

## **Análise comparativa entre o produto MOD44A Conversão da Cobertura Vegetal derivado do MODIS/ EOS TERRA e imagens ETM+/LANDSAT 7**

Rafael José de Oliveira Andrade<sup>1</sup>  
José Marinaldo Gleriani<sup>1</sup>  
Júlio César de Oliveira<sup>1</sup>  
Rômulo Parma Gonçalves<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa - UFV  
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil  
{rafaeljoaufv, romuloparma}@yahoo.com.br  
{gleriani,oliveirajc}@ufv.br

**Abstract.** The MOD44 product is derived from MODIS sensor with a spatial resolution of 250m. This product aims to indicate changes in the land use that can subsequently be analysed with higher resolution sensors. The objective of this paper is to evaluate MOD44A performance in order to detect land cover changes in a region of Mato Grosso State (Brazil), from 2001 to 2002. A Supervised Classification was performed in order to generate the reference product, which was used to evaluate the quality of MOD44A product. The MOD44A product was able to detect 4,26% of total land cover changes, despite of an overall accuracy of 95,22%. However, MOD44A is not able to detect small land cover changes.

**Palavras-chave:** MODIS/TERRA, product MOD44A, ETM+/LANDSAT 7, mudança da cobertura vegetal..

### **1. Introdução**

A mudança da cobertura e do uso da superfície terrestre vem ocorrendo de maneira intensa, entre os anos de 1990 a 2000 estima-se que o Brasil perdeu  $23 \times 10^6$  ha de florestas. A perda da biodiversidade, a emissão de CO<sub>2</sub> e a alteração do ciclo hidrológico são algumas das consequências da remoção da cobertura vegetal.

O sensor MODIS a bordo da plataforma Terra foi designado para pesquisa e o monitoramento da superfície Terrestre em escala global, para saber como e quanto a Terra está mudando e as consequências para a vida na Terra. Além dos dados brutos do sensor MODIS, muitos produtos derivados desses dados são disponibilizados na WEB, entre esses dados o MOD44A (“Vegetation Cover Conversion”), cuja finalidade é identificar as mudanças que ocorrem em período de um ano entre as classes: floresta, não floresta, solo exposto, água e áreas queimadas. As mudanças detectadas na migração dos pixels entre essas classes são denominadas de: rebrota, inundação, retração de inundação, expansão agrícola, urbanização e desflorestamento. A seqüência automática de geração do produto envolve vários passos entre os quais o algoritmo de vetor de mudanças (vermelho x infravermelho próximo) e a alteração da textura. Apesar de atrativos, faz-se necessário a validação desses produtos para o *status* operacional. O objetivo desse trabalho é avaliar a exatidão do produto MOD44A através da classificação supervisionada de derivada de imagens ETM+.

### **2. Revisão Bibliográfica**

A mudança do uso da terra e da cobertura vegetal da superfície terrestre vem ocorrendo de maneira intensa e prejudicial ao meio ambiente. Entre 1990 e 2000, a taxa média anual de perda mundial de florestas foi estimada em  $15,2 \times 10^6$  ha. Na América do Sul, desmataram-se, em média,  $3,72 \times 10^6$  ha/ano, nesse mesmo período o Brasil perdeu  $23 \times 10^6$  ha florestas (FAO, 2001).

As imagens do sensor MODIS a bordo do satélite Terra do programa EOS – NASA permite fazer um monitoramento diário estabelecendo um sistema de alerta de desflorestamento. O uso dos produtos MODIS para este fim se justifica por sua ótima resolução temporal, ampla faixa de cobertura com aproximadamente 2330 km e a disponibilidade de bandas tanto para interpretação de mudanças do uso da terra como para detecção de queimadas (Shimabukuro et al., 2005).

O portal da NASA disponibiliza vários produtos originados dos dados do sensor MODIS que dão uma avaliação geral das mudanças que vem ocorrendo ao longo do tempo. O MOD44A (“Vegetation Cover Conversion”) tem por finalidade, identificar as mudanças da cobertura vegetal ao longo de um ano. Desta forma, a fim de validar tal produto, o presente trabalho compara o produto MOD44A (250m) com uma imagem produto oriunda da diferença da classificação supervisionada de duas imagens ETM+/LANDSAT 7 (30m). Por questão de disponibilidade de imagens livres de nuvens, as duas cenas ETM+ utilizadas diferem em 27 dias a mais do período que o produto MOD44A em questão contempla.

Anderson et al. (2003) diz que as atividades agropecuárias e industriais aceleram as mudanças como aumento do nível dos oceanos, perda de biodiversidade, diminuição da camada de ozônio, chuva ácida e crescimento de áreas desertificadas.

Dada a necessidade dos cientistas de obter um melhor entendimento das dinâmicas globais para prever de alguma forma as mudanças climáticas, é preciso possuir informações sobre as dinâmicas dos ecossistemas e as interferências humanas. Essas informações são mais valiosas quanto maior a sua precisão e repetitividade. O instrumento MODIS permite a obtenção de dados que proporcionem os cientistas monitorar diariamente a longo prazo cada região da superfície terrestre, os oceanos e a atmosfera (Anderson et al., 2003).

O sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) é um instrumento a bordo dos satélites Terra (EOS AM) e Aqua (EOS PM). O programa “Earth Observing System” (EOS), através da plataforma Terra da NASA, tem por objetivo principal adquirir dados que possam melhorar a compreensão da dinâmica global e os processos que ocorrem na Terra, nos oceanos e na atmosfera mais baixa (MODIS WEB, 2006). Junto ao instrumento MODIS a bordo do satélite Terra existem outros quatro sensores a saber: ASTER, CERES, MISR e MOPITT.

O MODIS possui 36 bandas espectrais abrangendo um intervalo do espectro-eletromagnético que vai do visível até o infravermelho termal, sendo suas primeiras 7 bandas inicialmente destinadas ao sensoriamento da cobertura terrestre com resolução espacial de 250m (Zhan et al., 2002).

Existem inúmeros produtos do sensor MODIS que os cientistas usam para os estudos de mudanças globais na atmosfera, biologia, produtividade primária, índice de área foliar, cobertura terrestre e oceanografia. Neste aspecto o produto denominado MOD 44 – “Vegetation Cover Conversion”, utilizando dados MODIS das bandas 1 e 2 (de 250 m de resolução espacial), revela a ocorrência de mudanças da cobertura vegetal em períodos de três meses e um ano. Entre os produtos MOD44A, tem-se o V004, que é um produto gerado com o intervalo de um ano. Este produto identifica somente mudança de floresta para não floresta (desmatamento) para regiões tropicais úmidas do globo localizadas entre as latitudes 30° N e 30° S (LP DAAC, 2006).

O objetivo deste produto é identificar áreas onde ocorreram mudanças e não quantificar rigorosamente as mesmas. A quantificação destas áreas poderá ser feita com dados de melhor resolução espacial como ASTER ou LANDSAT. O critério de identificação das áreas onde ocorreram mudanças é um algoritmo baseado no Vetor de Mudanças. Este algoritmo é chamado de Conversão de Cobertura Vegetal ou “Vegetative Cover Conversion” (VCC), que é o método classificador que produz o MOD44A. Este algoritmo considera como floresta pixels

com 60% ou mais de cobertura florestal e como não floresta pixels com 40% ou menos de cobertura florestal.

O MOD44A é resultante de um algoritmo de cinco passos (métodos) que são: 1) Partição dos valores de Vermelho e Infravermelho próximo no espaço de atributos; 2) Vetor de Mudanças na Faixa do Vermelho e Infravermelho próximo; 3) Modificação do delta de limiarização dos valores no espaço de atributos; 4) Método Textura; 5) Método de Mudanças de Características Lineares. Segundo Zhan et al. (2002), três métodos baseiam-se no espaço espectral e dois se baseiam na textura. O primeiro método identifica tipos de cobertura vegetal associados a época do ano e latitude a partir de pequenos intervalos espectrais na faixa do Vermelho e Infravermelho próximo. O segundo método é baseado na diferença entre posições espectrais em tempos de trajetórias. O terceiro método baseia-se no espaço definido pelas diferenças dos valores da banda do vermelho e do infravermelho próximo do pixel entre a época 1 e época 2. O tipo de cobertura é baseado no ângulo e distância entre os valores da época 1 e época 2. O quarto método usa um coeficiente de variação NDVI dentro de uma máscara 3x3 entre as épocas 1 e 2, sendo assinalado mudança quando ultrapassar um limite. E o quinto método baseia-se na média das diferenças entre os valores do pixel central e seus vizinhos em uma máscara 3x3 nas épocas 1 e 2. Um limite determina se há alguma mudança de comportamento linear. Os cinco métodos combinados confirmam mudança para um dado pixel se pelo menos 3 métodos confirmam mudanças.

O algoritmo Análise do Vetor de Mudança (AVM) é uma técnica utilizada para detectar e caracterizar mudanças radiométricas em conjunto de imagens multitemporais obtidas de sensores remotos (Silva, 2004). Segundo Lambin (1996), uma mudança de cobertura pode ser detectada fazendo uma diferença entre posições espectrais em tempos de trajetórias diferentes a partir de dados com alta resolução temporal. O indicador da dinâmica temporal para cada pixel pode ser representado por um ponto em um espaço multidimensional de  $n$  dimensões definido pelo número de observações. Assim a dinâmica temporal de cada pixel pode ser representada por um vetor que define a posição do pixel no espaço multidimensional temporal. Pode-se observar a posição de cada pixel no espaço multidimensional temporal em tempos sucessivos. Qualquer mudança nos valores do vetor causa um deslocamento do ponto no espaço, e esta diferença é descrita pelo vetor de mudanças. A magnitude e a direção do vetor de mudança indicam respectivamente a intensidade e a natureza da mudança. Zhan (2002) ao descrever o segundo método do algoritmo VCC demonstra o critério de classificação baseado nas faixas do vermelho e infravermelho próximo.

Silva (2004) diz que as mudanças temporais podem também servir como base para categorizar os processos de mudanças como áreas degradadas, clareiras na floresta, atividade de exploração de madeira, desmatamento, queimada para limpeza do solo, entre outras.

O sensor ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) é um instrumento a bordo do Satélite Landsat-7, lançado em 15 de abril de 1999, sendo este o último sistema do programa Landsat colocado em operação. Este programa vem imageando a Terra desde de 1972 quando o Landsat-1 foi lançado carregando um sistema de varredura multiespectral, o MSS (Multiespectral Scanner Subsystem), e um sistema de varredura com câmeras de televisão, o RBV (Return Beam Vidicon). De acordo com Moreira (2001), o objetivo principal do programa é obter informações sobre os recursos naturais da terrestres.

Segundo Lillesand e Kiefer (1994), uma das maneiras mais comum de expressar a exatidão de classificação é através da *Matriz de erros*, também chamada de *Matriz Confusão* ou *Tabela de Contigência*. Essa matriz de erros compara a relação entre os dados de referência (verdade) e os resultados de uma classificação automática. Esses erros são os erros de omissão e comissão, que são todos os elementos não presentes na diagonal principal da matriz de erros. Os erros de omissão são pixels não classificados em sua verdadeira classe, e

os erros de comissão, ou de inclusão, são pixels erroneamente classificados a uma dada classe, que não é sua verdadeira classe. Uma outra medida de exatidão de classificação obtida da matriz de erros é o *Índice de Exatidão Global*, que é calculada dividindo o somatório dos pixels corretamente classificados pelo número total de pixels da imagem de referência.

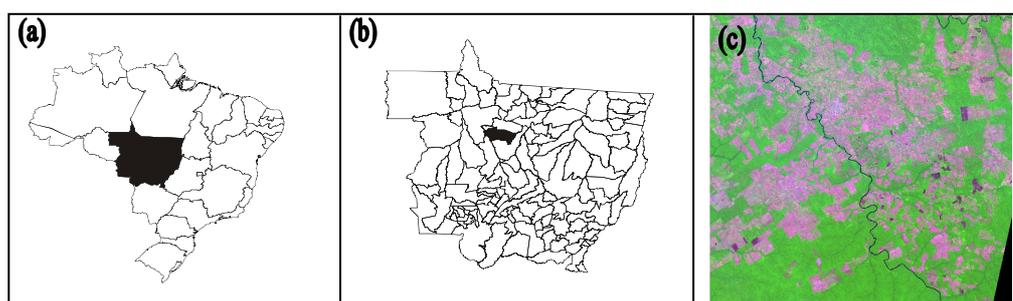
Enumeram-se dois objetivos específicos deste trabalho: 1.) Obter o mapa temático de referência da mudança de cobertura do solo através da classificação supervisionada de duas cenas ETM+/LANDAST 7 para o mesmo período de geração do produto MOD44A; 2.) Comparar o produto MOD44A e o mapa temático gerado no objetivo 1, e realizar a avaliação da diferença destes produtos abordando os erros de comissão, omissão, o índice de exatidão global e exatidão de detecção

### 3. Materiais e Métodos

#### 3.1 Área de Estudo

A área de estudo ilustrada na **Figura 1** abrange uma região do Estado do Mato Grosso, mais especificamente o município Porto dos Gaúchos e seus arredores, correspondendo a uma área de estudo de aproximadamente 10.335 km<sup>2</sup> delimitada pelas coordenadas UTM/WGS84 Este entre 401.522 m e 503.181 m, e Norte entre 8.685.765 m e 8.787.425 m do fuso 21 (meridiano central 57°).

O Estado do Mato Grosso, o maior produtor de soja do Brasil, foi responsável por quase a metade (48%) da área desmatada na Amazônia entre 2003 e 2004 (Filho, 2005).



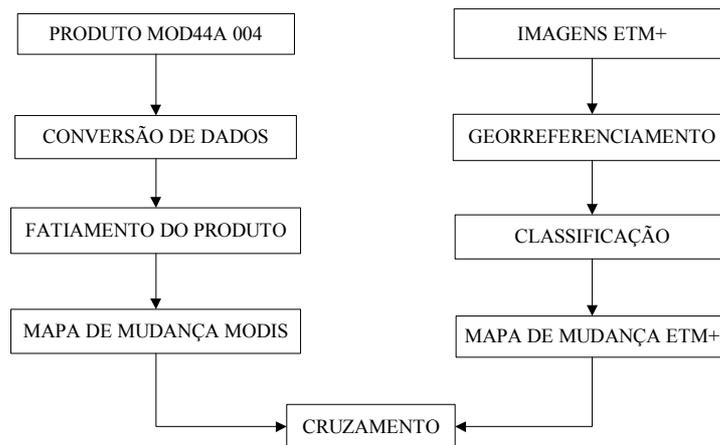
**Figura 1.** a) Estado do Mato Grosso b) Município Porto dos Gaúchos c) Área de estudo - Imagem ETM+ de 09/08/2002 – B3 (azul), B4 (verde) e B5 (vermelho).

#### 3.2 Materiais

As duas cenas ETM+ (órbita/ponto 228/068) utilizadas neste trabalho são de 6 agosto de 2001 e de 9 de agosto de 2002, reamostradas para 28,5m de resolução espacial. O produto MODIS/TERRA MOD44A utilizado no presente trabalho, referente ao tile H12V10 de 250m, foi produzido em outubro de 2004 e corresponde ao período de 12 de julho de 2001 a 12 de julho de 2002. O produto foi adquirido por download através do portal “Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC) - Earth Observing System Data Gateway da NASA”. O software usado para o processamento das imagens e outras operações citadas foi o SPRING - Versão 4.2 (Câmara et al., 1996).

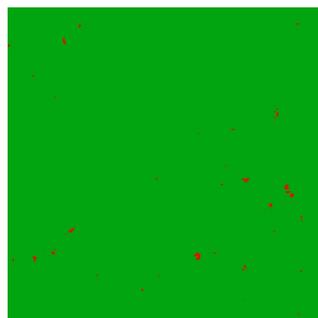
#### 3.3 Metodologia

As etapas desenvolvidas para a comparação entre a imagem produto ETM+ e a imagem de mudanças do produto MOD44A derivado do instrumento MODIS, estão apresentadas no fluxograma da **Figura 2**.



**Figura 2.** Fluxograma da metodologia do estudo

Após a aquisição dos dados, iniciou-se o tratamento do produto MOD44A realizando a conversão do formato HDF-EOS para GEO-TIFF, a mudança da projeção “Integerized Sinusoidal” (ISIN) para a projeção Universal Transverse Mercator (UTM), atrelado ao Datum WGS84. A mudança de projeção foi efetuada pelo programa MRT (MODIS Reprojection Tools – versão 3.2a de julho de 2004) tendo como etapa seguinte a extração da camada “Labeled Land Cover 1 Year”. Ainda no MRT optou-se por manter a resolução espacial de saída em 250 m. Sobre a camada “Labeled Land Cover 1 Year” realizou-se uma transformação obtendo uma imagem numérica e posteriormente uma imagem temática de duas classes resultantes do fatiamento da imagem numérica por meio de uma rotina em LEGAL - Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico. A imagem temática de mudança foi reamostrada para 28,5 m tornando-se compatível com as imagens ETM+. As duas classes resultantes do fatiamento são Mudança e Não mudança e representam respectivamente desflorestamento e não mudança. A **Figura 3** apresenta o Mapa de Mudança referente ao produto MOD44A.

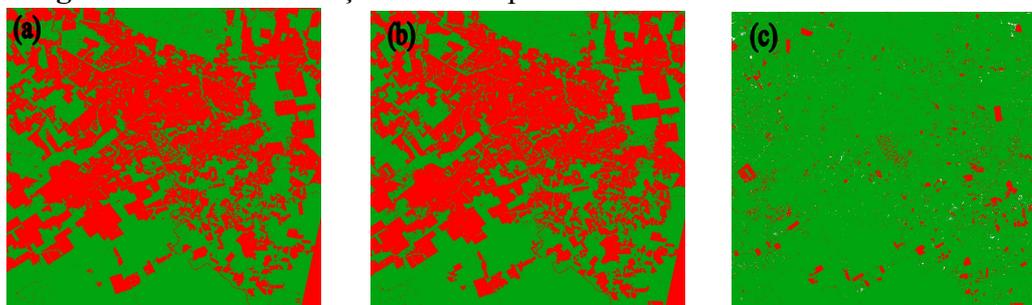


**Figura 3.** Imagem temática do produto MOD44A (Mudança = vermelho e Não-mudança = verde).

O mapa temático de mudança ETM+, é um produto resultante da diferença de dois mapas temáticos duas imagens ETM+ correspondentes ao período que o produto MODIS contempla. As duas imagens ETM+ foram registradas a partir de imagens georreferenciadas do Banco Zulu (NASA, 2006). Na classificação das imagens foi utilizado o algoritmo MAXVER obtendo as classes de Floresta e Não-floresta para as imagens de 2001 e 2002. Obteve-se a diferença entre as duas imagens resultando uma imagem produto com as seguintes classes: *Incremento*, *Não mudou* e *Erro*. A classe *Incremento* (mudança ou desflorestamento) é toda a classe Floresta na imagem de 2001 e não floresta na imagem 2002. A classe *Não mudou* é

tudo que possui a mesma classificação entre as imagens 2001 e 2002. E a terceira classe *Erro* é toda classe Não floresta na imagem 2001 e floresta na imagem 2002. Esta última pode ter o significado de regeneração ou rebrota, ou seja, onde não era Floresta em 2001 houve algum crescimento vegetativo que em 2002 passou a ser Floresta.

A **Figura 4** mostra a obtenção deste mapa de desmatamento.



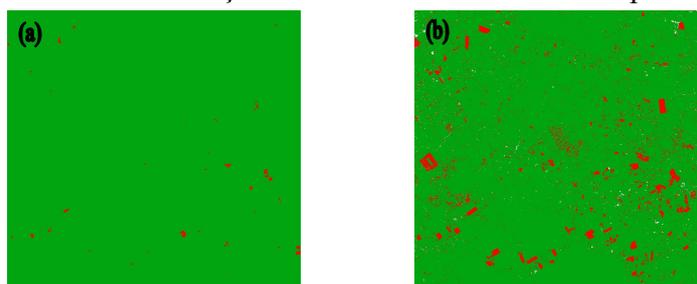
**Figura 4.** (a) e (b) Imagem ETM+ em 2001 e em 2002 classificada (Floresta = Verde e Não-floresta = Vermelho); (c) Imagem produto de (a) e (b) (Mudança = Vermelho; Não-mudança = verde e Erro = branco).

A avaliação do produto MOD44A foi efetuada por meio de uma Tabela Cruzada entre as imagens Mapa de Mudança MODIS e Mapa de Mudança ETM+. Assumiu-se como referência a imagem produto ETM+ devido ao fato do sensor ETM+/Landsat7 apresentar resolução espacial de 30m.

#### 4. Resultados e Discussões

Há uma diferença de 27 dias entre as datas finais da imagem ETM+ de 2002 e a imagem MODIS de 2002. Essa diferença é pequena, representando 7,4% de todo período analisado correspondente a um ano. Neste curto período de tempo pode ter havido mudança, que foi negligenciada neste estudo devido a pouca representatividade deste produto para o nosso objetivo de avaliação do produto MODIS.

No georreferenciamento das imagens ETM+, através do registro de imagens do Banco Zulu, obteve-se um erro médio quadrático inferior a um pixel. Na classificação ETM+, o usuário determina as amostras das classes e mesmo que efeitos não vegetativos como ângulo zenital solar, aerossóis, degradação de detectores, entre outros, sejam diferentes de uma imagem para outra, o efeito é aproximadamente igual em toda cena. Para uma mesma imagem, esses efeitos causam no espaço de atributos, um deslocamento linear dos valores digitais (DN) das classes não alterando a distância relativa (DN) entre as mesmas. Diferentemente, o produto MODIS44A é processado automaticamente, onde parte-se do pressuposto que os valores de vermelho e infravermelho analisados nos algoritmos de mudança de vetor, por exemplo, sejam apenas de mudanças do alvo em si. A **Figura 5** apresenta uma comparação visual entre os mapas de mudança MODIS e ETM+, e a **Tabela 1** apresenta o resultado da tabulação cruzada entre esses dois mapas.



**Figura 5.** Mapa de mudança (MOD44A) e ETM+ 2001-2002 respectivamente (a) e (b).

**Tabela 1.** Matriz Confusão e Erros de Comissão (E.C.) e de Omissão (E.O.). Resultado da tabulação cruzada entre os mapas desmatamento ETM+ e produto MOD44A.

		ETM + (Referência)			Total	E.C. (%)
		Erro	Mudança	Não		
MOD44A	Mudança	10	24.486	5.818	30.313	19,23
	Não Mudança	48.922	550.660	12.043.643	12.643.225	4,74
Total		48.932	575.660	12.049.461	12.673.539	
E.O. (%)		-	95,74	0,44		

ET(Índice de exatidão global)= 95,22% e ED(Exatidão de Detecção)= 4,26%.

Os erros avaliados neste trabalho são de dois tipos: erros de comissão, que são pixels identificados pelo método VCC (MOD44A), mas não coincidentes com o método ETM+ dividido pelo total de pixels identificados pelo método VCC para uma dada classe; ou erros de omissão, que são pixels identificados pelo método ETM+ mas não detectados pelo método VCC dividido pelo total de pixels ETM+ para uma dada classe. A Exatidão de Detecção é definida pelo número de pixels de mudança detectados pelo ETM+ e pelo método VCC dividido pelo total de pixels da classe Mudança identificados pelo método ETM+.

Dos 12.673.489 pixels presentes em cada imagem, o produto MOD44A classificou 12.068.129 pixels (95,22%) conforme a imagem de referência ETM+, aqui chamado de acerto, enquanto 605.410 pixels (4,78%) não correspondem com a imagem de referência ETM+, aqui chamado de erro. O algoritmo MOD44 na sua classe mudança, apresentou 19,23% de erros de comissão e 95,74% de erros de omissão. Este último representa uma subestimação de mais de 90% das áreas de mudanças. Na classe Não Mudança, o MOD44 apresentou 4,74% de erros de comissão e 0,44% de erros de omissão. Esses erros são pequenos quando comparados aos erros da classe de mudança, e pode ser explicado pelo fato das áreas onde não ocorreram mudanças predominarem a área de estudo. No mapa de mudanças ETM+, as classes Erro, Mudança e Não mudança representam 0,38%, 4,54% e 95,08% respectivamente da área de estudo. A exatidão de detecção encontrada foi de 4,24%, ou seja, somente 4,24% das áreas de mudança da imagem de referência ETM+ coincidiram com a classificação do produto MOD44A.

Zhan et al. (2002) diz que a detecção de áreas desflorestadas em pequenas áreas é relativamente mais difícil do que em grandes áreas. A exatidão do VCC encontrada pelo mesmo autor em um estudo semelhante para uma região do sudeste do Brasil foi de 74%, tendo 68% de erro de comissão e 26% de erro de omissão. Quando comparado a eficiência dos métodos que compõem o VCC, o método Vetor de Mudanças isolado apresentou melhores resultados que o próprio VCC com os seus cinco métodos integrados. Os resultados deste trabalho revelam maiores porcentagens nos erros de omissão quando comparado com o estudo de Zhan et al. (2002). Essa diferença é coerente pelo fato da área estudada neste trabalho ser aproximadamente 1/6 da estudada por Zhan, justificando de certa forma que pra maiores áreas o produto MOD44 apresenta melhores resultados. Os desflorestamentos normalmente não ocorrem em tamanhos exorbitantes e de maneira repentina, e sim paulatinamente em tamanhos pequenos fazendo crescer as áreas desflorestadas. Desta forma é difícil para dados de resolução moderada identificar mudanças em áreas inferiores a um pixel mesmo combinando cinco métodos de classificação no caso do algoritmo VCC.

## 5. Considerações Finais

A classificação das imagens ETM+ pelo classificador MAXVER mostrou-se bastante eficiente na identificação das classes de interesse. O mapa de mudança ETM+ conseguiu evidenciar com precisão as áreas de mudança devido ao bom desempenho na classificação das imagens ETM+. Estas áreas de mudança, em sua maioria, aumentaram as áreas de atividade agrícola, o que caracteriza fatores antrópicos como a causa dessas mudanças.

Os resultados deste estudo permitem concluir que para pequenas áreas o algoritmo de detecção de mudanças de cobertura vegetal utilizado pelo produto MOD44 não apresenta bons resultados. Subestima muito as áreas de mudanças e superestima as áreas de não mudança da cobertura vegetal. O desempenho ruim do produto não se justifica apenas no tamanho do pixel ETM+(30m) - MODIS(250m). Problemas na geração automática (algoritmo) assim como interferência de efeitos não vegetativos (geometria de aquisição, aerossóis, etc) interferem na qualidade do produto.

Na pagina <http://edcdaac.usgs.gov/modis/mod44av4.asp> o produto apresenta *status* “Não disponível”, mas os resultados apontam que está distante de se tornar operacional. Zhan (2002) ressalta o objetivo do produto, de servir de alarme sobre as mudanças ocorridas e recomenda o uso de sensores de melhor resolução espacial para quantificá-las.

## Referências

- Anderson, L. O., Latorre, M. L., Shimabukuro, Y. O., Arai, E., Júnior, O. A. C., **Sensor MODIS: Uma abordagem geral**, INPE, São José dos Campos - SP, 2003. 58p.
- Câmara, G., Souza, R.C.M., Freitas, U.M., Garrido, J., Computers & Graphics, **SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- FAO, **Forest Resources Assessment 2000: Main Report**. Rome. 2001. (FAO Forestry Paper, 140).
- FILHO, J. S., **Amazônia ao sabor dos ventos**, Folha de São Paulo, 10 dez. 2005
- GLCF, Earth Science Data Interface. Disponível em: <<http://glcfapp.umiacs.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 24 fev. 2006.
- Lambin, E. F., **Change Detection at Multiple Temporal Scales: Seasonal and Annual Variations in Landscape Variables**, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 62, n° 8, pp. 931-938, 1996.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., **Remote Sensing and Image Interpretation**, John Wiley & Sons, New York, 1994. 750p.
- LP DAAC, **Land processes active archive center**. Disponível em: <<http://edcdaac.usgs.gov/modis/mod44av4.asp>>. Acesso em: 20 fev. 2006.
- Moreira, M. A., **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação**, INPE, São José dos Campos - SP, 2001. 250p.
- NASA, Applied Sciences Directorate – John C. Stennis Space Center. Disponível em: <<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>>. Acesso em: 30 mar. 2006.
- Shimabukuro, Y. E., Duarte, V., Moreira, M. A., Arai, E., Rudorff, B. F. T., Anderson, L. O., Santo, F. D. B. E., Freitas, R. M., Aulicino, L. C. M., Maurano, L. E. P., Aragão, J. L. R., **Deteção de Áreas Desflorestadas em Tempo Real: Conceitos Básicos, Desenvolvimento e Aplicação do Projeto DETER**, INPE, São José dos Campos – SP, 2005. 63p.
- Silva, P. G., **Deteção de mudanças em áreas de florestas tropicais sob exploração madeireira através da técnica análise do vetor de mudanças**. 2004. 120 p. (INPE-11581-TDI/961). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2004.
- Zhan, X., Sohlberg, R. A., Townshend, J. R. G., Dimiceli, C., Carrol, M. L., Eastman, J. C., Hansen, M. C., Defries, R.S., 2002, **Detection of land cover changes using MODIS 250 m data**, Remote Sensing of Environment, n° 83, p. 336 – 350.