



I Workshop Internacional de Inovações  
Tecnológicas na Irrigação  
&  
I Conferência sobre Recursos  
Hídricos do Semi-Árido Brasileiro  
26 a 28 de Setembro de 2007  
Sobral - CE

## USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA SUB- BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO JAGUARIBE UTILIZANDO IMAGENS DO SATÉLITE CBERS-2

MOREIRA, L. C. J.<sup>1</sup>; COSTA, C. A. G.<sup>2</sup>; TEIXEIRA, A. S.<sup>3</sup>; GONDIM, R. S.<sup>4</sup> & SOUSA, B. F. S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante de graduação em agronomia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), bolsista do CNPq, Av. Mister Hull, s/n - Pici - Bloco 804 - CEP 60455-760, Fortaleza-CE, cleniojario@gmail.com

<sup>2</sup>Eng. agrônomo, mestrando em Irrigação e Drenagem pela UFC, Depto de Engenharia Agrícola, Fortaleza-CE

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Prof. Ph. D, Depto de Engenharia Agrícola da UFC, Fortaleza-CE adunias@ufc.br

<sup>4</sup>Eng. Agrônomo, MSc. em Irrigação e Drenagem pela UFC, Doutorando em Recursos Hídricos. Pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza-CE rubens@cnpq.embrapa.br

**RESUMO** – Esse trabalho visa comparar o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe, nos anos de 2004 e 2005, respectivamente, por meio do processamento digital de imagens CBERS-2, utilizando-se do algoritmo da classificação supervisionada de imagens por máxima verossimilhança no software ENVI® 4.3. As seguintes classes foram obtidas: vegetação nativa, água, antropizada, agricultura e nuvem. Em 2004 a ocupação do solo apresentou os seguintes resultados: água 4,15%; agricultura 4,87%; antropizada 15,16%; nuvens 0,0% e vegetação 75,82%. Já para o ano de 2005 os resultados foram: água 3,34%; agricultura 1,14%; antropizada 8,25%; nuvens 0,15% e vegetação 87,27%. O algoritmo da máxima verossimilhança foi capaz de quantificar as classes de ocupação do solo na bacia entre os dois períodos e os resultados da classificação apresentaram-se coerentes com as características da região na qual a bacia está inserida nas determinadas épocas de obtenção das imagens.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto, máxima verossimilhança, geoprocessamento.

## MID-JAGUARIBE SUB-BASIN SOIL USE AND OCCUPATION FROM CBERS-2 SATELLITE IMAGES

**ABSTRACT** - This paper aims to compare land use in two different periods for the Mid Jaguaribe watershed. The land use was characterized for 2004 and 2005, using satellite images and the algorithm of maximum likelihood available as a routine in the software ENVI 4.3®. The statistical treatment of maximum likelihood was applied to identify the following classes: forest, water, degraded, agriculture, and cloud cover. It was found that in 2004 the percentage of land use was characterized as: water 4.15%, agriculture 4.87%, degraded 15.16%, cloud cover 0% and forest 75.82%. In 2005 the results were: water 3.34%, agriculture 1.14%, degraded 8.25%, and cloud cover 0.15% and forest 87.27%. Therefore, the information generated can be used as a tool to help in the management of natural resources of the watershed.

**Key-words:** remote sensing, maximum likelihood, geoprocessing.

## INTRODUÇÃO

Sendo o solo o meio físico no qual se desenvolve a maioria das atividades humanas, informações acerca da sua ocupação e uso são imprescindíveis, tanto no diagnóstico quanto nas recomendações para a utilização racional dos recursos naturais disponíveis na área. Desta forma vários pesquisadores evidenciam a importância do conhecimento acerca do uso e ocupação do solo como subsídio para gerenciamento dos recursos naturais, como mostra um estudo feito por Meira et al. (2004) que observaram o uso e ocupação do solo e formação de voçorocas no município de Caetité-BA e no trabalho realizado por Martins et al. (2005) em que foi feito um zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS), com objetivo de avaliar a deterioração ambiental.

A classificação das imagens de satélite é umas das técnicas mais utilizadas nos SIG para a determinação do uso e ocupação do solo de uma área e consiste na identificação e quantificação dos diferentes *pixels* presentes na imagem obtida de uma determinada área. Assim, o trabalho teve como objetivo utilizar imagens disponibilizadas gratuitamente do satélite CBERS-2 para determinar a evolução do uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe por meio da classificação supervisionada, pelo método da máxima verossimilhança, para os anos de 2004 e 2005.

## MATERIAL E MÉTODOS

A área estudada foi a sub-bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe medindo 10.509 km<sup>2</sup>, onde está localizada a barragem do açude Castanhão, com uma capacidade de armazenamento de 6,7 bilhões de m<sup>3</sup> de água (DNOCS, 2007), e os municípios de Alto Santo, Ererê, Iracema, Iço, Jaguaretama, Jaguaribara, Jaguaribe, Pereiro, Potiretama, São João do Jaguaribe e Solonópole.

A determinação do uso e ocupação do solo foi realizada com base na classificação de imagens dos satélites CBERS-2. Para a determinação das regiões de interesse e classificação, utilizou-se as cenas 149/106, 149/107 e 150/106, 150/107 do satélite CBERS-2, com data de passagem em 2004 no dia 09 de junho e em 2005 no dia 02 de setembro, respectivamente. Todas as imagens foram adquiridas gratuitamente junto ao Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE).

Utilizou-se do satélite CBERS-2 a câmera CCD, que fornece imagens de uma faixa de 113 km de largura, com uma resolução de 20 m. Esta câmera tem capacidade de orientar seu campo de visada dentro de  $\pm 32$  graus, possibilitando a obtenção de imagens estereoscópicas da região que se quer analisar. Opera em 5 faixas espectrais: pancromática (0,51 a 0,73  $\mu\text{m}$ ); azul (0,45 - 0,52  $\mu\text{m}$ ); verde (0,52 - 0,59  $\mu\text{m}$ ); vermelho (0,63 - 0,69  $\mu\text{m}$ ) e infravermelho (0,77 - 0,89  $\mu\text{m}$ ). Este satélite requer 26 dias para realizar uma cobertura completa da Terra. (INPE, 2006).

Antes do processo de classificação ser iniciado, foram determinadas as regiões de interesse (classes de uso e ocupação do solo pré-determinadas) e posteriormente realizado o processo de classificação das imagens.

As imagens CBERS-2 possuem erro de localização de 7,1 km, por isso foi necessário realizar a correção das distorções espaciais (georreferenciamento), após obtê-las (INPE, 2006).



Foram utilizados pontos de controle de fácil localização na imagem tais como: cruzamentos de rodovias, paredes de açudes e pontes para o registro das cenas, referenciando esses pontos aos apresentados nas cartas da SUDENE. O registro da imagem foi realizado com o software ENVI®.

Foram utilizados a composição das bandas 4, 3 e 2 no espaço RGB para classificação física das imagens obtidas do sensor CCD do satélite CBERS-2, visando à determinação do uso e ocupação do solo. Por meio do software ENVI® foi realizada a classificação supervisionada, através do método da máxima verossimilhança, que classifica os *pixels* em determinada classe, conforme a distância estatística entre cada um deles e a média dos níveis de cinza da classe (Assad & Sano, 1998). O cálculo é feito para as várias classes pré-definidas e o *pixel* é atribuído à classe cuja probabilidade de pertencer a esta seja maior. As cinco classes de uso e ocupação do solo foram então classificadas com as características descritas na Tabela 1.

Ainda, no software ENVI®, foram realizadas a vetorização das classes obtidas nas imagens, a fim de serem analisadas e quantificadas. Depois de vetorizados, os dados foram exportados para o software ArcMAP®, onde foi realizada a quantificação da área de cada classe.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra a distribuição absoluta e percentual de cada classe de uso e ocupação do solo por município da sub-bacia. O município de Jaguaribe, que em 2004, tinha uma área de 34,10% de seu território antropizado e em 2005 19,06%, é o município que apresenta, a maior percentagem de área antropizada, seguido por Jaguaratama com 21,86% em 2004 e 18,44% em 2005. Jaguaribara foi o município da sub-bacia que apresenta maior valor percentual de seu território coberto por água, com 35,66% e 32,62% em 2004 e 2005, respectivamente, fato atribuído à presença da barragem do açude Castanhão, no qual justifica também o percentual elevado de água de Jaguaratama, por também abranger parte do açude.

Tabela 1. Características observadas na classificação das imagens.

Classes	Características observadas na classificação
Água	reservatórios tais como açudes, lagoas e lagunas, com extensões variadas, a partir de 0,09 ha, área mínima representada por um <i>pixel</i> . Apresenta tonalidade que varia do preto ao azul claro conforme as águas apresentem de menores a maiores quantidades de sedimentos
Vegetação	engloba a caatinga, formação vegetal de porte variável, caducifólias, de caráter xerófilo, divididas em hipoxerófila e hiperxerófila. Apresenta-se na cor vermelha que varia de vermelho intenso a vermelho escuro, conforme a mata varie de hipoxerófila a hiperxerófila
Antropização	abrange as áreas onde não há cobertura vegetal devido a diversos tipos de atividades humanas, como áreas degradadas, estradas, aglomerados urbanos, jazidas, áreas de empréstimo etc. Apresenta-se em tonalidades de cores que variam do branco ao cinza-esverdeado
Agricultura	classe que engloba as áreas utilizadas na atividade agrícola, sendo caracterizada por polígonos de lados bem definidos, em vermelho intenso quando vegetada e branco a cinza quando solo em descanso ou preparado para o plantio
Nuvens	incluem as áreas das imagens cobertas por nuvens e sombras de nuvens. As nuvens que se apresentam na cor branca são de fácil identificação devido à presença de formas idênticas e contíguas. Na cor preta, as sombras das mesmas, caracterizam-se pela distância e localização condizente com a inclinação dos raios solares sobre a área.

Tabela 2. Distribuição absoluta e percentual da evolução das classes de ocupação do solo da bacia do Médio Jaguaribe entre 2004 e 2005.

	Ano	Água		Agricultura		Antropizada		Nuvens		Vegetação		Total (km²)
		km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	km²	%	
AltoSanto	2004	54,02	4,26	135,84	10,70	122,72	9,67	0,00	0,00	956,99	75,38	1269,58
	2005	46,13	3,61	4,39	0,34	62,66	4,90	0,00	0,00	1166,01	91,15	1279,18
Ererê	2004	9,96	2,54	33,82	8,63	8,61	2,19	0,00	0,00	339,76	86,64	392,15
	2005	5,21	1,36	8,66	2,26	5,73	1,49	0,00	0,00	364,38	94,90	383,98
Iracema	2004	13,31	1,63	23,57	2,88	6,65	0,81	0,00	0,00	773,45	94,67	816,97
	2005	5,72	0,70	2,73	0,33	6,56	0,80	0,00	0,00	801,97	98,16	816,97
Icó	2004	9,71	0,52	69,84	3,77	335,11	18,09	0,00	0,00	1437,60	77,61	1852,26
	2005	11,79	0,64	45,96	2,48	136,54	7,36	0,00	0,00	1661,28	89,53	1855,57
Jaguetama	2004	40,67	4,16	38,99	3,99	213,77	21,86	0,00	0,00	684,42	69,99	977,85
	2005	27,78	2,84	4,56	0,47	180,30	18,44	0,00	0,00	765,22	78,25	977,85
Jaguaribara	2004	214,67	35,66	17,03	2,83	61,34	10,19	0,00	0,00	308,96	51,32	602,01
	2005	196,35	32,62	3,39	0,56	33,91	5,63	0,00	0,00	368,36	61,19	602,01
Jaguaribe	2004	47,21	2,52	53,80	2,87	639,98	34,10	0,00	0,00	1135,62	60,51	1876,60
	2005	24,34	1,29	27,61	1,47	358,44	19,06	0,00	0,00	1469,95	78,17	1880,34
Pereiro	2004	2,31	0,54	24,77	5,81	27,41	6,43	0,00	0,00	372,02	87,22	426,52
	2005	2,35	0,13	7,90	0,01	15,09	0,02	0,00	0,00	399,04	99,84	424,38
Potiretama	2004	7,61	1,87	39,30	9,68	15,58	3,84	0,00	0,00	343,65	84,61	406,14
	2005	3,49	0,85	0,94	0,23	6,75	1,64	0,00	0,00	401,14	97,29	412,30
SãoJoão Jaguaribe	2004	4,94	1,75	36,39	12,89	51,72	18,32	0,00	0,00	189,21	67,03	282,26
	2005	2,82	1,00	3,47	1,23	18,51	6,56	0,00	0,00	257,46	91,22	282,26
Solonópole	2004	28,99	1,89	34,32	2,24	98,94	6,46	0,00	0,00	1368,64	89,40	1530,89
	2005	23,51	1,52	9,63	0,62	38,32	2,48	0,15	0,01	1471,40	95,36	1543,01
Total	2004	433,41	4,15	507,68	4,87	1581,83	15,16	0,00	0,00	7910,32	75,82	10433,23
	2005	349,47	3,34	119,25	1,14	862,80	8,25	0,15	0,00	9126,19	87,27	10457,85

Os valores para cobertura com água em 2004 são bem mais elevados do que em 2005, para todos os municípios, devido à época da obtenção da imagem, como era de se esperar o mês de junho o volume de água acumulado é maior do que em setembro. Assim devido a pouca disponibilidade de imagens com baixa presença de nuvens para as mesmas datas em anos subsequentes deve-se ponderar os resultados deste trabalho com a variação temporal não só em relação ao ano, mas também em relação ao mês. Por isso, houve uma redução em todos os municípios nas classes de uso e ocupação água, agricultura e antropizada (Figura 1).

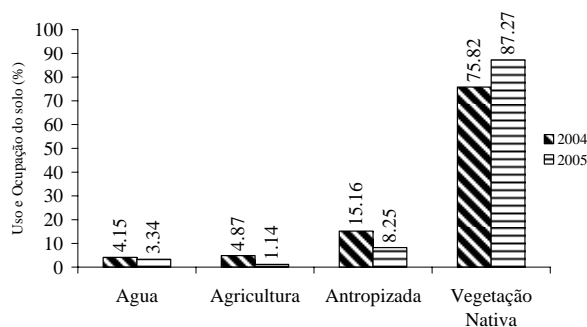


Figura 1 – Classificação do uso e ocupação do solo da sub-bacia do Médio Jaguaribe.



Já a classe vegetação apresentou acréscimo de área em todos os municípios, mostrando uma recuperação da vegetação no período pós-chuva na sub-bacia. A agricultura apresentou os maiores decréscimos em área ocupada, podendo caracterizar um uso predominante de agricultura de sequeiro de culturas anuais.

## CONCLUSÕES

A classificação supervisionada utilizando imagens do satélite CBERS-2, para os anos de 2004 e 2005 pelo método da máxima verossimilhança, foi capaz de identificar as classes de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe além de apresentar fácil utilização.

Os resultados da classificação apresentaram-se coerentes com as características da região na qual a bacia está inserida nas determinadas épocas de obtenção das imagens.

Os resultados podem nortear decisões na região, no sentido de que os recursos naturais sejam usados racionalmente, e, assim, contribuir para a sustentabilidade do meio ambiente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSAD, E.D., SANO, E.E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CPAC, 1998. 434p.
- DNOCS. **Recursos hídricos**. Disponível em: <<http://www.dnocs.gov.br/>>. Acesso em 25 de Julho de 2007.
- INPE. **Satélites**. Disponível em: <[http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/cbers1-2\\_cameras.htm](http://www.cbers.inpe.br/pt/programas/cbers1-2_cameras.htm)>. Acesso em 25 de Janeiro de 2006.
- MARTINS, F. B.; ROCHA, J. S. M. da.; ROBAINA, A. D.; KURTZ, S. M. de J. M.; GARCIA, M. S.; SANTOS, A. H. de O.; DILL, P. R. J.; NOAL, T. N.. Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria (RS) (estudo de caso). **Centro de Estudos em Recursos Naturais Renováveis**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 315-322, jul./set. 2005.
- MEIRA, A.S.; LEÃO, J.L.; SANTOS, M. S.; O uso e ocupação do solo e a formação de voçorocas no município de Caetité-BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS, 6., 2004. Goiás. **Anais eletrônicos...** Disponível em: [http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/E2\\_015.htm](http://www.igeo.uerj.br/VICBG-2004/Eixo2/E2_015.htm). Acesso em 16 de janeiro de 2005.