

## **Modelagem espectral para mapeamento da ocupação urbana através de classificação orientada a objetos – uma análise comparativa entre Landsat e CBERS.**

Alan Jeferson de Oliveira da Silva <sup>1,2</sup>  
Elton Simões Gonçalves <sup>2</sup>  
Carla Bernadete Madureira Cruz <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Rio de Janeiro – UERJ/IGEOG  
R. São Francisco Xavier, 524, - CEP 20550-900. Rio de Janeiro – RJ, Brasil  
sdc-aj@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ  
Departamento de Geografia. Av. Athos da Silveira Ramos, 283, sala I-012  
Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, Brasil  
eltongeosg@gmail.com  
carlamad@gmail.com

**Abstract.** Remote sensing in Orbital bases has been consolidated as a tool of fundamental importance for planning and the territory management. Due sensors, the reflectance of the targets can be quantified and represented by bands of electromagnetic waves. The number of such views is the standard of spectral response or spectral signature of the target. In this context, this research aims to contribute for methodologic constructs for modeling of spectral descriptors from the use of the oriented classification of objects. It was important to develop methodologies for assisting the identification and mapping of the occupation in the urban study area. Then, two Landsat-TM and two CBERS-CCD images were analyzed in order to establish a comparative attributes about the two sensors, which can facilitate verification of the potential that each one presents to the classification of urban areas in the spatial resolutions available. The study area is the metropolitan region of Rio de Janeiro. This part of the fluminense state is characterized by an intense urbanization, joined and linked the urban space of other adjacent counties. All the manipulation of images was performed with the support of the softwares SPRING / INPE, eCognition and ArcGIS for the digital processing in the operations on the geometric correction, radiometric equalization, segmentation, classification, manipulation, quantification of thematic maps and preparation of the layout. The preliminary results shows that the use the bands of visible of Landsat and CBERS images were extremely important to characterize the urban areas, especially through the middle of the values spectrum.

**Palavras-chave:** remote sensing, image processing, urban classification, sensoriamento remoto, processamento de imagens, classificação de áreas urbanas.

### **1. Introdução.**

O sensoriamento remoto em base orbital tem se consolidado, cada vez mais, como ferramenta de fundamental importância para o planejamento e a gestão do território. A diversidade de sensores e de resoluções e a crescente disponibilização de equipamentos são fatores que contribuem para a diversidade de usuários que aderem ao uso desta e de outras geotecnologias.

Segundo CRUZ (2007), uma premissa fundamental em sensoriamento remoto é que se pode identificar objetos localizados na superfície terrestre estudando a radiação refletida e/ou emitida por estes objetos. Através dos sensores, a reflectância dos alvos pode ser quantificada e representada por faixas de comprimento de onda. O conjunto de tais observações constitui o padrão de resposta espectral ou assinatura espectral do alvo. O conhecimento detalhado do padrão de resposta espectral de determinado alvo permite a identificação deste, possibilitando, por exemplo, separar áreas urbanas de plantações, de florestas ou de solos. Devido à heterogeneidade do uso da terra, a discretização das imagens de satélite em pixels apresenta muita mistura dada a composição de diferentes alvos em uma única célula.

Alguns desses usos ou coberturas apresentam assinatura espectral pedrominante, como é o caso das áreas urbanas, do pasto e da floresta, enquanto que em outros, a resposta depende do tamanho do alvo dominante, como p.ex. casas de campo cercadas por algumas árvores e cultivos diversos CRUZ (2005).

MOUINHOS (2006) reforça a validade do sensoriamento remoto como uma importante ferramenta na produção de mapas de uso e cobertura do solo. Segundo a autora, já em meados da década de 1970, poucos anos depois do lançamento do primeiro satélite de recursos naturais, ANDERSON et al. (1979) criaram um sistema hierarquizado de classificação de cobertura e uso do solo para a utilização com dados de sensores remotos nos Estados Unidos.

Ainda segundo MOUINHOS (2006), enquanto algoritmos de classificação têm como objetivo distinguir grupos de pixels com características semelhantes, os quais muitas vezes não se traduzem em objetos reais, na abordagem baseada em conhecimento o objetivo é identificar objetos que têm uma existência concreta no mundo real e que expressam características de cor, forma, textura, padrão e contexto na imagem analisada. Dessa forma, o funcionamento destes sistemas baseia-se no conhecimento do analista a respeito do tema e da área a ser investigada. Assim, o resultado da classificação é um reflexo do conhecimento (informações coletadas *a priori* sobre a área a ser classificada) e da capacidade de compreensão do analista (fortemente influenciada por sua formação profissional e experiência).

Na abordagem orientada a objetos, um problema ou aplicação é representado por uma coleção de objetos que possuem características próprias e interagem entre si. Nesse sentido, CRUZ (2007) afirma que tal técnica busca simular a interpretação visual através da modelagem do conhecimento para a identificação de feições, baseada na descrição de padrões identificadores. De acordo com a autora, o sistema possibilita o uso convencional da técnica vizinho mais próximo a partir da assinatura espectral (definida por amostras) além da aplicação de modelos *booleanos* ou *fuzzy*, que podem ser livremente traçados em um ambiente interativo.

Dentre as aplicações usuais, não há dúvidas que a classificação digital assume destaque e importância no processamento digital de imagens. Apesar de ser bastante comum se encontrar estudos de caso com diferentes técnicas de classificação, ainda é relativamente raro o uso de classificadores orientados a objeto através da modelagem do conhecimento, principalmente para escalas de média resolução.

Quando se considera a relevância das resoluções no processo de classificação, verifica-se, facilmente, que apesar da grande variedade de sensores atuais, tem-se muita carência na oferta de produtos com alta resolução espectral, o que faz com que o Landsat-TM ainda se configure como um importante sensor no cenário de geração de mapeamentos temáticos.

Por outro lado, apesar de não ser mais tão recente, ainda se faz muito necessária a avaliação do CBERS para as aplicações temáticas. Principalmente quando consideramos o tempo de vida do Landsat, as dimensões do país e os custos envolvidos para imageamento de grandes áreas.

Apesar da existência de um grande acervo das imagens Landsat (desde 1973), o investimento tecnológico do INPE para a geração do satélite CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite), nos oferece uma importante fonte de imagens com características similares ao Landsat (no caso do sensor CCD, com 20m de resolução espacial). Assim sendo, as imagens do satélite sino-brasileiro podem representar uma fonte de informação de grande valor para diversos tipos de estudos.

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo central contribuir metodologicamente para a modelagem de descritores espectrais, através da classificação orientada a objetos, para identificação e mapeamento da ocupação urbana. Especificamente, serão analisadas duas imagens Landsat-TM e duas imagens CBERS-CCD no processo de modelagem, de modo a

dar subsídios para uma análise comparativa entre os sensores e a conseqüente verificação da potencialidade que cada um apresenta para a classificação de áreas urbanas, dada as resoluções disponíveis. Será analisada ainda a portabilidade dos modelos para imagens de datas distintas de um mesmo sensor e as diferenças de descritores modelados entre os dois sensores.

Desta forma, busca-se contribuir para o aumento do nível de automatização na classificação de áreas urbanas em sensores de média resolução espacial, definindo-se descritores considerados relevantes para a sua caracterização e de que forma eles podem ser modelados.

## 2. Área de Estudo

Localizado na Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro, o recorte espacial analisado caracteriza-se por apresentar uma urbanização intensa. Com aproximadamente 690 Km<sup>2</sup>, a área abrange os municípios de Belford Roxo, São João de Meriti, Mesquita, Nilópolis e parte dos municípios de Nova Iguaçu, Queimados, Japeri, Duque de Caxias e Rio de Janeiro (figura 1).

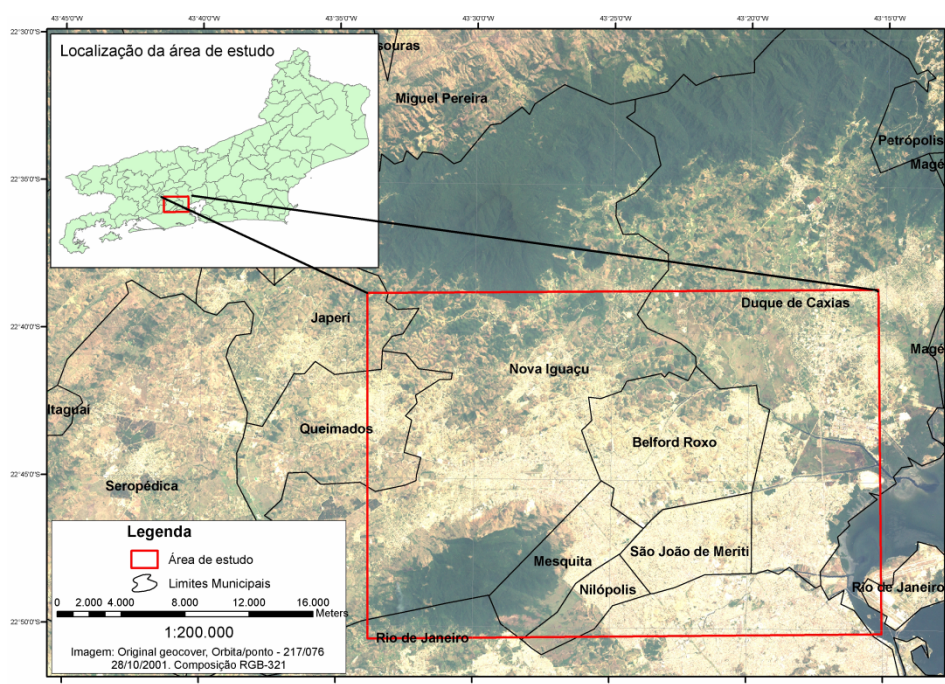


Figura 1: Recorte espacial analisado. (imagem com divisão de municípios).

Apesar de apresentar poucas áreas verdes, a área de estudo enquadra a área de proteção ambiental (APA) de Gericinó-Medanha, que é completamente cercada por uma ocupação bastante densa, onde as cidades são conurbadas, configurando uma mancha contínua de urbanização, cuja densidade diminuiu do centro para as bordas. A falta de ordenamento territorial trouxe sérios problemas ambientais e sociais para a área, como por exemplo, baixas taxas de áreas verdes, alta presença de ocupações irregulares, densamente ocupadas e sem saneamento básico, dentre outras.

## 3. Metodologia de Trabalho

As imagens utilizadas para o desenvolvimento deste estudo são apresentadas na tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Imagens utilizadas

Satélite	Sensor	Órbita-Ponto	Datas	Fonte
Landsat-5	TM	217-076	30/01/2004 - 30/09/2007	INPE
CBERS-2	CCD	151-125	05/02/2004 - 23/09/2007	INPE
Original Geocover	ETM+	217-076	28/10/2001	NASA

Foram consultadas bibliografias referentes às rotinas básicas de processamento digital de imagens (PDI), principalmente quanto ao uso de classificadores orientados a objetos a partir de imagens de média resolução (Cruz et al, 2007) e às características dos sensores orbitais Landsat-TM e CBERS-CCD. Todo o processo de classificação automática aplicado foi embasado nas técnicas de classificação orientada a objetos através da adoção de modelos Booleanos. A base cartográfica digital para o projeto envolvendo a área de estudo foi extraída da malha municipal digital de 2007 do IBGE, na escala 1:250.000.

Toda a manipulação das imagens foi realizada com apoio dos softwares SPRING/INPE, eCognition® e ArcGIS® para o processamento digital de imagens nas operações relativas à correção geométrica, equalização radiométrica, segmentação, classificação, manipulação, quantificação dos mapas temáticos e preparo do layout.

O georreferenciamento das imagens foi efetuado através do registro a partir de cenas do Geocover. Depois disso, criamos um projeto no eCognition e iniciamos o processo de modelagem espectral. Na primeira etapa segmentamos as imagens utilizando o parâmetro de escala 20 nas bandas da faixa do visível, não foi dado nenhum peso a forma dos fragmentos, a figura 2 mostra os processos.

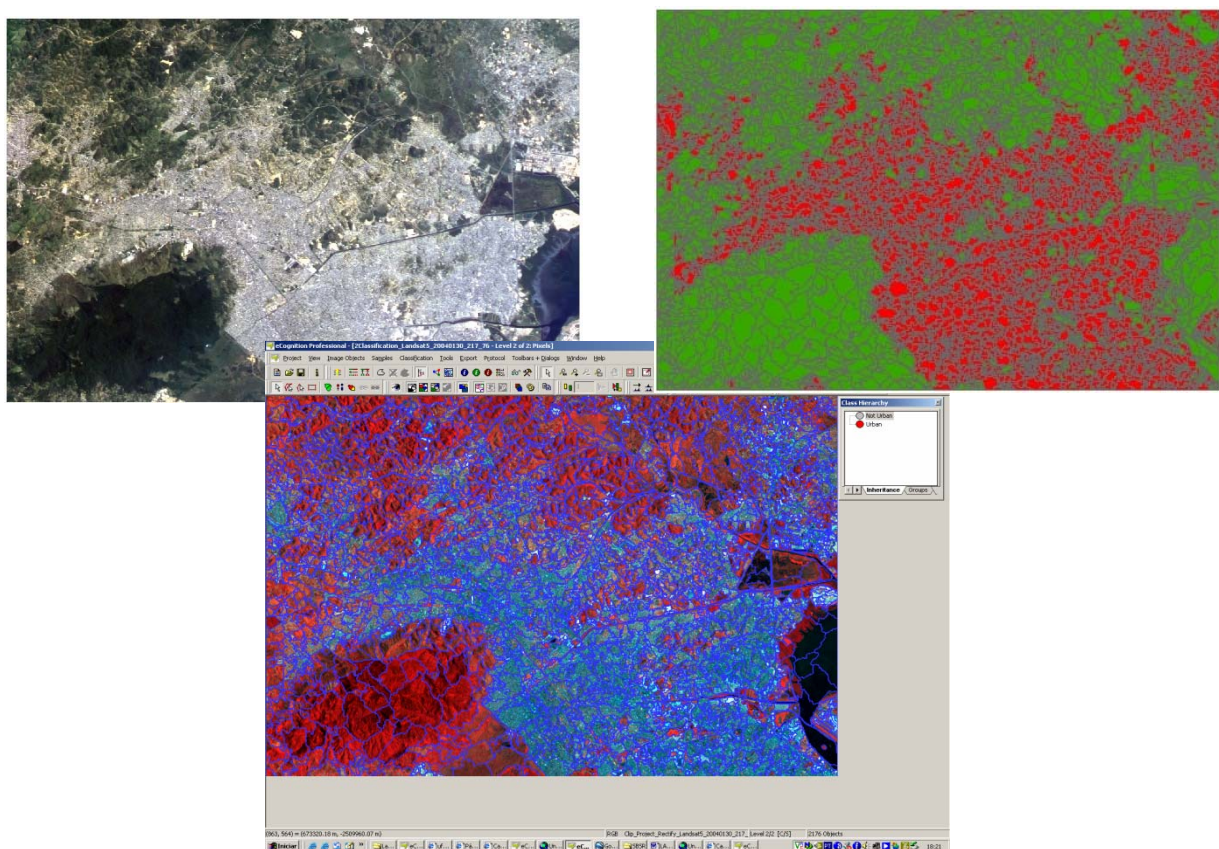
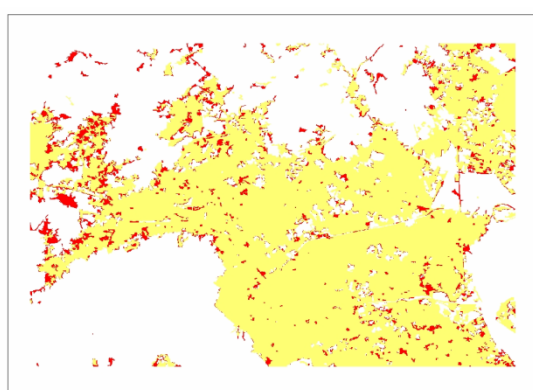


Figura 2: Processo de segmentação e classificação

Foram extraídas amostras representativas para a classe “urbano” com diferentes níveis de intensidade de ocupação. A observação destas amostras através de histogramas dos valores médios espectrais de cada banda para os segmentos analisados permitiu a seleção dos melhores descritores (bandas) e do modelo a ser adotado.

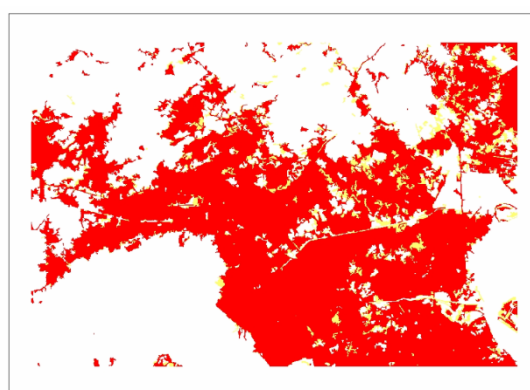
### 3. Resultados e Discussão

Os resultados alcançados a partir da metodologia empregada neste trabalho foram considerados estimulantes. As figuras 3 e 4 apresentam a comparação dos mapas gerados, automaticamente, para o Landsat e CBERS, e a comparação entre os mesmos. A tabela 2 apresenta os descritores utilizados na modelagem de cada sensor. Como se pode ver, as bandas do visível foram extremamente importantes para a caracterização das áreas urbanas, principalmente através da média dos valores espectrais. O Landsat, com mais bandas, teve seu modelo também embasado no infravermelho médio.



■ CBERS ■ Landsat

Figura 3: Área urbana CBERS



■ Landsat ■ CBERS

Figura 4: Área Urbana Landsat

A segmentação gerada a partir das imagens CBERS-CCD gerou uma maior quantidade de segmentos que nas imagens do Landsat-TM, foram 4218 contra 2175. Utilizamos os mesmos parâmetros, a diferença de segmentos pode ser explicado devido à diferença de resolução espacial dos sensores. Em relação ao total de área mapeado para cada sensor, obtivemos 309, 175 Km<sup>2</sup> no CBERS e 315, 721 Km<sup>2</sup> no Landsat, com uma diferença de 6, 546 Km<sup>2</sup>. Em termos percentuais o CBERS mapeou apenas 2,08% a menos que o Landsat.

Tabela 2: Descritores usados na classificação.

Urbano	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 7
CBERS	Média	Media Desvio padrão	Desvio padrão	
Landsat	Média	Média	Média Razão	Razão

Tendo em vista que a diferença de área mapeada entre os sensores, não apresenta grandes diferenças, podemos concluir que as imagens CBERS-2 podem ser perfeitamente utilizadas para o mapeamento da ocupação urbana obtendo-se resultados iguais ou semelhantes às imagens do Landsat.

É importante lembrar que não houve processo de edição, pois o trabalho busca a melhor classificação urbana automática das imagens. Sendo assim, algumas áreas com urbanização

rarefeita não conseguiram ser classificadas como urbana, sendo este um acerto que deveria ser feito de forma manual.

O trabalho também objetivou analisar a portabilidade do modelo para outras cenas de um mesmo sensor. A possibilidade de se exportar modelos entre projetos no eCognition é uma vantagem que deve ser sempre investigada, pois ajuda a validar modelos e a facilitar o processo de classificação. Apesar das datas analisadas, para ambos os sensores serem referentes a período sazonais distintos, os resultados obtidos para o Landsat foram considerados excelentes, embora o CBERS tenha apresentado muitos problemas. As figuras 5, 6, 7 e 8 apresenta os resultados da exportação dos modelos para as cenas do período 2004-2007.

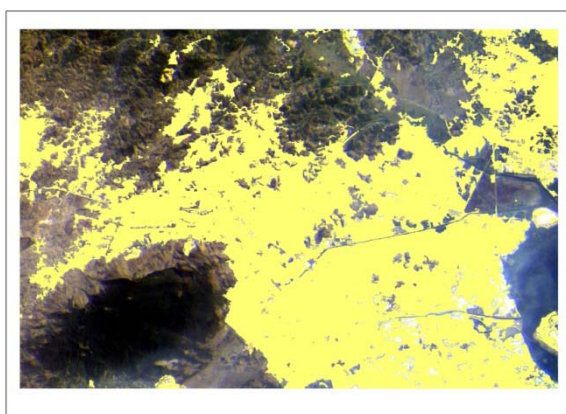


Figura 5: Urbano CBERS 2004.  
Imagem CBERS (05/02/2004) composição RGB 321.

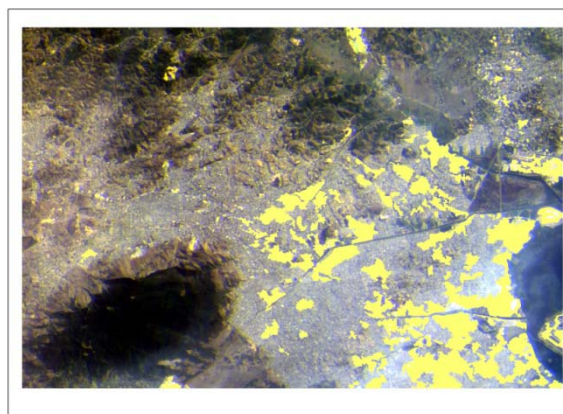


Figura 6: CBERS 2007, modelo de 2004.  
Imagem CBERS (23/09/2007) composição RGB 321.

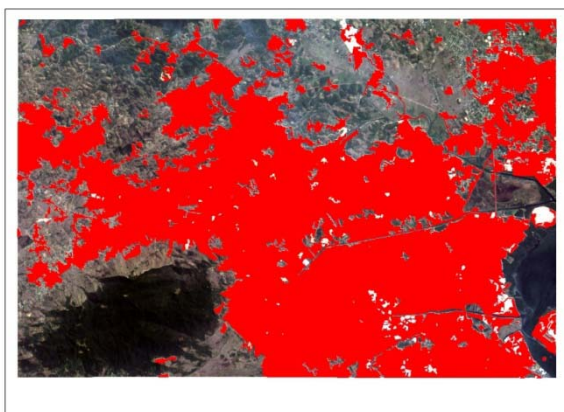


Figura 7: Urbano Landsat 2004.  
Imagem Landsat (30/01/2004) composição RGB 321.

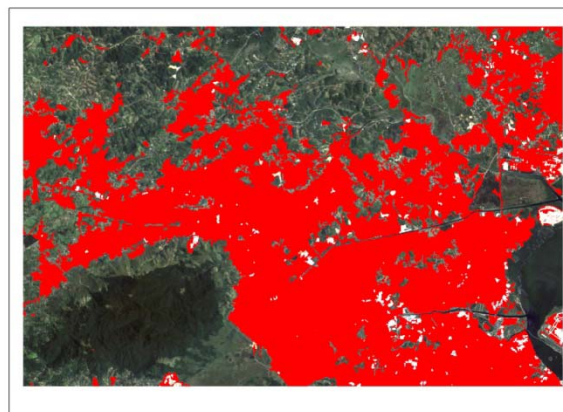


Figura 7: Landsat 2007, modelo de 2004.  
Imagem Landsat (30/09/2007) composição RGB 321.

Utilizando a composição cor-verdadeira (RGB - 321) em todas as imagens e suas respectivas classificações, pode-se verificar que as exportações da modelagem espectral apresentaram grandes diferenças para os dois sensores. Utilizando a pior situação para exportar a modelagem (de um período úmido, meses 01 e 02 de 2004, para um seco, meses 09 e 10 de 2007) o modelo gerado para as imagens do CBERS não apresentou um bom resultado. Para o caso do Landsat foi necessário, apenas, um pequeno ajuste no modelo da Média (*Mean*) da banda três para se alcançar o resultado apresentado.

## 5. Conclusões

Podemos concluir, que a análise comparativa entre o CBERS e o Landsat mostrou que as imagens se assemelham, apresentando descritores bastante parecidos na modelagem espectral da ocupação urbana, e que a falta da banda do infra-vermelho médio no CBERS pôde ser relativamente compensada. Apesar disso, deve-se considerar a necessidade de mais investigações e novas comparações, através da análise de outras áreas, com características de ocupação distintas.

A análise temporal para ambos sensores objetivou a verificação da portabilidade do modelo, o que apresentou ótimos resultados para o Landsat, mas baixo aproveitamento pelo CBERS. Mesmo considerando a variação sazonal entre as datas analisadas, o resultado considerado não satisfatório para o CBERS indica a possibilidade de se ter variações radiométricas importantes entre cenas distintas. Esta falta de uniformidade dificulta a definição de modelos classificatórios que possam ser aplicados em diferentes datas. De qualquer forma, é muito importante avaliar mais imagens CBERS, referentes a diferentes períodos sazonais, e observar se a variação detectada se mantém ou pode ser considerada um caso expúrio.

Os resultados considerados excelentes para o Landsat estimulam novos investimentos em pesquisa para o mapeamento de áreas urbanas, pois mostraram que além de responderem por um alto grau de automatização, os modelos adotados são bastante portáteis e podem ser aplicados para diferentes datas, facilitando operações de monitoramento.

Busca-se agora dar continuidade a este estudo através da modelagem *fuzzy* para a diferenciação de diferentes níveis de intensidade da urbanização.

## 6. Bibliografia

Campbell, J.B. (1996) Introduction to remote sensing. 2a ed. The Guilford Press, New York.

Cruz, C. B. M. (2007) Desenvolvimento de metodologias com suporte de geotecnologias como contribuição à geração de modelos de conservação e recuperação de áreas degradadas no bioma Mata Atlântica. Projeto de pesquisa vinculado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

Cruz, C.B.M.; Vicens, R.S.; Seabra, V.S.; Reis, R.B.; Faber, O. A.; Richter, M.; Arnaut, P.K.E.; Araújo, M. Classificação orientada a objetos no mapeamento dos remanescentes da cobertura vegetal do bioma Mata Atlântica, na escala 1:250.000. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 04., 2007, Florianópolis, SC. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5691-5698.

Earth Science Data Interface (ESDI) at the Global Land Cover Facility  
<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>

Giberti, P. P. C; Barbieri, P. P. G. Aplicação de imagens orbitais de média resolução espacial para o monitoramento da expansão urbana. Município de Ubatuba-SP. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 04., 2007, Florianópolis, SC. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 5269-5275.

IBGE. Malhas municipal 2007. Disponível:

[http://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas\\_digitais/municipio\\_2007/Malha\\_Municipal\\_Digital\\_2007\\_2500/Disseminacao\\_2007/Proj\\_Geografica](http://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2007/Malha_Municipal_Digital_2007_2500/Disseminacao_2007/Proj_Geografica).

Nakamura, J. C. S. e Novo, E. M. L. M. Mapeamento da mancha urbana utilizando imagens de média resolução: sensores CCD/CBERS2 e TM/Landsat5 - estudo de caso da cidade de Rio Branco-Acre. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

Neves, S. M. A. da. S. (2006) Modelagem de um banco de dados geográficos do Pantanal de Cáceres/MT: estudo aplicado ao turismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Pereira, M. N; Correia, V. R. M. Uso de imagens de satélite como subsídio ao estudo do processo de urbanização. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2005.

Santos, R. F. (2004) Planejamento Ambiental: teoria e prática. São Paulo.

Weber E.; Fontana, D. C.; Ducati, J.; Silval, T. R. S.; T. S.; Freitas, L. A. S. Comparação entre resultados de classificação de imagens Landsat e CBERS para estimativa de área cultivada com soja no planalto do Rio Grande do Sul. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 04., 2005, Goiânia. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 321-328.