

Análise da expansão de área agrícola do Município de Lucas do Rio Verde - GO entre os anos de 1986 e 2007

Silvia Cristina de Jesus¹
Gustavo Bayma Siqueira da Silva¹
Vagner Azarias Martins¹
Adalberto Koiti Miura¹

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

Abstract: Conversions of natural landscapes to croplands can be evaluated by remote sensing techniques, more specifically by change detection methods and by multitemporal data. These are essential sources of information to understand land use and land cover dynamics. This work has arisen from needing to compare differences in land cover using two Landsat /TM datasets throughout the time (1986 and 2007). It aims to quantify the increase of croplands in Lucas do Rio Verde, in the State of Goiás – Brazil, and the loss of native vegetation in that region. Change detection on land use and land cover was evaluated by difference image between 1986 and 2007 vegetation index. Difference image between NDVI's has brought changed areas out, although it has been affected by variances in the crop calendar on the moment of images acquirement. By applying morphological filters on both datasets, a good estimate of agricultural area and its expansion was obtained. Difference image between filtrated images allowed to identify sites of change on land use and land cover. Morphological proceedings seem to be useful to discriminate dichotomous conditions, as for instance croplands and native vegetation. Further, an unsupervised classification by cluster analysis (k-means algorithm) to both datasets has been carried out, but the results have been damaged by clouds cover.

Palavras-chave: vegetation index, NDVI, morphological filters, difference image, índices de vegetação, filtros morfológicos, imagem-diferença

1. Introdução

Desde a década de 1980, com a expansão da produção de grãos no país, a questão da fronteira agrícola passou a centralizar as discussões referentes a economia e meio ambiente. A região Centro-Oeste até então mais voltada à pecuária de corte foi ocupada por agricultores das regiões Sul e Sudeste que foram atraídos principalmente pelo baixo valor da terra e passaram a explorar esse território. Esta região em poucos anos passou a ser a maior produtora de grãos do país, este crescimento trouxe para região um desenvolvimento instantâneo. Entretanto, a agricultura avança em regiões de Cerrado e floresta Amazônica. Mais especificamente a região norte do estado de Mato Grosso passou por importantes alterações sofrendo nas últimas duas décadas importantes modificações na configuração espacial de sua fronteira agrícola em relação a vegetação nativa (SOUZA, 2006). A redução das áreas de Cerrado pode ser atribuída principalmente à crescente demanda de novas áreas para agricultura. Características como topografia plana e condições climáticas adequadas enquadram este bioma como uma região com condições para o desenvolvimento de culturas anuais.

A rápida conversão das paisagens naturais para espaços destinados à agricultura pode ser monitorada por técnicas de sensoriamento remoto, mais especificamente por métodos de detecção de mudanças a partir de dados multitemporais. Deste modo, o presente trabalho surgiu da necessidade de se comparar diferenças na cobertura das terras em dados multitemporais (1986 e 2007). Foram empregados índices de vegetação e filtros morfológicos com o objetivo de verificar o avanço da área agrícola no Município de Lucas do Rio Verde - GO em detrimento de áreas de vegetação nativa.

2. Materiais e Métodos

2.1 Área de estudo

O Município de Lucas do Rio Verde está localizado no norte do Estado do Mato Grosso, delimitado pelas coordenadas 12°38'16"S e 56°39'35"W; e 13°28'06"S e 55°51'44"W, a 350 km da capital Cuiabá, pela rodovia BR 163, na região Centro-Oeste do país (Figura 1). A vegetação nativa é constituída por fitofisionomias de Cerrado nas áreas altas e floresta nas matas ciliares e áreas baixas; apesar disso o município não consta no IBGE como pertencente ao bioma Amazônico. O município ocupa o segundo lugar na lista dos maiores produtores de grãos do Brasil segundo dados da Pesquisa Agrícola Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (PAM/IBGE, 2007). Em 1990 a área plantada de soja foi de 65.351 ha, enquanto que em 2006 a área foi de 224.420 hectares um aumento de 243% atrás apenas do município adjacente de Sorriso-MT. A primeira colheita anual de soja é realizada em Lucas do Rio Verde o que antecipa a produção de milho safrinha no município. Em relação a este produto, o município responde por 10% da produção nacional. Ainda se destacam os cultivos de algodão e de arroz.

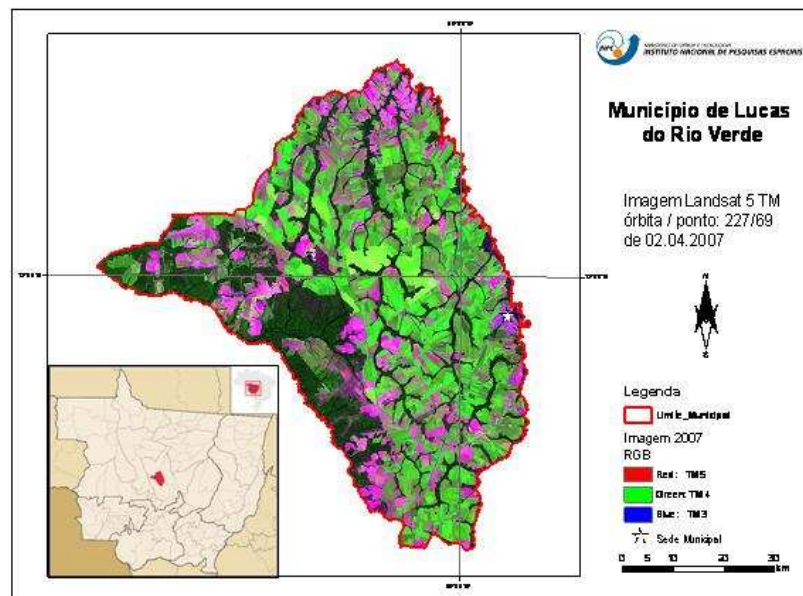


Figura 1. Situação Geográfica do Município de Lucas do Rio Verde (MT)

2.2 Processamento Digital de Imagens

Para o processamento digital de imagens, foi utilizado o *software ENVI 4.5*[®] (RSI, 2008). As imagens foram registradas com base em uma cena Landsat 7 ETM, ortorretificada, proveniente do acervo do *Global Land Cover Facility* (NASA, 2003). Adicionalmente foi realizada uma correção atmosférica, com base na subtração do pixel escuro ou *DOS - dark objects subtraction* - (CHAVEZ, 1988).

Os índices de vegetação foram calculados por meio do uso de um módulo para operações matemáticas de bandas (*Band Math*) existente no *software ENVI*[®] (RSI, 2008). Para o cálculo do NDVI, foi utilizada a equação proposta por Rouse et al. (1973) (Equação 1).

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{(IVP)} - \rho_{(Vermelho)}}{\rho_{(IVP)} + \rho_{(Vermelho)}} \right) \quad (1)$$

Neste trabalho, o método para detecção de mudanças ocorridas no uso e cobertura das terras, entre os anos de 1986 e 2007, foi a da imagem diferença. Esta técnica consiste, na

subtração, pixel a pixel, de duas imagens (NDVI 1986 pela NDVI 2007) para produzir uma terceira imagem que representa as mudanças entre as duas datas (NELSON, 1982).

Para quantificar as áreas de vegetação natural e as áreas agrícolas do município foram empregados procedimentos de morfologia matemática, que são baseados na aplicação de operações matemáticas em conjunto de pixels para ressaltar aspectos específicos das formas, permitindo que sejam contadas ou reconhecidas (SOUZA e SANTOS, 2007).

As imagens contendo o NDVI para as datas de 1986 e 2007 foram realçadas de forma a aumentar o contraste entre as áreas de vegetação natural e das áreas agrícolas, sendo, em subsequência, convertidas para valor binário, para aplicação um filtro morfológico de abertura (erosão seguido de dilatação), com um elemento estruturante quase-circular com 25 vizinhanças.

Adicionalmente foi realizada uma classificação não-supervisionada por meio da análise de agrupamentos (*cluster analysis*), método das *k*-médias, para as imagens de 1986 e 2007, considerando apenas as bandas espectrais 5, 4 e 3 (SWIR, NIR e vermelho em RGB). Este método, a partir de número de classes (*k*) fornecido, calcula e atribui, inicialmente, cada pixel a uma classe, distribuindo-as uniformemente no espaço. Os pixels são reagrupados, a cada iteração, considerando as *k* classes preestabelecidas e a melhor partição dos *n* pixels será aquela que otimiza o critério escolhido, neste caso, a Mínima Distância Euclidiana. O processo é repetido até o limite de iterações fornecido ou até que a mínima distância seja obtida (GONZÁLEZ e WOODS, 2002). Posteriormente o resultado foi interpretado e buscou-se associar os agrupamentos às feições correspondentes do terreno.

3. Resultados

O uso da técnica de imagem diferença para a detecção de mudanças no uso e cobertura das terras é um procedimento de fácil implementação. Porém, é uma análise visual complexa, em que os níveis de cinza (ou cores no caso de composições coloridas), não tem significado espectral, apenas realça as mudanças ocorridas dentro de um determinado lapso temporal e/ou interstício espacial. É utilizada para detectar a dinâmica do uso e cobertura das terras, como a expansão de áreas urbanas, mudanças no uso da terra, diferenças sazonais na vegetação, desmatamento ou desflorestamento, monitoração de áreas agrícolas, dentre outros. A imagem diferença entre os NDVI das duas datas (Figura 2) revela quais foram os alvos que se modificaram durante o intervalo de tempo em análise e quais permaneceram inalterados.

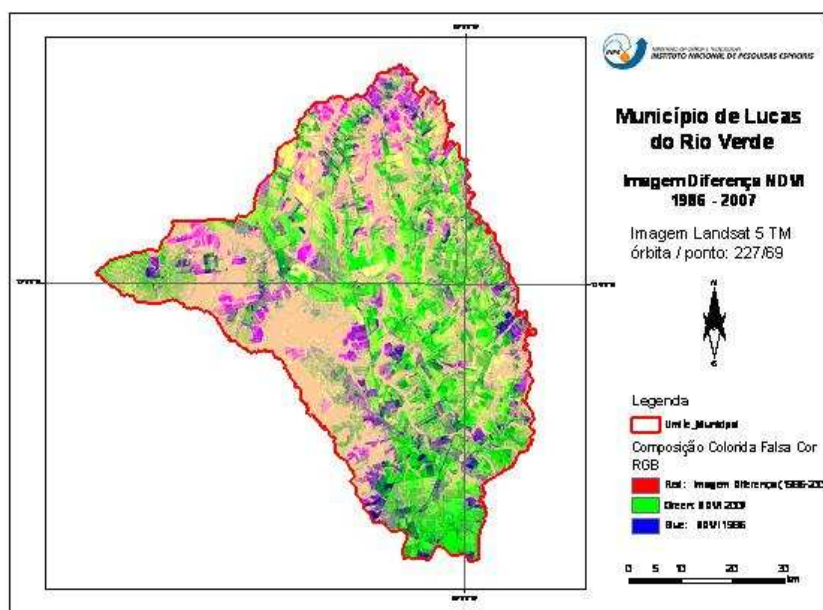


Figura 2. Composição colorida da imagem diferença entre os NDVI das datas de 1986 e 2007.

Na Figura 2, as áreas em amarelo-palha correspondem à vegetação natural que não sofreu alteração. Em magenta estão os locais onde a vegetação foi suprimida com fins agrícolas; em verde as áreas agrícolas existentes nas duas datas; em amarelo, os novos cultivos; em azul as áreas de solo exposto (incluindo-se a área urbana) concordantes nas duas datas; os outros tons de azul correspondem a áreas com solo exposto ou preparado em 1986 que tiveram alteração de condição em 2007. A imagem diferença entre os NDVI's foi submetida a uma classificação não supervisionada e os rótulos resultantes foram associados a classes de uso das terras, porém o resultado não foi satisfatório, sugerindo, novamente, que o efeito da sazonalidade e as diferenças relativas ao calendário agrícola entre as datas pode prejudicar este tipo de análise.

Outro tipo de abordagem empregada foi à aplicação de filtros morfológicos do tipo abertura sobre os índices NDVI das duas datas, cujo produto pode ser visto na Figura 3. As imagens resultantes estão binarizadas, isto é tem resolução radiométrica de 1 bit, resultando em um produto preto (vegetação natural) e branco (áreas antrópicas agrícolas). É bastante evidente a diferença na proporção de áreas agrícolas pelo total de vegetação natural entre as duas datas. A imagem diferença resultante da subtração entre as imagens filtradas (Figuras 3 e 4) permite identificar e contabilizar, com relativa precisão, as regiões da imagem onde as mudanças de uso e cobertura das terras ocorreram.

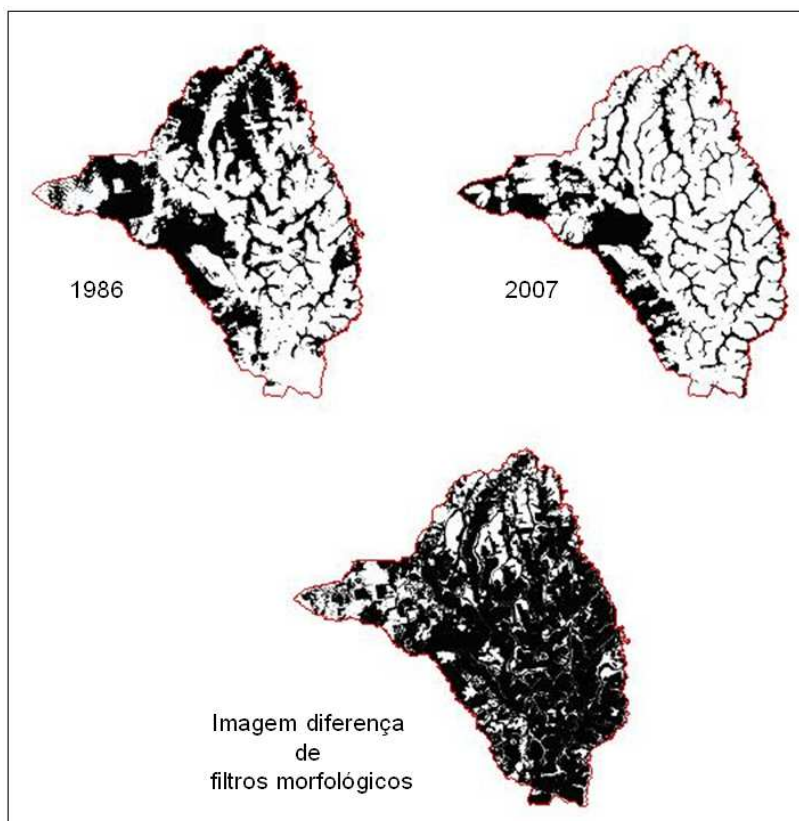


Figura 3. Imagens binárias resultantes da aplicação de filtros morfológicos do tipo abertura. Imagem diferença entre as imagens filtradas de 1986 e 2007.

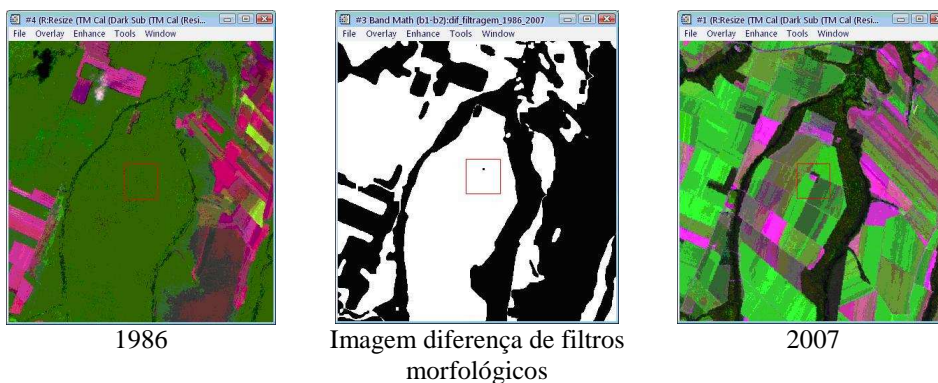


Figura 4. Detalhe da Imagem diferença entre as imagens filtradas de 1986 e 2007 e comparação com a composição colorida das duas datas.

Na Figura 5, os locais em verde identificam as áreas antrópicas agrícolas; em vermelho as regiões que se modificaram no período de tempo analisado; em azul os remanescentes de vegetação natural que foram conservados. As imagens resultantes da aplicação de filtros morfológicos do tipo abertura sobre os índices NDVI foram vetorizadas a fim de compor um plano de informação em SIG e terem suas áreas contabilizadas. Para os dados de 1986 (Figura 6a) identificou-se um total de 2.132 km² de paisagens agrícolas, perfazendo 58,3% da área municipal (Tabela 1). Em 2007 (Figura 6b) este total foi ampliado para 2.637 km², significando um crescimento de 23,7 % em relação aos dados de 1986. Por outro lado, as áreas de vegetação natural tiveram uma redução de 33,1% do total existente em 1986, estando restritas em 2007 a somente 28% do total territorial municipal (Tabela 1).

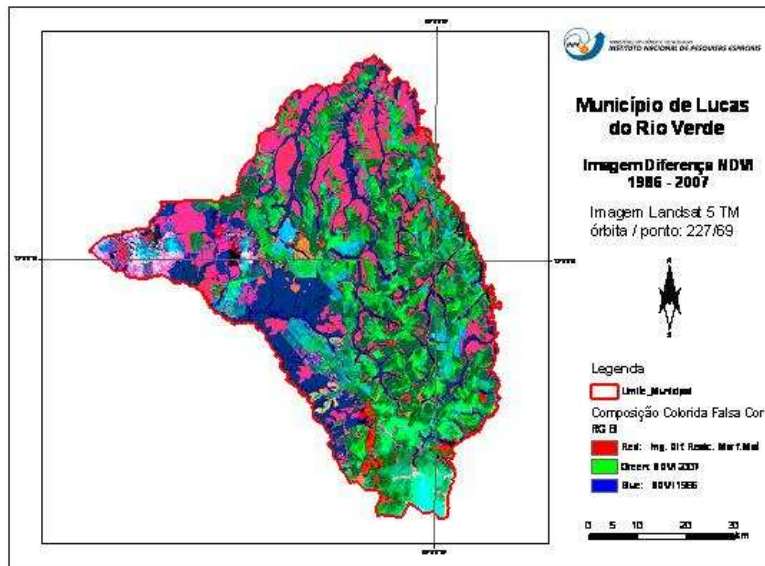
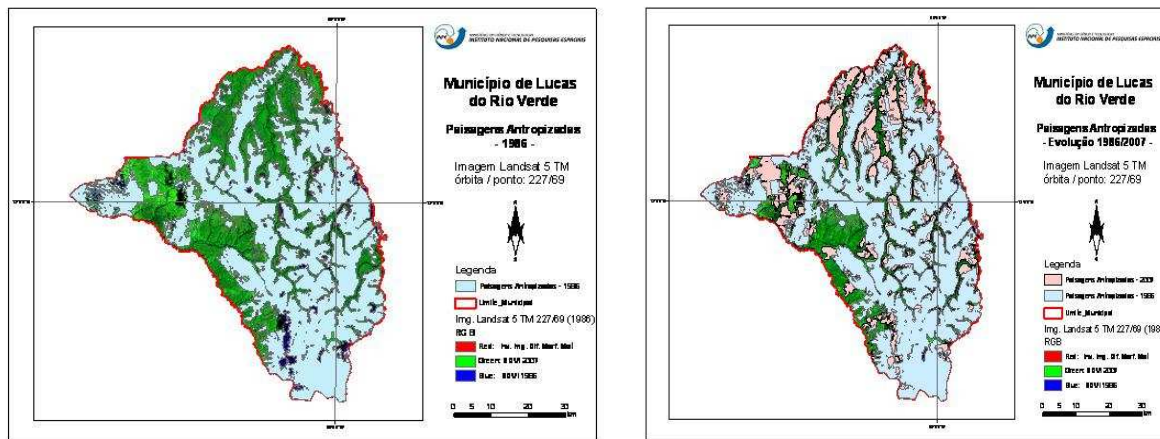


Figura 5. Detalhe da Imagem diferença entre as imagens filtradas de 1986 e 2007 e comparação com a composição colorida das duas datas.



a) b)
 Figura 6. Áreas antrópicas agrícolas inventariadas para os dados de a) 1986, e b) 2007.

Em outra abordagem efetuada, por meio de uma classificação não supervisionada (método das k -médias) das bandas espectrais 5 (SWIR), 4 (NIR) e 3 (vermelho), foram obtidos resultados um pouco diferentes (Tabela 1), por considerar as nuvens que aparecem na imagem de 1986. Estas foram digitalizadas, para que a área correspondente fosse retirada do cálculo da classificação nos dois anos considerados.

Tabela 1. Áreas agrícolas e de vegetação natural para os anos de 1986 e 2007.

Classe	Filtros morfológicos de abertura				Classificação não supervisionada			
	Área (km ²)		Part. (%)		Área (km ²)		Part. (%)	
	1986	2007	1986	2007	1986	2007	1986	2007
Agricultura	2.132	2.637	58,3	72	1.157	2.025	31,6	55,4
Vegetação Natural	1.526	1.021	41,7	28	1.927	1.058	52,7	28,9
Cobertura por Nuvens	-	-	-	-	574	574	15,7	15,7
Total	3.658	3.658	100	100	3.658	3.658	100	100

Desta forma, a imagem de 2007 que não apresentou ocorrência de nuvens teve a área correspondente à ocorrência de nuvem (15,7%) em 1986 desconsiderada, para que as comparações da extensão da classificação pudessem ser realizadas. Segundo este método, as áreas antrópicas agrícolas de 1986 (Figura 7a) apresentaram um crescimento de 75%, saltando de 1.157 km² para 2.025 km² em 2007 (Figura 7b).

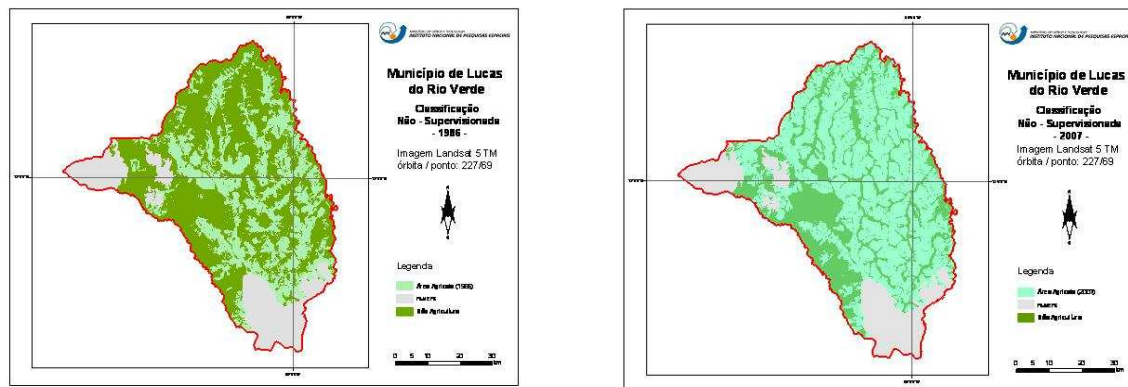


Figura 7. Áreas antrópicas agrícolas para os dados de a) 1986 (classificação não supervisionada), e b) 2007 (classificação supervisionada).

Neste mesmo período as áreas de vegetação natural tiveram uma redução de cobertura em torno de 45%, restando em 2007 apenas 1.058 km², principalmente ao longo dos rios, em áreas de reserva legal. A ampliação das áreas antrópicas agrícolas e a vegetação natural remanescente estão representadas na Figura 10.

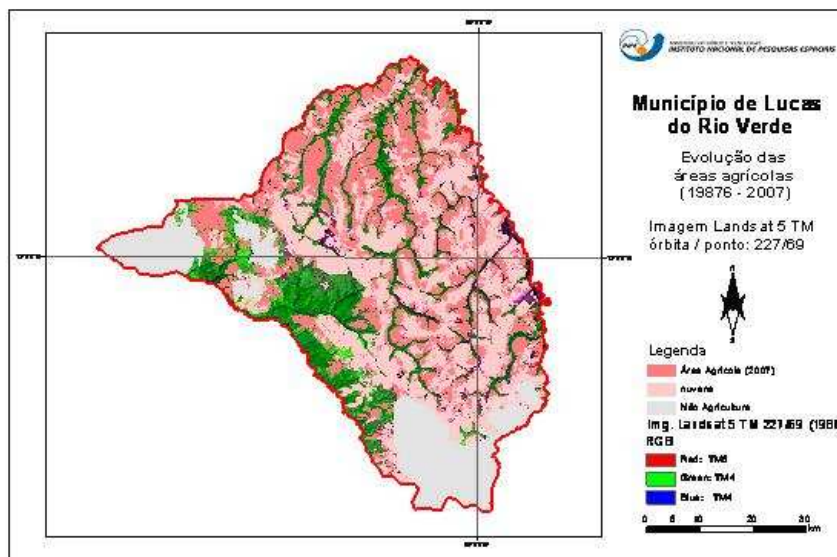


Figura 10. Classificação não supervisionada: ampliação das áreas antrópicas agrícolas de Lucas do Rio Verde em 2007.

4. Conclusão

A análise de índices de vegetação traz boas informações para a interpretação de alvos de interesse agrícola e florestal, bem como para a detecção de mudanças no uso e cobertura das terras, quando comparadas temporalmente. Porém, neste trabalho, tanto para a comparação do NDVI e do EVI para as datas de 1986 e 2007, quanto para a estimativa do EVI para 1986, não foi considerado as diferenças relativas à sazonalidade, o que comprometeu a análise dos resultados, principalmente devido às diferenças de ângulo solar nas datas de aquisição das imagens, dezembro de 1986 (final de primavera, início de verão) e abril de 2007 (outono). O NDVI é muito sensível às diferenças de ângulo solar (geometria de aquisição das imagens) o que confere características anisotrópicas quando da comparação entre as datas. Outro fator que interferiu na comparação destes índices se refere às diferenças entre o calendário agrícola no momento de aquisição das imagens, fato este que não permite uma avaliação conclusiva sobre a evolução do uso e cobertura das terras. O uso da imagem diferença entre os NDVI de 1986 e de 2007 retornou um produto bastante interessante, revelando os locais de mudança de uso. Porém pelos problemas já abordados, as diferenças sazonais relativas à época de aquisição dos dados comprometem a interpretação dos resultados, inviabilizando inclusive a classificação não supervisionada, cujos resultados não foram inclusos neste trabalho.

Os procedimentos de morfologia matemática se mostraram muito interessantes para separar situações dicotômicas como, por exemplo, as áreas antrópicas agrícolas e as áreas de vegetação natural. Porém em situações onde é necessário detectar o *continuum* entre as classes temáticas, como por exemplo, as áreas de transição entre cerrado e floresta, este procedimento não é capaz de retornar uma solução satisfatória, superestimando ou subestimando o resultado. Da aplicação dos filtros morfológicos de abertura para os dois tempos analisados, obteve-se uma boa estimativa para as áreas antrópicas agrícolas e de sua evolução. O resultado obtido pela classificação não supervisionada foi semelhante para a vegetação, porém o resultado para as áreas antrópicas agrícolas foi prejudicado pela condição de nuvens da imagem de 1986, retornado valores incompletos.

Referências

- Chavez., P.S. Jr. 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.
- Gonzalez, R.C.; Woods, R.E. **Digital Image Processing**. 2 ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 793 p.
- Huete, A.R.; Justice, C.; Liu, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS EOS. **Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 3, p. 224-234, 1994.
- IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 30 de ago. de 2008.
- 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.
- Neter, J.; Kutner, N.H.; Nachtsheim, C.J.; Wasserman, W. **Applied Linear Statistical Models**. 4 ed. Boston: McGraw Hill, 1996.
- 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. Environment for Visualizing Images - ENVI. ver. 4.5. Boulder, CO, USA: ITT Industries. 2008.
- Souza, A.I.; Santos, A.S. **Morfologia matemática**. Disponível em: <www.inf.ufsc.br/~visao/morfologia.pdf>. Acesso em 01 set. 2008.
- Souza, E. A. Capitalismo e agricultura numa área de expansão da sociedade brasileira – o norte de Mato Grosso. In: VII Congresso Latino-Americano de Sociologia Rural, 7., 2006, Quito, Equador. **Anais...** Disponível em <<http://www.alasru.org/inscri/alasru2006.htm>>. Acesso em 31 de ago. de 2008.