

Detecção de Mudanças no Uso das Terras no Município de Pelotas (RS, Brasil), no período de 1985 a 2007, por meio de Processamento Digital de Imagens.

Adalberto Koiti Miura^{1,2}
Gisele Mendes Miura³
Antônio Roberto Formaggio¹
Yosio Edemir Shimabukuro¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{miura, formag, yosio}@dsr.inpe.br

²Embrapa Clima Temperado
Caixa Postal 403 - 96.001-970 - Pelotas – RS, Brasil
amiura@cpact.embrapa.br

³Anhanguera Educacional
Faculdade Anhanguera de Jacareí. Rua Santa Catarina, 75 - Vila Pinheiro.
CEP 12307-130 - Jacareí – SP, Brasil
giselemiura@terra.com.br

Abstract: The human activity is the main agent of change in different landscapes, such as what occurs in the natural and rural areas. These changes may have different speeds, being perceived in small lapses of time, as days and months, or may be given over several years or centuries. So, the land use/cover change is one of the most important indicator of environmental conservation conditions and its economic status for a region, which has great association with the socioeconomics facts and phenomena, it is reflecting, as well, the public policies for regional or national developing. The purpose of this study was testing some methods of change detection, in Pelotas Municipality (RS, Brazil), from multitemporal orbital data, evaluating some techniques of digital image processing, such as: vegetation index (NDVI, EVI), *tasseled cap* transformation, principal components analysis and linear spectral mixture model. The orbital data were extracted from three sets of Landsat 5 TM images (WRS 221/82), acquired in 1985, 1995 and 2007, which they were coincided with the summertime, over the agricultural calendar of rice (the main agricultural activity of the municipality). The vegetation indexes were rather insensitive to detect changes among some classes of land use. Meanwhile, the best results were obtained using the linear spectral mixture model. It was also observed, during on the studied period, the urban growth and the decline in agricultural activity by family farming in the upper rural region, while the area occupied by rice plantations of agriculture business in the low lands, remained stable.

Palavras-chave: land cover, agriculture, urban growth, rural-urban migration, multitemporal assessment.

1. INTRODUÇÃO

A presença e permanência humana em determinados espaços geográficos, sejam estes naturais ou já antropizados, significa, necessariamente, em submeter aquela superfície terrestre a uma dinâmica em seu uso ou cobertura. Estes câmbios podem apresentar diferentes velocidades temporais, sendo percebidos em lapsos pequenos de tempo, como dias e meses, ou podem se dar ao longo de vários anos ou séculos. Portanto, são importantes indicadores das condições de conservação ambiental de uma região, de sua pujança ou estagnação econômica, pois tem grande associação com fatos e fenômenos de ordem ambiental e socioeconômica, além de refletir as políticas de desenvolvimento regional ou nacional. O presente trabalho surgiu da necessidade de avaliar alguns métodos de processamento digital de imagens para detecção de mudanças no uso das terras no Município de Pelotas (RS, Brasil), a partir de dados orbitais multitemporais, avaliando algumas técnicas de sensoriamento remoto, tais como: índices de vegetação, transformação *tasseled cap*, análise por componentes principais e modelo linear de mistura espectral, no intervalo temporal compreendido entre 1985 e 2007.

2. Materiais e Métodos

O Município de Pelotas localiza-se no sul do Estado do Rio Grande do Sul (Figura 01), entre as coordenadas 31°19'18" S e 52°36'42" W (canto superior esquerdo); e 31°48'00" S e 52°05'31" W (canto inferior esquerdo), na Mesorregião Metade Sul do Rio Grande do Sul. Com uma população estimada em 339.934 habitantes, Pelotas é considerada município-pólo regional, apresentando um dos maiores PIB (Produto Interno Bruto) e de IDH (Índices de Desenvolvimento Humano) da Metade Sul, porém modestos se comparados com indicadores da Metade Norte do Estado (BRASIL, 2007; FEE, 2007; IBGE, 2007).

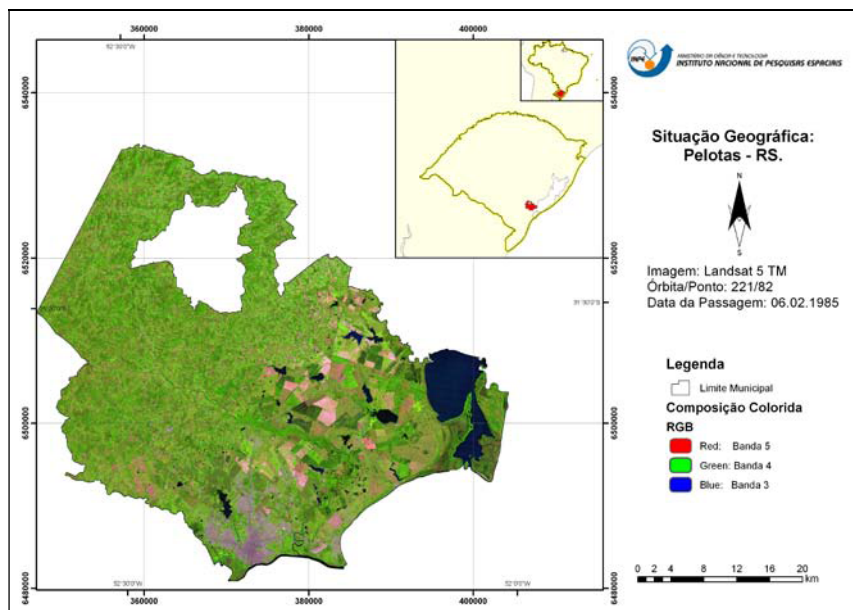


Figura 01 – Situação Geográfica do Município de Pelotas-RS.

Os dados utilizados foram extraídos de três conjuntos (de sete bandas) de imagens Landsat 5 TM (WRS 221/82), provenientes do acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, datadas respectivamente de 06.02.1985, 19.12.1995 e 02.01.2007. Período próximo ao verão, coincidentes com o calendário agrícola do arroz, principal atividade agrária do município. Todos os procedimentos de processamento digital de imagens e de geoprocessamento foram conduzidos com os softwares *ENVI*[®] 4.3 (RSI, 2006), *Spring*[®] 4.3.3 (CÂMARA et al. 1996) e *ArcGis*[®] 9.1 (ESRI, 2007).

Inicialmente, as imagens foram registradas com base em uma cena Landsat 7 ETM, ortorretificada, proveniente do acervo do *Global Land Cover Facility* (NASA, 2003). Adicionalmente as imagens foram transformadas em valores de reflectância e submetidas a uma correção atmosférica, com base na subtração do pixel escuro ou *DOS - dark objects subtraction* - (Chavez, 1988), para minimizar os efeitos de espalhamento, absorção e refração da energia eletromagnética. Isto permitiu compatibilizar os dados multitemporais, uniformizando-os na mesma escala radiométrica (Song, et al. 2001).

A partir dos valores de reflectância de superfície os índices de vegetação foram calculados por meio de operações matemáticas de bandas. Para o cálculo do NDVI e do EVI utilizou-se, respectivamente, das equações propostas por Rouse et al. (1973) e por Huete et al. (2002). A transformação *tasseled cap* sobre as imagens de reflectância de superfície do Landsat 5 TM se deu por meio da aplicação dos coeficientes de transformação concebidos para o sensor ETM do Landsat 7 (Huang et al, 2002)), que considera os valores de reflectância, os quais não são suportados pelo modelo concebido para o sensor TM.

A análise por componentes principais foi aplicada sob o conjunto de imagens antes de se obter os *endmembers* para ser utilizados na análise de mistura espectral, conforme método

utilizado por Bateson e Curtiss (1996) para seleção manual de endmembers em dados de baixa dimensionalidade. A metodologia prevê a análise de diagrama de dispersão em três dimensões que utilizam dados provenientes das primeiras componentes principais para a identificação dos pixels puros. Após o reconhecimento dos pixels puros procedeu-se à obtenção das imagens-fração.

As imagens resultantes do processamento de cada data foram classificadas com base no conjunto de atributos com menor correlação. A classificação supervisionada se deu com a aplicação do algoritmo da máxima verossimilhança.

Neste trabalho, o método para detecção de mudanças ocorridas no uso e cobertura das terras, entre os anos de 1985 e 2007, foi a da imagem diferença. Esta técnica consiste, na subtração, pixel a pixel, de duas imagens para produzir uma terceira imagem que representa as mudanças entre as duas datas (Weismiller et al. 1977; Nelson, 1982), cujo procedimento foi executado com o módulo de operações matemáticas de bandas e de pós-classificação, existentes no software *ENVI*[®].

Adicionalmente foi realizada uma classificação não-supervisionada por meio da análise de agrupamentos (*cluster analysis*), método das *k*-médias, sobre as imagens-diferença. Posteriormente o resultado foi interpretado e buscou-se associar os agrupamentos às mudanças de uso de forma a qualificá-las e quantificá-las (Miura, 1999, com modificações).

3. Resultados

O relevo de Pelotas explica o uso da terra em duas situações bastante distintas: a) uma área mais alta, com elevações até 400 m, de características estritamente rurais onde se desenvolve uma agricultura de base familiar (cultivos de milho, feijão, hortaliças, fumo e fruticultura), com baixo grau de tecnificação e atividades de pecuária leiteira e extrativismo de madeira para fins energéticos (lenha). b) uma área plana, com altitude média de 12 m que concentra as grandes propriedades rurais da região, voltadas à produção de arroz, gado de corte e, mais recentemente, da soja. É nesta região que se localiza a Sede Municipal ao longo do canal São Gonçalo (Figura 02).

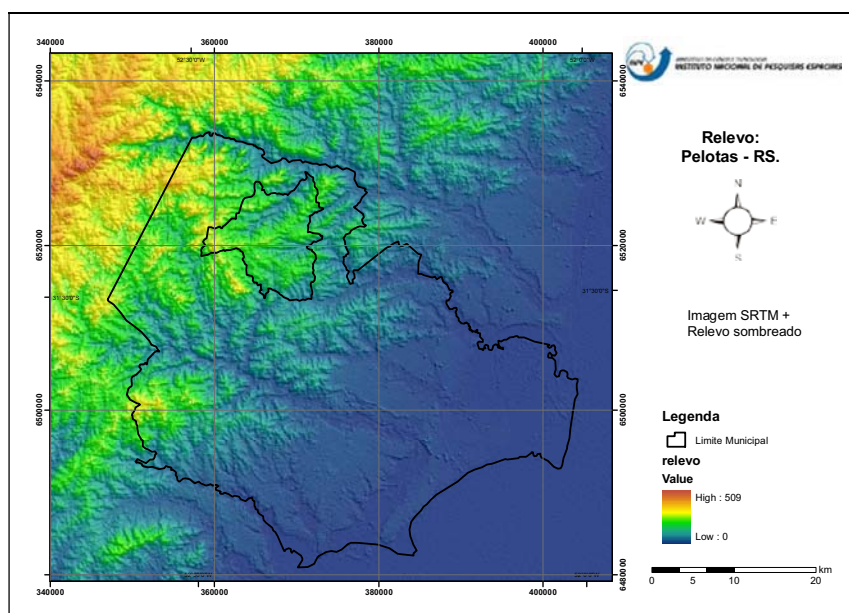


Figura 02 – Modelo Digital do Terreno + relevo sobreado da região de Pelotas - RS.

Ao analisar o período de 22 anos, com base em imagens de três datas (1985, 1995 e 2007), constatou-se que o município de Pelotas apresenta uma baixa dinâmica na cobertura das terras. A inspeção visual das imagens em composição colorida, corroboradas com os índices de

vegetação, demonstra um alto grau de antropismo no espaço municipal, que submete os remanescentes vegetacionais a pequenas, dispersas e fragmentadas áreas, sem nenhum padrão distinto.

Pelotas, na década de 1980, ainda possuía uma grande parte do contingente populacional vivendo na zona rural, motivado principalmente pelo bom desempenho da fruticultura e pelas agroindústrias instaladas no município, em especial as do setor de conservas (Badejo e Callegaro, 2001; Colares e Farias, 2006). Porém, com o declínio do setor, devido aos planos econômicos (final dos anos 1980 e meados de 1990), oscilações do mercado internacional e a custos logísticos ocasionados pela distância dos centros consumidores, o município sofreu com o fechamento das indústrias, assistindo uma mudança no perfil da economia e um processo de migração populacional da área rural em direção ao núcleo urbano (Tabela 01).

Tabela 01 – Variação populacional no município de Pelotas, período 1985 – 2006.

Ano	População Total		População Rural		População Urbana	
	Valor Absoluto	Variação Relativa (%)	Valor Absoluto	Variação Relativa (%)	Valor Absoluto	Variação Relativa (%)
2006	333.947	↑ 9,69	15.435	↓ -38,60	318.512	↑ 14,04
1995	304.448	↑ 12,98	25.140	↓ -40,98	279.308	↑ 23,11
1985	269.478	—	42.595	—	226.883	—

Fonte: FEE (2007).

Foram testadas diferentes combinações de bandas espectrais para proceder a classificação supervisionada das três datas. O conjunto de dados que resultou na melhor classificação foi constituído pelas seguintes bandas: imagem-fração vegetação, imagem-fração água, imagem-fração campo e, terceira componente principal. Os resultados da classificação pelo algoritmo da máxima verossimilhança podem ser observados nas Figuras 03, 04 e 05. Para classificação dos dados orbitais no município, foram atribuídas as classes: área urbana, agricultura, vegetação arbórea, solo exposto, pousio, água e nuvens (esta última apenas para a imagem de 1995). Estas classes gerais foram propostas devido à impossibilidade de trabalho de campo que permitisse o refinamento da classificação, o que tornou impraticável a avaliação da acurácia pelos métodos tradicionais. Entretanto, a experiência do autor na região permitiu que a classificação fosse realizada e um juízo de valor sobre a mesma pudesse ser emitido.

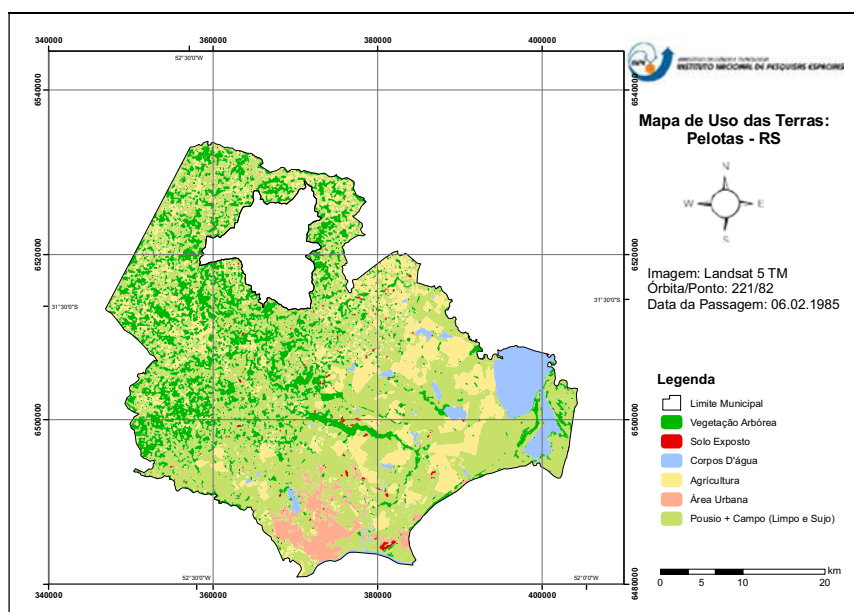


Figura 03 – Mapa de Uso das Terras da região de Pelotas – RS: 1985.

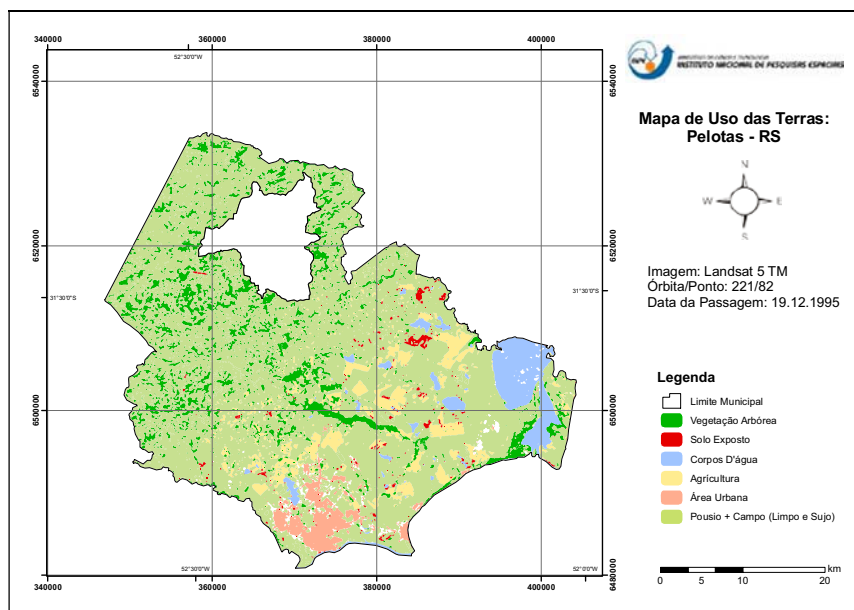


Figura 04 – Mapa de Uso das Terras da região de Pelotas – RS: 1995.

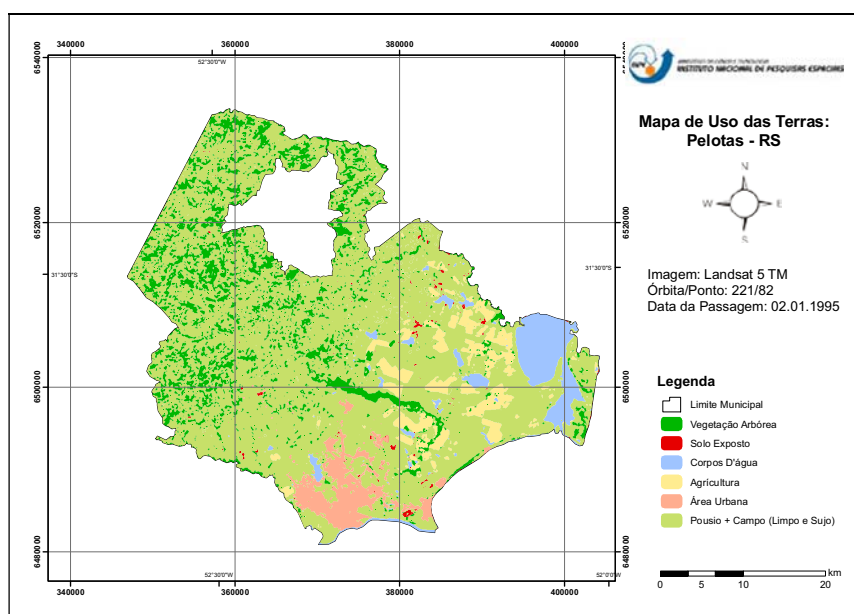


Figura 05 – Mapa de Uso das Terras da região de Pelotas – RS: 2007.

O procedimento da imagem-diferença (Figuras 07 e 08) foi executado sobre a segunda componente principal do conjunto de imagens e sobre o resultado da classificação supervisionada de cada ano. As imagens-diferenças foram submetidas a uma nova classificação (não-supervisionada), permitindo quantificar as mudanças ocorridas no período.

Ao avaliar os mapas pode-se perceber nitidamente o crescimento da área urbana no decorrer deste período em questão e a variabilidade das áreas de agricultura, principalmente “nas terras baixas”. Apesar de não possuir dados sócio-econômicos que corroborem nesta análise, é fácil associar o fenômeno da migração do meio rural para o urbano com o crescimento da cidade, que de 49,9 km² passa a 62,5 km² em 2007 e a redução da área cultivada de 203 km² em 1985, para os atuais 90,6 km².

Cabe destaque a relativa constância da área de vegetação arbórea e o crescimento dos corpos d’água. Este último, justificado pelo surgimento de represas para irrigação do arroz nas terras, baixas.

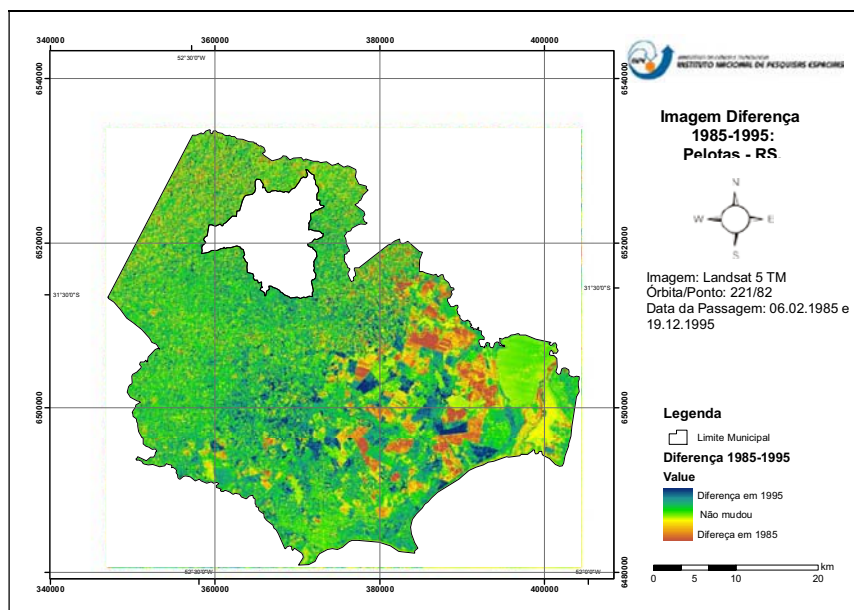


Figura 07 – Imagem-Diferença do Uso das Terras: Pelotas – RS: 1985-1995.

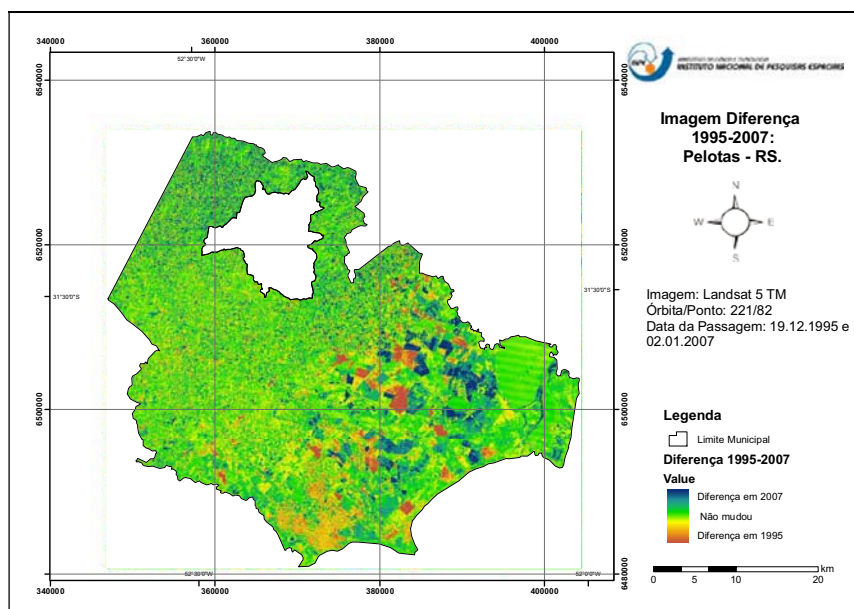


Figura 08 – Imagem-Diferença do Uso das Terras: Pelotas – RS: 1985-1995.

Por realçar as diferenças temporais a imagem-diferença realça as mudanças ocorridas dentro de um determinado recorte temporal e espacial, podendo ser aplicada com objetivo de realçar alvos como expansão de áreas urbanas, mudanças no uso da terra, diferenças sazonais na vegetação, desmatamento ou desflorestamento.

O período em que ocorreram as maiores diferenças foi entre 1985 e 1995, principalmente na imagem de 1995. Isso se deve, grandemente, pela redução da área agrícola, redução da vegetação arbórea e a ampliação da área urbana e das áreas em pousio nas “terras altas” (Tabelas 02 e 03). Foi nestes anos, também, em que houve o maior percentual de classe solo exposto, indicando grande dinâmica no uso e cobertura das terras.

No período compreendido entre 1995 e 2007 houve poucas mudanças. Porém, novamente, o crescimento urbano faz-se notar, pois a condição existente em 1995, não se faz mais notar em 2007.

Tabela 02 - Área de classes de uso do solo em Pelotas – RS, entre 1985 e 2007.

Pelotas. Área Total: 1.608 km ² Classes	1985		1995		2007	
	Área (km ²)	% municipal	Área (km ²)	% municipal	Área (km ²)	% municipal
Área Urbana	49,9	3,1	56,1	3,5	62,5	3,9
Agricultura	203,8	12,7	118,2	7,4	90,6	5,6
Vegetação Arbórea	278,2	17,3	201,0	12,5	227,4	14,1
Solo Exposto	8,6	0,5	13,2	0,8	7,8	0,5
Pousio	989,4	61,5	1131,6	70,4	1135,6	70,6
Água	78,1	4,9	80,2	5,0	85,1	5,3
Nuvens	-	-	7,7	0,5	-	-

Tabela 03 - Diferenças no Uso do solo em Pelotas – RS, entre 1985 e 2007.

	Diferença 1985-1995		Diferença 1995-2007	
	Km ²	%	Km ²	%
Diferença 1985	280,5	17,4	-	-
Não diferença	935,3	58,2	-	-
Diferença 1995	392,2	24,4	178,6	11,1
Não diferença	-	-	1168,1	72,7
Diferença 2007	-	-	261,3	16,2

4. Conclusão

As avaliações temporais com dados de sensoriamento remoto orbital não são tarefas triviais. Existem muitos métodos e cada qual pode ser aplicado a uma realidade distinta. A análise do Modelo Linear de mistura espectral revela-se extremamente sensível para dois alvos antagônicos. A área urbana e a vegetação arbórea, que são extraídos com relativa precisão.

A área de terras baixas do município é de fácil mapeamento, já as terras altas, devido a rugosidade do terreno e tamanho das propriedades rurais são de difícil discriminação e justamente os locais onde há maior incerteza no produto da classificação.

A técnica de detecção de mudanças pela imagem diferença prima pela simplicidade de execução e trás resultados muito interessantes, principalmente, a possibilidade de quantificar as mudanças.

As principais mudanças verificadas referem-se à diminuição da área ocupada por culturas agrícolas e a ampliação da área urbana, fortemente relacionada como movimento rural-urbano descrito pela população municipal, ocasionados pelo declínio da atividade do pólo agroindustrial e pela ampliação do setor de serviços, em especial o comércio.

Como continuidade do presente trabalho serão testados outros métodos de detecção de mudança, inclusive aqueles que levam em consideração a determinação do vetor de mudança, operações em SIG, em especial os baseados em *overlay* e álgebra de mapas, bem como os modelos de dinâmica espacial.

Referências

BADEJO, M. S. ; CALLEGARO, D. Agregação de valor ao cliente e formação de preço - um estudo da cadeia produtiva de pêssego de Pelotas/RS. Congresso Internacional de Economia e Gestão de Negócios (Networks), 3 Ribeirão Preto, 2001. **Anais ...** Ribeirão Preto: FEA- USP, 2001. Disponível em: <<http://www.fearp.usp.br/egna/resumos/Badejo.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2008.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Programa de Sustentabilidade de Espaços Sub-regionais – PROMESO. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/programas/programasregionais/index.asp?area=spr_promeso>. Acesso em 29.07.2007.

BATESON, A.; CURTISS, B. A method for manual endmember selection and spectral unmixing, **Remote Sensing of Environment**, v. 55, n. 3, p. 229-243, 1996.

CÂMARA G; SOUZA R. C. M.; FREITAS U. M.; GARRIDO J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

CHAVEZ JR., P.S. An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 9, p. 459-479, set. 1988.

COLLARES, L.B.C.; FARIA, E. Gênero e mercado de trabalho em Pelotas: balanço dos últimos anos. **Mulher e Trabalho**, v. 6, p. 27-39, 2006.

ESRI. **Arc GIS: the complete Geographic Information System**. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>>. Acesso em: 15 ago. 2007.

FEE. **Resumo estatístico RS: Municípios : Pelotas** .Disponível em: < http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_municipios_detalhe.php?municipio=Pelotas >. Acesso em 11 mar. 2007.

HUETE, A.R. DIDAN, K., MIURA, T., AND RODRIGUEZ, E. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. **Remote Sensing of Environment**, v.83, v.1-2, p.195-213, 2002.

HUANG, C.; WYLIE, B.; YANG, L.; HOMER, C.; ZYLSTRA, G. Derivation of a tasselled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, n. 8, p. 1741-1748, 2002.

IBGE. Pesquisa Nacional por amostra de domicílios 1998 / 2003. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/brasil_em_sintese/default.htm>. Acesso em 26/04/07.

MIURA, A.K. **Identificação e quantificação de áreas de formação pioneira de influência fluvial do litoral centro-sul paranaense, por meio de técnicas de sensoriamento remoto**. Curitiba, 1999. 118 fls. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná (UFPR).

NASA. Landsat Program. **Landsat TM scene p227r069_7t20010730**, Sioux Falls: USGS, 2003. Disponível em: < <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/landsat/>>. Acesso em 15.ago.2007.

NELSON, R. Detecting forest canopy change using Landsat. Greenbelt: Nasa/GSFC, 1982.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: **ERTS-1 Symposium**, 3., 10-14 December, Washington, DC. Proceedings. Washington, NASA SP-351, p. 309-317, 1973.

RSI. Research Systems Inc. **Envi 4.3.**, Boulder: RSI, 2006. 1 CD-ROM.

SONG, C.; WOODCOCK, C.E.; SETO, K. C., LENNEY M., P., MACOMBER, S., A. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects. **Remote Sensing of Environment**, v. 75, n. 2. p. 230- 244, 2001.

WEISMILLER, R.A.; KRISTOFF, S.J.; SCHOLZ, D.K.; ANUTA, P.E.; MOMIM, S.A. Change detection in coastal zones environments. **Photogrameric Engineering and Remote Sensing**, v.43, n.12, p. 1533-1539, 1977.