

## Imagens CBERS-2 na identificação e caracterização da cobertura florestal em uma planície aluvial no baixo rio Amazonas

Francisca Dionízia de Almeida Matos<sup>1,2</sup>  
Iêda Leão do Amaral<sup>2</sup>  
Diógenes de Andrade Lima Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná – Floresta/UFPR  
80.210-170 – Curitiba - Pr, Brasil  
fmatos@floresta.ufpr.br

<sup>2</sup> INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia  
Caixa Postal 478 – 69.083-011 - Manaus - Am, Brasil  
{iamaral, diogenes}@inpa.gov.br

**Abstract** This paper evaluates the potential of CCD images, acquired by Satellite CBERS, for assessment changed forest and characterizes the island in the alluvial area on low Amazon River. The component substitution technique for enhancement of multispectral images using a high resolution is applied to the 2, 3, 4 and panchromatic bands correspondent to Path 169, Row 103 (July 08, 2004) covering the alluvial Juruti region, Pará State, Brazil. Visually, the panchromatic band (0.51 - 0.73  $\mu\text{m}$ ) discriminates the ground targets similar to an image acquired in the green spectral region. A Maximum Likelihood supervised classification was applied to both satellites in order to generate a map image classification. The results showed the sharpening image by PC transformation keep the texture of the cover forest meanwhile the HSV discriminate the structure of types of vegetation. The Landsat image 2001 yr. and CBERS 2004 yr. after classified were compared and the image difference results showed that the forest classification at lowland depends on the stage of the rivers.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, CBERS-2 images, alluvial forest, sensoriamento remoto, processamento de imagens, imagens CBERS-2, floresta aluvial.

### 1. Introdução

O Governo brasileiro vem aplicando grandes esforços na sua autosuficiência para efetuar o monitoramento dos recursos naturais. Neste contexto, o desenvolvimento dos satélites sino-brasileiro, CBERS, vem atender uma demanda da comunidade para a sua aplicação nas várias linhas de pesquisas. A similaridade das amplitudes espectrais nas bandas 1, 2, 3 e 4 do sensor CCD, deste satélite, e o landsat-7 (**Quadro 1**) permite que sejam avaliados e comparados alguns alvos, que neste caso está representado pela cobertura florestal em uma ilha aluvial no baixo rio Amazonas, município de Juruti, estado do Pará, Brasil.

A formação de áreas de várzea na Amazônia apresentam uma peculiaridade geomorfológica devido a dinâmica, sazonalidade e velocidade dos rios que agem como agente erosivo em partes da calha e em outros como agente formador pelo acúmulo dos sedimentos erodidos. Em decorrência da velocidade das águas dos rios, a estruturação dos sedimentos está sempre comprometida quando acontece de ficar sem o seu agente de proteção, a vegetação de porte maior, floresta, propiciando o desbarrancamento das faixas de várzea, voltando aos seus estágios iniciais de formação.

Quadro 1- Similaridades das faixas espectrais entre os satélites CBERS-2 e Landsat 7.

Especificações	Satélites	
	CBERS-2	Landsat - 7
	Sensor CCD	Sensor TM
<b>Bandas Espectrais (mm)</b>	0,51 - 0,73 (pan)	0,52 – 0,90
	0,45 - 0,52 (azul)	0,45 – 0,52
	0,52 - 0,59 (verde)	0,52 – 0,60
	0,63 - 0,69 (vermelho)	0,63 – 0,69
	0,77 - 0,89 IR próximo	0,76 – 0,90
<b>Resolução Espacial (m)</b>	20 e 20 na PAN	30 e 15 na PAN
<b>Res. Temporal (Nadir):</b>	26 dias	16 dias
<b>Largura da Faixa Imageada</b>	113 km	185 km

## 2. Metodologia

As imagens de referências utilizadas no trabalho foram as cenas dos satélites CBERS-2, órbita/ponto 169/103 de 8 de julho de 2004, e Landsat 228/062 de 06 de agosto de 2001. Uma pequena amostra de 1200 x 1680 pixel foi a base de análise, uma vez que a ilha está inserida na porção inferior esquerda da imagem, margeando o lado direito do rio, bem na área de formação do quaternário.

A imagem CBERS teve uma correção aplicada nas bandas 2, 3 e 4 pelo programa RESTAU (2002), com os seguintes parâmetros de EIFOV (X: 50, 50, 60) e (Y: 32, 42, 35), respectivamente. Posteriormente foi aplicado um filtro passa-baixa de matriz 3x3 com o valor de 0,1111, default do programa ENVI, a fim de diminuir o ruído no imageamento sofrido pelas bandas 2 e 3, bem como um realce pelo método de equalização (**Figura 1**).

O trabalho de campo foi efetuado durante o levantamento florístico de 1 hectare de todos os indivíduos vegetais com DAP maior ou igual a 10 cm, realizado em agosto de 2002 com coordenada inicial em UTM 0572407E /9740830 N, localizada no fuso 21 do hemisfério Sul e Datum SAD-69.

As bandas foram georeferenciadas pelo mosaico Landsat-7 do USGS, tendo as imagens CBERS-2 assumido o Datum WGS-84 e o tamanho do pixel de referência (14,25 m). O quadrado médio do erro de georeferenciamento para ambas as datas foi inferior a um pixel (0,35).

No processamento de realce de imagem foram feitas fusões de imagens espectrais com a pancromática, aplicando-se os métodos de Transformação por Componentes Principais e HSV (Shettigara, 1992). Posteriormente, foram realizadas as classificações supervisionadas pelo método de Maxima Verossimilhança, aplicando-se uma pós classificação com as imagens de regras geradas pelo programa de processamento (ENVI 4.0).

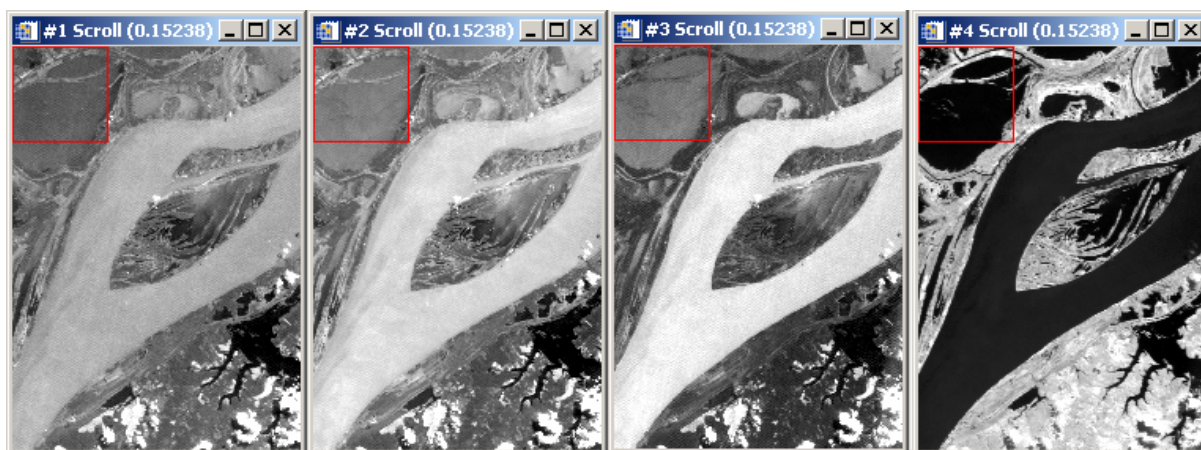
## 3. Resultados e Considerações

As bandas do CBERS com a correção do EIFOV, pelo programa RESTAU, nas bandas 2, 3 e 4 mostram que acontece um realce na imagem e com um simples processamento de realce de imagens fica claro que os alvos na banda pancromática respondem de modo similar às respostas na banda 2, como pode ser observado na **Figura 1**. Observação similar foi realizada por Shimabukuru et al.(2001), usando uma região de Rondônia como área teste, onde verificaram que as respostas dos alvos na banda pancromática do CBERS com o sensor MSS, na caracterização de áreas desflorestadas, respondiam similar a imagem obtida na região espectral do infra-vermelho próximo (banda 4). Neste caso específico, a mudança de faixa espectral na similaridade de resposta como sensor CCD, pode ser explicado pela amplitude das faixas das bandas pancromáticas dos 2 sensores, sendo a do sensor CCD mais estreita (0,51 – 0,73µm), enquanto que no MSS este intervalo é mais amplo (0,50 – 1,10 µm), tendo a

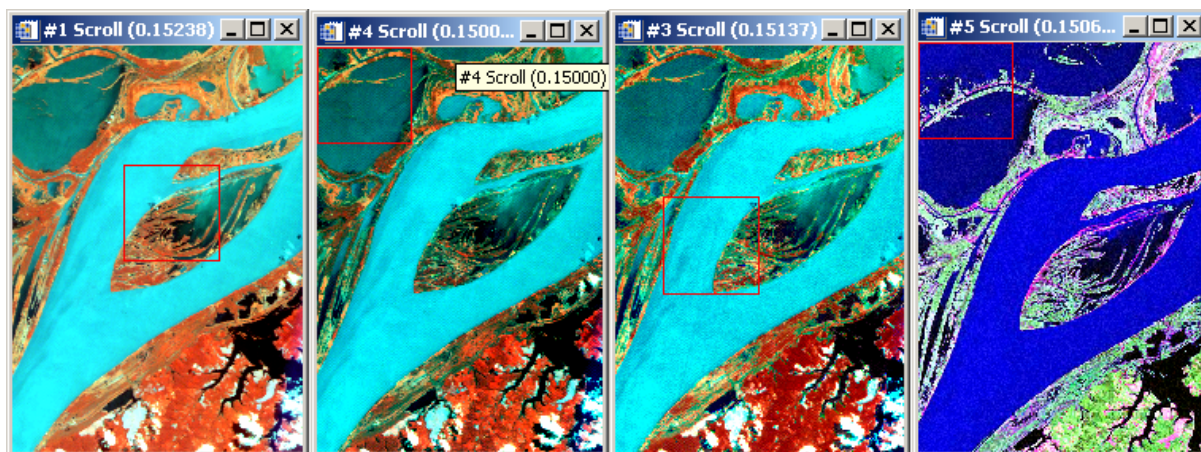
região do segundo maior capacidade de variação de registro, contudo, sem apresentar uma maior especificidade para um determinado alvo.

A fusão de imagens de alta resolução é usada para realçar a resolução espacial das bandas multiespectrais (**Figura 2**) em uma variedade de combinações. Neste trabalho, foram efetuadas duas fusões aplicando-se os métodos de transformação por Componentes Principais e HSV. Assim como avaliado por Shettigara, *op. cit.*, a substituição da primeira componente principal, pela banca pancromática, não favoreceu melhor individualização das coberturas vegetais na imagem, modificando inclusive a propriedade de cores, tendo, a fusão mais simples, HSV, de substituição da banda de valores pela pancromática mostrando-se mais eficiente para a discriminação visual das classes de cobertura (**Figura 3**).

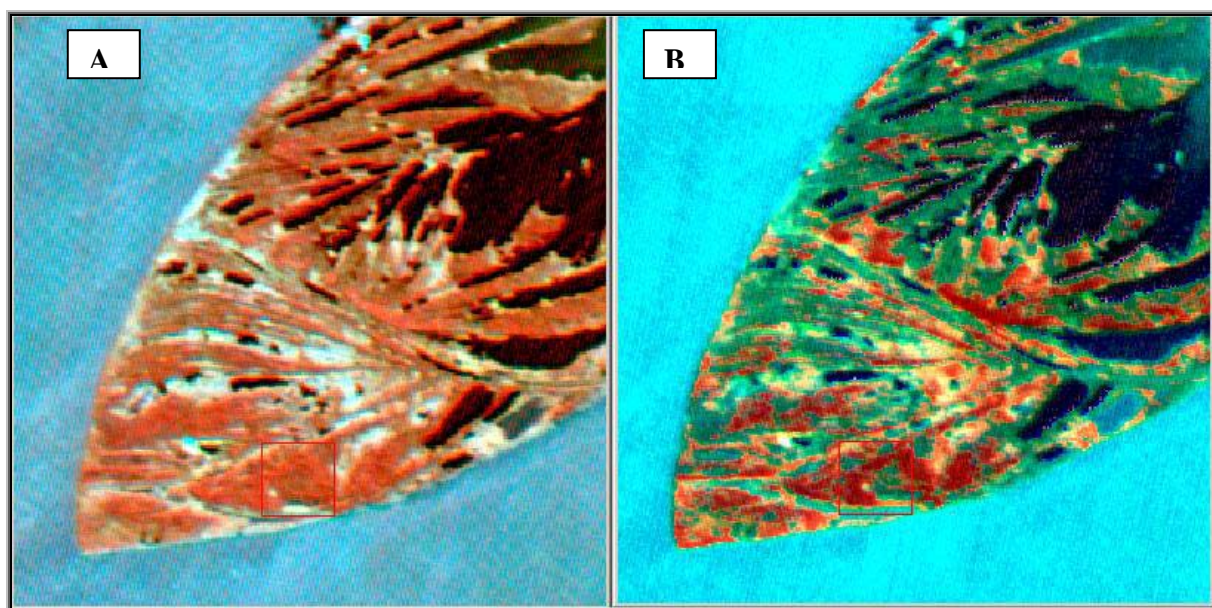
As áreas de treinamentos foram determinadas por delimitação de polígonos, via tela, nas regiões de interesse. Na aplicação do algoritmo por Máxima verossimilhança, o qual é pautado na matriz de covariância e nos vetores de média das classes (Richard et al., 1999), geradas as imagens de regras e usadas para pós-classificação, adotando-se o limite de 95% de probabilidade para a inclusão do pixel na classe. Os resultados das duas classificações (**Figura 4**), Landsat (06/08/2001) e CBERS (08/07/2004), mostraram-se coerentes entre si, com o histórico de exploração nas várzeas e com o levantamento florístico realizado em 2002 (**Figura 5**)



**Figura 1** – Imagens multiespectrais e a pancromática do CBERS-2: (#1) banda pancromática; (#2) banda 2; (#3) banda 3 e (#4) banda 4



**Figura 2** – Composição falsa-cor 423RGB (#1) Cbers-2; (#2) Landsat-7; (#3) Fusão da composição do CBERS-2 e sua PAN; (#4) Fusão do Landsat – 7 e sua PAN



**Figura 3** - Fusão de imagem CBERS (423 e PAN) por transformações (a) Principal Componentes; (b) HSV.

O conhecimento sobre os tipos de vegetação é básico para adaptar a silvicultura a um sítio no manejo biológico da biodiversidade e este propósito é que coloca o sensoriamento remoto como a arma de planejamento.

Assim como os tipos de vegetação refletem as condições ecológicas locais e as plantas que neles existem são os resultados da fertilidade, umidade, temperatura, fluxo lumínico e a competição entre as espécies (Aanderaa *et al.*, 1996); a reflectância registrada nas imagens é o resultado da interação dos condicionantes ambientais e a geometria do sensor (Shultz *et al.*, 2000). Por sua vez, esta vegetação ainda varia com a mudança nos ambientes, como, por exemplo, a sazonalidade de cheias e vazantes, verão e inverno, a queda de árvores dentro da floresta, que, como consequência, as plantas que requerem maior quantidade de luminosidade terão melhores condições, enquanto as tolerantes à sombra são favorecidas na floresta densa. Todos estas variantes afetam diretamente a resposta espectral do alvo e isto se traduz na cena, sendo a classificação o método aplicado para se espacializar e quantificar estes fenômenos.

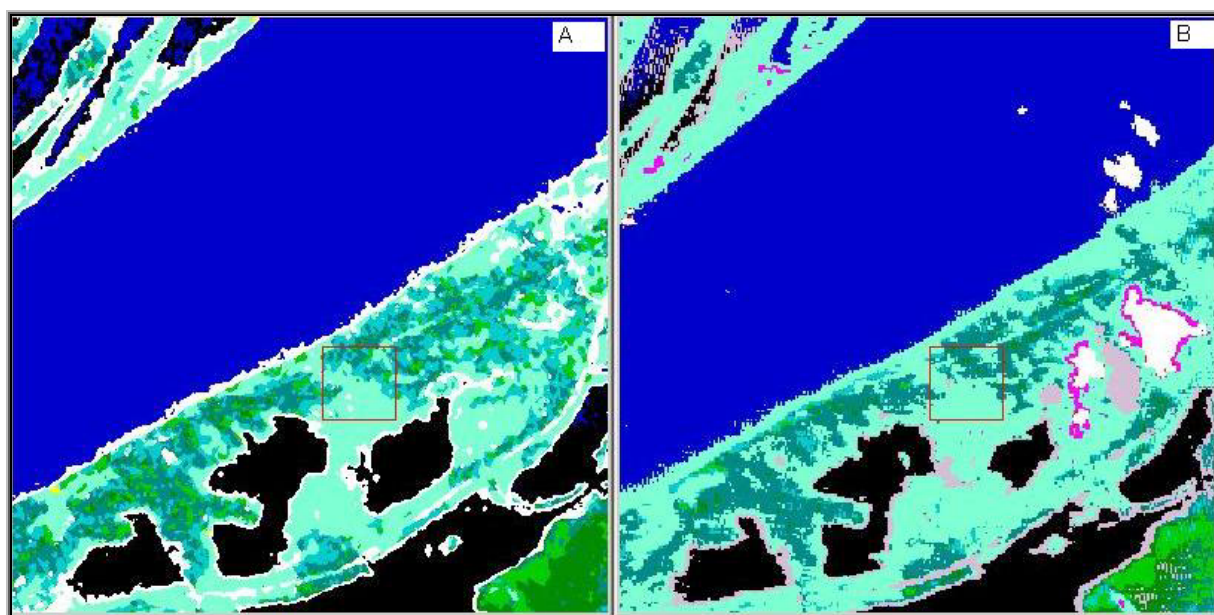
A classificação pixel-a-pixel das duas imagens mostrou, principalmente, que a diferença de 3 anos entre as cenas e o mês de tomada das mesmas, apesar da semelhança espectral das faixas, os fenômenos de ação antrópica e sazonalidade se traduziram em áreas maiores de campo e menores de lagos (água sem sedimento) que podem ser avaliadas e comparadas na **Tabela 1**, tanto em número de pixels, quanto percentuais e áreas mudadas.

No contexto da interação do ambiente e os sensores, usados neste trabalho, vale ressaltar a caracterização da área de estudo, a qual possui ambientes diferenciados, compostos por extensos campos úmidos, entremeados de lagoas e matas paludosas, pouco diversas, predominam embaúbas (*Cecropia* spp.), munguba (*Pseudobombax munguba*) e outras espécies arbóreas adaptadas às condições de encharcamento do solo, associadas a amplos aningais (*Montrichardia linifera*). Há, portanto, grande heterogeneidade de ambientes, todos bastante restritivos e diferenciados em relação às terras altas.

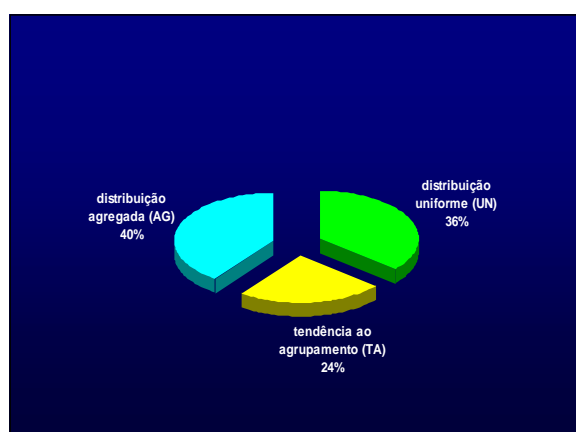
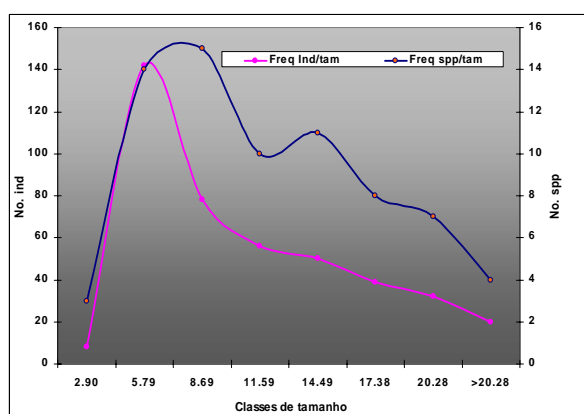
Estruturalmente, a média da altura total das árvores é de 9,28 m., com desvio padrão de 5,79 m. (Figura 5a). As árvores mais altas encontradas e que possuem maior projeção de copa foram *Triplaris surinamensis* (tachi-da-varzea), *C. membranacea* (embaúba-da-várzea) e *P. munguba* (munguba), representando o estrato superior. A espécie herbácea *M. linifera* domidou a parcela 5, caracterizando-a como ambiente encharcado dada a preferência por este tipo de habitat pela espécie. Associada a ela está munguba demonstrando preferência por este habitat, também.

O estado sucessional está mais desenvolvido, do ponto de vista ecológico, uma vez que os indivíduos de embaúba estão distribuídos a partir da 2ª classe até atingir a última. E as espécies clímax iniciais e tardias apresentam-se com densidade condizentes com sua auto-ecologia. Contudo, é notório o aumento da área de campo de várzea em detrimento da diminuição da floresta secundária de várzea apresentada na classificação com a imagem CBERS (Figura 4b)

A partir da caracterização acima é possível, então, inferir, que a maior parte da área estuda sofre uma mudança, estando substancialmente relacionada às áreas de floresta de várzea (35%, 515 ha) e floresta secundária de várzea (17%, 340 ha), na imagem de 2004 do sensor CCD do satélite CBERS, além dos campos de várzea (88%, 6.069 ha), as quais estão associadas no estudo ecológico de campo as classes de distribuição espacial agregada e com tendência a agrupamento (Figura 5b).



**Figura 4** – Imagens classificadas: a) Landsat agosto 2001; b) CBERS-2 julho 2004. Classes: Rio (azul escuro); Lago = água sem sedimento (negro); Campo de várzea (verde claro); Floresta 2ª. de várzea (ciano médio); Floresta de várzea (ciano escuro); Floresta de T. Firme (verde escuro); Floresta 2ª. de T. Firme (verde claro); Nuvem (branco) e Sombra (cinza).



**Figura 5** – Distribuição dos indivíduos inventariados: a) estrutural em altura; b) espacial conforme o Índice de distribuição espacial de McGuinness .

**Tabela 1** – Matriz de mudança das coberturas entre as imagens do CBERS e Landsat-7.

CBERS 2004	Landsat 2001									
	Á c/ Sed	A s/ sed	Nuvens	C. TF	F. TF	F. 2a.TF	F.Vz	F. 2a. Vz	C.Vz	Total
Água c/ sed - pixel	837720	18282	14911	4	8	21	10	8	404	871368
%	93	15	8	0	0	0	0	0	0	100
Área (ha)	17011	371	303	0	0	0	0	0	8	17694
Á s/ Sedimento	3637	59424	4837	2	19	5	15	4	304	68247
	0	49	2	0	0	0	0	0	0	100
	74	1207	98	0	0	0	0	0	6	1386
Nuvens	1758	4073	2254	6798	9039	7246	2466	1097	4125	38856
	0	3	1	21	7	5	3	1	1	100
	36	83	46	138	184	147	50	22	84	789
Sombra	3049	20639	14248	136	5342	2020	1470	798	5037	52739
	0	17	7	0	4	2	2	1	1	100
	62	419	289	3	108	41	30	16	102	1071
Solo	756	154	287	2022	230	270	82	43	592	4436
	0	0	0	6	0	0	0	0	0	100
	15	3	6	41	5	5	2	1	12	90
C. T. Firme	65	319	1599	8072	2053	1820	543	321	4800	19592
	0	0	1	25	2	1	1	0	1	100
	1	6	32	164	42	37	11	7	97	398
F. T. Firme	0	10	1011	28	27775	3580	4175	842	358	37779
	0	0	1	0	23	3	6	1	0	100
	0	0	21	1	564	73	85	17	7	767
F. 2a.T. Firme	0	1	549	215	21726	26582	7143	1302	1872	59390
	0	0	0	1	18	20	10	1	1	100
	0	0	11	4	441	540	145	26	38	1206
F.de Várzea	5	842	6083	275	28369	14120	25371	29463	8357	112885
	0	1	3	1	23	11	35	30	2	100
	0	17	124	6	576	287	515	598	170	2292
F. 2a. Várzea	18	645	3564	1241	16101	29433	14734	16747	13287	95770
	0	1	2	4	13	22	21	17	4	100
	0	13	72	25	327	598	299	340	270	1945
C. de Várzea	49791	16528	149409	13421	12359	47780	15731	48147	298893	652059
	6	14	75	42	10	36	22	49	88	100
	1011	336	3034	273	251	970	319	978	6069	13241
Total da Classe	896799	120917	198752	32214	123021	132877	71740	98772	338029	
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
	18211	2455	4036	654	2498	2698	1457	2006	6864	
Mudança na classe	59079	61493	196498	24142	95246	106295	46369	82025	39136	
	7	51	99	75	77	80	65	83	12	
	1200	1249	3990	490	1934	2158	942	1666	795	
Dif de Imagem	-25431	-52670	-159896	-12622	-85242	-73487	41145	-3002	314030	
	-3	-44	-80	-39	-69	-55	57	-3	93	
	-516	-1070	-3247	-256	-1731	-1492	836	-61	6377	

Abreviações: **A c/ Sed** = água com sedimento; **A s/ sed** = água sem sedimentos; **C. TF** = campo de terra firme; **F. TF** = floresta de terra firme; **F. 2a.T** = floresta secundária de terra firme; **F. Vz** = floresta de várzea; **F. 2a. V** = floresta secundária de várzea; **C. Vz** = campo de várzea

#### 4. Citações e Referências

Aanderaa, R.; Rolstad, J. & Sjøgren, S.M. *Biological Diversity in Forest*. Norges Skogeierforbund og A/S Landbruksforlaget. Oslo, Norway. 112 p.

RESTAU – Image Restoration versao 0.0.15 (Dmitry Fedorov, Leila M.G.Fonseca © 2002 – Divisão de Processamento de Imagem, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, Brasil

Richards, J. A.; Jia, X. **Remote sensing digital Image Analysis: An introduction**. 3<sup>th</sup>. London: Springer, 1999. 363 p.

Shettigara, V.K. A generalized component substitution technique for enhancement of multispectral images using a high resolution data set. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 58, n. 5, p. 561-567, 1992.

Shimabukuro, Y. E.; Santos, J.R. dos; Duarte, V.; Martini, P.R. Imagens CBERS/IR-MSS para caracterização de áreas desflorestadas na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos campos: INPE, 2001. Disponível na biblioteca digital URLib: <dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.09.40 >. Acesso em: 10 out. 2004.

Shultz, G.A., Engman, E.T. **Remote sensing in hydrology and water management**. London: Springer, 2000. 482 p.