

Análise da Fronteira Agrícola no Município de Lucas do Rio Verde Utilizando Imagens LANDSAT/TM-5

Vagner Azarias Martins

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

Abstract. Agricultural frontier expansion without planning at the fragile ecosystems areas is highest questioned for civil society, governments and researchers from different fields of knowledge. This paper aims to measure the progress of the agricultural areas in Lucas do Rio Verde municipality, placed in Mato Grosso state (Brazil), from multi-temporal analysis of Landsat/TM-5 images of three years: 1986, 1997 and 2007. Four classes (vegetation, river and lakes, agriculture areas and pasture) are mapped from three classifications, two non-supervised (Isoseg and K-Means) and one supervised (Maxver). Kappa index showed that the Isoseg classification has better results. Classifications analysis between the three periods (1986-1997), (1997-2007) and (1986-2007) showed that the agricultural areas advance on other classes principally in the first period (1986-1997). Between 1986 and 1997 agricultural areas grew 132%. But, between 1997 and 2007 the agricultural area has remained fairly stable. This study emphasizes the importance of remote sensing as a tool for land use monitoring and to help a sustainable agricultural growth.

Palavras-chave. agricultural frontier, sustainable development, non-supervised classification, supervised classification, fronteira agrícola, desenvolvimento sustentável, classificação não supervisionada, classificação supervisionada

1. Introdução

Conforme Marques (2008) o Brasil possui aproximadamente 390 milhões de hectares de terras agricultáveis, sendo que deste total, 90 milhões ainda não são explorados. A exploração destas áreas produz riquezas ao país, pois, o agronegócio responde por aproximadamente 30% do PIB nacional. Entretanto, essa expansão desenfreada causa danos imensos ao meio ambiente. Um recente estudo afirma que *“a expansão da fronteira agrícola em território brasileiro tem ocorrido sem um planejamento apoiado em estudos de impacto ambiental, resultando na ocupação indiscriminada de ecossistemas frágeis, tendo como conseqüências, prejuízos de ordem financeira, social e ambiental”* (Embrapa, 2007).

Desde os anos 80 com a expansão da produção de grãos no país, a questão da fronteira agrícola passou ao centro das discussões. A região Centro-Oeste, até então mais voltada a pecuária de corte, foi *“invadida”* por agricultores da região Sul e Sudeste que, atraídos principalmente pelo baixo valor da terra, passaram a explorá-la para fins agrícolas.

Esta região em poucos anos passou a ser a maior produtora de grãos do país, ocasionando um desenvolvimento regional instantâneo. Entretanto, a agricultura avança em regiões de cerrado e floresta amazônica. Dois pontos estão sendo exaustivamente debatidos: 1) a questão ambiental: racionalidade econômica das decisões de desmatamento na fronteira agrícola (Young e Fausto, 1997), 2) a questão econômica: desenvolvimento regional e a importância dos grãos como alimento e produto de exportação.

Mais especificamente, a região norte do estado de Mato Grosso é a principal fronteira agrícola e isto tem alterado a sua configuração, desmatando a sua vegetação nativa (Souza, 2006). Configura-se então um cenário onde a velocidade do crescimento econômico em diversos municípios desta região é semelhante à velocidade de seu desmatamento.

Diversos trabalhos como o PRODES - Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia (Câmara; Valeriano e Soares, 2006) que estima a taxa anual de desflorestamento e o DETER - Detecção de Desmatamento em Tempo Real (Valeriano et al., 2007) que monitora o desmatamento a cada quinze dias, procuram de forma sistemática monitorar o avanço do desmatamento, especialmente, na área intitulada *“Amazônia Legal”*.

Neste contexto, o presente trabalho surgiu da necessidade de se comparar diferenças na cobertura do solo em dados multitemporais, por meio do uso de técnicas de processamento digital de imagens com o objetivo de verificar o avanço de culturas agrícolas no município de Lucas do Rio Verde.

2. Materiais e Métodos

O município de Lucas do Rio Verde está localizado no norte do estado de Mato Grosso a 350 km da capital Cuiabá na região Centro-Oeste do país a 13° 03'01"S e 55° 54'40" O, estando a uma altitude de 390 metros e é cortado pela BR-163 – Cuiabá – Santarém (Figura 1). Sua população estimada é de 23.961 habitantes (IBGE, 2000). A vegetação nativa é constituída por fitofisionomias de cerrado nas áreas altas e floresta nas matas ciliares e áreas baixas. 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 com soja foi de 65.351 ha, enquanto que em 2006 a área foi de 224.420 um aumento de 243% atrás apenas do município adjacente de Sorriso-MT. Lucas do Rio Verde é um município “jovem” e teve sua emancipação político-administrativa promulgada em 1989.

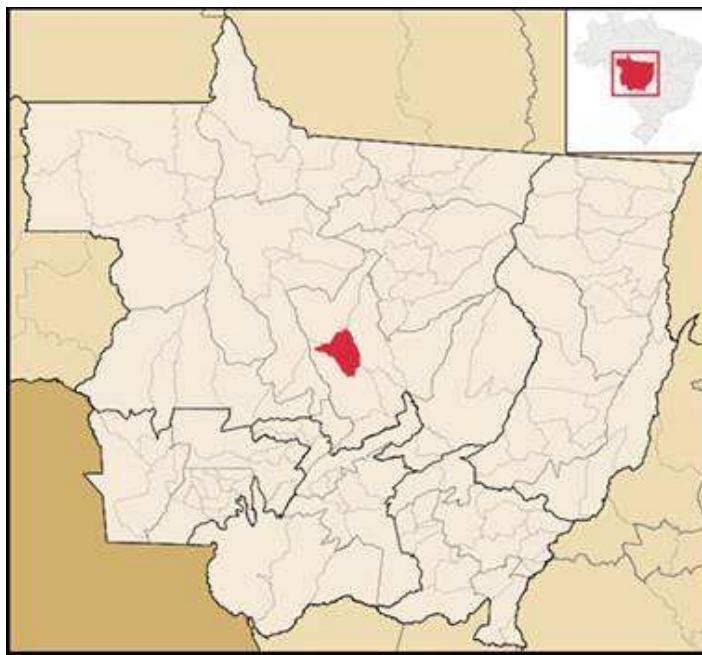


Figura 1 – Localização da área de estudo

Os dados utilizados foram extraídos de três conjuntos de imagens Landsat/TM 5, referente ao Município de Lucas do Rio Verde (MT), de órbita/ponto 227/69, datadas, respectivamente, de 20.12.1986, 15.10.1997 e 02.04.2007. Para o processamento digital de imagens, foram utilizados os softwares ENVI 4.2 (RSI, 2006) para o georreferenciamento e *SPRING 4.3.3*[®] (SPRING, 1996) para os demais processamentos. As imagens foram georeferenciadas com base em uma cena Landsat/ETM 7, ortorretificada, de 30.07.2001 proveniente do acervo do *Global Land Cover Facility* (NASA, 2003).

Muitos autores (Gomes-Loebmann et al., 2005; Aguiar et al., 2005) vêm empregando técnicas de sensoriamento remoto para o mapeamento da cobertura terrestre e monitoramento dos recursos naturais. No entanto, os dados provenientes do sensoriamento remoto necessitam ser processados e, posteriormente, analisados para que sejam extraídas informações de interesse.

A classificação supervisionada depende da coleta de amostras das classes que serão

discriminadas na imagem. Sua coleta é realizada de forma que pixels amostrados relativos às classes de interesse sirvam de referência para que o algoritmo de classificação possa identificar e mapear na imagem os pixels com comportamento semelhante. É indicada em casos em que a área de estudo é bem conhecida. A concordância da classificação final depende de alguns fatores como o tamanho, a composição e a natureza das áreas de treinamento (Foody e Marthur, 2006; Mather, 1999).

A classificação não-supervisionada é geralmente utilizada quando não se têm um conhecimento prévio ou informações suficientes da área de estudo. É realizada de forma que os pixels são agregados em diferentes classes baseado apenas em algoritmos estatísticos. Neste caso o usuário não realiza treinamento para as amostras de classes (Mather, 1999).

Paralelamente, a interpretação visual de imagens é uma prática comumente realizada para a discriminação dos diferentes tipos de vegetação e monitoramento do meio ambiente. Este método se mostra bastante eficiente, quando existe o conhecimento *in loco* da área de estudo pelo técnico responsável pela interpretação. Geralmente é utilizada com a finalidade de refinar dados resultantes de uma classificação automática, supervisionada ou não.

Neste trabalho serão comparadas três classificações, sendo, duas não-supervisionadas (Isoseg e K-Médias) e uma supervisionada (Maxver) na cena de 2007, as imagens serão classificadas em quatro classes: florestas, rios e lagos, área agrícola e pastagem. A área urbana foi omitida desta classificação para não causar confusão com áreas de solo exposto, a partir dessas classificações o melhor algoritmo de classificação identificado pelo índice de concordância *Kappa* será utilizado para classificar as cenas de 1986 e 1997. A partir da classificação das três cenas será avaliada a evolução da fronteira agrícola em três períodos (1986-1997), (1997-2007) e (1986-2007) no município de Lucas do Rio Verde.

Como “*verdade de campo*” será utilizado o mapeamento total da área de estudo com auxílio de especialistas, realizado através de edição matricial.

3. Resultados e Discussão

Conforme a metodologia descrita foi realizada a edição matricial da imagem de 2007 referente ao município de Lucas do Rio Verde-MT (Figura 2).

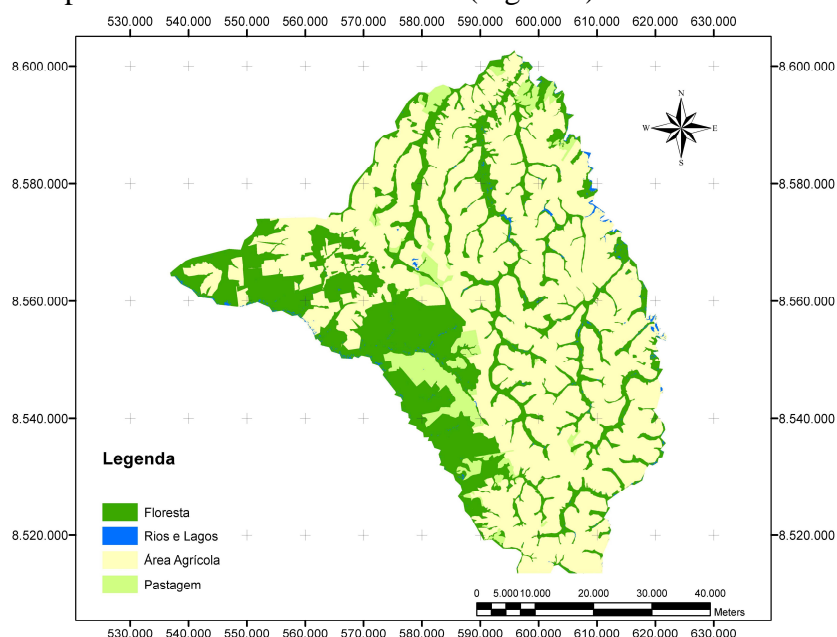


Figura 2 – Interpretação visual do uso do solo na área de estudo

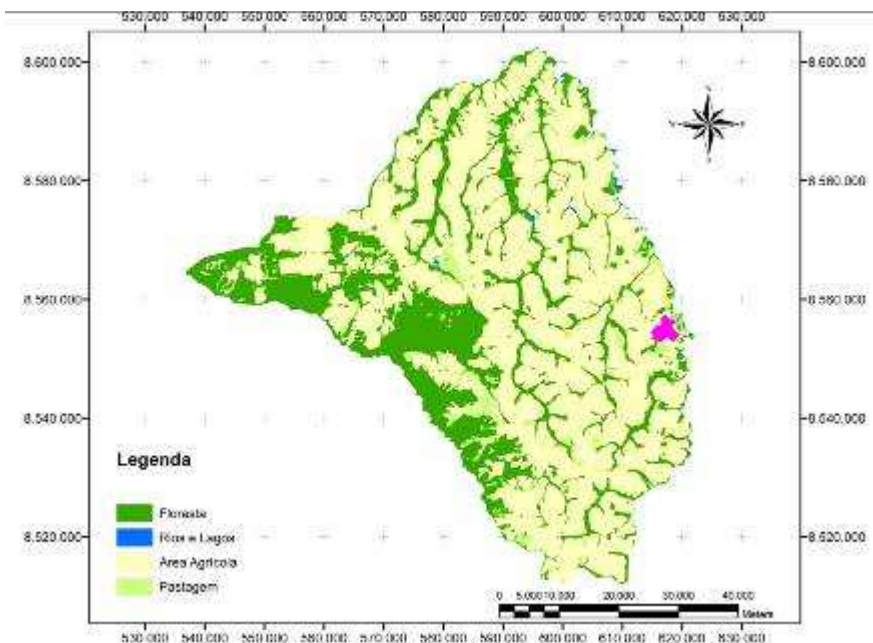


Figura 3 - Uso do solo no município de Lucas do Rio Verde-MT (Isoseg)

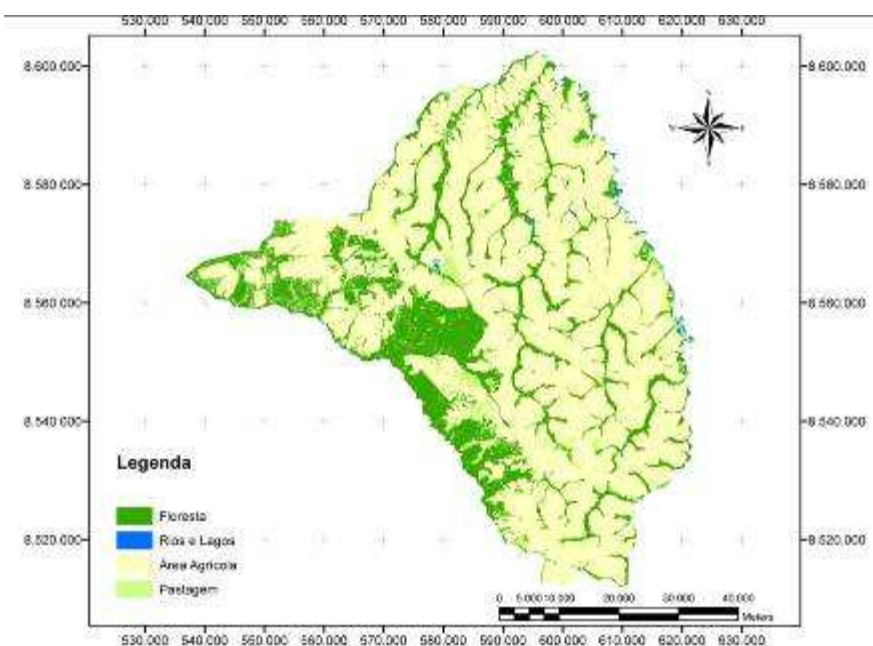


Figura 4 – Uso do solo no município de Lucas do Rio Verde-MT (K-médias)

As figuras de 3 a 5 mostram a imagem de 2007 classificada pelos algoritmos Isoseg, K-Médias e Maxver. Visualmente pode-se perceber que o classificador Maxver identificou um maior número de áreas de pastagem, enquanto que os classificadores Isoseg e K-Médias identificaram uma boa parte destas áreas como áreas de uso agrícola.

Como o objetivo do trabalho é o de avaliar a questão de fronteira agrícola, a interpretação foi realizada em quatro classes: floresta, rios e lagos, área agrícola e pastagem, a classe floresta engloba áreas de floresta amazônica e cerrado.

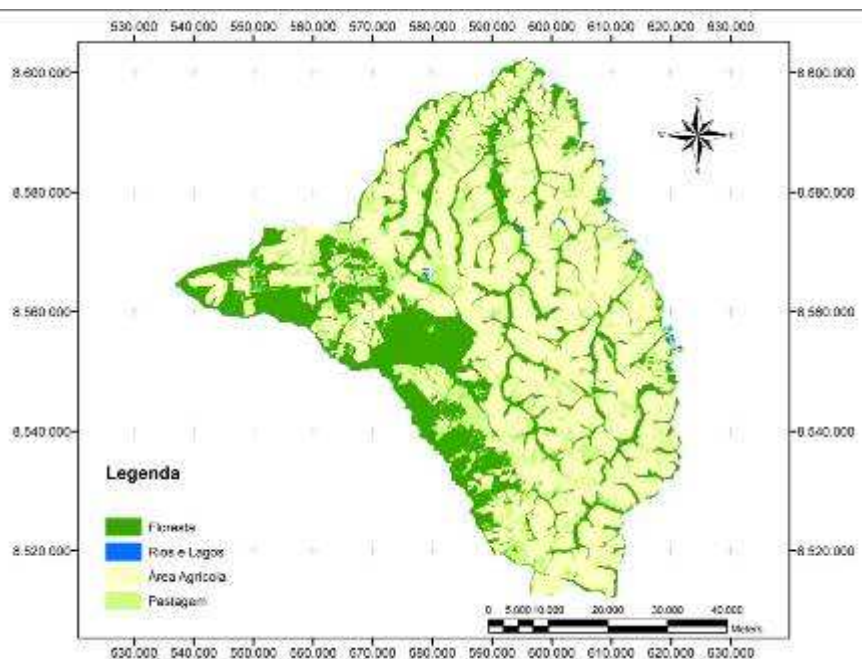


Figura 5 – Uso do solo no município de Lucas do Rio Verde-MT (Maxver)

A avaliação da concordância dos mapas classificados foi realizada no mapa todo e não em pontos amostrais. Segundo os resultados (Tabela 1) por classes de uso de solo o classificador Maxver obteve os melhores resultados para as classes vegetação, água e pastagem com 0,78, 0,50 e 0,38 respectivamente. Enquanto que o classificador K-Médias foi mais eficiente na identificação de culturas agrícolas com 0,87. Em relação ao índice *Kappa* global o classificador Ioseg embora não tenha obtido o melhor resultado em nenhuma das quatro classes, obteve o melhor resultado geral com 0,74, credenciando este classificador para ser utilizado nas outras duas datas 1986 e 1997.

Tabela 1 – Resultado da concordância da classificação por classes para os classificadores Ioseg, K-Médias e Maxver

CLASSE	ÍNDICE KAPPA		
	IOSEG	K-MÉDIAS	MAX-VER
FLORESTAS	0,761	0,602	0,780
RIOS E LAGOS	0,268	0,415	0,501
ÁREA AGRÍCOLA	0,846	0,871	0,561
PASTAGEM	0,246	0,249	0,379
GERAL	0,743	0,668	0,636

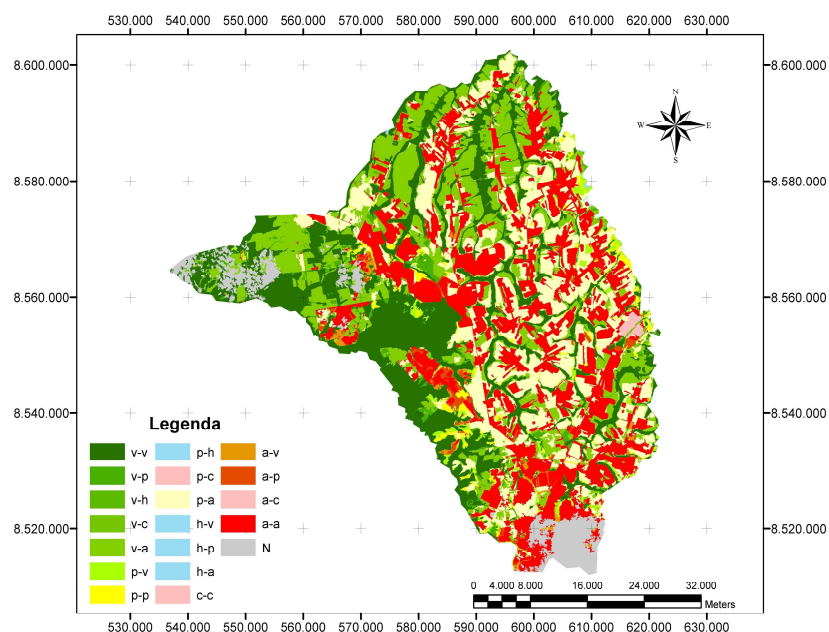


Figura 6 - Evolução do uso do solo no município de Lucas do Rio Verde-MT 1986-2007

Tabela 2 – Evolução das classes vegetação, agricultura e pastagem por ano analisado e variação percentual por período

Classes	Área em hectares			Var. %		
	1986	1997	2007	1986-1997	1997-2007	1986-2007
Vegetação	163.564	111.369	100.915	-31,9	-9,4	-38,3
Agricultura	97.353	226.511	243.527	132,7	7,5	150,1
Pastagem	88.148	25.419	19.523	-71,2	-23,2	-77,9

Fonte: dados da pesquisa

Tabela 3 – Descrição da legenda de alteração do uso de solo entre períodos

Legenda	Classes		Legenda	Classes	
	1º período	2º período		1º período	2º período
v-v	vegetação	vegetação	h-v	água	vegetação
v-p	vegetação	pastagem	h-p	água	pastagem
v-h	vegetação	água	h-a	água	agrícola
v-c	vegetação	cidade	c-c	cidade	cidade
v-a	vegetação	agrícola	a-v	agrícola	vegetação
p-v	pastagem	vegetação	a-p	agrícola	pastagem
p-p	pastagem	pastagem	a-c	agrícola	cidade
p-h	pastagem	água	a-a	agrícola	agrícola
p-c	pastagem	cidade	N	nuvem	nuvem
p-a	pastagem	agrícola			

Pode-se verificar tanto na Figura 7 como na Tabela 2 que o grande avanço da agricultura neste município ocorreu no primeiro período (1986-1997) com uma variação de 132,7%. Esta situação está associada a sua emancipação política ocorrida em 1989, a uma grande migração de agricultores da região Sul e algumas vantagens da região para o plantio de grãos como: preço das terras, topografia adequada a mecanização, temperatura média e elevado número de horas com radiação solar.

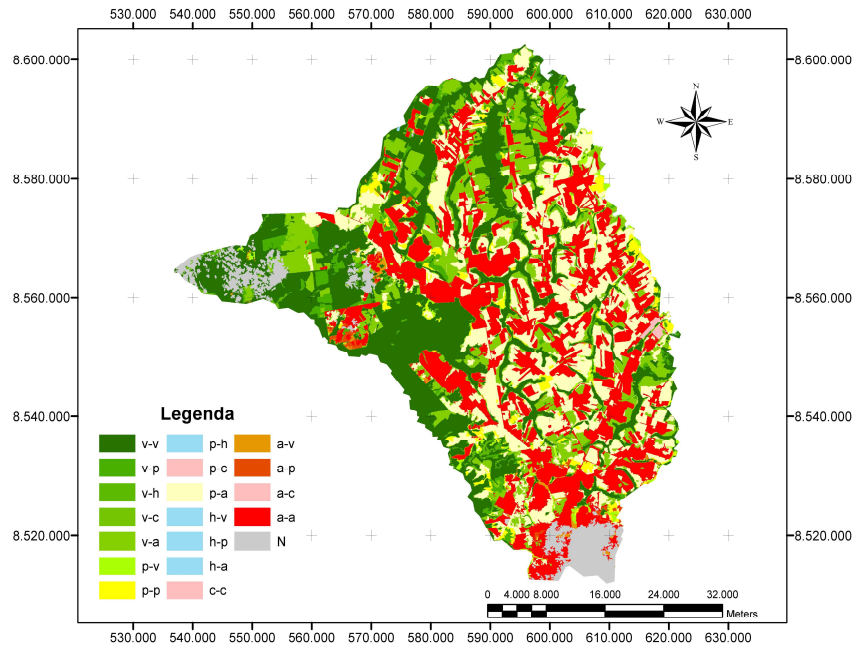


Figura 7 – Evolução do uso do solo no município de Lucas do Rio Verde-MT 1986-1997

Em termos percentuais a classe que mais cedeu área para a agricultura foi a pastagem, perdendo no período total analisado uma área de quase 78%, embora que em hectares a classe que mais cedeu área foi a vegetação.

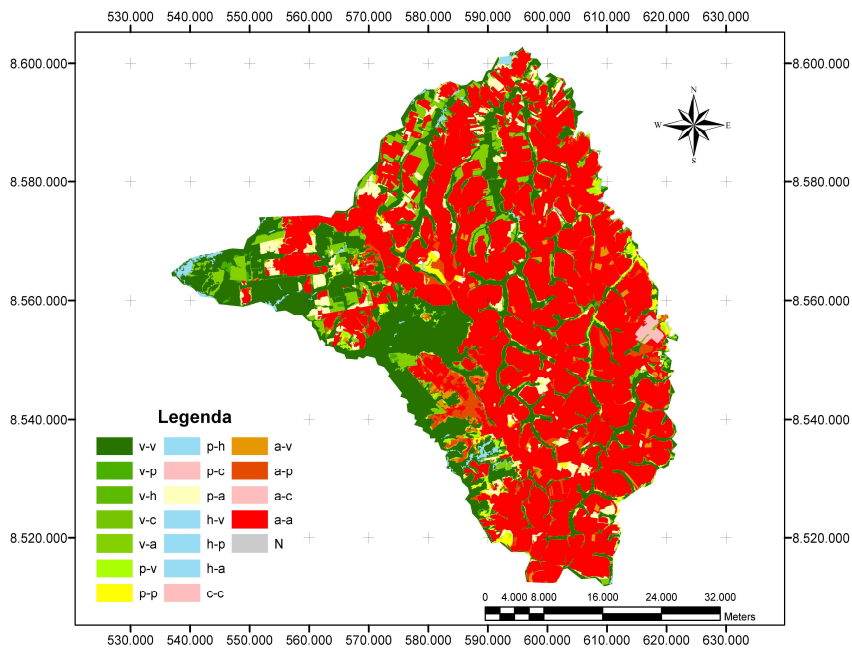


Figura 8 – Evolução do uso do solo no município de Lucas do Rio Verde-MT 1986-1997

4. Conclusões

O classificador Isepeg obteve um resultado um pouco superior aos demais, este resultado está em conformidade com Moreira (2005) que destaca a qualidade deste classificador nos ambientes agrícolas. Embora os resultados mostrem que a área agrícola no município de Lucas do Rio Verde, após o grande avanço da agricultura no final da década de 80 e início da década de 90 se mantém estável, é importante ressaltar que a racionalidade econômica e

ambiental precisam caminhar juntas para que haja um desenvolvimento sustentável para a região e o país.

Referências Bibliográficas

Aguiar, M. C.; Ferreira, L. G.; Ferreira, M. E.; Borges, R. O.; Sano, E. E.; Gomes, M. P. Mapeamento do Uso do Solo e da Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado a partir de dados orbitais MODIS e SRTM e dados Censitários. In: Simpósio de Sensoriamento Remoto - SBSR, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos:

Câmara, G.; Valeriano, D. M.; Soares, J. N. Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal. INPE. São José dos Campos. 2006. Disponível em <<http://www.obt.inpe/prodes>>. Acesso em 01 de out. de 2007.

Embrapa. A atuação da Embrapa no Meio Ambiente. Disponível em <http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/index.php3?sec=guara:::42>. Acesso em 20 jun. de 2007.

Foody, G. M., Marthur, A. The use of small training sets containing mixed pixels for accurate hard image classification: Training on mixed spectral responses for classification by a SVM. **Remote Sensing of Environment**, v. 103, n. 2, p. 179-189, Jul. 2006.

Gomes-Loebmann, D.; Guimarães, R. F.; Bettiol, G. M. Mistura Espectral de Imagens LANDSAT para Análise Multitemporal de Uso da Terra nas Diferentes Unidades Pedológicas da Bacia do Rio Jardim, DF. In: Simpósio de Sensoriamento Remoto - SBSR, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005.

IBGE. Contagem da População. CENSO 2000. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 01 jun. de 2007.

IBGE. Pesquisa Agrícola Municipal. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em 10 de set. de 2007.

Mather, P. M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images: an introduction**. 2ª ed Chichester: John Wiley & Sons, 1999, 242p.

Moreira, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2005, p.?

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.

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

Valeriano, D. M.; Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Anderson, L. O.; Espírito-Santo, F.; Arai, E.; Maurano, L. E.; Souza, R. C.; Freitas, R. M.; Aulicino, L. Detecção de áreas desflorestadas em tempo real: Conceitos básicos, desenvolvimento e aplicação do projeto DETER. INPE. São José dos Campos. 2005. Disponível em <<http://www.obt.inpe.br/deter/metodologia.pdf>>. Acesso em 01 de out. de 2007.

Souza, E. A. Capitalismo e agricultura numa área de expansão da sociedade brasileira – o norte de Mato Grosso. VII Congresso Latino-Americano de Sociologia Rural, 2006, Quito, Equador. Disponível em <<http://www.alasru.org/inscri/alasru2006.htm>>. Acesso em 31 de ago. de 2007.

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

Marques, E. S. O estado da arte da agricultura brasileira. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <<http://www.bnds.gov.br/conhecimentoseminario/EduardoSampaio.pdf>>. Acesso em jan. 2008.

Young, C. E. F.; Fausto, J. R. B. Valoração de recursos naturais como instrumento de análise da expansão da fronteira agrícola na Amazônia. Rio de Janeiro. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 27p. (texto para Discussão, 490).