparando-se os procedimentos aplicados à composição das bandas originais “RGB” com aqueles aplicados à fração sombra percebe-se que em geral, o desempenho dos procedimentos sobre a fração sombra é superior àqueles aplicados às bandas originais. Assim, o custo operacional de realizar o MLME é justificável.

Tabela 1 - Medidas de desempenho das classificações empregadas neste trabalho.

Produtos	Nome	Coefficiente Kappa	Acerto nas áreas de mangue (%)	Erro de Omissão (%)	Erro de Inclusão (%)
1	K-means RGB	0.38	81.19	18.81	12.20
2	Isoseg RGB	0.10	9.24	90.76	2.03
3	Bhattacharyya RGB	0.64	80.47	19.53	4.16
4	MaxVer RGB	0.49	40.87	59.13	1.25
5	MaxVerICM RGB	0.58	58.09	41.91	2.33
6	K-means Fração Sombra	0.49	87.24	12.76	9.72
7	Isoseg Fração Sombra	0.47	91.49	8.51	11.24
8	Bhattacharyya Fração Sombra	0.46	64.16	35.84	6.38
9	MaxVer_Sombra	0.46	89.38	10.62	10.94
10	MaxVerICM_Sombra	0.47	90.22	9.78	10.82

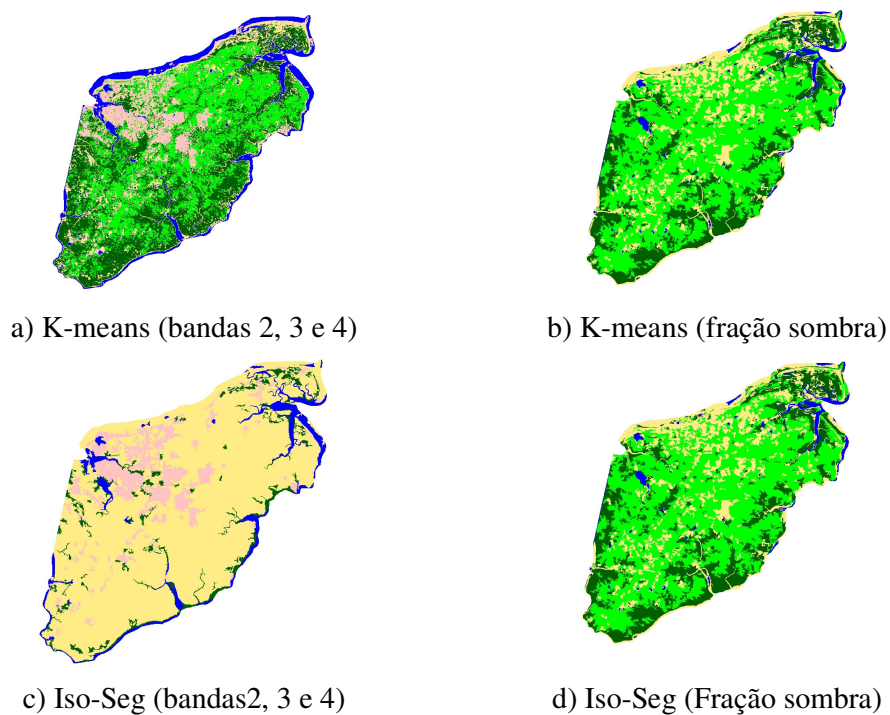


Figura 4 - Mapas temáticos com os resultados das classificações pelos métodos não-supervisionados

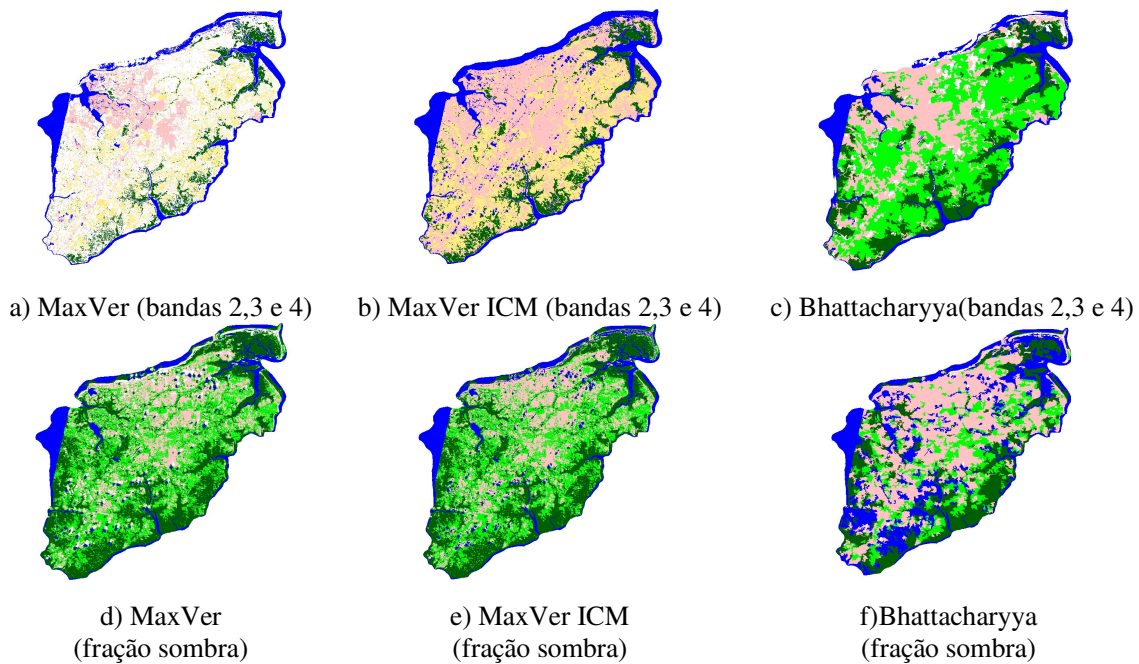


Figura 5 - Mapas temáticos com os resultados das classificações pelos métodos supervisionados



#### 4. Conclusões

A identificação dos manguezais se faz necessária devido a sua relevância no desenvolvimento sustentável da região, no âmbito social, econômico e ecológico.

Para tanto, os produtos do sensoriamento remoto podem auxiliar no estudo e monitoramento dos manguezais, através da técnica de classificação de imagens.

Considerando as bandas utilizadas e as metodologias avaliadas, pode-se concluir que para as áreas de mangues estudadas neste trabalho, a classificação não-supervisionada pelo método Iseseg aplicado à fração sombra, gerada pelo MLME, foi a que mostrou melhor desempenho (acerto de 91,5%, com erro de inclusão de 11,2%).

O desempenho do classificador MaxVer-ICM, aplicado à fração sombra, é bem similar ao do classificador Iseseg. Porém, possui a desvantagem de necessitar de amostras de treinamento.

#### 5. Considerações Finais

Convém ressaltar que não houve a validação deste resultado em outras áreas de estudo e com outros sensores.

A inclusão da região espectral compreendida entre 1550nm e 1750nm, pode auxiliar na melhor discriminação das áreas de mangue como enfatizado em Araújo et al. (2005).

## Referências

Araújo, E.P.; Espig, S.A.;Parente Junior, J.W.C. Estudo das Unidades de Paisagem da Ilha do Maranhão: delimitação e dinâmica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2607-2609. CD-ROM, On-line.

Cohen JA, A coefficient of agreement for nominal scales. **Educ Psych Meas**, v. 20, p. 37-46, 1960

Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais (INPE). Software SPRING v.4.1. São José dos Campos: INPE, 2004. CD-Rom.

Jurandir Zullo Junior. Modelo 5S (Simulation of Satellite Signal in the Solar Spectrum) adaptado para imagens CBERS-2 (CCD). Comunicação pessoal, 2004.

MARANHÃO-GEAGRO. **Zoneamento Costeiro do Maranhão. Divisão municipal, mosaico de imagens, geologia, geomorfologia, pedologia e uso e cobertura vegetal.** IICA/UFMA/UEMA/NUGEO/LABGEO. São Luís-MA, 2003.

Mather,P.M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction.** John Wiley & Sons, 1999. 285 p.

Mochel, F. R.. Programa Integrado Estudos Ecológicos dos Manguezais do Estado do Maranhão. **Revista de Gerenciamento Costeiro Integrado - para países de língua portuguesa.** Santa Catarina, v.1, n.2, p. 30–33, 2002b.

National Aeronautics and Space Administration –NASA. Em URL: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/> . Acesso em: 15 de nov. de 2004.

Rangel, M. E. S. **Contribuição dos Dados Integrados dos Sistemas Sensores TM/Landsat-5 e ERS-1/SAR para o Estudo de Uso e Cobertura da Terra no Nordeste da Ilha do Maranhão.** 2000. 112p. (INPE-10032-TDI/883) Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2000.

Shimabukuro, Y. E.; Mello, E. M. K.; Moreira, J. C.; Duarte, V. **Segmentação e Classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia.** São José dos Campos: INPE, 1997. 16 p. (INPE-6147-PUD/029).

Tanre, D., Deroo, C., Duhaut, P., Herman, M., Morcette, J.J, Perbos, J. & Deschamps, P.Y. Description of a computer code to simulate the satellite signal in the solar spectrum: the 5S code. **International Journal of Remote Sensing**, v. 11. p. 659-668, 1990.